

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“MÉTODO DE GESTIÓN EMPLEANDO EL
PMBOK® PARA PROYECTOS DE
MANTENIMIENTO DE GRÚAS MÓVILES”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO

JUAN ANTHONY DE LA CRUZ LEDESMA

Callao, Noviembre, 2017

PERÚ


FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN
INGENIERO MECANICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 32035

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**INFORME DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN
DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**
MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los DOS días del mes de NOVIEMBRE del dos mil diecisiete, se reunió el Jurado de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- SECRETARIO : Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
- VOCAL : Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ
- ASESOR : Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN

Luego de dar por finalizada la Sustentación de Tesis, titulado: "MÉTODO DE GESTIÓN EMPLEANDO EL PMBOK PARA PROYECTOS DE MANTENIMIENTO DE GRUAS MOVILES", siendo el autor el Sr. Bach. DE LA CRUZ LEDESMA, Juan Anthony.

No habiendo observación alguna de parte del Jurado, se acordó dar por ...aprobada... con el calificativo de Buena (16)... y se declara apto para optar el Título profesional de INGENIERO MECÁNICO al señor Bachiller DE LA CRUZ LEDESMA, Juan Anthony.

Bellavista, 02 de Noviembre del 2017


Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
PRESIDENTE


Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
SECRETARIO


Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ
VOCAL


Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN
ASESOR

DEDICATORIA

*A mi hermosa madre Nelly Ledesma y a mi
incansable padre Teófilo De la cruz. Gracias
por darme la vida y su amor.*

AGRADECIMIENTO.

A Dios, porque con El todo se puede.

*A mis padres y hermanos quienes siempre han estado conmigo y sé que siempre
contaré con su apoyo.*

*A mi compañera Lesly, a mi hijo Juan Diego y a mi hija Antonella Sophia,
gracias por hacer de cada día el más feliz.*

Al ingeniero Félix Guerrero por su asesoría y consejos.

*A mis jefes y amigos por enseñarme con el ejemplo las complejidades del trabajo
en la industria y transmitir sus conocimientos y experiencia sin recelo.*

*A los profesores que me transmitieron valiosas enseñanzas y a mis compañeros
con los que tuve la dicha de coincidir en las aulas de la FIME - UNAC.*

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE GRÁFICOS.....	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Identificación del problema	10
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos de la investigación.....	12
1.4. Justificación.....	13
1.4.1. Justificación tecnológica.....	13
1.4.2. Justificación económica.....	13
1.5. Importancia.....	14
II. MARCO TEORICO.....	15
2.1. Antecedentes del estudio	15
2.2. Grúas.....	19
2.2.1. Definición.....	19
2.2.2. Historia	19
2.2.3. La contribución de la ASME/ ANSI.....	21
2.2.4. La contribución de la OSHA.....	21
2.2.5. Clasificación de las grúas	22
2.2.6. Clasificación de las grúas móviles	23
2.2.7. Partes principales de las grúas móviles.....	27
2.2.8. El mantenimiento de grúas (ASME B30.5-2014).....	32
2.2.9. Dispositivos de seguridad en las grúas.....	34
2.3. Guía del PMBOK.....	35
2.3.1. Definición de proyecto	35
2.3.2. Dirección de proyectos	35
2.3.3. Interesados y gobierno del proyecto	36

2.3.4.	Ciclo de vida de un proyecto	37
2.3.5.	Procesos de la dirección de proyectos	38
2.3.6.	Grupos de procesos.....	38
2.3.7.	Áreas de conocimiento.....	40
2.4.	Definiciones de términos básicos	43
III.	VARIABLES E HIPOTESIS.....	44
3.1.	Variable de la investigación	44
3.1.1.	Variable independiente	44
3.1.2.	Variable dependiente.....	44
3.2.	Operacionalización de las variables.....	44
3.3.	Hipótesis	45
3.3.1.	Hipótesis general	45
3.3.2.	Hipótesis específicas	45
IV.	METODOLOGIA.....	46
4.1.	Tipo de investigación.....	46
4.2.	Diseño de la investigación	46
4.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
V.	MÉTODO DE GESTIÓN PROPUESTO	48
5.1.	Consideraciones	48
5.2.	Fases del proyecto	49
5.3.	Influencia de la organización para el proyecto.....	50
5.3.1.	Estructura de la organización	50
5.3.2.	Activos de los procesos de la organización.....	51
5.3.3.	Áreas de conocimiento soportadas por la organización	52
5.4.	Iniciación	55
5.4.1.	Apertura de la orden de servicio.....	55
5.5.	Evaluación de la grúa.....	58
5.5.1.	Evaluación de grúas por sistemas	60
5.5.2.	Sistemas en una grúa montada sobre camión.....	63
5.5.3.	Dispositivos de seguridad	71
5.5.4.	Motor	72

5.5.5.	Letreros e indicativos	73
5.5.6.	Documentación	74
5.5.7.	Cartillas de diagnóstico	77
5.6.	Planificación	77
5.6.1.	Gestión del alcance	78
5.6.2.	Gestión del tiempo	82
5.6.3.	Gestión de los costos	91
5.6.4.	Planificar la gestión de la calidad.....	95
5.6.5.	Planificar la gestión de las comunicaciones	97
5.6.6.	Planificar la gestión de los riesgos.....	100
5.6.7.	Negociación de la propuesta.....	101
5.7.	Ejecución	101
5.7.1.	Adquisición de recursos.....	102
5.7.2.	Programación del trabajo	102
5.7.3.	Ejecución del trabajo.....	105
5.7.4.	Aseguramiento y control de calidad.....	108
5.7.5.	Gestionar las comunicaciones	108
5.7.6.	Gestión y control de los interesados	110
5.8.	Monitoreo y control.....	110
5.8.1.	Monitoreo y control del desempeño	110
5.8.2.	Validación y control del alcance.....	112
5.8.3.	Control del cronograma	112
5.8.4.	Control del presupuesto	113
5.9.	Cierre.....	114
5.9.1.	Cierre del proyecto de Mantenimiento	114
5.9.2.	Cierre de adquisiciones	115
5.10.	Aplicación del método propuesto.....	116
VI.	RESULTADOS.....	136
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	139
VIII.	CONCLUSIONES.....	141
IX.	RECOMENDACIONES.....	142

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	144
ANEXOS.....	148
• ANEXO A.- MATRIZ DE CONSISTENCIA	148
• ANEXO B.- SIMBOLOGIA EN SISTEMAS HIDRAULICOS	149
• ANEXO C.- SEÑALES DE MANO PARA OPERACION DE GRÚAS	153
• ANEXO D.- PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO.....	154
• ANEXO E.- ENCUESTAS.....	157

INDICE DE TABLAS

2.1.	Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento.....	42
3.1.	Operacionalización de variables independientes.....	44
3.2.	Operacionalización de variables dependientes.....	45
5.1.	Gestión de los RRHH del proyecto.....	52
5.2.	Ejemplo de orden de servicio.....	57
5.3.	Sistemas en una grúa móvil.....	60
5.4.	Ejemplos de cada tipo de grúa móvil.....	62
5.5.	Señalización de seguridad.....	73
5.6.	Tipos de dependencia lógica.....	85
5.7.	Costos en un presupuesto.....	94
5.8.	Gestión de la calidad.....	96
5.9.	Ejemplo de matriz de comunicación.....	99
5.10.	Análisis de riesgos.....	100
5.11.	Análisis de restricciones.....	103
5.12.	Plan semanal.....	104
5.13.	Registro de control de avance.....	106
5.14.	Registro de tareo.....	107
5.15.	Orden de servicio.....	117
5.16.	Registro de control de avance.....	118
6.1.	Sistemas por cada tipo de grúa móvil.....	136
6.2.	Procesos del método de gestión propuesto.....	138
9.1.	Implementación del método de gestión propuesto.....	143

INDICE DE FIGURAS

2.1.	Reconstrucción de un polipastos romano en Bonn, Alemania.....	20
2.2.	Camión grúa National Crane.....	23
2.3.	Grúa sobre orugas.....	24
2.4.	Grúa GMK 4100.....	25
2.5.	Grúa Grove rt530e.....	26
2.6.	Grúa telescópica sobre camión.....	27
2.7.	Grúa de celosía sobre oruga.....	28
2.8.	Grúa telescópica sobre camión de dos estaciones.....	29
2.9.	Grúa todo terreno (una estación).....	31
2.10.	Grupos de proceso de la dirección de proyecto.....	39
5.1.	Propuesta de ciclo de vida.....	49
5.2.	Ejemplo de estructura organizacional.....	51
5.3.	Grúa con los estabilizadores extendidos.....	64
5.4.	Controles de operación de una grúa.....	65
5.5.	Malacate de una grúa montada sobre camión.....	66
5.6.	Arreglo de líneas.....	67
5.7.	Despiece de un sistema de giro.....	68
5.8.	Pluma.....	69
5.9.	Cilindro de levante.....	70
5.10.	Elementos de ayuda para la operación.....	72
5.11.	Manuales de servicio/mantenimiento y operación de una grúa.....	76
5.12.	Portada de tablas y diagrama de carga de una grúa.....	76
5.13.	División de esfuerzos de planificación.....	78
5.14.	Ejemplo de WBS/ EDT.....	81
5.15.	Planificación del control del cronograma.....	84
5.16.	Ejemplo de diagrama de red.....	86
5.17.	Financiamiento de recursos.....	91

INDICE DE GRÁFICOS

2.1.	Impacto de las variables en función del tiempo del proyecto.....	37
2.2.	Interacción de los grupos de proceso en una fase o proyecto.....	39
5.1.	Ejemplo de diagrama de hitos.....	89
5.2.	Ejemplo de diagrama de barras.....	90
5.3.	Ingreso presupuestado vs ingreso real.....	92
5.4.	Diagrama de Pareto como resultado del PPC y CNC.....	97
5.5.	Curva de avance.....	109
5.6.	Cronograma de proyecto, diagrama de hitos.....	122
5.7.	Cronograma de proyecto, diagrama de barras.....	123
5.8.	Cronograma de etapa de mantenimiento, diagrama de barras.....	128
5.9.	Línea base vs Avance real.....	132
5.10.	Evolución del PF de proyecto.....	133
5.11.	Mano de obra del proyecto.....	134
5.12.	Causas de no cumplimiento (CNC).....	135
5.13.	Porcentaje de plan completado (PPC).....	135

RESUMEN

Las grúas móviles son maquinarias para realizar trabajos de izaje y utilizadas en proyectos de infraestructura, minería, refinería, montaje de turbinas eólicas y otros.

La operatividad de las grúas requiere de mantenimiento, el cual puede ser de rutina o mantenimiento mayor, el segundo es normalmente encargado a una empresa externa debido a que requiere personal técnico especializado.

Sin embargo en el mantenimiento realizado por empresas externas se tienen dificultades para cumplir con los trabajos, tiempo y costos asumidos con el cliente y lograr rentabilidad al mismo tiempo, debido a la falta de un método que integre y guíe los procesos involucrados a lo largo del mantenimiento.

Ante esta necesidad, el objetivo principal de este trabajo fue diseñar un método de gestión empleando el PMBOK para mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.

La metodología de investigación utilizada en la presente tesis es del tipo tecnológica de nivel aplicada, con un diseño de aplicación. Se empleó el método sistémico con la recolección de información mediante la técnica documental y empírica.

Como resultado de la investigación se obtuvo un método de gestión con sus consideraciones, fases, procesos y herramientas para su utilización. La conclusión principal demostró que es posible desarrollar un método de gestión empleando el PMBOK y que ciertos servicios de mantenimiento pueden ser enfocados y gestionados como proyectos obteniendo mejores resultados.

Palabras clave: Proyectos, PMBOK, mantenimiento, grúas.

ABSTRACT

The mobile cranes are machines to carry out hoisting work and used in infrastructure, mining, refinery, construction of the wind turbines and other projects. The cranes functionality requires maintenance, which can be a routine or full maintenance, the second one is generally in charge of external enterprise due to their specialized technical staff.

However, the maintenance carries out by external enterprises presents difficulties to comply with the maintenance work, the deliver time and the cost for clients, and in achieving profitability at the same time, in absence of a guide and an integrate method that involves the processes throughout maintenance.

Given this need, the main aim of this work was design a management method using the PMBOK to improve the maintenance projects of mobile cranes.

The research methodology used in this thesis is an applied technological type with application design. The systemic approach and information collection through documental and empirical technique was used.

As research result a management and its considerations, phases, process and usage tools method was obtained. The main conclusion shows that is possible to develop a management method using the PMBOK and that some maintenance services can be focused and managed as project and obtaining better results.

Keywords: Projects, PMBOK, maintenance, cranes.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Las grúas como toda maquinaria requieren de mantenimiento, que puede ser realizado por un área propia o por una empresa externa. El mantenimiento por una empresa externa es realizado cuando se requiere un mantenimiento mayor o en caso de fallas que el área propia no puede solucionar debido a que se requiere de técnicos especializados. El mantenimiento de grúas de terceros plantea un reto diferente, el cual es cumplir tanto con el cliente externo como con el cliente interno, además de las siguientes diferencias con el mantenimiento propio descritas a continuación:

- En el mantenimiento de grúas de terceros el vínculo entre el cliente y la empresa externa es el alcance del contrato de mantenimiento de la grúa. Mientras en un área propia se dice que el dinero sale de un bolsillo (operaciones) al otro bolsillo (mantenimiento), en el mantenimiento a terceros el cliente trata en lo posible de minimizar los costos pero sin sacrificar la calidad o el alcance, aquí entra la capacidad de negociación.
- El cliente no será flexible por los días adicionales que su grúa esté parada si el mantenimiento no culmina en la fecha comprometida dado que tiene sus propios compromisos.
- El alcance del mantenimiento de grúas a terceros continúa luego de la entrega técnica de la grúa durante el periodo de garantía, el área de mantenimiento del cliente es la encargada del mantenimiento permanente de la grúa y solo existirá comunicación con el cliente en caso se presenten fallas relacionadas al alcance del trabajo realizado. No se utilizan

indicadores como la disponibilidad mecánica, tiempo entre fallas, confiabilidad u otros ya que el equipo no es un activo de la empresa, por lo cual es el área de mantenimiento del cliente la encargada de generar estos indicadores.

El mantenimiento a grúas de terceros puede ser de rutina por horómetro de la grúa (250, 500, 750 y 1000 HM) o un mantenimiento integral que involucra un mayor esfuerzo, donde suelen presentarse algunas de las siguientes dificultades:

- La evaluación de la grúa toma más tiempo que lo planificado ocasionando el retraso de las actividades subsecuentes.
- Durante la fase de ejecución se presentan fallas no detectadas durante la evaluación, lo que ocasiona trabajos adicionales o la solicitud de nuevos repuestos, que en su mayoría se importan y cuyo tiempo de llegada podría ser desde unas semanas a meses para componentes principales.
- No se cumple con las fechas de entrega ni se satisfacen los requerimientos del cliente en cuanto a la calidad y otros aspectos.

De lo expuesto el mantenimiento a grúas de terceros implica esfuerzos adicionales y una estrategia diferente para ser abordado, debido a la necesidad de dar solución a este problema y la existencia de herramientas como la dirección de proyectos se plantea diseñar un método de gestión para proyectos de mantenimiento de grúas móviles empleando la Guía PMBOK¹.

¹ PROJECT MANAGMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK). Pensilvania, EE.UU. PMI Publications. Cuarta Edición. 2008.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es posible diseñar un método de gestión para mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible desarrollar los procedimientos de evaluación de grúas para determinar el alcance del mantenimiento?
- ¿Cómo establecer los procesos de planificación que permitan obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas?
- ¿Cómo desarrollar los procesos de ejecución y control para dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un método de gestión empleando el PMBOK para mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar los procedimientos de evaluación de grúas mediante la evaluación por sistemas para determinar el alcance del mantenimiento.
- Establecer los procesos de planificación mediante estrategias y una línea de acción para obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas.
- Desarrollar los procesos de ejecución y control mediante el uso adecuado de recursos, realización de actividades acorde al plan y herramientas de control

para dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación tecnológica

Se buscó solucionar un problema concreto, el cual es mejorar la gestión de proyectos de mantenimiento de grúas y ofrecer un punto de vista diferente a la gestión tradicional, empleando los lineamientos de la dirección de proyectos y cuyo estándar es el PMBOK.

La dirección de proyectos es una herramienta muy útil, pensar en proyectos no debe ser limitado a manejar grandes cantidades de recursos como; materiales, dinero o que su ejecución deba de tomar años. La dirección de proyectos abre un abanico de posibilidades para su aplicación, incluso la elaboración de una tesis puede ser llevada a cabo siguiendo sus lineamientos ya que tiene un alcance, tiempo y un costo, los cuales deben ser controlados adecuadamente para lograr su realización exitosa.

1.4.2. Justificación económica

El método de gestión propuesto contempla la ejecución y culminación de los trabajos de mantenimiento de grúas móviles con costos dentro del presupuesto asignado, a través de la interacción de herramientas de planificación, ejecución y control. Con mejores rendimientos de mano de obra basados principalmente en una buena planificación se pueden obtener beneficios económicos que no solo involucran al equipo del proyecto de mantenimiento, también afectan positivamente a los interesados, los cuales pueden estar dentro o fuera de la empresa.

1.5. Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación radica en la relevancia que en la actualidad cobra la gestión de proyectos. A diario se escucha acerca de diversos proyectos de inversión impulsados por el Estado y por el sector privado y en todos ellos están involucrados los ingenieros, ya sea en puestos de supervisión, ingeniería, mantenimiento o dirección. Por ello es importante que los ingenieros mecánicos se capaciten en la gestión de proyectos.

La presente investigación busca mejorar los resultados de los proyectos de mantenimiento de grúas móviles en general, mediante el empleo conjunto de conocimientos técnicos y herramientas de gestión (PMBOK), los cuales han demostrado tener éxito en otras áreas.

El final de un proyecto de mantenimiento de una grúa que resulta con el equipo totalmente operativo no es sinónimo de un proyecto exitoso, si para ello el presupuesto tuvo que duplicarse o si la entrega técnica se dio fuera de fecha. La presente investigación presenta conceptos muy útiles como la planificación, la definición de objetivos y la evaluación de restricciones, lo cual permitirá tomar las mejores decisiones a lo largo del proyecto.

Actualmente las adendas se han vuelto un tema recurrente, las adendas son herramientas que permiten realizar modificaciones o ampliar el contrato. Se pueden modificar desde los precios, plazos y otros aspectos. Si bien las adendas permiten mejorar o corregir los contratos, es mejor realizar una buena evaluación inicial del proyecto y eso se consigue con los conceptos que la gestión de proyectos ofrece.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

Robles Rojas Ana Cristina² presenta la tesis “Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de activos físicos de grúas pórtico”.

Presenta la problemática en el terminal portuario de la gestión de activos físicos los cuales son principalmente las grúas pórtico. Al no contar con una política de gestión de activos físicos, se evidencian constantes breakdowns de las grúas pórtico, acumulación de sobre stock en almacén, pérdida económicas y de productividad.

El sistema de gestión de activos físicos que propone abarca conceptos de mantenimiento, criticidad, riesgo, confiabilidad, gastos, etc. Busca aumentar la vida útil de los activos físicos (grúas pórtico), aumentar su disponibilidad al disminuir las fallas constantes y sus consecuencias. Propone acciones y controles según la clasificación del activo físico (crítico, semicrítico y no crítico) y la condición de los activos crítico (no aceptable, grave, indeseable) para reducir el riesgo de falla.

Chau Lam Joanna Elida³ presenta la tesis “Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras”.

En el negocio de movimiento de tierras la maquinaria pesada representa un 20% a 50% de total de la operación, por lo cual es importante reducir costos y optimizar

² ROBLES ROJAS, Ana Cristina. **Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de activos físicos de grúas pórtico.** Tesis de Ingeniería. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015

³ CHAU LAM, Joanna Elida. **Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras.** Tesis de Ingeniería. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2010

recursos a través de un sistema de gestión confiable. Se busca desarrollar y demostrar una metodología práctica y económica para el planeamiento y control de costos de los requerimientos de la maquinaria pesada con el empleo de sus propios activos, esta metodología está orientada a medianas empresas que no pueden pagar costosos softwares de gestión de mantenimiento.

Esta metodología de planeamiento y control permite mejorar los canales de comunicación entre las áreas y por ende los resultados de la empresa. Entre sus conclusiones resalta la importancia de una logística en obra, que de forma ágil y acertada tome los requerimientos del área de mantenimiento ya que errores en la solicitud de repuestos puede arruinar el esfuerzo de meses de todo el equipo.

Donayre Velazco Enzo Jair⁴ presenta la tesis “Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima”.

Esta investigación surge en una empresa de servicios de elevación (ascensores, montacargas, elevadores de carga, escaleras mecánicas y otros equipos relacionados) donde los problemas en el área de mantenimiento, como la falta de motivación del personal, la falta de estrategias de mejora y la ausencia de políticas y objetivos ocasionan finalmente pérdidas monetarias. Para poder solucionar el problema el autor plantea un plan de acción basado en el análisis estratégico del área de mantenimiento y el desarrollo de estrategias de mantenimiento entre las cuales está la formulación de políticas y objetivos. Mediante el Diagrama del árbol

⁴ DONAYRE VELAZCO, Enzo Jair. **Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima.** Tesis de Ingeniería. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2014

se identifican las causas raíces del problema en cuestión y utilizando una matriz FODA se realiza el análisis estratégico.

Gavilán Carrera Juan Jesús⁵ presenta el proyecto final de carrera “Aplicación de Lean Manufacturing al control de revisiones de mantenimiento de aeronave”.

La investigación toma lugar en España en una empresa aeronáutica llamada EADS CASA, dedicada a la construcción y mantenimiento de aeronaves. En esta empresa el autor identifica oportunidades de mejora en el área de mantenimiento como la coordinación entre los departamentos de mantenimiento y medición de avance de los trabajos de mantenimiento, el problema es visto como una oportunidad debido a la expectativa de crecimiento de la flota mundial de aeronaves. Entre los resultados se desarrolló un sistema de seguimiento para los trabajos de mantenimiento.

Lo más interesante de esta investigación es que el autor aplica la metodología Lean Manufacturing la cual surge en la Empresa TOYOTA, la metodología Lean utiliza herramientas como JIT, JUDOKA, KAMBAS, 5S's y es una filosofía que toda la organización debe hacer propia. La filosofía Lean orienta los equipos hacia la mejora continua mediante la eliminación del despilfarro. Aunque la filosofía Lean nace en la industria de producción (TOYOTA), la misma puede ser adaptada y aplicada a otras industrias como el mantenimiento (Lean maintenance) y la construcción (Lean Construction).

⁵ GAVILAN CARRERA, Juan Jesús. **Aplicación del Lean Manufacturing al control de las revisiones de mantenimiento de aeronaves.** Proyecto Fin de carrera. Sevilla. Universidad de Sevilla. 2009

Pacheco Hernández Moises⁶ presenta el proyecto “Mantenimiento a los sistemas hidráulicos de grúas”.

La investigación toma lugar en México en una empresa llamada EURO GRÚAS, dedicada a la distribución y mantenimiento de grúas hidráulicas articuladas sobre camión. En este trabajo se realizó un plan de mantenimiento preventivo para una grúa articulada hidráulica y se desarrolló su historial de mantenimiento.

Se presenta el significado del mantenimiento preventivo, sus beneficios, particularidades y su aplicación a la grúa en cuestión. El proyecto es dividido en tres etapas, la etapa 1 consistió en la inspección del cableado eléctrico y del sistema hidráulico de la grúa. En la etapa 2 se realizaron las mejoras a la grúa en función a la inspección llevada en la etapa 1. En la etapa 3 se elaboró una cartilla de mantenimiento para la grúa evaluada.

Galarza Jaramillo Jennifer Gisela⁷ presenta el proyecto “Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas”.

La investigación toma lugar en Ecuador. En el marco teórico se presentan los conceptos sobre maniobras de izaje, los tipos de grúas y partes de una grúa. Como el proyecto está enfocado en las grúas puente se expone su funcionamiento, sus partes, las cargas que actúan, su montaje y su mantenimiento. Entre las conclusiones resalta la importancia que se le otorga a un buen diagnóstico, el cual es punto de partida para la planificación y la ejecución del mantenimiento.

⁶ PACHECO HERNANDEZ, Moises. **Mantenimiento a los sistemas hidráulicos de grúas.** Proyecto Fin de Carrera. Santiago de Querétaro. Universidad tecnológica de Querétaro. 2015.

⁷ GALARZA JARAMILLO, Jennifer Gisela. **Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas.** Proyecto Fin de Carrera. Quito. Escuela Politécnica Nacional. 2012.

2.2. Grúas

2.2.1. Definición

Una grúa es una máquina empleada para elevar, mover y bajar materiales, la grúa utiliza mecanismos para crear ventaja mecánica y poder cargar elementos pesados.

Las grúas son utilizadas en el transporte para cargar y descargar mercancías, en la construcción para mover materiales y en la manufactura para ensamblar equipos.

2.2.2. Historia

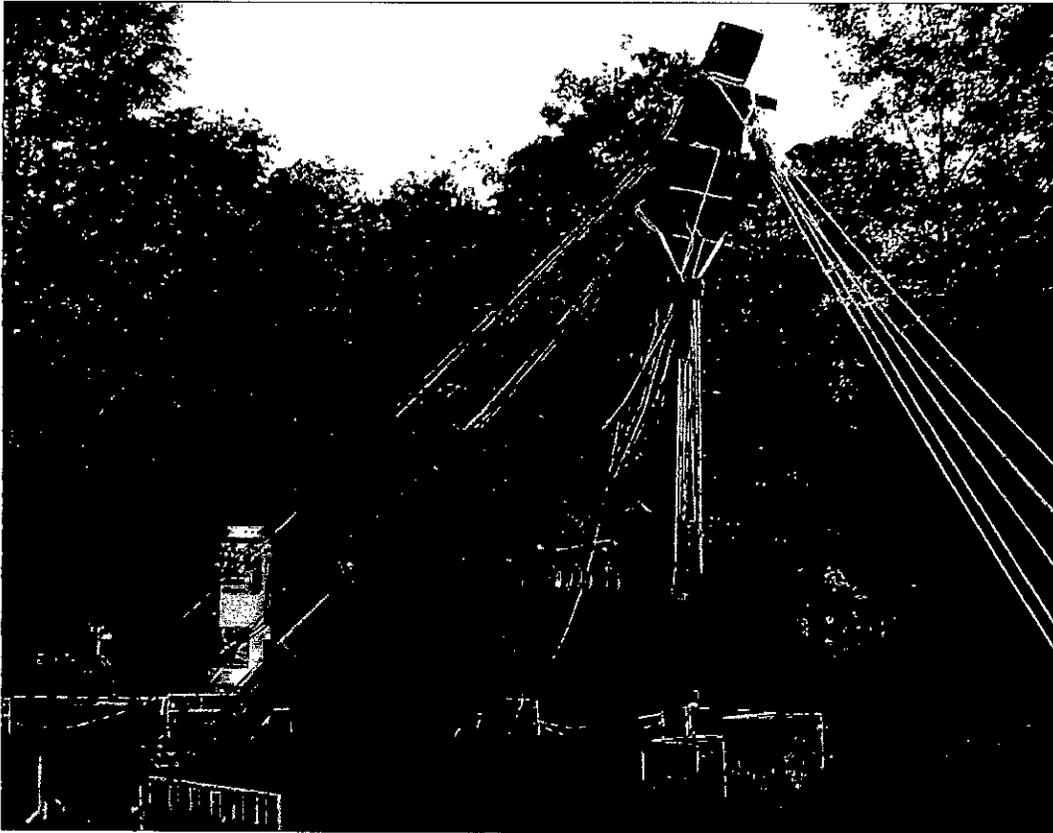
Las primeras grúas fueron inventadas por los griegos a finales del siglo VI a.c. Esta tecnología les permitió construir edificios de grandes alturas como el Partenón.

Siglos después Roma adopta la tecnología de la grúa griega y la desarrolla para construir edificios como el Templo de Júpiter en Baalbek, donde los bloques pesan 60 toneladas cada uno, a una altura de 19 metros sobre tierra. En ese tiempo las grúas eran accionadas por la fuerza de hombres o animales.

El tripastos era una de las grúas romanas más simples, contaba con una viga, un torno, una cuerda y un bloque que mediante 3 poleas le permitía a un hombre cargar 150 Kg aplicando una fuerza de 50 Kg, para mayores cargas debían de utilizarse grúas polipastos (véase la figura N°2.1, en la página 20).

En comparación con Egipto y la construcción de las pirámides, donde se requerían de 50 hombres para mover una roca de 2,5 ton, con la tecnología romana la relación era de 3000 Kg por persona (60 veces mayor).

FIGURA N° 2.1
RECONSTRUCCIÓN DE UN POLIPASTOS ROMANO EN BONN, ALEMANIA
(FUENTE: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Roemerkran.jpg>)



Alrededor del siglo XII, en Europa se desarrollan las grúas de acoplamiento con las cuales se construyeron las catedrales góticas.

Con la revolución industrial la madera utilizada en la grúas fue reemplazada por materiales más resistentes como el hierro fundido y luego el acero, en el siglo XVIII la potencia pasa a ser suministrada por la máquina de vapor. Las grúas modernas utilizan sistemas con motores de combustión interna, motores eléctricos e hidráulicos para suministrar más potencia.

2.2.3. La contribución de la ASME/ ANSI

La sociedad Americana de Ingenieros mecánicos ASME ha desarrollado la norma ASME B30, la cual contiene disposiciones que se aplican a la construcción, instalación, operación, inspección, pruebas, mantenimiento, utilización de las grúas y otros equipos elevadores y de manipulación de materiales. La norma ASME B30-2014 fue aprobada por el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) y se ha dividido en varios volúmenes para su mejor comprensión.

La ASME B30.5 titulada “Mobile and locomotive cranes” en español “Grúas móviles y ferroviarias”, es un estándar aplicado a las grúas de oruga, ferroviarias, montadas sobre ruedas y cualquier variante de estas manteniendo las características principales. Se excluyen tractores de pluma lateral y grúas diseñadas para retirar restos automovilísticos y ferroviarios, grúas perforadoras, grúas fabricadas para uso en líneas eléctricas energizadas, las plumas articuladas montadas sobre camión y las grúas de capacidad nominal menor o igual a una tonelada.

2.2.4. La contribución de la OSHA

La Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA) es una agencia de Estados Unidos en el Departamento de trabajo, encargada de asegurar condiciones de trabajo seguras y saludables para hombres y mujeres mediante el establecimiento, aplicación de normas, la capacitación, divulgación y asistencia.

La OSHA ha desarrollado la norma 1910.180 (General Industry) y la norma 1926 Subpart CC – Cranes & Derricks in Construction, el fin de desarrollar una norma especialmente para la construcción es debido a que las estadísticas anuales

demuestran que es uno de los trabajos más peligrosos. La norma 1910.180 puede ser aplicada siempre que no se oponga a lo indicado por la norma 1926 Subpart CC.

En el año 2001 fue publicado el “memorando de entendimiento entre la OSHA y la ANSI” donde se acuerda la cooperación mutua para el desarrollo de normas de consenso nacional para cuestiones de seguridad y salud. La principal diferencia entre la ASME y la OSHA es la autoridad legal de la OSHA.

2.2.5. Clasificación de las grúas

Las grúas se clasifican a continuación y cada una tiene su respectivo estándar ASME, la presente investigación solo abarca las grúas móviles.

- B30.2 - Grúas puente y de pórtico.
- B30.3 - Grúas torre para la construcción.
- B30.4 - Grúas de pórtico, de torres y de pilastras.
- **B30.5 - Grúas móviles y sobre riel.**
- B30.6 - Grúas fijas.
- B30.8 - Grúas giratorias y fijas flotantes.
- B30.11 - Grúas monorriel y suspendidas.
- B30.12 - Grúas giratorias y de helicóptero.
- B30.14 - Tractores de carga lateral (side boom).
- B30.16 - Grúas puente de viga corrida Inferior.
- B30.17 - Grúas puente y pórtico (diferentes tipos).
- B30.18 - Grúas apiladoras.
- B30.22 - Grúas de pluma articulada.
- B30.24 - Grúas para contenedores.

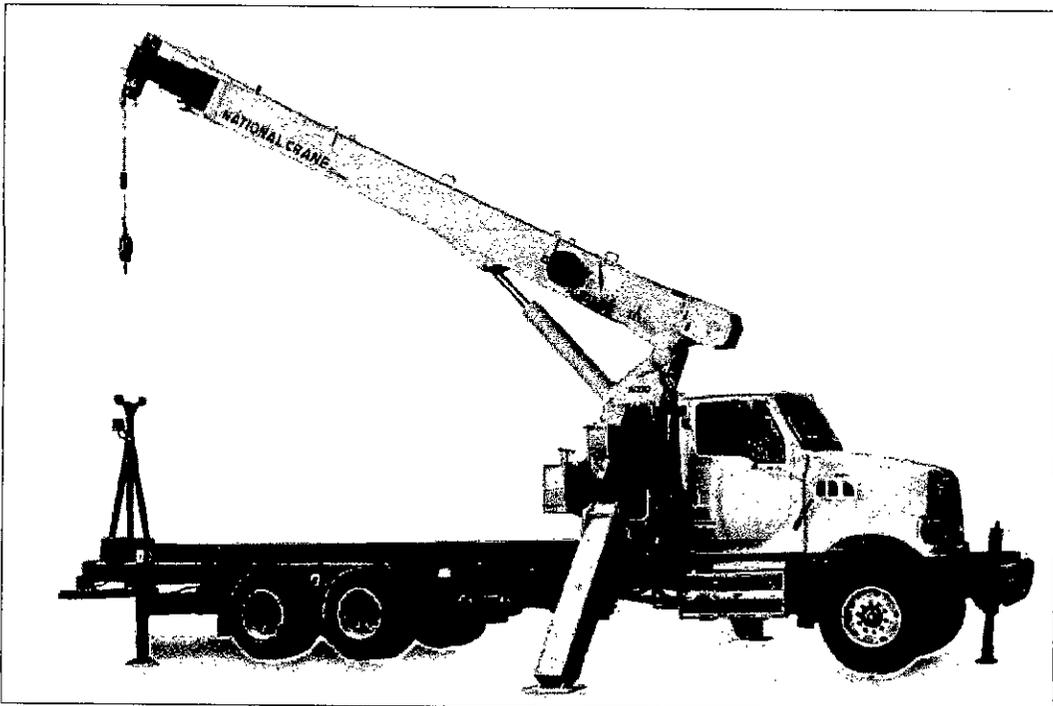
2.2.6. Clasificación de las grúas móviles

a) Grúa montada sobre camión (*commercial truck-mounted cranes*)

Consiste en una estructura giratoria (mástil o plataforma), pluma, mecanismos y una o más estaciones de operación montadas sobre un bastidor anclado al chasis de un camión, por lo general tiene una capacidad de carga de carga de 15-25 ton pero actualmente existen fabricaciones que pueden exceder las 50 ton de capacidad. Su función es levantar, bajar y balancear la carga a diferentes radios.

La ventaja de esta grúa es que puede desplazarse por la carretera como un camión convencional y puede llevar carga en su plataforma trasera. Entre sus aplicaciones está el montaje de postes para alumbrado.

FIGURA N° 2.2
CAMIÓN GRÚA NATIONAL CRANE
(FUENTE: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/16235-2658297.jpg)



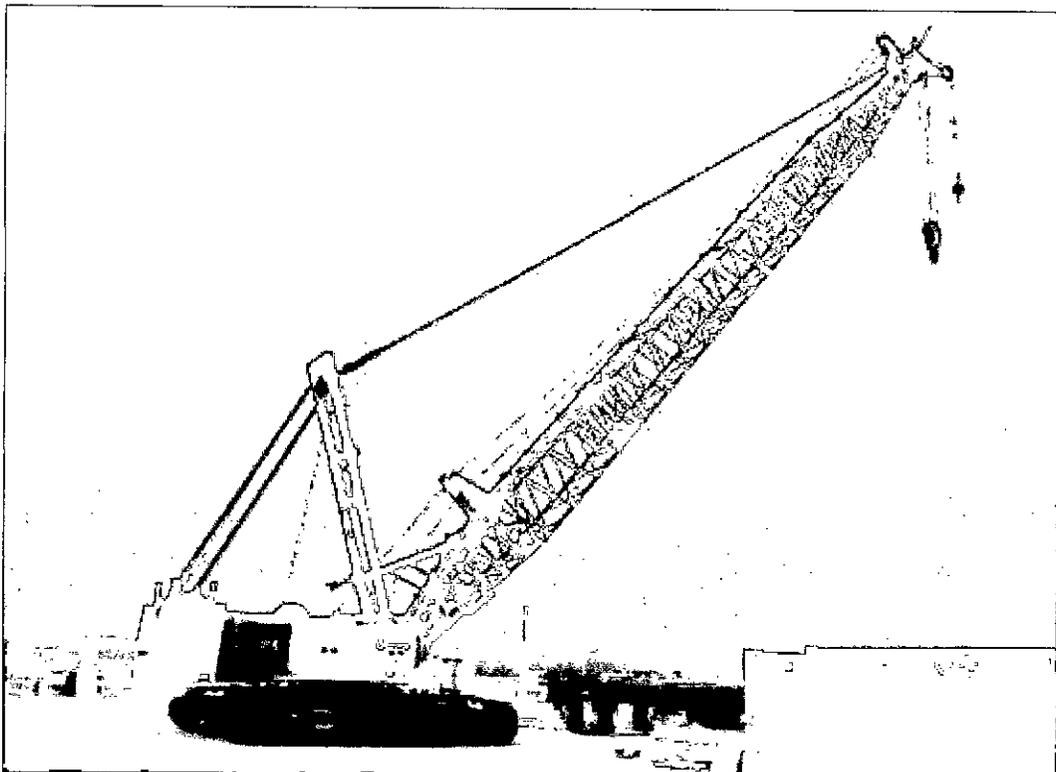
b) Grúa sobre orugas (crawler crane)

Consiste en una superestructura giratoria con una fuente de energía, mecanismos y pluma, montada sobre una base de orugas para trasladarse. Su función es levantar, bajar y balancear la carga a diferentes radios. Esta grúa es la única que puede trasladarse con la carga suspendida.

La ventaja de este tipo de grúa es que ofrece una operación flexible y alta movilidad en obra. Entre sus desventajas se tiene el desmontaje de los cuerpos de la pluma para ser transportados a obra de forma separada. El fabricante LIEBHERR ofrece actualmente el modelo LTR 1060 el cual conserva las orugas pero con una pluma telescópica.

FIGURA N° 2.3
GRÚA SOBRE ORUGAS

(FUENTE: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/16235-5113683.jpg)

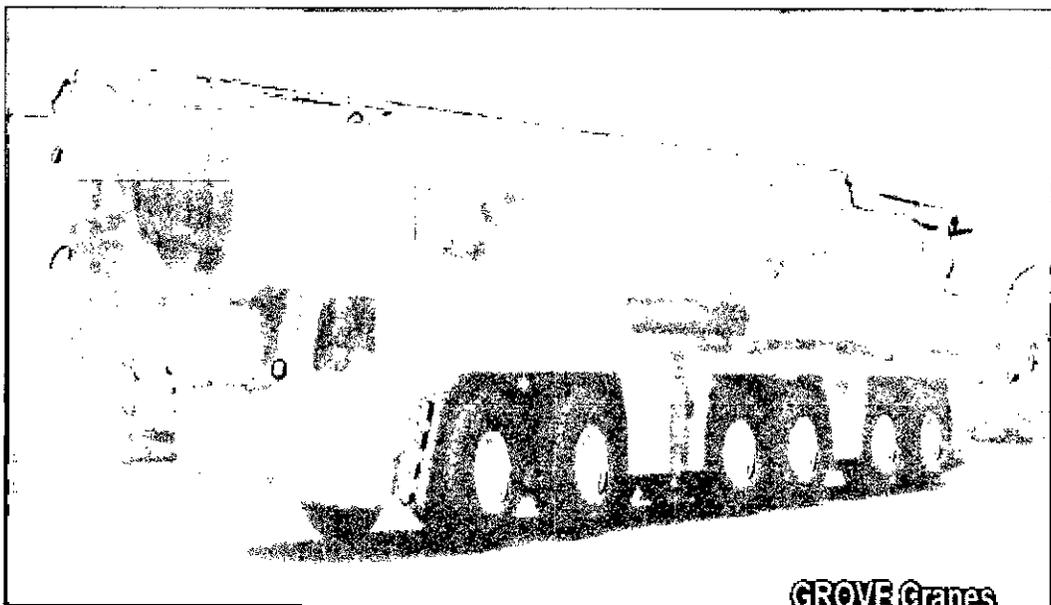


c) Grúa montada sobre ruedas, múltiples estaciones de control, (wheel-mounted crane, multiple control stations)

Consiste en una superestructura giratoria, mecanismos, la pluma y la estación de operación están montadas sobre un porta grúa (crane carrier) equipado con ejes y ruedas de goma para su traslado, una fuente de energía, con estaciones de control independientes para la conducción y la operación. Su función es levantar, bajar y balancear la carga a diferentes radios.

Esta grúa puede trasladarse hasta la obra como un camión convencional a una velocidad razonable y ofrece mayores capacidades de carga que las grúas montadas sobre ruedas de una sola estación.

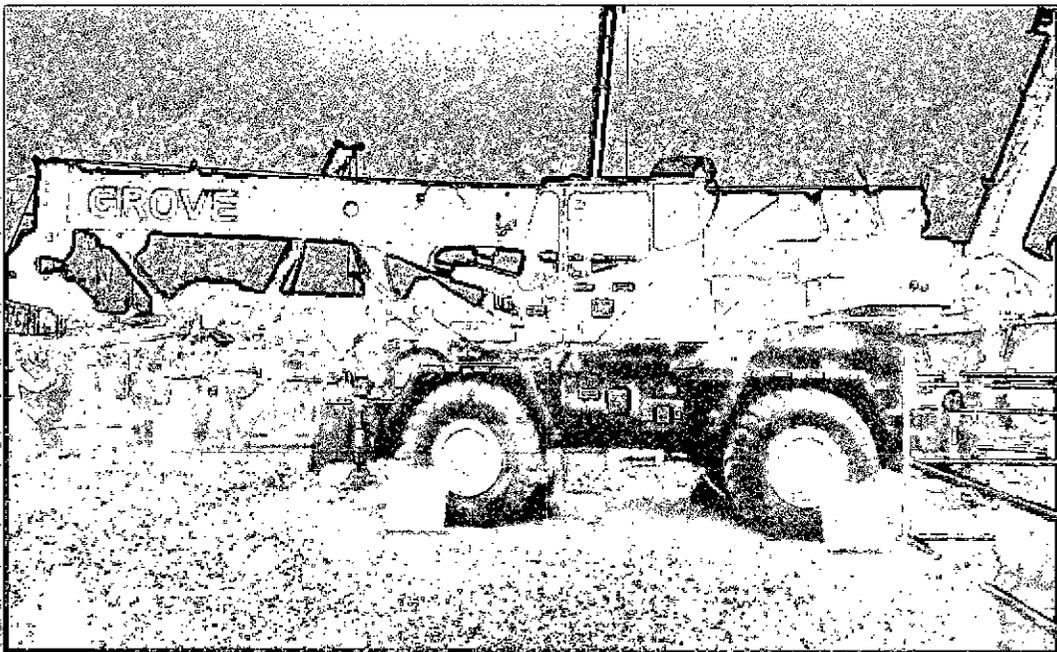
FIGURA N° 2.4
GRÚA GMK 4100
(FUENTE: <http://grovecranes.blogspot.pe/2011/02/>)



d) Grúa montada sobre ruedas, una estación de control, (wheel-mounted crane, single control stations)

Consiste en una superestructura giratoria, mecanismos, la pluma y la estación de operación están montadas sobre un porta grúa (crane carrier) equipado con ejes y ruedas de goma para su traslado, una fuente de energía, una única estación de control para la conducción y la operación. Su función es levantar, bajar y balancear la carga a diferentes radios.

FIGURA N° 2.5
GRÚA GROVE RT530E
(FUENTE: propia)

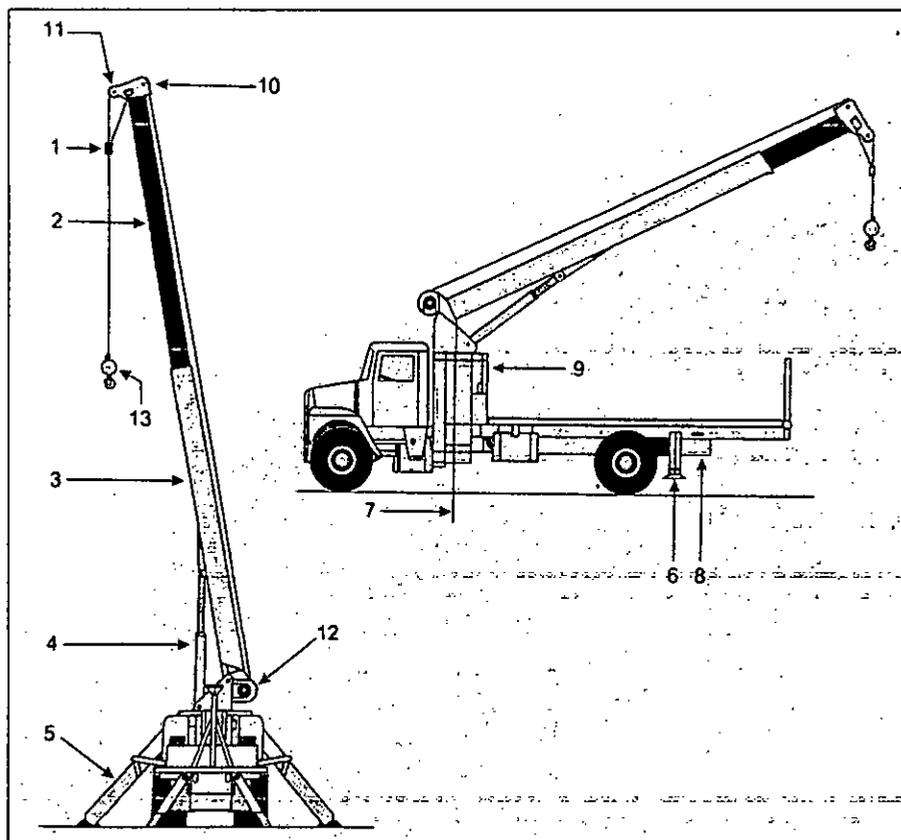


El ASME B30.5 comprende tanto las grúas móviles como las grúas sobre riel, pero el presente trabajo de investigación solo abarca las grúas móviles por lo cual no se realizó mayor hincapié en las características o aplicaciones de las grúas sobre riel.

2.2.7. Partes principales de las grúas móviles.

a) Grúa montada sobre camión (commercial truck-mounted cranes)

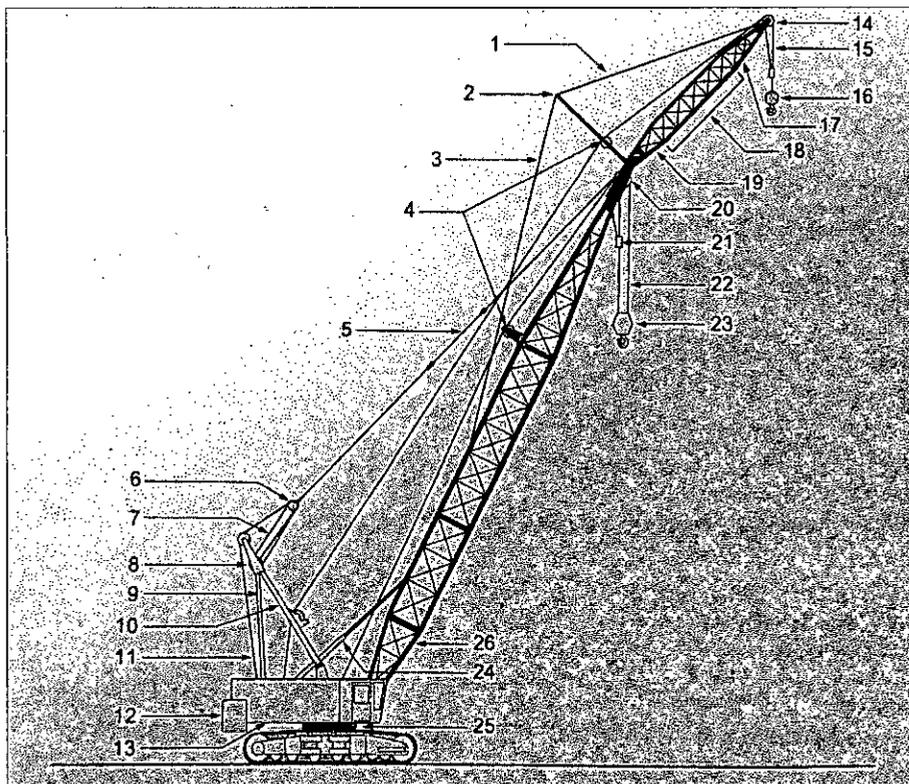
FIGURA N° 2.6
GRÚA TELESCÓPICA SOBRE CAMIÓN
(FUENTE: Crane Institute)



Ítem	Componente (Inglés)	Parte (Español)
1	Anti-two-blocking device	Dispositivo antibloqueo
2	Telescoping boom section	Sección telescópica
3	Boom base section	Sección base de la pluma
4	Lift cylinder	Cilindro de levante
5	Front stabilizers	Estabilizadores delanteros
6	Rear stabilizers	Estabilizadores traseros
7	Center of rotation	Centro de rotación
8	Truck chassis	Chasis de camión
9	Turret and pedestal	Pedestal
10	Boom head	Grupo de punta de pluma
11	Boom point sheave	Poleas de punta de pluma
12	Hoist	Malacate
13	Overhaul ball	Bola de carga

b) Grúa sobre orugas (crawler crane)

FIGURA Nº 2.7
GRÚA DE CELOSÍA SOBRE ORUGA
(FUENTE: Crane Institute)

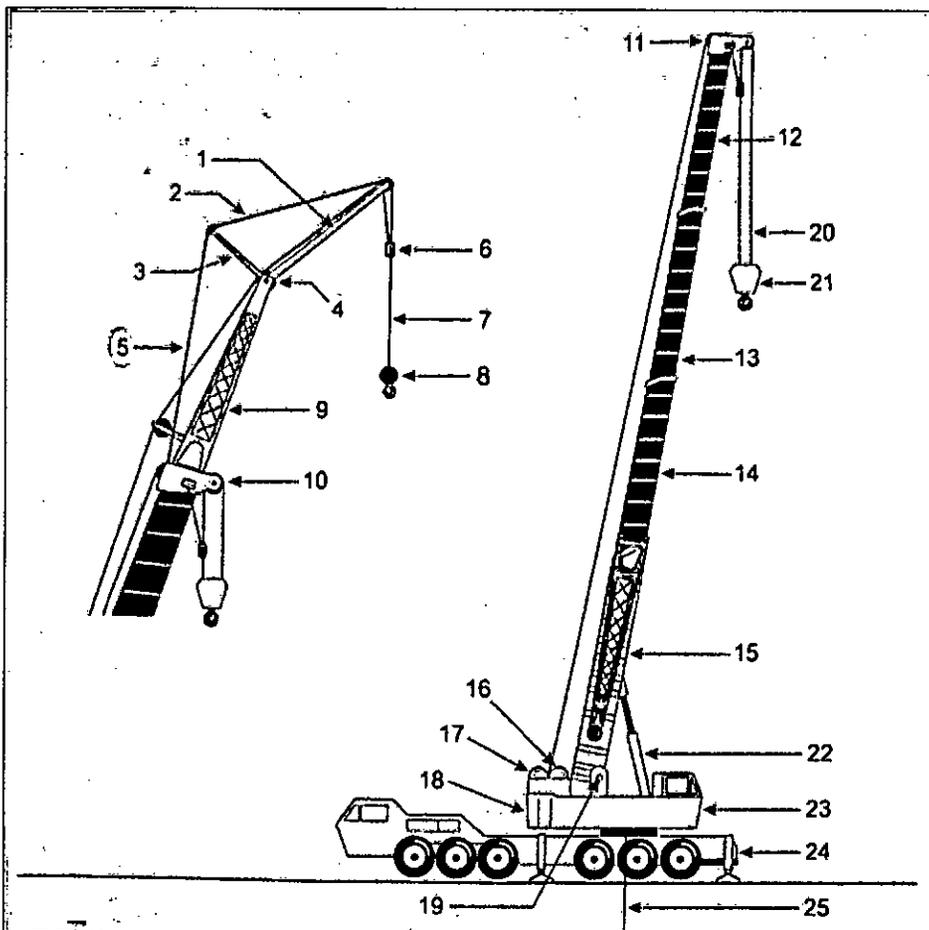


Ítem	Componente (Inglés)	Parte (Español)
1	Jib forestay pendant	Tensor delantero del Jib
2	Jib mast (gantry)	Mástil de Jib
3	Jib backstay pendant	Tensor trasero del Jib
4	Deflector (Idler) Sheaves	Poleas Guía de la línea de carga
5	Boom pendants	Tensores de la pluma
6	Outer Bail	Poleas ecualizadoras
7	Boom hoist reeving	Partes de línea de levante de la pluma
8	Inner bail	Poleas del mástil
9	Backhitch	Soporte del mástil
10	Gantry	Mástil
11	Boom hoist line	Línea de levante de la pluma
12	Counterweight	Contrapeso
13	Machine deck	Superestructura
14	Jib tip sheave	Polea del Jib
15	Auxiliary hoist line	Línea de carga auxiliar

16	Headache or Overhaul Ball	Gancho de bola
17	Jib tip section	Sección de punta del Jib
18	Jib midsection	Sección intermedia de la pluma
19	Jib heel section	Sección base del Jib
20	Boom tip sheaves	Poleas de punta de pluma
21	Anti-two-blocking device	Dispositivo antibloqueo
22	Main hoist line	Línea de carga principal
23	Main Hook block	Bloque de carga principal
24	Boom stops	Topes de pluma
25	Turntable	Tornamesa
26	Boom heel section	Sección base de la pluma

c) *Grúa montada sobre ruedas, múltiples estaciones de control, (wheel-mounted crane, multiple control stations)*

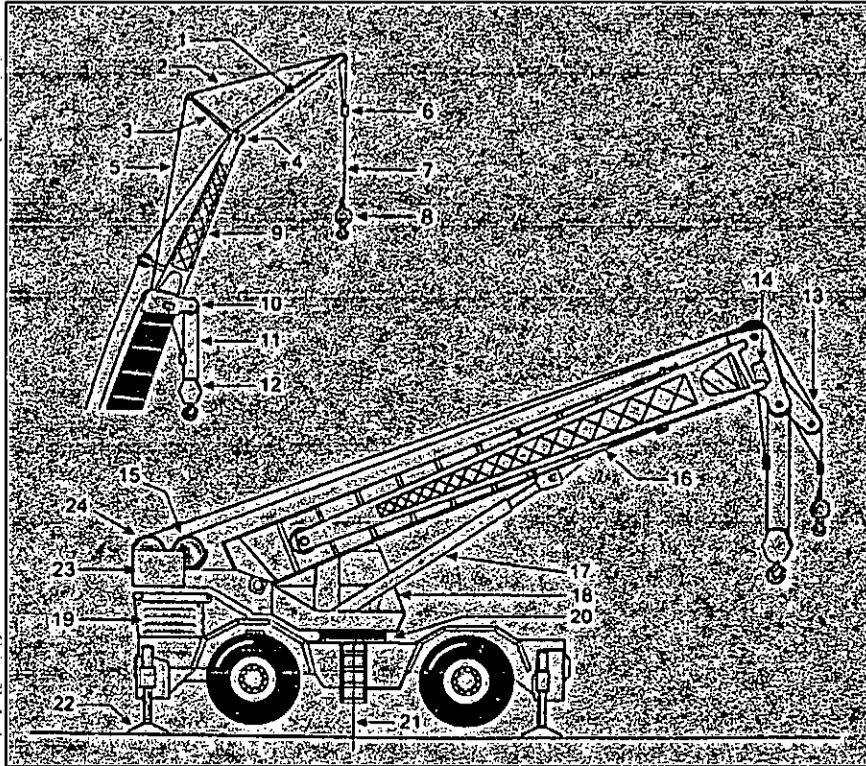
FIGURA N° 2.8
GRÚA TELESCÓPICA SOBRE CAMIÓN DE DOS ESTACIONES
(FUENTE: Crane Institute)



Ítem	Componente (Inglés)	Parte (Español)
1	Jib	Jib
2	Jib forestay pendant	Tensor delantero del Jib
3	Jib mast	Mástil de Jib
4	Boom extension tip sheave	Polea de sección de celosía
5	Jib backstay pendant	Tensor trasero del Jib
6	Anti-two-blocking device	Dispositivo antibloqueo
7	Auxiliary hoist line	Línea de carga auxiliar
8	Jib hook and headache Ball	Bola de carga
9	Boom extension, erected	Sección de celosía, extendida
10	Main boom tip sheave	Poleas de punta de pluma
11	Main boom head	Grupo de punta de pluma
12	#3 Power telescoping section	#3 Tercera sección telescópica
13	#2 Power telescoping section	#2 Segunda sección telescópica
14	#1 Power telescoping section	#1 Primera sección telescópica
15	Base boom section	Sección base de la pluma
16	Main hoist	Malacate principal
17	Auxiliary hoist	Malacate auxiliar
18	Counterweight	Contrapeso
19	Boom hinge pin	Pasador de soporte de pluma
20	Main hoist line	Línea de carga principal
21	Main Hook block	Bloque de carga principal
22	Boom hoist cylinder	Cilindro de levante de la pluma
23	Upper works	Superestructura
24	Carrier	Unidad portante
25	Center of rotation	Centro de rotación

d) Grúa montada sobre ruedas, una estación de control, (wheel-mounted crane, single control stations)

FIGURA N° 2.9
GRÚA TODO TERRENO (UNA ESTACIÓN)
(FUENTE: Crane Institute)



Ítem	Componente (Inglés)	Parte (Español)
1	Jib	Jib
2	Jib forestay pendant	Tensar delantero del Jib
3	Jib mast	Mástil de Jib
4	Boom extension tip sheave	Polea de sección de celosía
5	Jib backstay pendant	Tensar trasero del jib
6	Anti-two-blocking device	Dispositivo antibloqueo
7	Auxiliary hoist line	Línea de carga auxiliar
8	Jib hook and headache Ball	Bola de carga
9	Boom extension, erected	Sección de celosía, extendida
10	Main boom tip sheave	Poleas de punta de pluma
11	Main hoist line	Línea de carga principal
12	Main hook block	Bloque de carga principal
13	Main boom head	Grupo de punta de pluma
14	Auxiliary boom head	Polea auxiliar
15	Main hoist	Malacate principal

16	Boom extension, stowed	Extensión de celosía, retraída
17	Boom hoist cylinder	Cilindro de levante de la pluma
18	Operator's cab	Cabina del operador
19	Engine	Motor
20	Ring gear	Tornamesa
21	Center of rotation	Centro de rotación
22	Outrigger pads	Estabilizadores
23	Counterweight	Contrapeso
24	Auxiliary hoist	Malacate auxiliar

2.2.8. El mantenimiento de grúas (ASME B30.5-2014)

Mantenimiento preventivo

Debe establecerse un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del manual del fabricante y si una persona calificada lo determina el programa puede contener recomendaciones del manual de operaciones. Es recomendable que los componentes reemplazados sean obtenidos del fabricante.

Procedimiento de mantenimiento

Antes de iniciar la reparación de la grúa debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Trasladar la grúa a un lugar donde causa la menor interferencia a otros equipos.
- Colocar los controles en OFF y asegurarse que los mecanismos están protegidos de activación involuntaria de frenos, palanca u otros.
- Desactivar medios de arranque y desconectar la fuente de energía.
- Bajar la pluma y el bloque de carga al suelo.
- Aliviar la presión de aceite de los sistemas antes de desmontar algún componente.

- Colocar advertencias “malogrado” en los controles de la grúa.
- Luego de la reparación, no se debe operar la grúa hasta que se hayan instalados todas las guardas, purgado el aire del sistema hidráulico, reactivado los dispositivos de seguridad y retirado los equipos de mantenimiento.

Ajustes y reparaciones

Se debe corregir toda condición de peligro encontrada durante la inspección llevada acorde a (ASME B30.5-5.2.1) antes de reanudar la operación de la grúa. Las reparaciones deben realizarse por personal calificado y con las tolerancias especificadas por el fabricante, como ejemplo los sistemas de control, neumático, electrónico, hidráulico y mecánico.

Se debe facilitar la reparación o reemplazo de componentes necesarios para la operación como:

- Partes críticas de los mecanismos funcionales de operación que estén agrietados, rotos, oxidados, doblados o excesivamente desgastados.
- Partes de la estructura de la grúa que estén agrietadas, rotas o corroídas.
- Ganchos dañados, desgastados y como se describe en la sesión de mantenimiento en ASME B30.10, no se recomienda la reparación soldada.

El reemplazo de componentes o reparaciones deberán considerar al menos el factor de diseño original.

Si no se siguen las instrucciones proporcionadas por el fabricante para la purga del aire en los sistemas hidráulicos, se podrían averiar bombas u otros componentes.

Lubricación

En el manual del fabricante se encuentran los puntos de lubricación, frecuencia de lubricación, niveles de lubricante y los tipos de lubricante a utilizar.

2.2.9. Dispositivos de seguridad en las grúas

Según la OSHA 1926.1416, los siguientes dispositivos de seguridad son requeridos para la operación segura de la grúa y si uno o más de ellos no está funcionando adecuadamente el equipo no debe ser operado. No se permite el reemplazo de estos dispositivos por elementos o métodos alternativos.

Indicador de nivel (crane level indicator): Mide el ángulo entre el boom y la línea horizontal y permite al operador nivelar la grúa, los del tipo burbuja son los más comunes y van anclados al panel de operación en la cabina. El indicador de nivel no aplica para grúas sobre barcaza o similares.

Topes de pluma (boom stops): Restringe el movimiento del boom a un cierto ángulo máximo, no aplica para derricks y grúas hidráulicas. En las grúas hidráulicas el ángulo máximo de la pluma está limitado a la extensión del cilindro de levante.

Topes de jib (jib stop): Restringe el movimiento del fixed o luffing boom a un cierto ángulo máximo, (excepto para derricks o cuando el jib no está montado).

Equipos con frenos de pedal

Estabilizadores hidráulicos: Estos deben de tener una válvula holding / check.

Claxon: Los equipos deben de tener una alarma a disposición del operador dentro de la cabina.

2.3. Guía del PMBOK

La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK) contiene el estándar reconocido a nivel global para la profesión de la dirección de proyectos, fue desarrollada por el Project Management Institute (PMI), que fue acreditado en el año 1998 por el Instituto de Normalización de los Estados Unidos (ANSI).

2.3.1. Definición de proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal llevado a cabo para crear un producto o servicio único. Un proyecto tiene un principio y un final, el final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando los objetivos no pueden ser cumplidos o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto.

Los proyectos pueden surgir por las siguientes necesidades: demanda del mercado, oportunidad estratégica, necesidad social, consideraciones ambientales, solicitud de un cliente, avance tecnológico.

2.3.2. Dirección de proyectos

Es la aplicación de conocimientos y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir sus requisitos. Se logra mediante la integración adecuada de los 47 procesos que se detallan más adelante. La dirección de proyectos generalmente consiste en:

- Identificar los requisitos.
- Abordar las necesidades y expectativas de los interesados.
- Cumplir los requisitos del proyecto y generar los entregables del proyecto.
- Equilibrar las restricciones del proyecto, las cuales son el alcance, la calidad, el cronograma, el presupuesto, los recursos y los riesgos.

El director de proyecto es el encargado de liderar al equipo responsable de alcanzar los objetivos del proyecto, controlar eficientemente los recursos asignados al proyecto y gestionar las restricciones. Un director de proyecto requiere de conocimiento, capacidad de aplicar el conocimiento y liderazgo.

2.3.3. Interesados y gobierno del proyecto

Los interesados (stakeholders) son personas, grupos u organizaciones internas o externas a la empresa que puedan sentirse afectadas por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. Los interesados pueden ser:

- *Patrocinador*: Provee recursos y guía el proyecto a través de los procesos de inicio hasta que está formalmente autorizados.
- *Cliente y usuario*: Puede ser la misma persona o el cliente puede ser quien adquiera el producto del proyecto y el usuario quien la utilice.
- *Vendedores*: Suministran componentes o servicios para el proyecto.
- *Socios de negocios*: Son organizaciones externas que tienen una relación estratégica con la empresa, por ejemplo consultores.
- *Grupos de la organización*: Son grupos internos como recursos humanos, operaciones, producción entre otras áreas.
- *Gerentes funcionales*: Son gestores y tienen la misión de gestionar todas las tareas dentro de áreas funcionales de la empresa.
- *Otros interesados*: Organismos reguladores, entidades financieras, etc.

2.3.4. Ciclo de vida de un proyecto

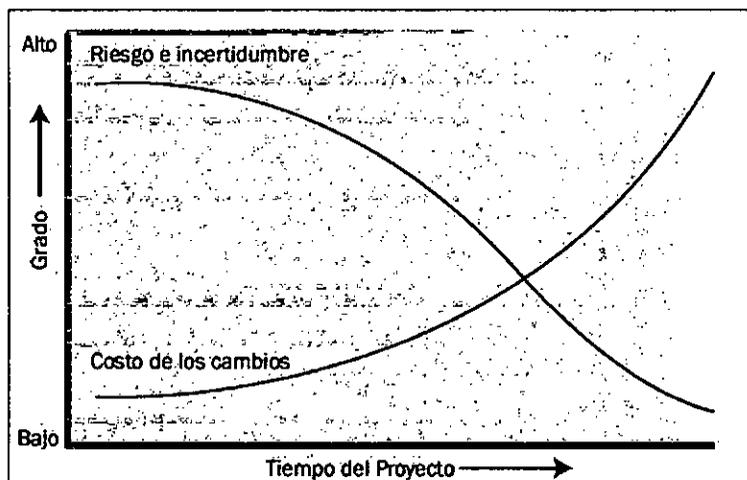
El ciclo de vida está compuesto por las fases que atraviesa un proyecto. Las fases están conformadas por un conjunto de actividades afines y son acotadas en el tiempo, con un inicio, un final o punto de control.

Las fases culminan con uno o más entregables y facilitan las actividades de dirección, planificación y control. Los proyectos pueden configurarse generalmente en fases de inicio, organización, ejecución y cierre de proyecto.

Por lo general el ciclo de vida del proyecto presenta las siguientes características:

- Los costos y el personal son bajos al inicio del proyecto luego alcanzan un punto máximo y decrecen hacia el cierre del proyecto
- Los riesgos e incertidumbres son mayores al inicio y decaen con el tiempo.
- Conforme el tiempo avanza se reduce la capacidad de influir en el proyecto.

GRÁFICO N° 2.1
IMPACTO DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DEL PROYECTO
(FUENTE: PMBOK)



2.3.5. Procesos de la dirección de proyectos

Un proceso es un conjunto de actividades que se relacionan entre sí para crear un resultado definido. Los procesos son ejecutados por el equipo de proyecto con interacción de los interesados y pueden dividirse en dos categorías:

- *Proceso de la dirección de proyecto:* Aseguran que el programa avance de forma eficaz y son descritas en el PMBOK.
- *Procesos orientados al producto:* Generan el producto del proyecto.

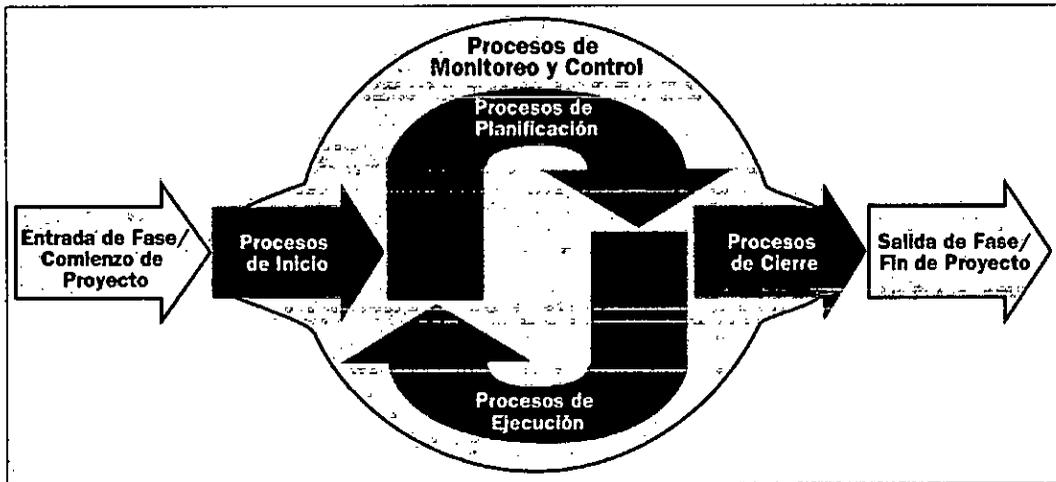
2.3.6. Grupos de procesos

Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en cinco categorías llamadas grupos de proceso, los cuales pueden realizarse dentro de cada fase del proyecto:

- Grupo de procesos de inicio:* Son realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase, mediante la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- Grupo de proceso de planificación:* Establecen el alcance del proyecto, refinan los objetivos y definen las acciones para alcanzarlos.
- Grupo de procesos de ejecución:* Completan el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto.
- Grupo de proceso de monitoreo y control:* Son requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas donde el plan requiera cambios y para iniciarlos.
- Grupo de procesos de cierre:* Realizados para finalizar las actividades de los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase.

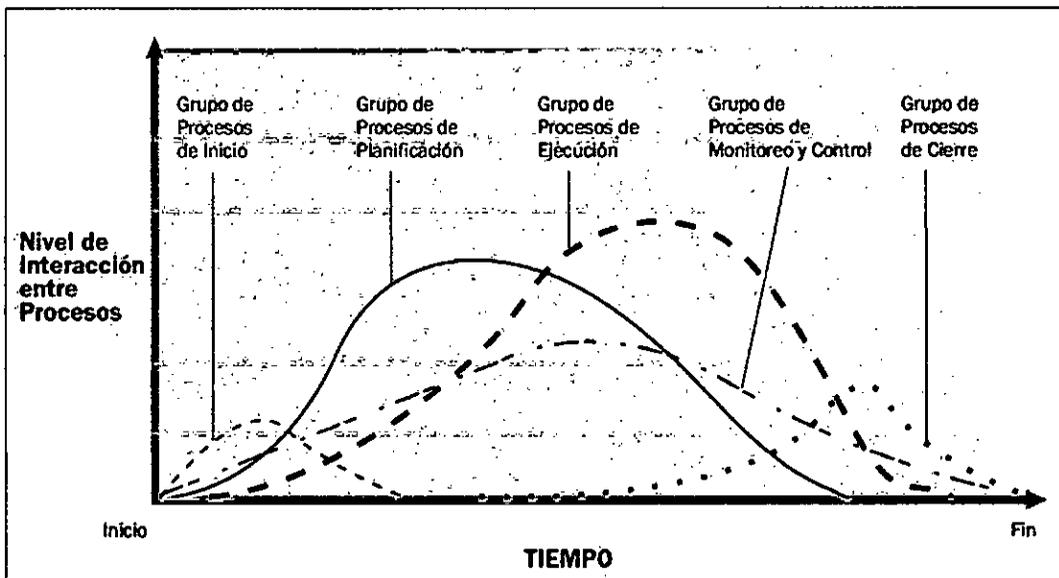
El grupo de monitoreo y control se considera un grupo de proceso de “fondo” ya que transcurre al mismo tiempo que los otros grupos.

FIGURA N° 2.10
GRUPOS DE PROCESO DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTO
(FUENTE: PMBOK)



El siguiente gráfico muestra cómo actúan entre sí los grupos de proceso a lo largo del proyecto.

GRÁFICO N° 2.2
INTERACCIÓN DE LOS GRUPOS DE PROCESO EN UNA FASE O PROYECTO
(FUENTE: PMBOK)



2.3.7. Áreas de conocimiento

Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en 10 áreas de conocimiento.

Un área de conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos, actividades que conforman un ámbito profesional o un área de especialización.

- a) *Gestión de la integración del proyecto:* Permite la integración de manera controlada de los diversos procesos y actividades del proyecto. Se desarrolla el plan para la dirección del proyecto el cual autoriza formalmente la existencia de un proyecto.
- b) *Gestión del alcance del proyecto:* Permite definir con claridad e incluir todos los trabajos requeridos para completar el proyecto de manera exitosa. La línea base del alcance del proyecto es la versión aprobada del enunciado del alcance del proyecto y el desglose del trabajo (EDT).
- c) *Gestión del tiempo del proyecto:* Permite gestionar la culminación del proyecto en el plazo comprometido. Consta principalmente en planificar, desarrollar y controlar el cronograma, mediante la definición y análisis de actividades, recursos, duración entre otros aspectos.
- d) *Gestión de los costos del proyecto:* Permite planificar, estimar, presupuestar, financiar, gestionar y controlar los costos para completar el proyecto dentro del presupuesto asignado.
- e) *Gestión de la calidad del proyecto:* Implementa el sistema de gestión de la calidad de la organización adecuándola al proyecto para poder alcanzar y validar los requisitos del proyecto.

- f) *Gestión de los recursos humanos del proyecto:* Permite organizar, gestionar y conducir al equipo de proyecto a lo largo del mismo. Busca lograr el compromiso del equipo mediante su participación en la toma de decisiones.
- g) *Gestión de los recursos de comunicación del proyecto:* Asegura la recopilación, distribución, almacenamiento y gestión de la información, además permite la comunicación eficaz entre los diferentes interesados.
- h) *Gestión de los riesgos del proyecto:* Consiste en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto.
- i) *Gestión de las adquisiciones del proyecto:* Conduce la adquisición de productos o servicios generados fuera del proyecto, se desarrollan y administran los contratos u órdenes de compra emitidos solo por personal autorizado del proyecto.
- j) *Gestión de los interesados del proyecto:* Consiste en identificar a los interesados y de qué forma son afectados por el proyecto, el análisis de las expectativas de los interesados y su participación en el proyecto permite evitar conflictos porque los interesados pueden tener expectativas opuestas.

Las diez áreas de conocimiento se integran con los cinco grupos de proceso (véase la tabla N° 2.1, en la página 42), en esta tabla se presentan los 47 procesos y su correspondencia entre los grupos de proceso y las áreas de conocimiento. Las áreas de conocimiento inician en el número 4, debido a que se desarrollan a partir del cuarto capítulo del PMBOK.

TABLA N° 2.1
CORRESPONDENCIA ENTRE GRUPOS DE PROCESOS Y
ÁREAS DE CONOCIMIENTO
(Fuente: PMBOK)

Áreas de conocimiento	Grupos de procesos				
	Grupo de procesos de inicio	Grupo de proceso de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de proceso de monitoreo y control	Grupo de procesos de cierre
4. Gestión de la integración del proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del alcance del proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del tiempo del proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los costos del proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la calidad del proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los recursos humanos del proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10. Gestión de los recursos de comunicación del proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11. Gestión de los riesgos del proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12. Gestión de las adquisiciones del proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13. Gestión de los interesados del proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

2.4. Definiciones de términos básicos

Persona calificada: Persona que tiene un grado reconocido, certificado o estatus profesional o conocimiento extenso, entrenamiento y experiencia, con habilidad demostrada para resolver problemas relacionados al trabajo o proyecto.

Proyecto: Es un esfuerzo temporal llevado a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Los proyectos tienen un principio y un final definidos.

Proceso: Una serie sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de forma tal que se actuara sobre una o más entradas para crear una o más salidas.

Actividad: Una porción definida y planificada de trabajo ejecutado durante el curso de un proyecto.

Alcance: La suma de productos, servicios y resultados a ser proporcionados como un proyecto con el plan durante la ejecución del mismo.

Grúa móvil: Es un dispositivo de izaje que incorpora un cable suspendido de una pluma telescópica hidráulica o de celosía, dispositivo diseñado para moverse entre lugares de operación o trasladarse por el camino.

Mantenimiento: El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Curva S: Muestra la línea base del desempeño que se espera del proyecto (tiempo vs avance), inicia en 0 y concluye en 100%. Su nombre "S" se debe a la forma característica que usualmente tiene.

La capacidad de carga: Es la carga que la grúa puede elevar dentro sin fallar estructuralmente o voltearse, es calculada en base a las tablas de carga.

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Variable de la investigación

3.1.1. Variable independiente

Método de gestión.

3.1.2. Variable dependiente

Mantenimiento de grúas móviles.

3.2. Operacionalización de las variables

TABLA N° 3.1
OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE
INDEPENDIENTE

Dimensión	Indicador	Tratamiento
Procedimiento de evaluación.	Tipo de evaluación.	Evaluación tradicional. Evaluación por sistemas empleando cartillas.
Procesos de planificación.	Tipo de diagrama. Tipo de costeo.	Diagrama de Gantt. Diagrama de red. Costo estándar. Costo estimado.
Procesos de ejecución y control.	Herramientas de E&C.	Plan semanal. Porcentaje de plan completado (PPC).

TABLA N° 3.2
OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE
(Fuente: Propia)

Dimensión	Indicador	Instrumento
Alcance del mantenimiento	Listado de requisitos (actividades, repuestos, documentación y otros)	Paquetes de trabajo (EDT)
Cronograma / Presupuesto	Plazos, costos, utilización de recursos	Plan de proyecto Propuesta.
Desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas	Cumplimiento de los rendimientos de mano de obra Cumplimiento del presupuesto Cumplimiento del cronograma	Factor de performance (PF) Factor de costo (CF) Curva S

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Si se diseña un método de gestión empleando el PMBOK entonces se obtendrán mejores resultados en los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.

3.3.2. Hipótesis específicas

- Si se desarrollan los procedimientos de evaluación de grúas mediante la evaluación por sistemas entonces se determinará el alcance del mantenimiento.

- Si se establecen los procesos de planificación mediante estrategias y una línea de acción entonces se podrá obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas.
- Si se desarrollan los procesos de ejecución y control mediante el uso adecuado de recursos, realización de actividades acorde al plan y herramientas de control entonces se podrá dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas.

IV. METODOLOGIA

4.1. Tipo de investigación

En esta tesis se desarrolló una investigación del tipo tecnológica dado que se busca aplicar los conocimientos en la solución de problemas prácticos en la prestación de servicios. El nivel de investigación es aplicada⁸, porque se desarrolla un método de aplicación inmediata para la gestión en el mantenimiento de grúas móviles.

4.2. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño de aplicación para demostrar la mejora en el objeto de estudio, para lo cual se empleó el método sistémico, ya que se contempla todo el proceso de la gestión del mantenimiento de grúas, sus fases y la relación entre éstas.

El método sistémico es aplicado en problemas complejos como el mantenimiento donde se da la interacción de varios actores, permitiendo mayor conciencia del fenómeno para poder obtener mejores resultados.

⁸ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de investigación tecnológica**. Huancayo, Perú. Editorial Imagen Gráfica SAC. Primera edición. 2010

4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar la tesis fue necesario recolectar, clasificar y organizar una gran cantidad de información. Para ello se utilizó la técnica documental y la técnica empírica.

Técnica Documental

Esta técnica permitió obtener información documentada para demostrar la hipótesis.

Se utilizaron libros, boletines y manuales entre los que destacan la Guía PMBOK y los manuales de operaciones y mantenimiento de grúas. Los instrumentos utilizados fueron fichas bibliográficas, fichas hemerográficas y fichas electrónicas.

Técnica Empírica

Esta técnica permitió recabar información mediante el contacto directo con el problema de investigación, las personas y el entorno donde toma lugar.

Observación directa

Se utilizó para identificar la interacción de los actores (líneas de mando y técnicos) con el problema de investigación.

Encuestas

Se desarrolló cuestionarios los cuales se aplicaron a las personas que interaccionan directamente con el problema de investigación para obtener información sobre sus características.

V. MÉTODO DE GESTIÓN PROPUESTO

5.1. Consideraciones

Es importante el empoderamiento del director de proyecto, de aquí en adelante *jefe de proyecto*, pues lo respalda para dirigir a las personas a su cargo y gestionar los recursos requeridos.

Aunque el jefe de proyecto y el equipo están involucrados con casi todos los 43 procesos del PMBOK, solo se ha considerado y se enfatizan los más relevantes.

Los proyectos de mantenimiento al ser de naturaleza corta e involucrar menos recursos en contraste con grandes proyectos, requieren que se transfieren esfuerzos que el PMBOK considera parte del proyecto hacia la organización (véase el ítem 5.3 – *Influencia de la organización para el proyecto*).

La estructura del equipo en los proyectos de mantenimiento es compacta, por lo cual se requiere que los miembros realicen diversas tareas a lo largo del proyecto, por lo cual es importante contar con un equipo de proyecto motivado, capacitado y dispuesto a trabajar de forma proactiva

Para proyectos de mantenimiento de grúas, siempre que el jefe de proyecto no determine lo contrario debe utilizarse todo el proceso de la dirección de proyectos una vez para todo el proyecto, esto significa que deben gestionarse una sola vez los grupos de proceso independientemente de la cantidad de fases del proyecto (véase el ítem 5.2 – *fases del proyecto*).

El plan de dirección del proyecto de aquí en adelante *plan del proyecto* debe ser realista, de tal forma que todo el equipo este convencido que puede llevarse a cabo.

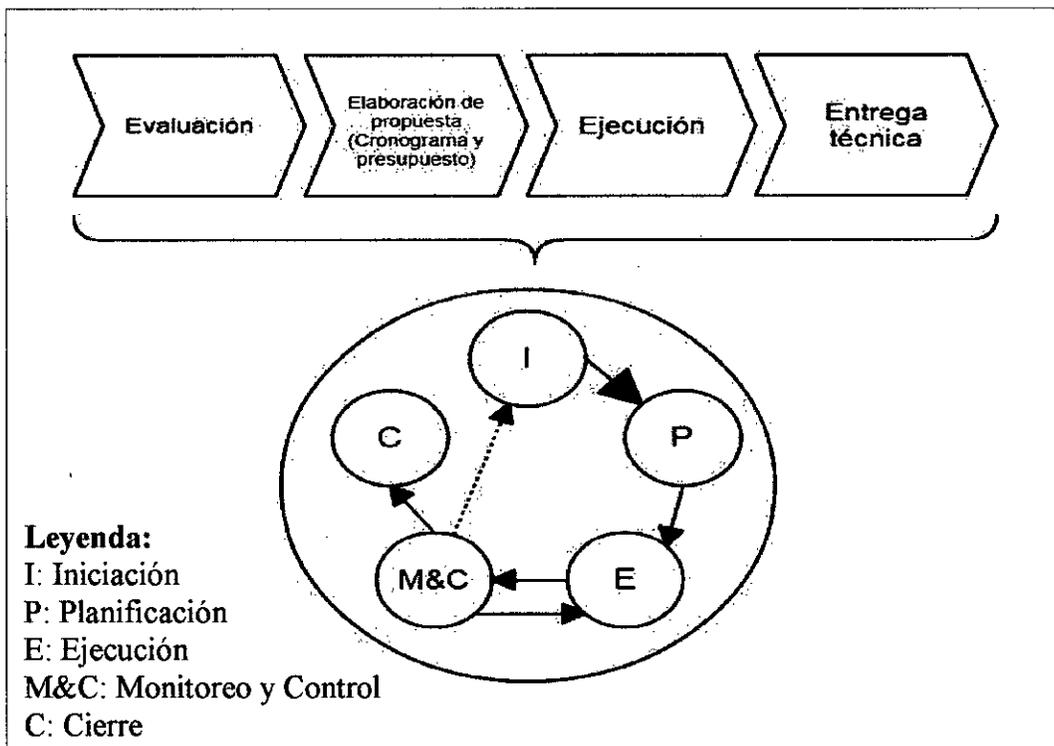
Todo lo que se planifica también de ser monitoreado y controlado, por lo cual planificar con demasiado detalle involucra mucho esfuerzo. Es recomendable como máximo un nivel 4 de planificación (véase el ítem 5.6.2 – *gestión del tiempo*).

5.2. Fases del proyecto

Los proyectos de mantenimiento de grúas pueden seguir un ciclo de vida predictivo (impulsados por un plan), en la mayoría de casos es recomendable realizar todo el proceso de la dirección una vez para todo el proyecto y no para cada fase. No debe de confundirse las fases con los grupos de proceso.

Se propone un ciclo de vida con 4 fases, aunque el jefe de proyecto es quien define el número según la naturaleza y complejidad del proyecto (véase la figura N°5.1).

FIGURA N° 5.1
PROPUESTA DE CICLO DE VIDA
(FUENTE: propia)



5.3. Influencia de la organización para el proyecto

Los proyectos de mantenimiento no se desarrollan de forma aislada, los proyectos son impactados y a su vez impactan en la cultura, políticas de gestión y los procedimientos de las organizaciones donde se desarrollan.

5.3.1. Estructura de la organización

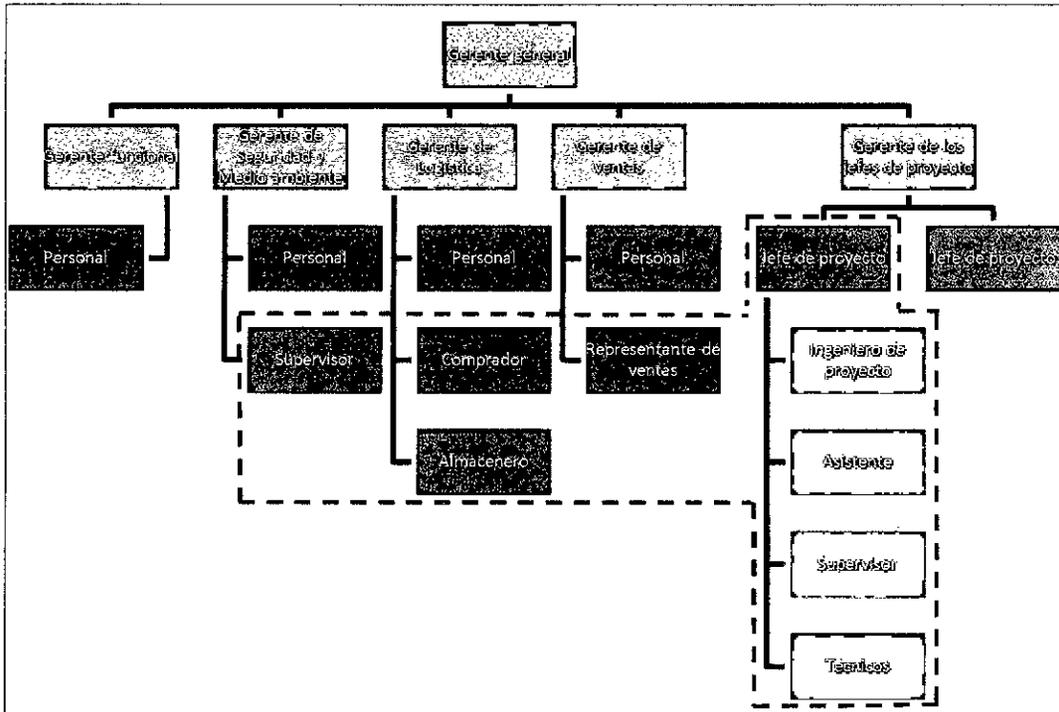
La estructura de la organización define donde debe el jefe de proyecto buscar los recursos para el proyecto de mantenimiento, debe permitir al jefe de proyecto recibir el apoyo y el compromiso de las gerencias funcionales para asegurar el éxito del proyecto.

La estructura para la ejecución de proyectos de mantenimiento es principalmente una estructura *matricial fuerte*, la cual permite aprovechar los puntos fuertes de las organizaciones orientadas a proyectos y las funcionales (véase la figura N°5.2, en la página 51).

El equipo del proyecto puede estar conformado por el jefe de proyecto, el ingeniero de proyecto, un asistente, un supervisor y el personal técnico. Todos ellos dependen y reportan directamente al jefe de proyecto. La mayoría de este personal al terminar el proyecto se integra a otro proyecto. Este personal es considerado *dedicado*.

El personal logístico que realiza las labores de compra, personal de seguridad y medio ambiente, personal de almacén pertenecen a otras áreas funcionales y realizan actividades para el proyecto y para su propia área funcional por lo cual son considerados personal a *tiempo parcial*, ellos reportan tanto a su jefe funcional y al jefe de proyecto pero están bajo el mando de su jefe funcional.

FIGURA N° 5.2
EJEMPLO DE ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL
 (FUENTE: propia)



5.3.2. Activos de los procesos de la organización

Para llevar a cabo los proyectos de mantenimiento se requiere de procesos, procedimientos e información histórica, los cuales son suministrados por la organización y son aprovechados para ahorrar tiempo y recursos.

Los activos de los procesos de la organización incluyen: procesos, procedimientos operativos, políticas de aseguramiento de la calidad, políticas de seguridad y medio ambiente, adquisiciones, etc. La información histórica está compuesta por registro de proyectos anteriores con actividades, lecciones aprendidas, EDT, informes que son utilizados como plantillas, rendimientos y estimaciones que son muy útiles para elaborar el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento.

5.3.3. Áreas de conocimiento soportadas por la organización

Debido a las particularidades de los proyectos de mantenimiento se requiere que algunos procesos que de acuerdo el PMBOK corresponden al proyecto sean transferidos a la organización, permitiendo al equipo de proyecto centrarse en el mantenimiento de la grúa.

a) Gestión de los Recursos Humanos del proyecto

Las responsabilidades de esta área están en función al tamaño de los proyecto, duración y cantidad de personal. En los proyectos de mantenimiento la gestión es soportada por el área de recursos humanos y orientada por el gerente de los jefes de proyecto, con la definición de los siguientes aspectos:

- Se tiene establecido un programa de recompensas
- Existen roles bien definidos y casi todos se conocen y están identificados.
- Existen programas de capacitación y desarrollo de capacidades.
- El desempeño del personal es medido de forma continua y no por proyecto.

TABLA N° 5.1
GESTIÓN DE LOS RRHH DEL PROYECTO
(FUENTE: propia)

Soportada por	Grupo de procesos	
	Planificación	Ejecución
Área de RRHH Gerente de jefes de proyecto	Planificar la gestión de recursos humanos	Adquirir el equipo de proyecto Desarrollar el equipo de proyecto
Jefe de proyecto	Seleccionar al equipo de proyecto	Dirigir al equipo de proyecto

b) Gestión de las adquisiciones

El manejo y control de las adquisiciones están a cargo de un área funcional llamada área de adquisiciones o área de logística (de aquí en adelante área de Logística), la cual cuenta con conocimiento legal, habilidades de negociación y convenios con empresas para la obtención de servicios y repuestos.

Las adquisiciones pueden requerir cotizaciones, propuestas o licitaciones, en mantenimiento las cotizaciones son más empleadas. En la figura N°5.2 (véase la página 51) se tienen dos posiciones similares que son “el comprador” y el “representante de ventas”, a continuación se explican sus diferencias:

- Representante de ventas: Los representantes de ventas gestionan las adquisiciones de repuestos requeridos por los proyectos y venden repuestos a clientes externos (dueños de grúas). El representante de ventas reporta a una gerencia de ventas y sus actividades son soportadas por el área de logística que se encarga de la cadena de suministro.
- Comprador: Se encarga de gestionar los requerimientos de servicios y repuestos que no son representados por la empresa.

c) Gerencia de seguridad y medio ambiente.

Lo último que se quiere en un proyecto son accidentes, no solo por el tiempo perdido y las pérdidas económicas, sino porque pueden ser causales de muerte o daños al medio ambiente. La seguridad debe priorizarse por encima de todo.

La gerencia de seguridad y medio ambiente es responsable de planificar y controlar las políticas y procedimientos de seguridad en las empresas. El supervisor de

seguridad puede detener el trabajo cuando no se cumplen los procedimientos para que se desarrolle de forma segura, el jefe de proyecto es responsable que el equipo de proyecto conozca y aplique los procesos y procedimientos de seguridad.

d) Gestión de calidad

La calidad según el PMBOK es el grado en que el proyecto cumple con los requisitos, por lo cual la calidad puede variar en cada proyecto. La calidad aporta valor al disminuir los reprocesos los cuales generan desperdicio de tiempo y dinero.

Se plantea el siguiente caso:

Llega el repuesto solicitado (bomba de dirección) y se almacena, llegado el día se decide montar la bomba conforme lo indica el cronograma, entonces se descubre que la bomba no corresponde a la serie requerida. Dado que la bomba no se ha podido conseguir localmente y su reparación no es factible, se opta por importar la bomba la cual tardará al menos 15 días en llegar e impactará el cronograma. ¿Por qué ocurrió esto? ¿Quién es el responsable?.

El caso expuesto y problemas similares surgen debido a una falta de *gestión de la calidad*, lo adecuado es elaborar un procedimiento que indique que el repuesto debe ser revisado cuando llegue a obra para verificar que coincide con lo solicitado y verificar que las condiciones en las que ha llegado son las correctas.

El jefe de proyecto debe conocer y utilizar los procesos, procedimientos, manuales de funciones y políticas de la empresa y desarrollar mejoras a partir de esta base. El jefe de proyecto es el responsable final de la calidad del proyecto sin embargo cada miembro del equipo debe revisar su trabajo antes de entregarlo.

e) Otras áreas

Existen áreas con las que el proyecto no suele interactuar, pero que de alguna forma contribuyen al proyecto. Entre estas áreas está Administración y finanzas. Las finanzas de las empresas pueden determinar que no es adecuado que la empresa participe en ciertas licitaciones debido a elevados montos de los presupuestos, no se puede participar en un proyecto si no se puede garantizar que se dispone de los recursos y el financiamiento para llevarlos a cabo.

5.4. Iniciación

Durante la iniciación se inicia formalmente un nuevo proyecto de mantenimiento. Permite la identificación de los interesados, permite crear una visión orientadora del proyecto y le da la autoridad al jefe de proyecto para iniciar el proyecto.

5.4.1. Apertura de la orden de servicio

La solicitud del servicio por parte del cliente puede iniciar un proyecto, o con iniciativa de parte de las empresas de mantenimiento quienes realizan visitas a las empresas dueñas de grúas ofreciendo la evaluación gratuita de sus grúas móviles a cambio de participar si lo creen conveniente en su mantenimiento.

Sea cual fuese el origen el paso siguiente a la solicitud de mantenimiento de grúas móviles por parte del cliente, debe ser generar una *orden de servicio*, la cual es equivalente en cierta forma al acta de constitución del proyecto del PMBOK. El objetivo de esta actividad es la iniciación del proyecto, permite destinar recursos para la evaluación de la grúa, elaboración de propuesta y posterior ejecución del mantenimiento. Este es el primer proceso, requerido para iniciar todo trabajo.

La orden de servicio del proyecto debería contar con la siguiente información:

- *Título y descripción del proyecto* – En que consiste el proyecto.
- *Jefe de proyecto* – Quien dirige el proyecto.
- *Cliente*: Empresa o persona que solicita el servicio.
- *Caso de negocio* – Porque se está realizando el proyecto, conocer el caso de negocio permite establecer prioridades entre las restricciones del proyecto.
- *Recursos pre asignados* – Incluye personal para realizar la evaluación, asistente, supervisores.
- *Interesados* – Equipo de proyecto y empresas que van a brindar servicio durante la evaluación y mantenimiento. La lista de interesados es elaborada durante la iniciación y es reevaluada conforme avanza el proyecto.
- *Requisitos conocidos de los interesados* – Incluye la solicitud de servicio del cliente e información como antecedentes de la grúa.
- *Descripción del producto* – Son los entregables que se requieren, al menos que se determine lo contrario deben ser solo dos, el diagnóstico de la grúa y la entrega técnica de la grúa habiendo culminado todo el alcance de mantenimiento conciliado. En algunos casos se incluye la certificación y documentación específica, como certificados de calidad de los repuestos, materiales u otros (puede cambiar conforme se desarrolla el proyecto).

Los objetivos medibles del proyecto (resumen del cronograma y resumen del presupuesto), requisitos de aprobación del proyecto, riesgos de alto nivel, supuestos, restricciones son tomados en cuenta durante la elaboración del plan del proyecto luego de la evaluación de la grúa.

TABLA N° 5.2
EJEMPLO DE ORDEN DE SERVICIO
(FUENTE: propia)

1	Título y descripción del proyecto	Proyecto de mantenimiento de una grúa RT745 NS84520
2	Jefe de proyecto	Juan De la cruz
3	Cliente	UNIMAQ S.A.
4	Caso de negocio	El cliente solicita el cambio de la cremallera de tornamesa ya que la grúa no cumple los requerimientos de ladeo permitidos por el fabricante. Adicionalmente solicita el mantenimiento correspondiente a 1000HM de la grúa.
5	Recursos	Personal para evaluación : Ángel Balbín (supervisor) Miguel Mendoza (técnico electricista, electrónico) Rodolfo Aguirre (técnico mecánico)
6	Interesados	Patrocinador: Julio Peraltilla Representante del cliente: Bruno Massari Representante de ventas: Kevin Portocarrero Empresa certificadora: SGS Del Perú S.A.C
7	Requisitos	La cremallera nueva tardará unos tres meses en llegar, por lo cual se requiere su seguimiento para poder solicitar el traslado de la grúa en taller. El traslado de la grúa es por cuenta del cliente.
8	Descripción del producto	Propuesta (cronograma y presupuesto) Check list de cumplimiento de alcance y entrega técnica. Certificación.

5.5. Evaluación de la grúa

Los resultados de la evaluación de la grúa son la entrada principal para la planificación. En algunos casos la evaluación es realizada por el cliente o por un tercero contratado por el cliente, en ese caso la entrada será el informe de evaluación que entregue el cliente y no será llevada a cabo ninguna actividad de evaluación, es muy importante resaltar este punto en la entrega del presupuesto al cliente para evitar posteriores polémicas.

Cuando la evaluación de la grúa forma parte del alcance del mantenimiento se debe realizar una planificación básica para que la evaluación tenga un final definido, porque la experiencia indica que en ocasiones las evaluaciones parecen nunca terminar y retrasan todos los procesos subsecuentes o la evaluación prosigue cuando el mantenimiento ya se está ejecutando.

El informe de evaluación sirve como entrada para definir el alcance detallado, la elaboración del presupuesto y del cronograma del proyecto de mantenimiento.

Los requisitos para poder iniciar la evaluación son los siguientes:

- Disponer de un lugar con suficiente espacio para llevar a cabo las pruebas de traslación, pruebas de carga, operación en vacío y otros protocolos.
- Contar con rótulos de bloqueo, contar con los permisos de seguridad y con la supervisión respectiva.
- Contar con los antecedentes de la grúa, como fallas recientes o recurrentes y el historial de mantenimiento de la grúa el cual debe de tener al menos lo indicado en el ítem 5.5.6.

- Disponer del personal técnico calificado y balanceado que incluya mecánico, eléctrico o electrónico y ayudante. Para pruebas con la grúa se requiere de operadores calificados, rigger o en su defecto los técnicos de mantenimiento podrían operar la grúa pero cumpliendo lo estipulado por *OSHA 1926.1429 Calificación de mantenimiento y personal de reparación*.
- Disponer de las herramientas, equipos auxiliares y consumibles necesarios para la evaluación.
- Identificación temprana de interesados, por ejemplo el servicio de evaluación de aceite difícilmente se lleva a cabo por el mismo personal técnico que realiza el mantenimiento debido a que requiere equipo especializado, esta prueba permite conocer el estado, contaminación del lubricante y el desgaste de la maquinaria. Toda prueba o procedimiento especial debe incluirse entre los requisitos del cliente al inicio del proyecto.
- Contar con los permisos correspondientes, por ejemplo cuando se requiera evaluar el estado de una aparente grieta en el tanque de combustible, se programa la actividad como parte de la evaluación de la grúa y llegada la fecha no se puede realizar la labor porque no se tienen los permisos ni los procedimientos necesarios, esto aplica como trabajo en espacio confinado y con peligro de explosión debido a los gases remanentes que pueden quedar luego de vaciar el tanque de combustible.
- Contar con protocolos de diagnóstico.
- Cronograma básico con fecha de inicio, término y recursos a utilizar, permite evaluar el cumplimiento del equipo a cargo de la evaluación.

5.5.1. Evaluación de grúas por sistemas

La evaluación por sistemas permite llevar esta fase correctamente, no contar con una estructura para la evaluación implica confiar plenamente en los criterios que considere el equipo evaluador, obteniendo un informe sin un orden definido. La tabla N°5.3 muestra una descripción general de los sistemas en una grúa móvil.

TABLA N° 5.3
SISTEMAS EN UNA GRÚA MÓVIL
(FUENTE: propia)

#	Sistema	Descripción
1	Cabina de manejo	Solo aplica en grúas de múltiples estaciones y las grúas sobre camión. La cabina de manejo permite las funciones de manejo de la grúa como vehículo.
2	Motor de traslación	Solo aplica en grúas de múltiples estaciones. Suministra la energía para las funciones de manejo de la grúa.
3	Carrier	Es la estructura inferior de la grúa, incluye las ruedas u orugas, el mecanismo de transmisión y convertidor, ejes y diferenciales, frenos, dirección, cilindros de bloqueo, entre otros mecanismos.
4	Estabilizadores	Se contrarresta el momento de volteo mediante la extensión de estabilizadores. Se aprovecha el brazo palanca y no el peso ya que la reacción es contra el terreno. En las grúas sobre orugas no se utilizan estabilizadores, en cambio las orugas se extienden permitiendo mayor brazo palanca.
5	Cabina de operación	La cabina de operación contiene controles de operación de la grúa, horómetros, indicadores, pantalla LMI, claxon, indicador de nivel, otros.

6	Motor de operación	<p>Normalmente las grúas solo tienen un motor a diferencia de las grúas de múltiples estaciones las cuales si pueden tener más de un motor.</p> <p>El motor de operación es encargado de suministrar la energía para las funciones de carga de la grúa.</p>
7	Dispositivos de seguridad y operación	<p>Incluyen los indicadores de ángulo de la pluma, longitud de pluma, indicador de momento de carga (LMI), indicador de rotación de malacate, indicador del peso de carga, indicador de radio, indicador de nivel, anti-two-block (A2B), entre otros elementos.</p>
9	Malacates y contrapeso	<p>Los malacates también son llamados tambores o winches, son los responsables de elevar y bajar la carga que se está maniobrando.</p> <p>El contrapeso le da la estabilidad a la grúa ante el momento de volteo que genera la carga gracias a la masa del contrapeso, se debe revisar que la configuración de las secciones del contrapeso sea la adecuada de acuerdo al manual.</p>
10	Giro	<p>Este sistema permite girar la superestructura de la grúa sobre el chasis del vehículo transportador.</p>
11	Pluma	<p>En las grúas con pluma telescópica este sistema permite la extensión y retracción de la pluma, así como también el levante y descenso de la pluma. Esto se logra mediante un cilindro de extensión y un cilindro de levante respectivamente.</p> <p>En las grúas con pluma de celosía, el levante y descenso de la pluma se realiza mediante un mecanismo de cables.</p> <p>Este sistema incluye las extensiones y jib, siempre y cuando aplique.</p>

Existen varias formas de encontrar el origen de las fallas y dependerá mucho de la experiencia y conocimientos de los técnicos a cargo de la evaluación, las actividades necesarias para la solución de las fallas deben ser incluidas en el alcance del mantenimiento. Es importante encontrar el origen real de las fallas porque de otra forma se pueden adquirir los repuestos o servicios incorrectos que luego el cliente no estará dispuesto a pagar, los retrabajos por errores en diagnóstico no son reconocidos si la evaluación fue llevada por el mismo equipo que ejecuta el proyecto de mantenimiento.

Aunque las grúas compartan el mismo modelo, cada serie incluye ciertos cambios, por ello para la evaluación y mantenimiento de cualquier grúa son necesarios los manuales de operación y servicio correspondientes a la serie requerida.

En la siguiente tabla se adjuntan ejemplos para cada tipo de grúa móvil y en las páginas siguientes se describen las particularidades de los sistemas tomando como ejemplo una grúa montada sobre camión.

TABLA N° 5.4
EJEMPLOS DE CADA TIPO DE GRÚA MÓVIL
 (FUENTE: propia)

#	Tipo	Fabricante	Marca	Modelo	Serie
1	Grúa montada sobre camión	Manitowoc	National crane	500E	290519
2	Grúa sobre orugas	Manitowoc	Manitowoc	999	9991317
3	Grúa montada sobre ruedas, múltiples estaciones	Manitowoc	Grove	GMK5220	-
4	Grúa montada sobre ruedas, una estación de control	Manitowoc	Grove	RT765E-2	233196

5.5.2. Sistemas en una grúa montada sobre camión

A. Cabina de manejo

La cabina de manejo permite la traslación de la grúa y funciona básicamente como un camión. Donde se tienen espejos, parabrisas, limpiaparabrisas, freno de parqueo, instrumentos de medición, acelerador, freno, claxon, asiento, entre otros elementos. Es recomendable colocar tacos cuando la grúa este estacionada o cuando se están realizando labores de mantenimiento, para prevenir el movimiento involuntario debido al desnivel del terreno.

B. Motor de traslación/ operación

Los camiones grúa solo tiene un motor el cual suministra la energía para todas las funciones de la grúa, las grúas que cuentan con más de una estación son las que tienen más de un motor. El motor se debe inspeccionar de acuerdo a lo indicado en el ítem 5.5.4.

C. Carrier

El manual del fabricante indica los requisitos estructurales que debe cumplir el chasis del camión seleccionado.

El carrier también incluye lo siguiente: ruedas, el mecanismo de transmisión y convertidor, ejes y diferenciales, frenos, dirección, entre otros mecanismos.

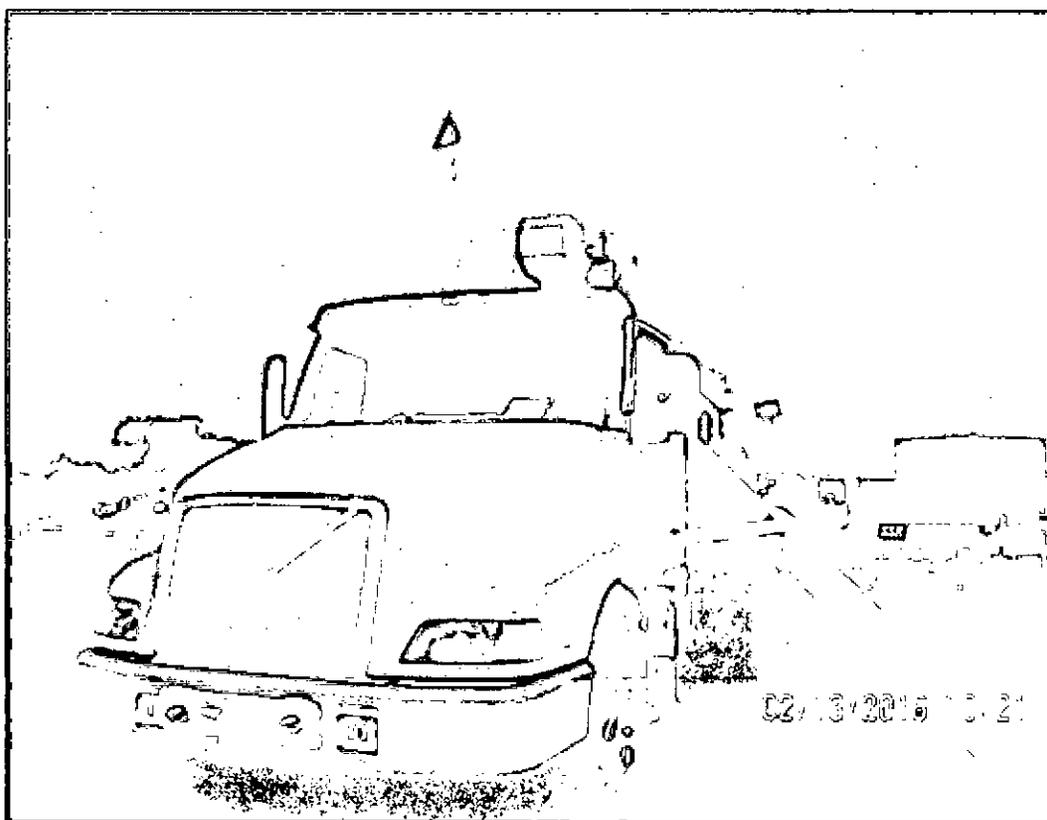
Los camiones grúa no incluyen cilindros de bloqueo y absorben los desniveles mediante los muelles como lo hacen usualmente los vehículos de transporte.

D. Estabilizadores

Este equipo en particular cuenta con un sistema de estabilizadores tipo viga posteriores y delanteros los cuales cuentan con controles independientes, los estabilizadores se extienden y retraen con la palanca en posición EXTEND y RETRACT respectivamente, mientras las vigas desciende con la palanca en posición UP y en posición DOWN respectivamente.

Los estabilizadores se marcan en las pruebas de carga para verificar su estanqueidad, las fallas también pueden presentarse mediante un lagrimeo de aceite, es importante la limpieza del estabilizador durante la prueba antes de adelantar un juicio al respecto.

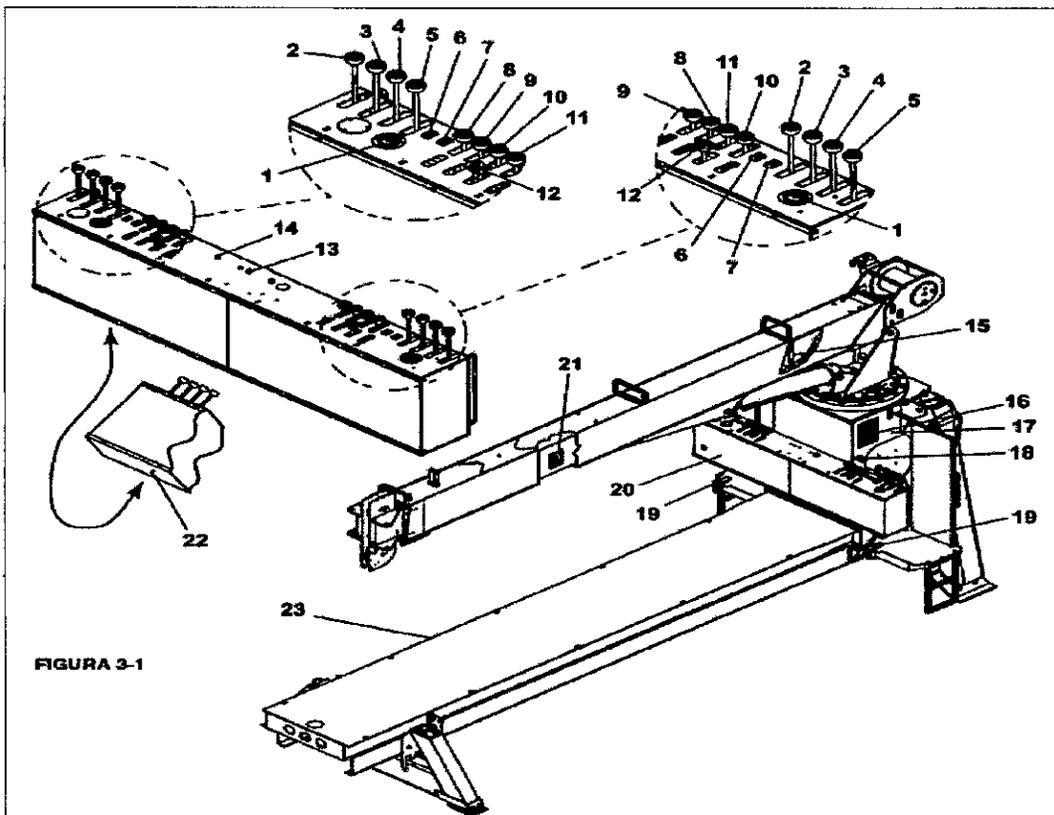
**FIGURA N° 5.3
GRÚA CON LOS ESTABILIZADORES EXTENDIDOS
(FUENTE: SSK)**



E. Cabina de operación

Este modelo de grúa cuenta con controles de operación, indicadores, la pantalla LMI, claxon, entre otros fuera de la cabina de manejo. La operación de la grúa también puede ser realizada remotamente mediante unos controles inalámbricos tipo joystick (véase la figura N°5.4).

FIGURA N° 5.4
CONTROLES DE OPERACIÓN DE UNA GRÚA
(FUENTE: Manitowoc)

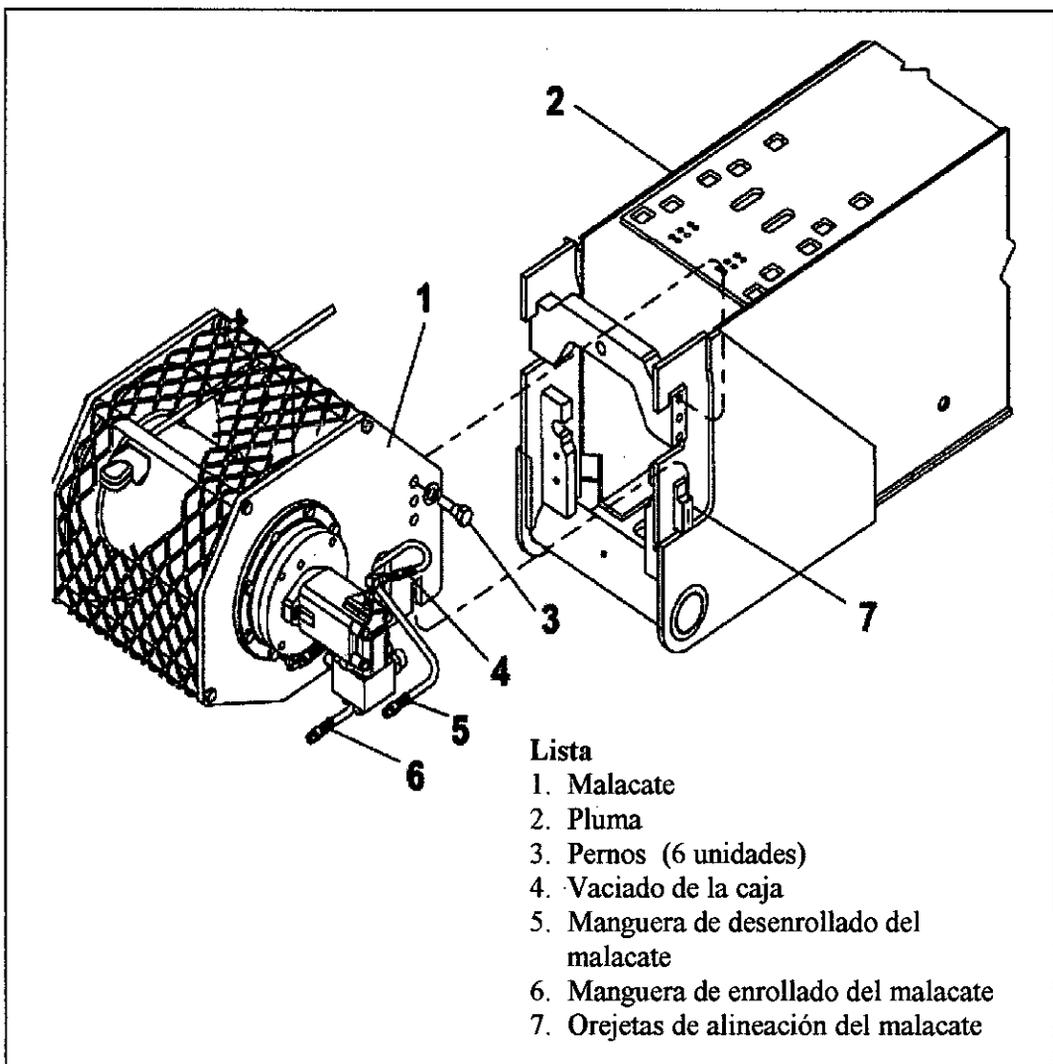


1. Manómetro de alcance de carga del sistema HCA	9. Estabilizador del lado opuesto	17. Ajuste de la velocidad de giro
2. Elevación/bajada de la pluma	10. Estabilizador en este lado	18. Indicador de nivel
3. Malacate	11. Estabilizador del lado opuesto	19. Pedal acelerador
4. Telescopización	12. Estabilizadores delanteros	20. Cubierta
5. Señalizadores de viraje izq./der.	13. Luz de sobrecarga del sistema HCA	21. Indicador de largo de pluma
6. Interruptor de parada de emergencia	14. Luz de sobrecarga del sistema de prevención del contacto entre bloques/sobrecarga del plumín	22. Válvula de reposición manual
7. Bocina	15. Indicador de ángulo de la pluma	23. Caja de torsión
8. Estabilizador de este lado	16. Tabla de carga	24. Botón de anulación

F. Sistema de Malacate y contrapeso

Las grúas montadas sobre camión solo tienen un malacate debido a que solo cuentan con un gancho. Con la palanca en posición down se desenrolla el cable y con la palanca en up se enrolla el cable y eleva la carga. Su diseño es bastante compacto y va unido a la pluma mediante pernos, recibe la potencia para su enrollado y desenrollado por dos líneas independientes, cuando una línea está enviando potencia la otra línea está enviando el fluido al tanque y así en viceversa.

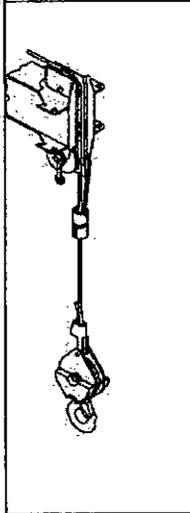
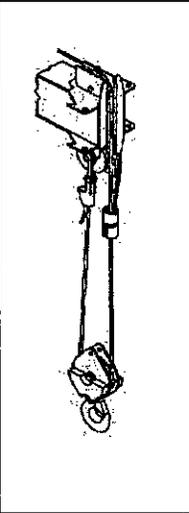
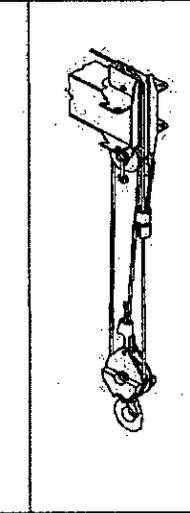
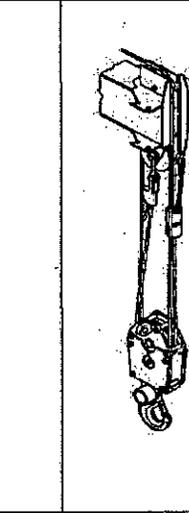
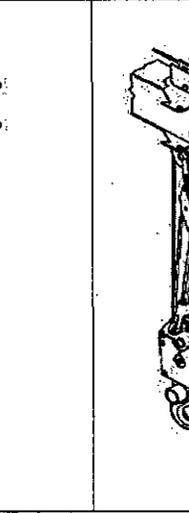
FIGURA N° 5.5
MALACATE DE UNA GRÚA MONTADA SOBRE CAMIÓN
(FUENTE: Manitowoc)



Esta grúa no cuenta con contrapeso, la estabilidad es proveída por la propia masa del camión en conjunto.

Este sistema también incluye la revisión del cable y de la instalación del sistema de líneas múltiple, la capacidad aumentara proporcionalmente a la cantidad de cables (véase la figura N°5.6).

FIGURA N° 5.6
ARREGLO DE LÍNEAS
(FUENTE: Manitowoc)

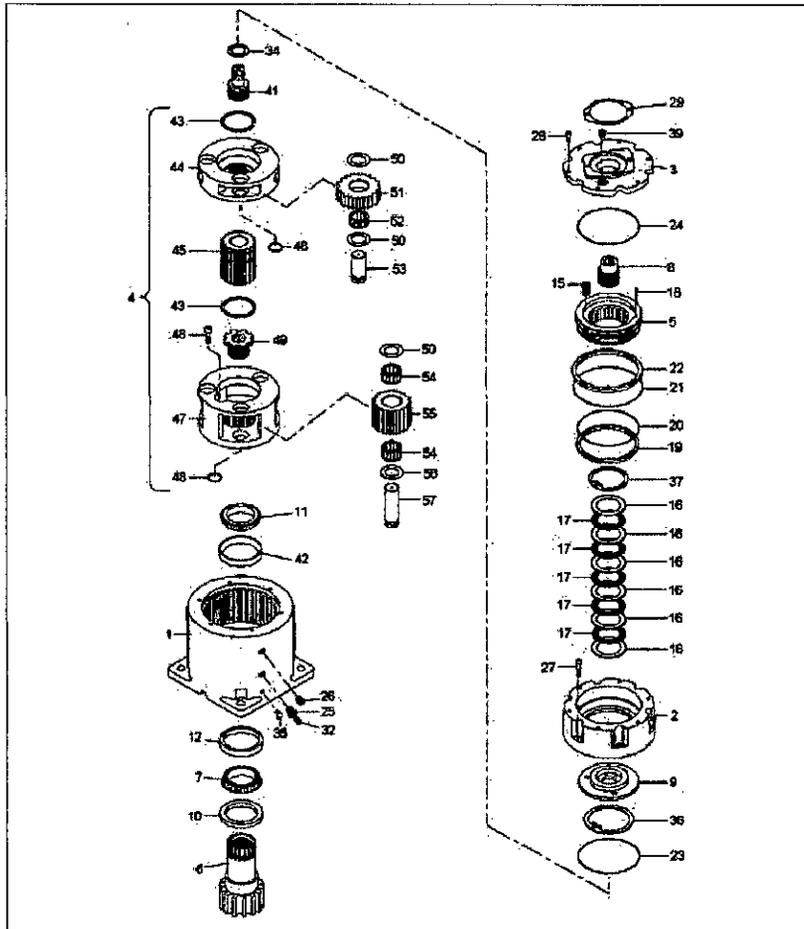
LÍNEA DE SECCIÓN SIMPLE	LÍNEA DE 2 SECCIONES	LÍNEA DE 3 SECCIONES	LÍNEA DE 4 SECCIONES	LÍNEA DE 5 SECCIONES
				
TRACCIÓN MÁX. 7700 lb	TRACCIÓN MÁX. 15 400 lb	TRACCIÓN MÁX. 23 100 lb	TRACCIÓN MÁX. 30 800 lb	TRACCIÓN MÁX. 36 000 lb

G. Sistema de giro

La palanca de control se gira a la derecha o a la izquierda según el giro requerido. La velocidad de giro es controlada mediante una perilla que debe ser enroscada para aumentar la velocidad y desenroscada para reducir la velocidad. El giro es restringido a 375 grados en los sentidos horario y antihorario gracias a un sistema de tope. Este sistema de rotación retorna la palanca de control al punto muerto, el

operador no debe resistir esta fuerza, si se requiere más giro deberá de posicionarse la grúa de tal forma que permita la operación con el giro disponible.

FIGURA N° 5.7
DESPIECE DE UN SISTEMA DE GIRO
(FUENTE: Manitowoc)

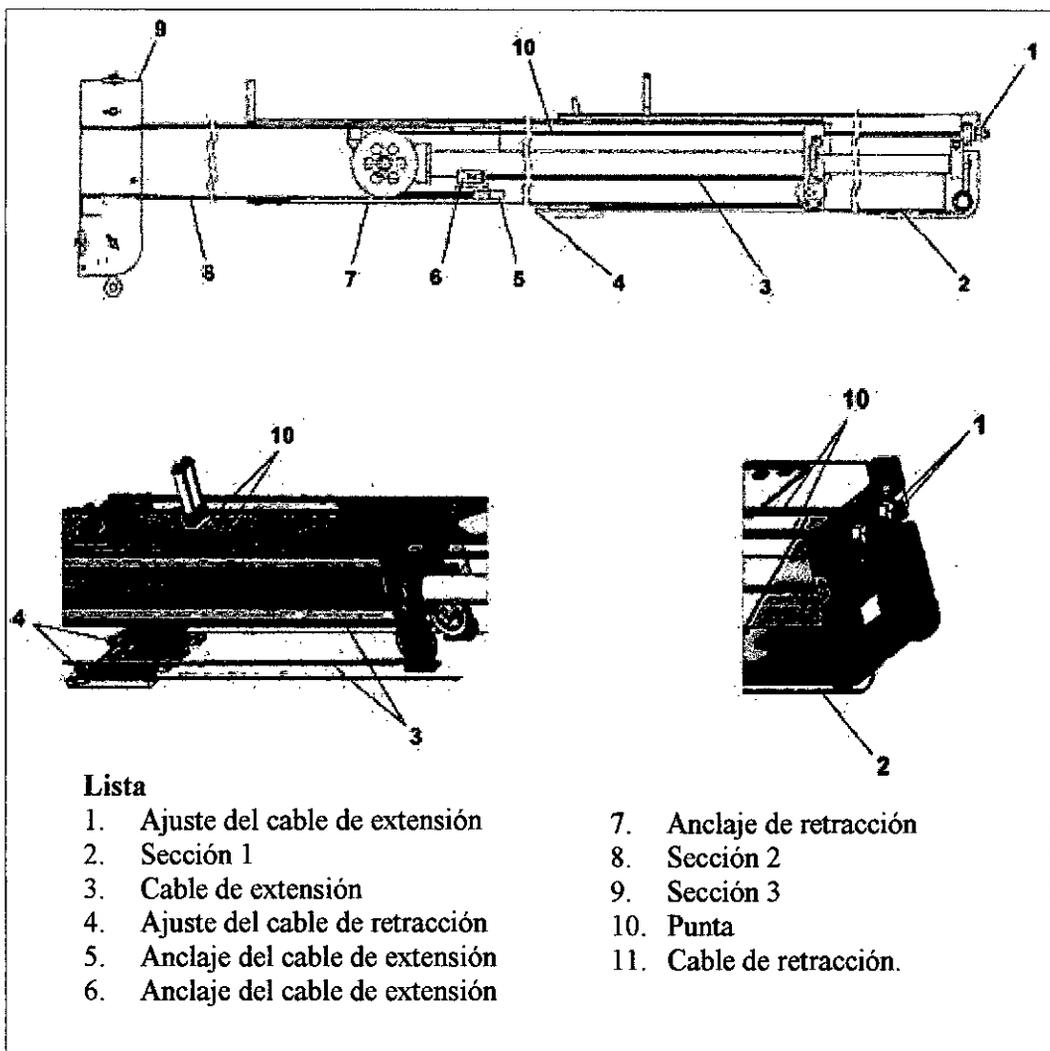


H. Sistema de pluma

Este sistema incluye el mecanismo de extensión y retracción de pluma, la extensión se realiza con la palanca en posición OUT y la retracción con la palanca en posición IN. La pluma de la grúa en cuestión cuenta con tres secciones. Un cilindro es alimentado por varilla y de efecto doble fijado a las secciones 1ª y 2ª soporta e impulsa la 2ª sección de la pluma. Los cables de extensión se fijan al extremo de la

base de la 1ª sección de la pluma, se enhebran alrededor de las poleas fijadas al cilindro y se fijan al extremo de la base de la 3ª sección, proveyendo así soporte y la función de extensión de la 3ª sección de pluma. Los cables de retracción se fijan al extremo de la punta de la 1ª sección de la pluma y se enhebran alrededor de las poleas fijadas a la 2ª sección de pluma. Este tipo de funcionamiento permite que las secciones 2ª y 3ª de la pluma se extiendan y retraigan distancias iguales, el funcionamiento debe ser suave y correcto (véase la figura N°5.8).

FIGURA N° 5.8
PLUMA
(FUENTE: Manitowoc)

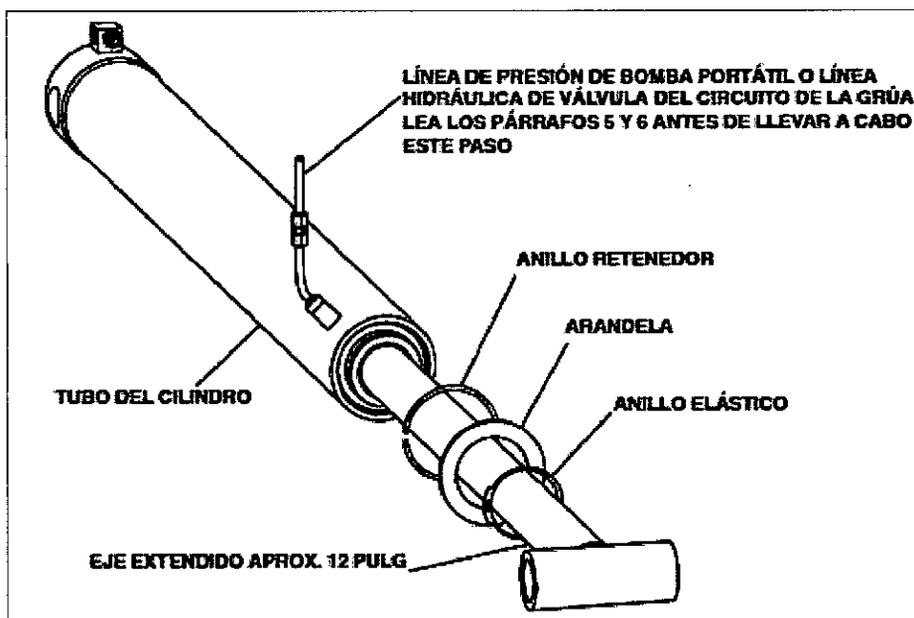


Si la pluma no ha sido desarmada e inspeccionada durante 5 años o 3000 horas el manual recomienda desarmar la pluma completamente para poder llevar a cabo una inspección completa de los cables de extensión y retracción, poleas y pasadores.

Este sistema también incluye el mecanismo del cilindro de levante, el cual permite la elevación de la pluma con la palanca en posición UP y el descenso de la pluma con la palanca en posición DOWN.

Si se presenta un descenso de la carga y se ha descartado una retracción de la pluma y de los estabilizadores, se debe aplicar el protocolo de desconexión de mangueras de acuerdo al manual de la grúa para descartar si el problema es debido a una válvula averiada que ocasiona que el aceite retorne al tanque o si es los sellos del cilindro se encuentran averiados y están provocando que pasen de una cámara a otra. Otros problemas típicos con los cilindros pueden ser un desgaste de los cojinetes o la deformación del vástago (véase la figura N°5.9).

FIGURA N° 5.9
CILINDRO DE LEVANTE
(FUENTE: Manitowoc)



5.5.3. Dispositivos de seguridad

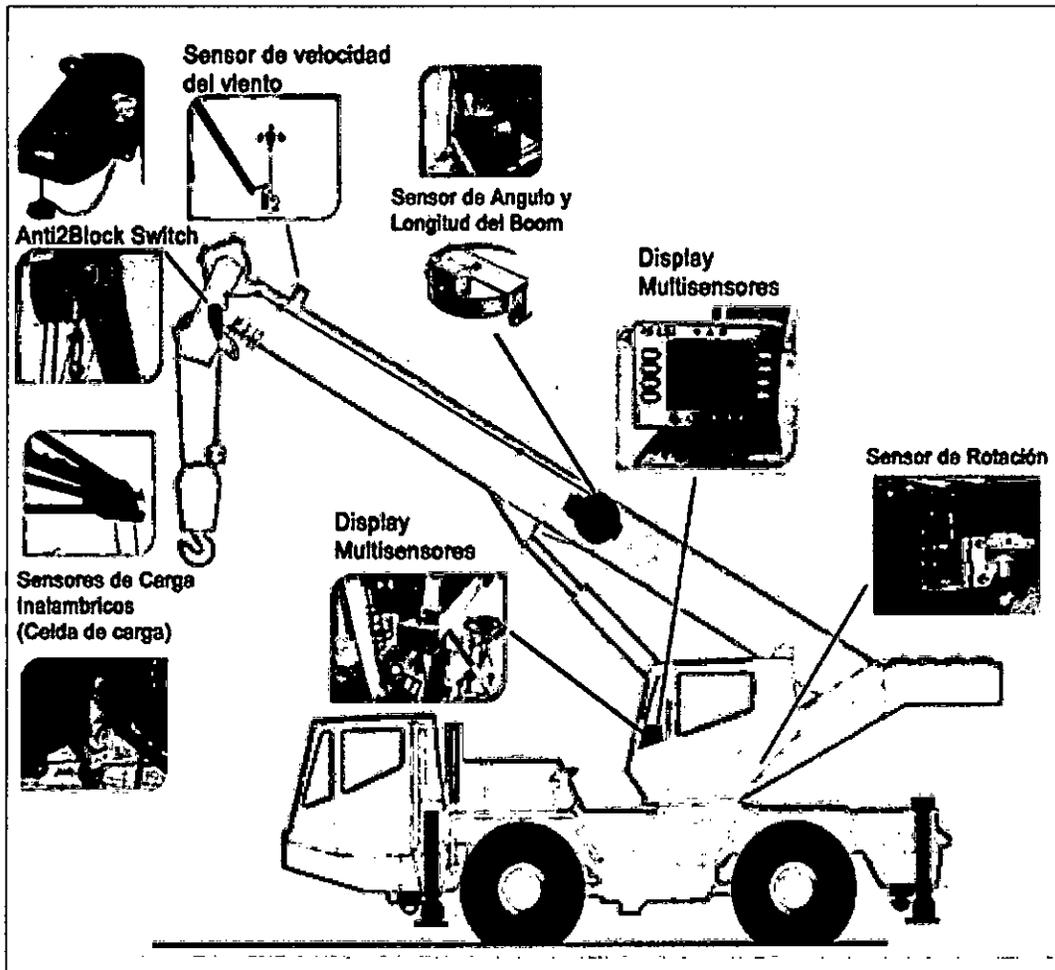
Los dispositivos de seguridad y elementos de ayuda para la operación son muy similares en todas las grúas móviles y su funcionamiento es obligatorio para la operación segura de la grúa, según la OSHA 1926.1416.

En el ítem 2.2.10 se encuentran las descripciones de los dispositivos de seguridad como Indicador de nivel, topes de pluma (aplica solo en grúas con pluma de celosía), topes de jib, equipos con frenos de pedal, estabilizadores hidráulicos, válvula holding / check y claxon.

Los elementos de ayuda para la operación son los indicadores de ángulo de la pluma, longitud de pluma, indicador de momento de carga (LMI), indicador de rotación de malacate, indicador del peso de carga, indicador de radio, indicador de nivel, anti-two-block (A2B), entre otros elementos (véase la figura N°5.10, en la página 72).

Algunas empresas exigen que las grúas tengan instalado un anemómetro, esto debido a que el viento es un factor crítico para las maniobras de izaje. Es práctica considerar las alarmas que alertan el giro de la grúa pero algunas empresas ven por conveniente que las alarmas también alertan cuando suben y bajan pluma, suben y bajan carga o cuando los estabilizadores se extiendan y retraigan, de esa forma alertan al personal alrededor que la grúa está realizando una acción. Existen muchas marcas de LMI, pero entre los más comerciales están Crane Smart, PAD, HIRSCHMAN y LSI.

FIGURA N° 5.10
ELEMENTOS DE AYUDA PARA LA OPERACIÓN
(FUENTE: <http://www.gruasymaquinaria.com/lmi>)



5.5.4. Motor

La revisión del motor es general independientemente del tipo de grúa y se debería revisar lo siguiente; performance del motor, compresor, alimentación, prueba de blow-by, nivel de aceite, filtros, radiador, nivel de agua de baterías, arrancador, alternador, pérdidas de aceite, mangueras, conexiones, soportes, sistema de escape, guardas, aislamiento, fajas y otros. Las marcas más usuales en grúas sobre ruedas son CAT, CUMMINS y MERCEDES BENZ

5.5.5. Letreros e indicativos

El desconocimiento o negligencia de operadores, supervisores y personal en general involucrados en trabajos con grúas pueden conllevar a lesiones, muertes y daños costosos. Para advertir al personal acerca de los peligros es obligatorio que la grúa cuente con señalización de seguridad tanto al interior de la cabina como al exterior de la grúa. La señalización debe estar en español y pueden ser de:

- *Peligro* - Identifica peligros que pueden causar la muerte o lesiones graves si se pasa por alto el mensaje.
- *Advertencia* - Identifica peligros que pueden causar la muerte o lesiones graves si se pasa por alto el mensaje.
- *Precaución* - Identifica peligros que podrían causar lesiones menores o moderadas si se pasa por alto el mensaje.

TABLA N° 5.5
SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD
(FUENTE: propia)

ÍTEM	Tipo de señal	Lugar	Descripción
1	Señales de advertencia	Estabilizadores	La extensión y retracción de estabilizadores podría golpear o atrapar a las personas alrededor.
2	Peligro de electrocución	Cabina del operador	Mantenerse alejado toda parte de la grúa a por lo menos 6m de las líneas eléctricas.
3	Peligro de aplastamiento	Contrapeso	Debido al giro de la estructura.
4	Peligro de atrapamiento	Malacate	Mantener todo el cuerpo alejado durante el funcionamiento del malacate.
5	Peligro de aplastamiento	Exterior de la cabina	Está prohibido trasportar personas, podrían ser aplastadas por los neumáticos u otros mecanismos.

La señalización también incluye indicativos, avisos e instrucciones ligadas a la operación de la grúa. La placa de identificación es obligatoria y debería contener la marca, modelo, fabricante y número de serie.

5.5.6. Documentación

Historial de mantenimiento y revisiones

El cliente es responsable del mantenimiento permanente de la grúa y debe contar con el historial de mantenimiento y revisiones. El cual contiene la identificación, características y las incidencias resultantes de las operaciones y el mantenimiento realizado a la grúa. El historial podría contener la siguiente información:

- Cambio o reparación de motor.
- Cambio o reparación de componentes hidráulicos (bombas, mangueras, filtros, otros).
- Cambio o reparación de componentes estructurales (cremallera, superestructura, pernos, pluma, otros).
- Inspecciones oficiales, revisiones de mantenimiento.
- Modificación de las características (según la norma la modificación o alteración solo puede ser aprobada por el fabricante, de no ser así queda fuera de toda garantía no solo con el fabricante también con entidades aseguradoras).
- Accidentes ocurridos en la operación de la grúa.
- Certificaciones de subsanación de deficiencias encontradas en inspecciones o revisiones.

- Sustitución de cables (existen peligrosas practicas donde por no cambiar un cable dañado, lo cortan donde presenten la falla, o reemplazan por otro diámetro que no le corresponde).

Es importante que el cliente facilite esta información al equipo del proyecto, de tal forma que se pueda realizar una mejor evaluación de la grúa. Al final del proyecto el historial de mantenimiento y revisiones debe ser actualizado por el cliente con los resultados del informe final del proyecto de mantenimiento.

Manual de operación y mantenimiento

Las grúas adicionalmente del tipo, se dividen por modelos y luego por series. Las grúas del mismo modelo comparten características muy similares pero no son necesariamente iguales, la serie permite solicitar los repuestos correctamente y ejecutar la evaluación y el mantenimiento adecuado. No todos los manuales están en internet, por lo cual es importante que el cliente siempre tenga en la cabina estos manuales.

Tablas de carga

Las tablas de carga son de carácter obligatorio, para la operación de la grúa y deben corresponder a la serie de la grúa. Las tablas indican las consideraciones de reducción de peso, diagramas de zona, tablas de carga y los diagramas de carga que deben tenerse en cuenta para elaborar los rigging plan, Durante la evaluación y el mantenimiento es posible que se realicen operaciones de traslación y movimientos en vacío por lo cual es necesario por ser de carácter legal contar con las tablas de carga respectiva.

FIGURA N° 5.11
 MANUALES DE SERVICIO/MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA GRÚA
 (FUENTE: Manitowoc)

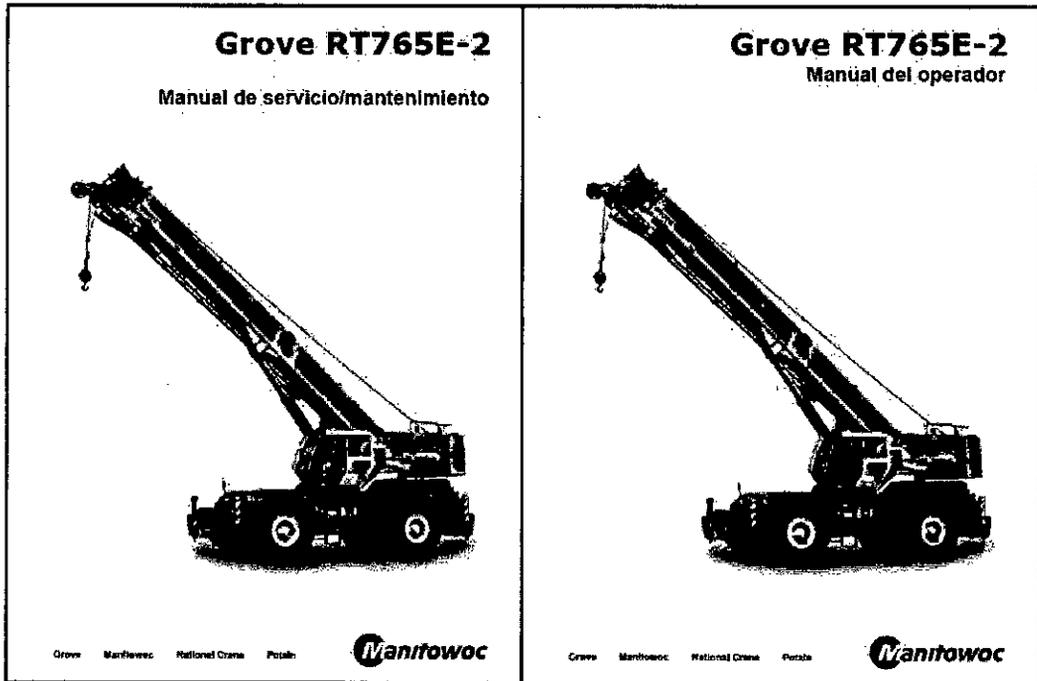
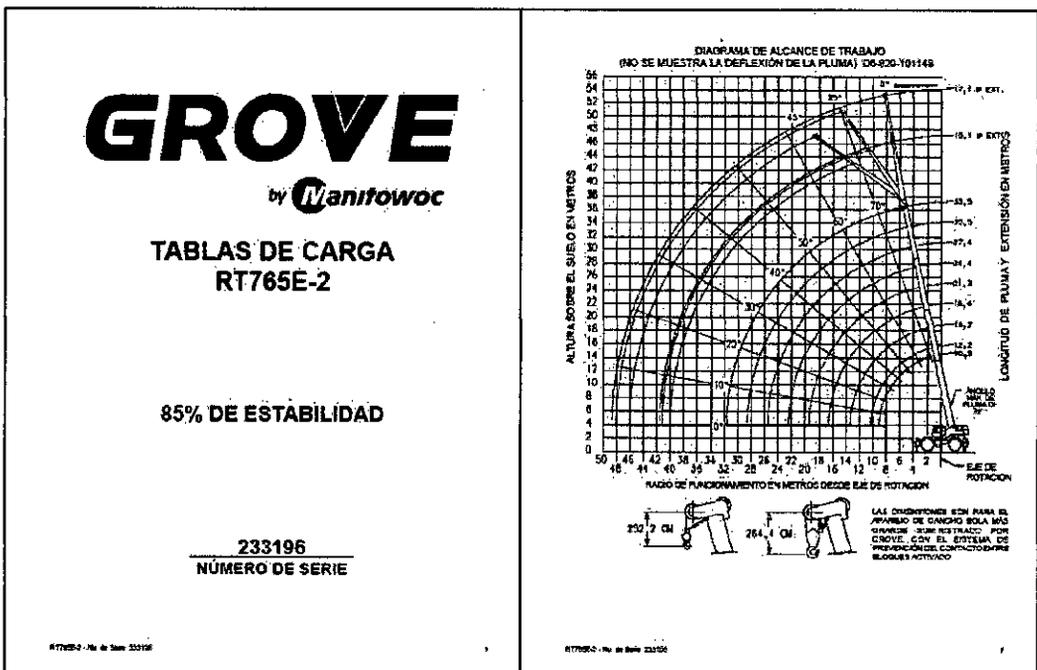


FIGURA N° 5.12
 PORTADA DE TABLAS Y DIAGRAMA DE CARGA DE UNA GRÚA
 (FUENTE: Manitowoc)



5.5.7. Cartillas de diagnóstico

Las cartillas de diagnóstico transcriben la definición de sistemas de las grúas a cartillas, ayuda a no olvidar revisar algún mecanismo crítico de la grúa, lo que ocurre debido al exceso de confianza por haber realizado numerosas evaluaciones.

En el anexo D, se adjunta una cartilla de diagnóstico de una grúa montada sobre camión (una sola estación), elaborada por (SIGDO KOPPERS S.A. / DEYSU / CHILE), empresa chilena especializada en mantenimiento de grúas.

5.6. Planificación

Tener un plan incrementa las posibilidades de éxito, es una oportunidad de ahorrar tiempo, dinero y promueve el apoyo y compromiso de los interesados. La planificación también permite conocer la viabilidad del proyecto de mantenimiento, proyectos de mantenimiento donde el costo supera el 60% del costo de una grúa nueva no son factibles, la mejor opción será dar de baja el equipo.

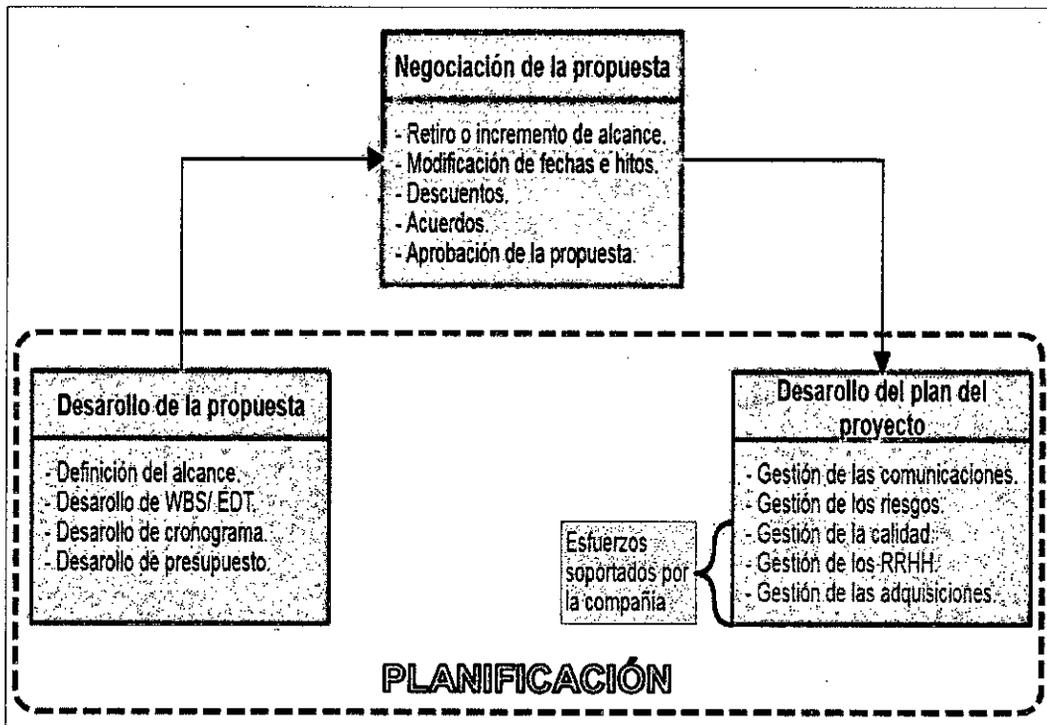
Los resultados de la planificación son la propuesta, el plan del proyecto y los documentos que se utilizan durante la ejecución y el control del proyecto.

Se propone dividir la planificación en dos etapas, antes y después de la aceptación de la propuesta por parte del cliente.

- *Desarrollo de la propuesta:* Procesos orientados a elaborar la propuesta para el cliente el cual comprende el alcance, cronograma, presupuesto.
- *Desarrollo del plan del proyecto:* Con la aprobación de la propuesta, se obtiene el alcance, el cronograma y el presupuesto con los cuales se procede a elaborar la estrategia con la cual se dirigirá el proyecto.

La siguiente figura trata de facilitar la comprensión de las dos etapas de planificación (véase la figura N°5.13)

FIGURA N° 5.13
 DIVISION DE ESFUERZOS DE PLANIFICACION
 (FUENTE: propia)



5.6.1. Gestión del alcance

Los errores de alcance son comunes, por ello es importante que el alcance este bien definido, de otra forma se pueden ejecutar trabajos que el cliente no ha solicitado (trabajo gratis) y el cliente no pagara trabajos que no ha aprobado y peor aún que trabajos que no puede verificar, un ejemplo es el mantenimiento del caliper (freno) ¿Cómo se puede verificar este trabajo si ya se montaron las llantas y no existe registro fotográfico?

A continuación se describen las diferencias entre alcance del producto y alcance del proyecto

El alcance del producto: Son los requisitos relacionados al producto y responden a la pregunta “¿Qué resultado final se necesita?”. El alcance del producto estaría conformado por el informe de evaluación y por la entrega de la grúa luego del mantenimiento de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.

El alcance del proyecto: Comprenden los trabajos para obtener el alcance del producto. Así para obtener el diagnóstico es necesario realizar la evaluación y lo que ello implica, como movilizar personal, asegurar herramientas y equipos.

a) Definición de alcance

Para definir el alcance es necesario obtener los requisitos por parte del cliente. El cliente al recibir el informe discrimina entre los trabajos que requiere, esta acción modifica el alcance de la propuesta de mantenimiento. Por ejemplo, independientemente del precio que se pueda ofrecer por el pintado de la grúa, el cliente puede considerar que no es una actividad necesaria.

El alcance se refina durante la planificación pero puede cambiar debido a las actividades de control, para poder entregar la grúa a tiempo se puede decidir retirar algunas actividades (cambio de alcance).

En mantenimiento la mayoría de riesgos son propios del trabajo, solo en algunos casos la gestión de riesgos puede significar considerar una reserva de tiempo en el cronograma y costo en el presupuesto, en caso de contingencias.

Como resultado de la definición del alcance se obtienen paquetes de trabajo que básicamente comparten la estructura de los sistemas definidos en la evaluación. Las salidas de este proceso son:

- Alcance del producto
- Entregables (EDT)
- Criterios de aceptación
- Restricciones y supuestos

Desarrollo de una EDT

La EDT (Estructura de desglose de trabajo) es una herramienta obligatoria en todo proyecto independientemente de su magnitud. Elaborar una EDT permite definir las actividades en un proyecto, otras ventajas son las siguientes:

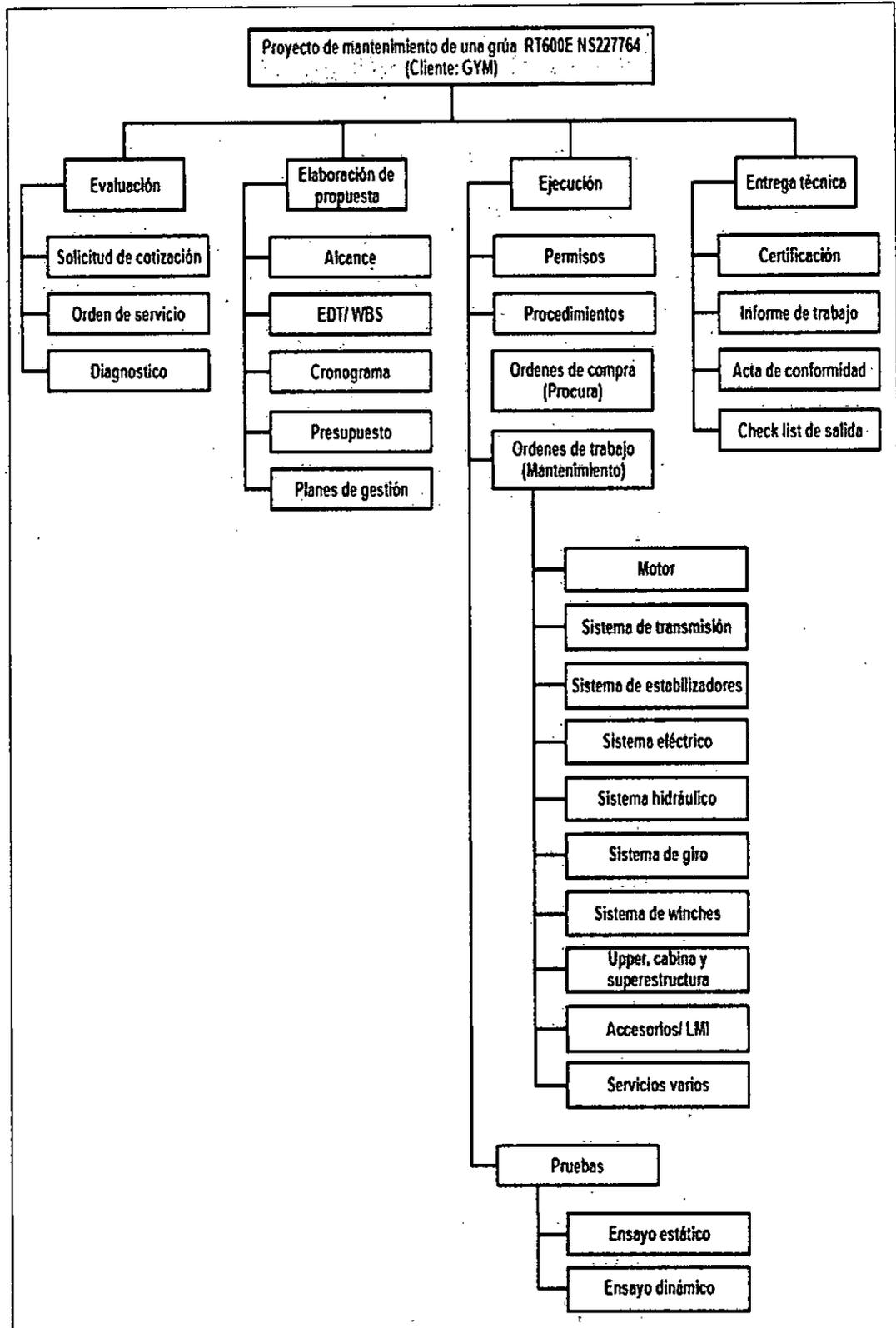
- Participar desarrollando una EDT permite mejorar la comprensión del proyecto, recorriéndolo primero en la mente y luego plasmándolo.
- Evita omitir alcance de trabajo.
- Muestra una jerarquía en el proyecto.

La EDT proporciona una visión estructurada del proyecto, mostrando todo el alcance del proyecto en piezas más pequeñas llamadas paquetes de trabajo. Para elaborar una EDT se tienen las siguientes reglas:

- La EDT se crea en equipo.
- La EDT incluyen únicamente los entregables del proyecto.
- Lo que no está en la EDT no forma parte de proyecto.

La EDT se desglosa hasta obtener los paquetes de trabajo, los cuales pueden ser estimados de manera realista, pueden ser subcontratados o finalizados rápidamente sin interrupción.

FIGURA N° 5.14
EJEMPLO DE EDT
(FUENTE: propia)



b) Solicitud de cotización de repuestos y servicios

El informe de evaluación permite elaborar la lista con los repuestos y servicios necesarios, los cuales deben ser cotizados de forma inmediata para que no se transforme en una restricción durante la elaboración del presupuesto.

Durante la ejecución también pueden surgir nuevas solicitudes de repuestos o servicios por trabajos adicionales (cambio de alcance).

La solicitud de servicios o repuestos involucran los siguientes documentos:

- Solicitud de propuesta (RFP): Utilizado cuando se requiere un nuevo producto o servicio, el ofertante detalla como realizará el trabajo, quien lo realizará, experiencia de la compañía y el precio.
- Solicitud de cotización (RFQ): Es el documento más utilizado para adquirir repuestos o servicios. Normalmente los representantes de ventas no elaboran RFQ ya que tienen acceso web al catálogo de la marca representada, donde encuentran la cantidad en stock, el precio de los repuestos, calculan los tiempos estimados de entrega y realizan la solicitud directamente.

5.6.2. Gestión del tiempo

a) Planificar la gestión del cronograma

Este proceso no implica desarrollar el cronograma sino pensar por adelantado como planificar, gestionar y controlar el cronograma. Se debe responder lo siguiente:

- *¿Quién desarrollará el cronograma?:* El cronograma puede ser desarrollado por el ingeniero de proyecto o por el jefe de proyecto, pero debe ser revisado y aprobado por el jefe de proyecto.

- *¿Cómo se elaborará el cronograma?*: Es recomendable que los procedimientos para elaborar el cronograma sean parte de los activos de los procesos de la organización. Se debe definir de antemano el nivel de programación a utilizar el cual puede ser el siguiente:

Nivel 1: Proyecto de mantenimiento de grúa (...), número de serie (...).

Nivel 2: Procura, Mantenimiento

Nivel 3: Sistemas

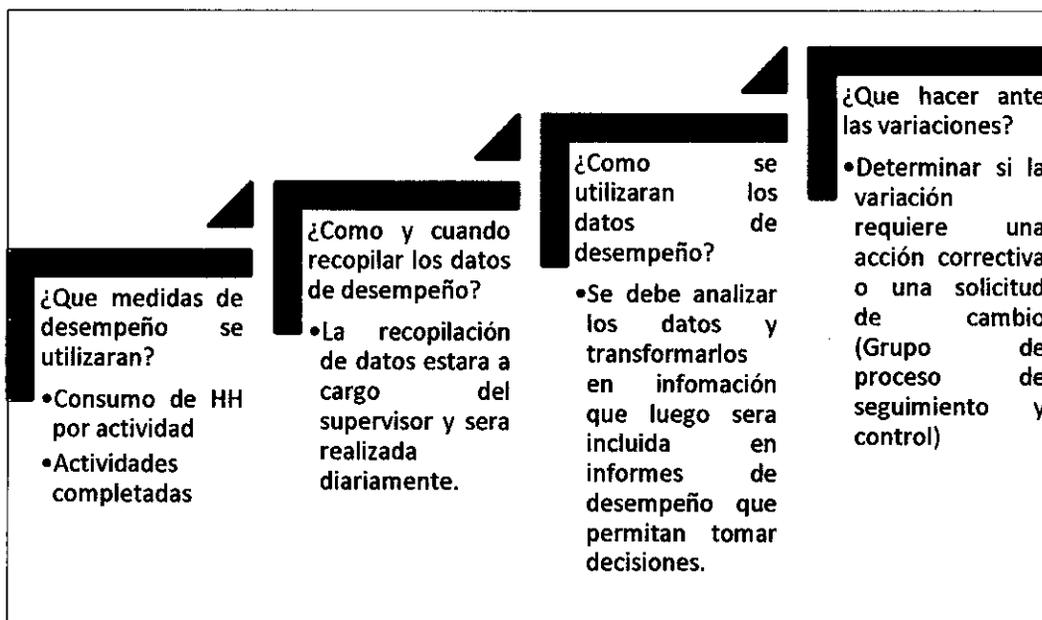
Nivel 4: Actividades

- *¿Qué software se utilizará para la elaboración del cronograma?*: Se debe contar con un software de dirección de proyectos para la elaboración del cronograma, los softwares más comunes en Perú son Primavera P6 y Microsoft Project, algunas empresas utilizan Excel pero no es recomendable pues no ofrece las herramientas e interfaz de los softwares especializados.
- *¿Cómo se controlará el cronograma?*: El cronograma permite controlar el proyecto comparando el avance con la línea base. El control del cronograma es un proceso llevado a cabo en el grupo de procesos de Monitoreo y control.

Como resultado de planificar la gestión del cronograma se define lo siguiente:

- Metodología de calendarización (régimen de trabajo, turnos, días festivos) y software para elaborar el cronograma.
- Unidad de medida a emplear en los estimados (usualmente en horas).
- Las medidas de desempeño.
- Las variaciones aceptables para el proyecto.

FIGURA N° 5.15
 PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DEL CRONOGRAMA
 (FUENTE: propia)



b) Desarrollo del cronograma

El cronograma establece la línea base para la medición del avance, incluye las actividades, la secuencia de actividades, la dependencia entre actividades, los recursos y las estimaciones. Estos esfuerzos se describen a continuación:

Definir las actividades: Como resultado de la *gestión del alcance* se reciben paquetes de trabajo los cuales deben ser transformados en actividades. Por ejemplo el requerimiento (mangueras averiadas en bomba N°1) es transformado a la actividad (desmontaje y reemplazo de mangueras en bomba N°1).

Este esfuerzo da como resultado la lista de actividades para completar el proyecto. Incluye también identificar los hitos, los cuales son eventos significativos, no son actividades y no tienen duración. El cliente no pregunta por una actividad en

particular sino por los hitos ¿Cuándo me entregas la grúa? ¿Cuándo me entregas el informe de evaluación? ¿Ya montaste la pluma?

Secuencia de las actividades : Consiste en secuenciar las actividades e hitos mediante relaciones lógicas obteniendo un diagrama de red. El método más empleado para elaborar el diagrama de red es el Método de Diagramación por Precedencia (PDM). En este método las actividades se representan con cajas y las dependencias con flechas, se establece cuatro tipos de dependencia lógica.

TABLA N° 5.6
TIPOS DE DEPENDENCIA LÓGICA
(FUENTE: propia)

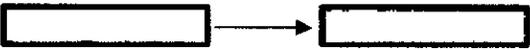
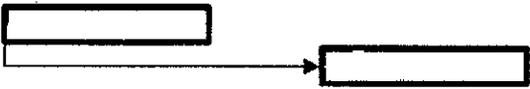
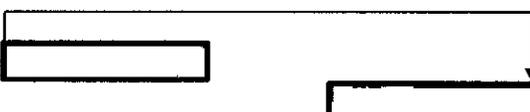
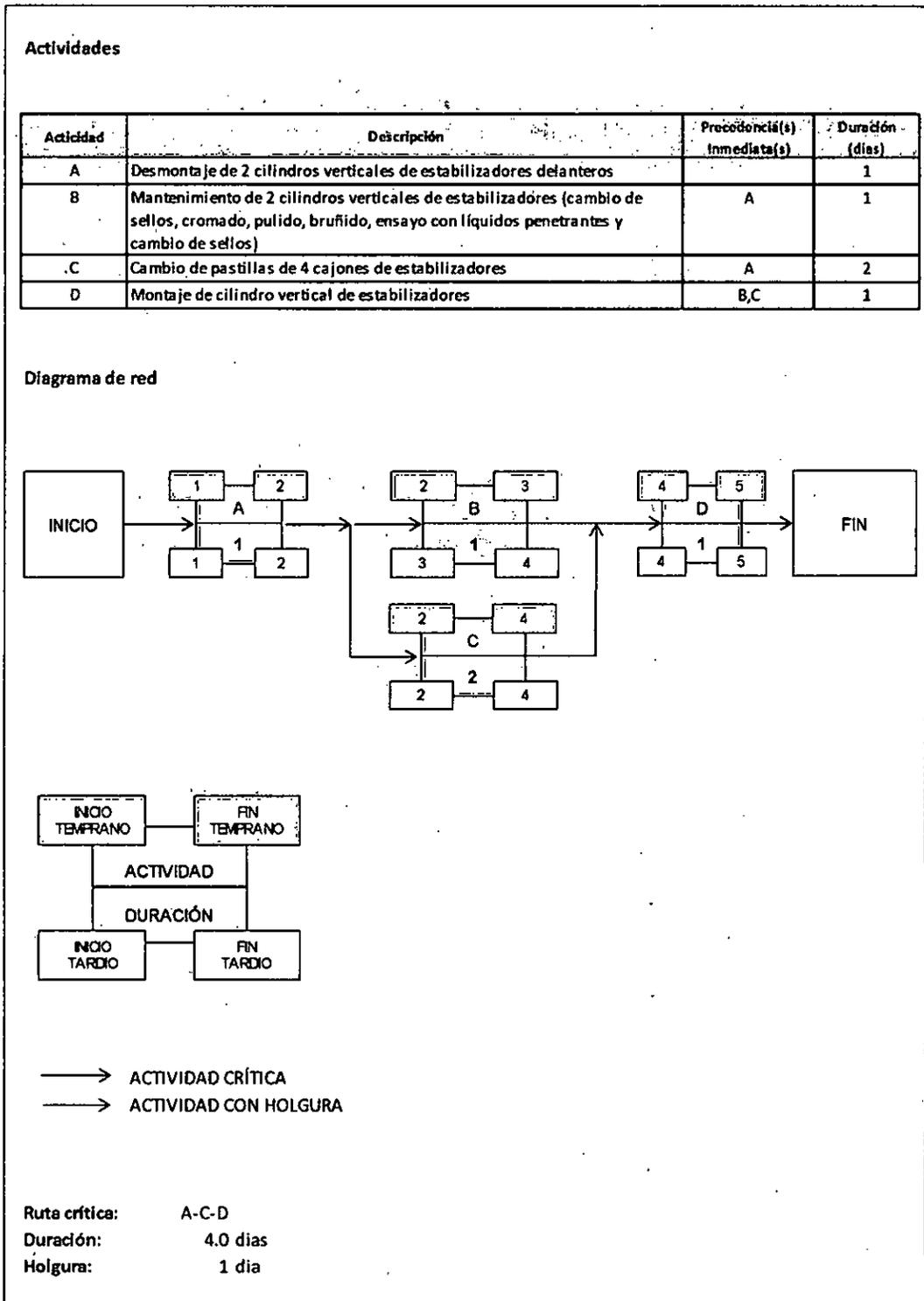
Abreviatura	Ingles Español	Descripción
FS	Finish to start final a inicio	Una actividad debe de finalizar para que la actividad sucesora comience: 
SS	Start to start inicio a inicio	Una actividad debe iniciar para que la actividad sucesora pueda iniciar: 
FF	Finish to finish final a final	Una actividad debe finalizar para que la actividad sucesora pueda finalizar, ejemplo: 
SF	Start to finish inicio a final	Una actividad debe iniciar para que la sucesora deba finalizar, no es utilizada normalmente. 
<p>Nota: Los adelantos (leads) se utilizan para indicar que una actividad puede iniciar antes que la actividad predecesora. Mientras los retrasos (lags) se utilizan para esperar un tiempo entre actividades. Un ejemplo es que después de la actividad de pintado se tiene que esperar un día mientras la pintura seca para iniciar otra actividad.</p>		

FIGURA N° 5.16
EJEMPLO DE DIAGRAMA DE RED
(FUENTE: propia)



Determinar los recursos para las actividades: Consiste en asignar a las actividades los recursos que incluyen equipos, repuestos, materiales y personal técnico. El jefe de proyecto es responsable de asegurar la disponibilidad de los recursos para que el trabajo pueda llevarse a cabo.

Estimación del tiempo: Los rendimientos suelen ser parte de los activos de los procesos de la organización y son retroalimentados con los resultados de los proyectos ejecutados. Los rendimientos no son estáticos pues pueden variar con el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas los cuales facilitan muchas tareas. Es recomendable considerar estimaciones realistas, no ser demasiado optimista ni pesimista.

Creación del cronograma: Consiste en integrar mediante técnicas la secuencia, la dependencia y la duración de las actividades junto a lo determinado en el proceso de *planificar la gestión del cronograma* en un modelo de cronograma. El análisis de red del cronograma consiste en emplear técnicas para convertir el modelo de cronograma inicial en un cronograma de proyecto realista, para lo cual se pueden utilizar una o más de las siguientes técnicas:

- Método de la ruta crítica: este método consiste en determinar la ruta crítica, la cual es la ruta más larga a través del diagrama de red y determina el tiempo más corto para ejecutar el proyecto.
- Compresión del cronograma: En ocasiones el cliente puede ser insistente en adelantar la fecha de cierre del proyecto, para ello se puede utilizar el *fasttracking* (consiste en tomar actividades de la ruta crítica que fueron

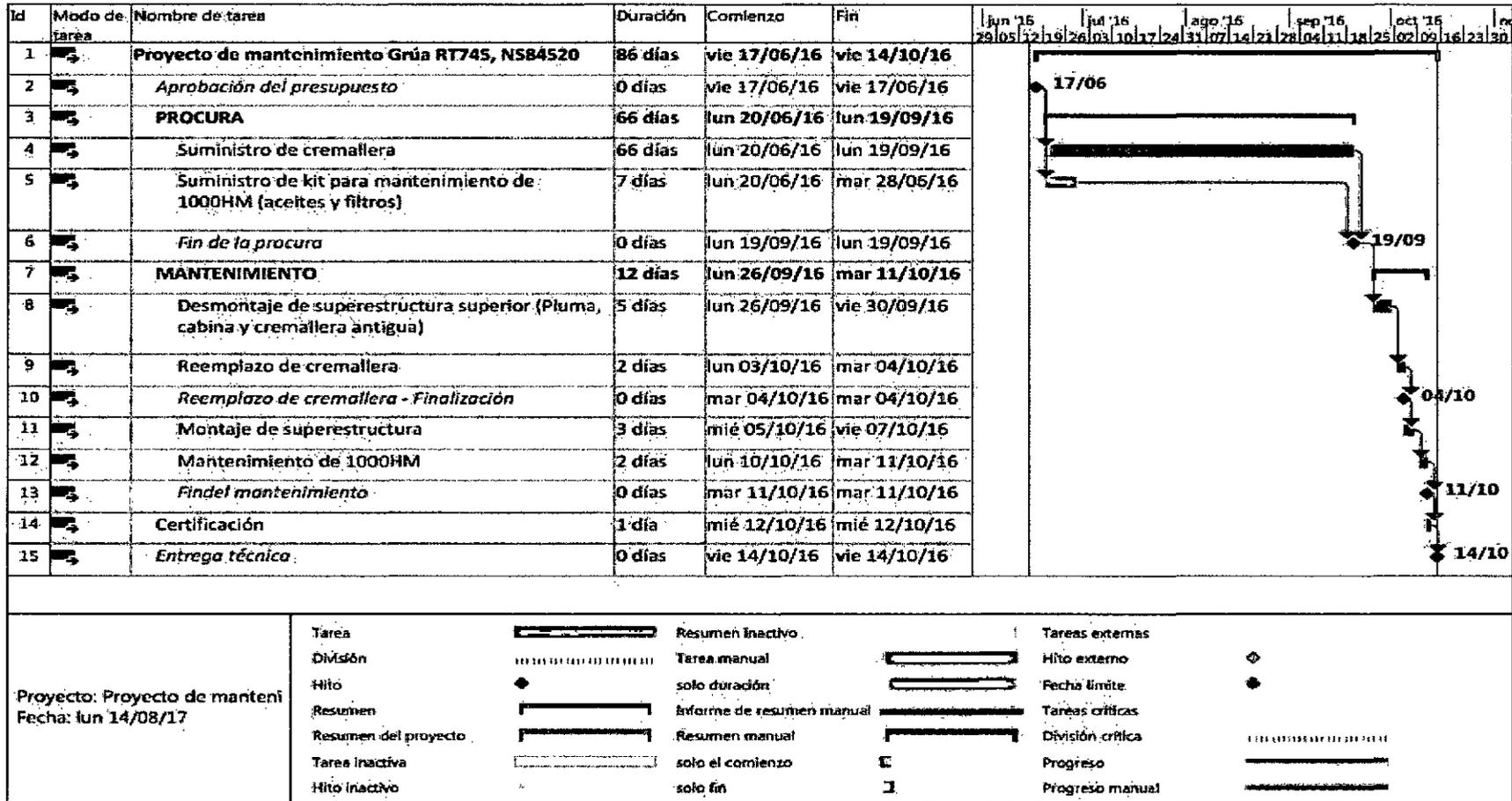
- planificadas en serie y realizarlas en paralelo) o el crashing (consiste en agregar recursos para comprimir el cronograma, por ejemplo ingresar más personal en ciertas actividades).
- Modelado: Método matemático que modela y predice mediante un software el resultado del proyecto.
 - Optimización de recursos: Permite nivelar los picos y valles del cronograma de un día a otro o de una semana a otra, ofreciendo un número más estable de recursos utilizados en el proyecto. Es recomendable trabajar con una cuadrilla permanente desde el inicio hasta el final del proyecto y nivelar los recursos permite que el cronograma se adapte a este requerimiento.

El cronograma se puede mostrar con o sin dependencias lógicas, utilizando las siguientes presentaciones:

- Diagrama de red (mostrado anteriormente)
- Diagrama de hitos: Herramienta visual que muestra los hitos, los cuales son los hechos relevantes del proyecto y no tienen duración (véase el gráfico N°5.1, en la página 89).
- Diagrama de barras: Herramienta visual que muestra la extensión de las actividades mediante barras, es el estilo más empleado para mostrar el cronograma (véase el gráfico N°5.2, en la página 90).

La línea base del cronograma es utilizada para dirigir el proyecto y contra la cual se mide el desempeño del equipo del proyecto, es una gráfico del tiempo vs el porcentaje de avance. La línea base puede ser modificada de acuerdo a cambios formalmente aprobados.

GRÁFICO N° 5.2
EJEMPLO DE DIAGRAMA DE BARRAS
(FUENTE: propia)

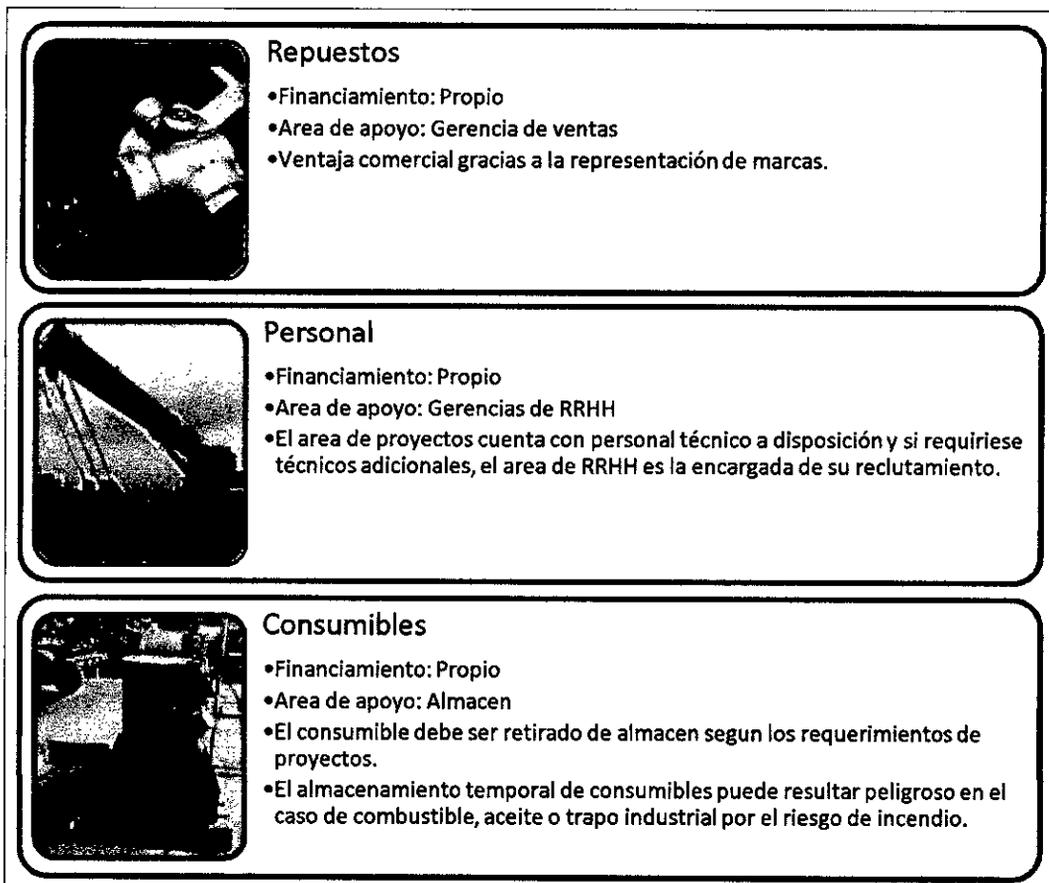


5.6.3. Gestión de los costos

a) Planificar la gestión de costos

Consiste en pensar como planificaras, gestionaras y controlarás los costos del proyecto. La planificación de los costos puede incluir el financiamiento de los proyectos, pero mientras en los grandes proyectos de inversión privada o estatal se requiere financiamiento de bancos u otros organismos debido a las sumas de dinero involucrado (millones de dólares), en los proyectos de mantenimiento los recursos son financiados con los fondos existentes de la empresa que realiza el mantenimiento (véase la figura N°5.17).

FIGURA N° 5.17
FINANCIAMIENTO DE RECURSOS
(FUENTE: propia)

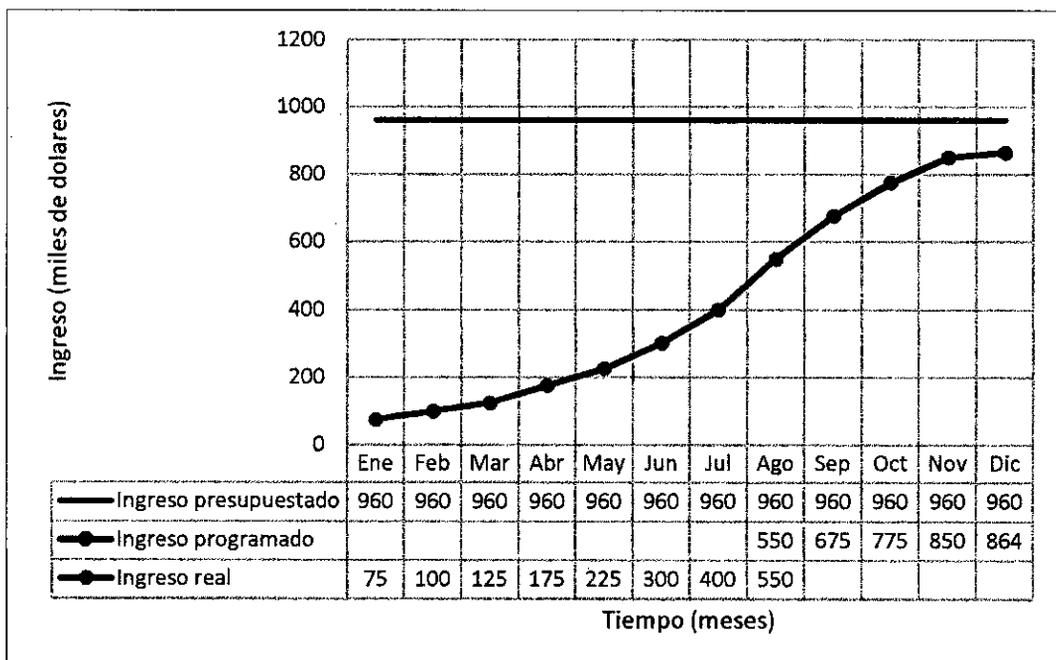


En proyectos de mantenimiento resulta útil controlar los costos a un nivel macro, el al encargado de esta actividad es llamado *ingeniero de costos*, mientras los costos por proyecto son gestionados y controlados por cada jefe de proyecto.

El ingeniero de costos es responsable de calcular y evaluar los costos de los proyectos de mantenimiento en conjunto. Se busca medir la rentabilidad y los ingresos acumulados de los proyectos en contraste con la rentabilidad y los ingresos presupuestados trazados en el plan estratégico anual liderado por el *gerente de los jefes de proyecto*. Los resultados pueden alertar que aunque los proyectos en curso tengan buenos índices, el resultado global puede ser negativo. En un caso así la gerencia puede tomar medidas directas sobre los proyectos en curso y futuros.

Se adjunta un gráfico referencial del análisis del ingreso presupuestado vs el ingreso real (véase el gráfico N°5.3)

GRÁFICO N° 5.3
INGRESO PRESUPUESTADO VS INGRESO REAL
(FUENTE: propia)



El éxito conjunto de los proyectos de mantenimiento se logrará si cada proyecto ejecuta y controla sus costos adecuadamente y si el monto total de los proyectos ejecutados logra alcanzar la meta del plan anual.

Como parte de la gestión de costos de cada proyecto de mantenimiento se debe de determinar lo siguiente:

- Moneda de pago: La moneda común es el dólar.
- Formato de los informes que serán utilizados
- Como se medirá el desempeño de los costos
- Información sobre las cuentas de control.
- La línea base de costos del proyecto se obtiene luego de desarrollar el presupuesto.

b) Desarrollo del presupuesto

Desarrollar el presupuesto consiste en asignar los costos relacionados a los recursos para realizar el trabajo determinado durante el desarrollo del cronograma como; la mano de obra, repuestos, consumible y equipos. En el presupuesto también existen otros costos involucrados, se ha elaborado la siguiente tabla para su mayor comprensión (véase tabla N° 5.7, en la página 94).

Lo perfecto es enemigo de lo bueno, por lo tanto los estimados de precios y estimados de tiempo nunca serán perfectos, esto no es malo ya que un mayor nivel de precisión requiere también un mayor esfuerzo y mayor tiempo. Es tipo de costeo empleado normalmente es del tipo estimado los cuales se ajustan a los históricos mientras que un costeo estándar se ajusta a los estándares y requiere de estudios.

TABLA N° 5.7
COSTOS EN UN PRESUPUESTO
(FUENTE: propia)

Tipo	Descripción
Costos directos	<p>Están relacionados directamente a la ejecución del proyecto, como la mano de obra, consumible, repuestos, equipos, viajes de los técnicos entre otros.</p> <p>La mano de obra tiene un costo por HH, que puede variar si el trabajo se realiza en provincia por periodos prolongados, se acostumbra otorgar una bonificación al técnico debido a que el régimen en provincia es atípico.</p> <p>Para los repuestos es importante recibir información por parte del comprador ya que suelen variar el precio por temporada, stock o cantidad.</p> <p>Para los consumibles se utiliza un banco de tarifas ya que los precios suelen variar muy poco.</p> <p>Los costos directos son los únicos costos que deben ser mostrados en el presupuesto, los otros costos deben prorratearse proporcionalmente a los costos directos.</p>
Costos indirectos	<p>Estos costos son los que se incurren en beneficio de más de un proyecto, incluye al jefe de proyecto, ingeniero de proyecto, asistentes, entre otros.</p>
Ganancia	<p>En proyectos de mantenimiento se suele marginar alrededor de 20%. La ganancia depende mucho de la política de la empresa, las empresas de mayor prestigio suelen marginar más ya que a su vez incurren en mayores gastos para ofrecer un mejor servicio.</p>
Costos generales	<p>Salarios de directores, gerencia y áreas de soporte, gastos de oficina y otros.</p>
Descuentos o tarifas especiales	<p>Es recomendable que los descuentos se realicen sobre el total del presupuesto y se muestre en una línea por separado del presupuesto de tal forma que el cliente pueda observarlo.</p>
<p>Nota: Tanto los costos indirectos como los costos generales suelen calcularse en el presupuesto mediante un % de castigo a los costos directos.</p>	

5.6.4. Planificar la gestión de la calidad

La gestión de la calidad se fundamenta en las directrices establecidas por el área de calidad de la organización. La calidad en un proyecto debe cumplir como mínimo los estándares propios de la empresa ejecutora y si los estándares del cliente son mayores, entonces considerar los del cliente.

En proyectos de construcción se requiere la elaboración y presentación de cientos de protocolos de calidad, documentación extensa que sustenta que el trabajo fue realizado de acuerdo a los estándares requeridos y que las pruebas fueron llevadas a cabo. Pero en proyectos de mantenimiento es poca la documentación de calidad requerida por el cliente, lo normal es que el cliente solicite que se apliquen los estándares de la empresa que realiza mantenimiento porque considera que al ser especialista, posee los estándares de calidad adecuados.

Luego que los estándares y practicas existentes han sido identificados se deben crear los estándares y procedimientos adicionales que requiera el proyecto.

En calidad menos es mejor. La calidad no significa bañar en oro el trabajo (añadir funcionalidad extra), por lo cual el jefe de proyecto debe verificar que el equipo de trabajo se concentre solo en lo solicitado por el cliente.

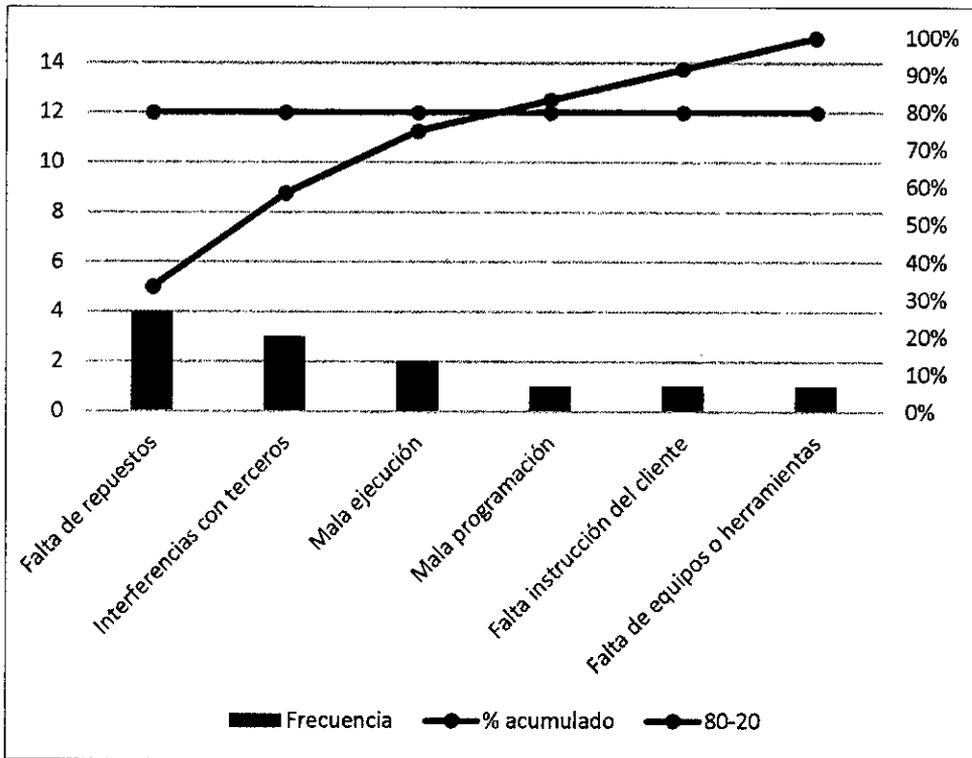
A continuación se resumen las salidas del proceso de la gestión de la calidad durante la planificación (véase tabla N° 5.8, en la página 96).

TABLA N° 5.8
GESTÓN DE LA CALIDAD
(FUENTE: propia)

Resultados	Descripción
Plan de gestión de la calidad	Procesos y diagramas de flujo Procedimientos operativos de trabajo Formatos de registro de trabajo
Métricas de calidad	Numero de cambios (para medir la calidad de la planificación). La variación relacionada al uso de recursos PPC - Porcentaje del plan completado (permite medir el desempeño del equipo de proyecto) CNC – Causas de no cumplimiento (su seguimiento permite medir el cumplimiento de los interesados)
Lista de control de calidad	Check list del alcance del trabajo (asegura que se ha cumplido con el alcance del trabajo). Check list de salida (permite verificar que la grúa sale con todos los componentes con los que ingreso).
Plan de mejora de procesos	Es una actividad constante, permite el ahorro de tiempo al analizar los procesos para prevenir problemas o formas de incrementar la eficiencia, los diagramas de flujo son muy útiles para esta actividad.

Las *causas de no cumplimiento* (CNC), pueden mostrarse utilizando un diagrama de Pareto, que es un tipo de diagrama de barras que incluye los resultados del CNC en orden de frecuencia, permitiendo identificar la causa raíz que conlleva a la mayor cantidad de problemas que ocasionan el no cumplimiento (véase el gráfico N°5.4, en la página 97).

GRÁFICO N° 5.4
DIAGRAMA DE PARETO COMO RESULTADO DEL PPC y CNC
 (FUENTE: propia)



5.6.5. Planificar la gestión de las comunicaciones

Los jefes de proyecto invierten mucho tiempo comunicando, ya sea durante la iniciación identificando a los interesados, en la planificación elaborando la propuesta con el equipo de proyecto y negociando la propuesta con el cliente, durante la ejecución dirigiendo el trabajo o durante el cierre recibiendo la retroalimentación del cliente. Por ello es importante planificar, estructurar y controlar las comunicaciones.

El plan de la gestión de las comunicaciones debe formar parte de los activos de los procesos de la organización. Contar con plantillas facilitará la elaboración del plan de gestión de las comunicaciones.

Entre los aspectos más importantes de planificar las comunicaciones se tienen:

- Definir la información que requiere cada interesado, formato y frecuencia.
No se debe incluir información que no contribuya, existen clientes que solicitan demasiada información así como jefes de proyecto que ofrecen información que no son capaces de generar.
- Donde y como se almacenará la información.
- En proyectos grandes hay personas llamadas *control document*, cuya labor es distribuir y enviar toda la información referida al proyecto. Pero en proyectos de mantenimiento la información es menor y no amerita que una persona se encargue exclusivamente de esta labor.
- La matriz de comunicaciones es una herramienta cuyo objetivo es listar la documentación referida al proyecto (la información que se envía y la que se recibe), los interesados que requieren información, frecuencia y formato.
- Se debe garantizar que los supervisores cuenten con la última revisión de planos, y con el alcance final cerrado con el cliente.
- Las reglas de juego de las reuniones, sus integrantes y frecuencia.

Errores de comunicación: Los jefes de proyecto que no planifican las comunicaciones vuelven a crear y perder tiempo en formatos de informes que suelen repetirse una y otra vez en cada proyecto.

El peor error es romper la comunicación, sea porque una de las partes aún no tiene la información o tiene la información, pero no es la más adecuada. Sea cual fuera el caso, se debe recordar que no hay peor noticia que la que no se recibe.

TABLA N° 5.9
EJEMPLO DE MATRIZ DE COMUNICACIÓN
(FUENTE: propia)

Información	Contenido	Nivel del detalle	Responsable de elaboración	Responsable de comunicar	Receptor	Metodología	Formato	Frecuencia de comunicación	Medio
Inicio del proyecto	Orden de servicio	Bajo	Jefe de proyecto	Jefe de proyecto	Gerente de proyectos	Formulario web	PDF	Una sola vez	Gestor
Evaluación	Informe de evaluación	Alto	Supervisor de mantenimiento	Jefe de proyecto	Ciente	Plantilla en word	PDF	Una sola vez	Correo
Planificación	Cronograma línea base	Alto	Ingeniero de proyecto	Jefe de proyecto	Ciente, Interesados clave	Plantilla Ms Project	PDF	Iterativo hasta lograr aceptación	Correo
Planificación	Presupuesto	Alto	Ingeniero de proyecto	Jefe de proyecto	Ciente, Interesados clave	Plantilla en Excel	PDF	Iterativo hasta lograr aceptación	Correo
Ejecución	Look ahead (LA)	Medio	Ingeniero de proyecto	Ingeniero de proyecto	Equipo de proyecto	Plantilla Ms Project	PDF	Semanal	Correo
Ejecución	Análisis de restricciones (AR)	Alta	Ingeniero de proyecto	Ingeniero de proyecto	Equipo de proyecto, interesados	Plantilla en Excel	PDF	Reunión Semanal	Correo
Ejecución	Plan semanal (PS)	Alta	Ingeniero de proyecto	Ingeniero de proyecto	Equipo de proyecto	Plantilla Ms Project	PDF	Semanal	Correo
Ejecución	Registro de tareo	Medio	Supervisor de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Ingeniero de proyecto	Plantilla en Excel	Físico	Diario	Físico
Ejecución	Registro de avance detallado	Alto	Supervisor de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento	Ingeniero de proyecto	Plantilla en Excel	Físico	Diario	Físico
Ejecución	Informe de desempeño - HH gastadas - HH ganadas - PF	Medio	Ingeniero de proyecto	Ingeniero de proyecto	Equipo de proyecto	Plantilla en Excel	PDF	Diario	Correo
Ejecución	Informe semanal - Línea base - Avance ejecutado - Avance programado - Actividades completadas y registro fotográfico - Look ahead (LA)	Medio	Ingeniero de proyecto	Jefe de proyecto	Ciente, interesados	Plantilla en Excel	PDF	Semanal	Correo
Monitoreo & control	PPC	Medio	Jefe de proyecto	Jefe de proyecto	Equipo de proyecto, interesados	Plantilla en Excel	PDF	Semanal	Correo
Cierre	Informe final de proyecto	Alto	Supervisor de mantenimiento	Jefe de proyecto	Ciente, Interesados clave	Plantilla	PDF	Una sola vez	Correo

5.6.6. Planificar la gestión de los riesgos

Todos los interesados son responsables de la identificación de riesgos, principalmente se realiza durante la planificación aunque algunos riesgos pueden ser identificados e incluidos durante la ejecución del mantenimiento.

La gestión de riesgos implica realizar un análisis cualitativo, el cual permite determinar la acción para cada riesgo aunque no todos los riesgos requieren respuesta pues algunos son inherentes al trabajo o son improbables. En mantenimiento es necesario realizar un análisis cualitativo pero difícilmente uno cuantitativo, este último analiza numéricamente la probabilidad e impacto de los riesgos. Luego de la identificación de los riesgos se debe pasar a la planificación de la respuesta a los riesgos. Se adjunta la siguiente tabla con riesgos típicos de proyectos de mantenimiento:

TABLA N° 5.10
ANÁLISIS DE RIESGOS
(FUENTE: propia)

Concepto	Riesgo	Consecuencia	Respuesta
Repuestos	Que los repuestos no lleguen a tiempo o que los repuestos entren a canal rojo en aduanas.	Puede impactar el cronograma	Si los repuestos pertenecen a la ruta crítica, se debe tomar medidas para no impactar la fecha de entrega.
Personal	Personal no calificado realizando trabajos	Mala calidad del trabajo	El grupo debe de ser liderado por personal de experiencia y debe ser balanceado.
Fallas ocultas	Se presentan nuevas fallas durante la ejecución.	Puede impactar el cronograma y el presupuesto.	Buscar insolencias en el diagnóstico para corregirlas. Revisar si las nuevas fallas son parte del alcance o no.

5.6.7. Negociación de la propuesta

Antes de iniciar cualquier trabajo de ejecución se debe obtener la aprobación de la propuesta final (alcance, presupuesto y cronograma) por parte del cliente. La aceptación tiene que ser por escrito, talvez mediante un correo u otro documento como la hoja de acuerdos de una reunión, pero no debe aceptarse una llamada telefónica o acuerdos verbales como confirmación de una propuesta.

Durante la negociación de la propuesta se pueden tener los siguientes cambios:

- Retiro o incremento de alcance.
- Ajuste de la fecha de entrega y compresión del cronograma.
- Un descuento comercial es negociable, pero no es recomendable negociar las tarifas.
- En algunos casos, el cliente decide suministrar los consumibles ya que son comerciales, por lo cual el presupuesto se modifica más no el cronograma.

Es importante documentar todas las revisiones a la propuesta, ya que son útiles para solucionar conflictos, es responsabilidad del jefe de proyecto que las negociaciones resulten en un cronograma realista.

5.7. Ejecución

Luego de la aprobación de la propuesta final inicia la ejecución, la cual integra los procesos destinados a la elaboración del producto, si la propuesta aprobada es realista y fue realizada con fines prácticos a la par de comerciales, entonces será la mejor herramienta que se tendrá para orientar la fase de ejecución.

5.7.1. Adquisición de recursos

Consiste en asegurar los recursos que pertenecen al proyecto como seleccionar el personal, definir el área de trabajo, herramientas y consumibles. Este proceso también permite adquirir los recursos que están fuera del equipo de proyecto, principalmente repuestos y servicios.

Seleccionar los proveedores implica revisar las cotizaciones o propuestas recibidas durante la planificación, utilizando técnicas de negociación y los criterios de selección de proveedores. Los objetivos de la negociación con los proveedores son obtener un precio justo por los productos y servicios requeridos y mantener una buena relación con los proveedores. Finalmente se procede con la adquisición de los repuestos y servicios.

Este proceso es soportado gracias al área de logística, el comprador y el representante de ventas cumplen roles importantes para asegurar que las fechas de entrega en taller de los productos y consumibles se cumplan.

5.7.2. Programación del trabajo

a) Lookahead (LA)

Es una herramienta de planificación de mediano plazo (3-6 semanas de anticipación), el programa lookahead tendrá una estructura muy similar al cronograma pero con el desarrollo de algunas actividades a mayor detalle.

Es común llamar al programa lookahead en función a la cantidad de semanas que incluye su programación, por ejemplo si el programa tiene un horizonte de 3 semanas entonces se debe llamar 3 week look ahead o simplemente 3WLA.

El programa lookahead debe ser actualizado semanalmente.

- Entrada : Cronograma
- Salidas: Tareas programadas, HH programadas y mano de obra requerida.

b) Análisis de restricciones (AR)

Consiste en identificar y asegurar con anticipación todo lo que se requiere para poder ejecutar las actividades de mantenimiento del programa lookahead, cada restricción encontrada para que la actividad sea llevada a cabo debe ser asignada a un responsable y la fecha de levantamiento de la restricción. El análisis de restricciones se actualiza semanalmente.

- Entradas: Programa lookahead, requisitos de actividades.
- Salidas: Lista de restricciones y responsables.

**TABLA N° 5.11
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES
(FUENTE: propia)**

Nombre de tarea	2016							RESTRICCIONES				Estatus	Observación		
	Sep					Octubre									
	L	M	M	J	V	S	D	1	2	REP	HER	MAN		PER	✓/✗
Proyecto de mantenimiento Grúa RT745, NS84520															
MANTENIMIENTO															
Desmontaje de superestructura superior (Pluma, cabina y cremallera antigua)	X	X	X	X	X				✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Fin del mantenimiento</i>															
<i>Entrega técnica</i>															

Se ha tomado como ejemplo la semana del 25/09/16 al 01/10/16 del programa (véase el gráfico N° 5.2, en la página 90), obteniendo el análisis expuesto.

LEYENDA	
REP	Repuestos
HER	Herramientas y equipo auxiliar
MAN	Personal técnico y supervisión
PER	Permisos y procedimientos

c) Plan Semanal (PS)

Es la planificación que presenta el mayor nivel de detalle antes de realizar un trabajo, contiene actividades sin restricciones para ejecutar durante la semana, se incluyen actividades colchón (actividades de reserva) y se establecen metas. El plan semanal se actualiza semanalmente.

- Entradas: Lista de actividades de la primera semana del programa lookahead, lista de restricciones levantadas, avance.
- Salidas: Lista de tareas programadas, mano de obra semanal.

**TABLA N° 5.12
PLAN SEMANAL
(FUENTE: propia)**

				2016						
				Sep					Octubre	
Nombre de tarea	Duración (días)	Comienzo	Fin	L	M	M	J	V	S	D
				26	27	28	29	30	1	2
Proyecto de mantenimiento Grúa RT745, NS84520	86	vie 17/06/16	vie 14/10/16							
MANTENIMIENTO	12	lun 26/09/16	mar 11/10/16							
Desmontaje de superestructura superior (Pluma,	5	lun 26/09/16	vie 30/09/16	X	X	X	X	X		
Fin del mantenimiento	0	lun 26/09/16	vie 30/09/16							
Entrega técnica	0	vie 14/10/16	vie 14/10/16							

NOTA:

Se ha tomado como ejemplo el resultado del análisis de restricciones (véase la Tabla N°5.11, en la página 103), la cual resulta con una actividad sin restricciones para ser incluida en el programa semanal.

Este programa es bastante específico por lo cual no contempla actividades colchón o de reserva que se realizan en caso las actividades programadas presenten algún problema para ser llevadas a cabo, este proyecto tiene como actividad principal el cambio de la cremallera de la tornamesa la cual tardo cerca de 3 meses en llegar.

5.7.3. Ejecución del trabajo

Este proceso tiene un carácter integrador ya que requiere de un esfuerzo coordinado para lograr el producto del proyecto conforme el plan del proyecto, completar entregables, completar las actividades, recopilar datos sobre el desempeño, solicitar cambios y ejecutar el trabajo que resulte de esos cambios.

La mano derecha del jefe de proyecto durante este proceso es el supervisor, el cual debe de tener claro lo que se quiere lograr (alcance del proyecto) y como se va a realizar (cronograma).

Lo ideal es trabajar con una misma cuadrilla durante toda la ejecución pero en algunos casos los técnicos son requeridos para ciertos trabajos especializados fuera del proyecto, por lo cual es recomendable que el avance se recoja diariamente y quede plasmado en una hoja de seguimiento firmada por la persona que intervino en esa labor, el supervisor es responsable de llevar este registro.

Se ha desarrollado un *registro de control de avance*, que permite al supervisor recolectar el avance realizado diariamente, contiene el nombre del técnico que ejecuto y cerro la actividad y el estado de los repuestos involucrados de otra forma no se sabría dónde está el repuesto (véase la tabla N° 5.13, en la página 106).

Se presenta un *registro de tareo*, que permite listar al personal técnico y registrar las horas que cada técnico destinó a determinada actividad, suena complejo pero en proyectos de construcción se realiza una medición similar para cientos de personas. La herramienta permite disgregar las horas de trabajo en horas directas e indirectas y saber el tipo de actividad realizada (véase la tabla N° 5.14, en la página 107).

TABLA N° 5.13
REGISTRÓ DE CONTROL DE AVANCE
(FUENTE: propia)

1	2	3	4	5	6	7	8 9		10 11		12
Código LA	NP	NP actual	Cant.	Und.	Descripción	Fecha ETA	Lib.	Ins.	Fecha inicio	Fecha fin	Encargado. Nombre y Apellido
					SISTEMA						
					Actividad 1						
					Repuesto 1						
					Repuesto 2						
					Actividad 2						
					Repuesto 1						
					Repuesto 2						

LEYENDA

- 1 Código vinculado al Lookahead
- 2 Numero de parte
- 3 Numero de parte actualizado por fabrica
- 4 Cantidad de repuestos
- 5 Unidad
- 6 Descripción (sistema, actividad o repuesto)
- 7 Fecha estimada de llegada
- 8 Estatus de repuesto (liberado)
- 9 Estatus de repuesto (instalado)
- 10 Fecha de inicio de actividad
- 11 Fecha fin de actividad
- 12 Encargo de la actividad

TABLA N° 5.14
REGISTRO DE TAREO
 (FUENTE: propia)

1	2		3				4	5	6	7	
N°	Nombre y apellido		Actividad				151	152	153	TOTAL	Observación
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
										TOTAL	

LEYENDA

- 1 Número
- 2 Datos del técnico
- 3 Actividades vinculadas al Lookahead
- 4 Act. 151 Involucra actividades relacionadas a seguridad, charla de 5 minutos
- 5 Act. 152 Actividades relacionadas a capacitación
- 6 Act. 153 Orden y limpieza y coordinaciones
- 7 Observación

Los documentos anteriores son validados por el supervisor y recibidos por el ingeniero de proyecto quien convierte los datos en información que luego se envía en los informes de desempeño utilizados para el monitoreo y control del proyecto.

La información permite generar los siguientes indicadores:

El factor de performace (PF): Divide las horas ganadas entre las horas gastadas, las horas ganadas son las horas planificadas para la actividad realizada.

El factor de costo (CF): Divide el costo planificado entre el costo ejecutado.

5.7.4. Aseguramiento y control de calidad

El aseguramiento de la calidad verifica mediante auditorias de calidad y análisis de procesos, que las políticas de la organización y los procedimientos y procesos acordados se estén llevando acabo, obteniendo los siguientes resultados:

- Solicitud de cambios, acciones correctivas, acciones preventivas o reparación de defectos.
- Estándares, procesos y sistemas de calidad actualizados.
- Actualización de los documentos del proyecto.

El control de calidad es llevado a cabo para asegurar el nivel de calidad planificado, como resultado se obtienen los resultados de las métricas de calidad, la validación de los cambios, lecciones aprendidas y verificación de entregables.

5.7.5. Gestionar las comunicaciones

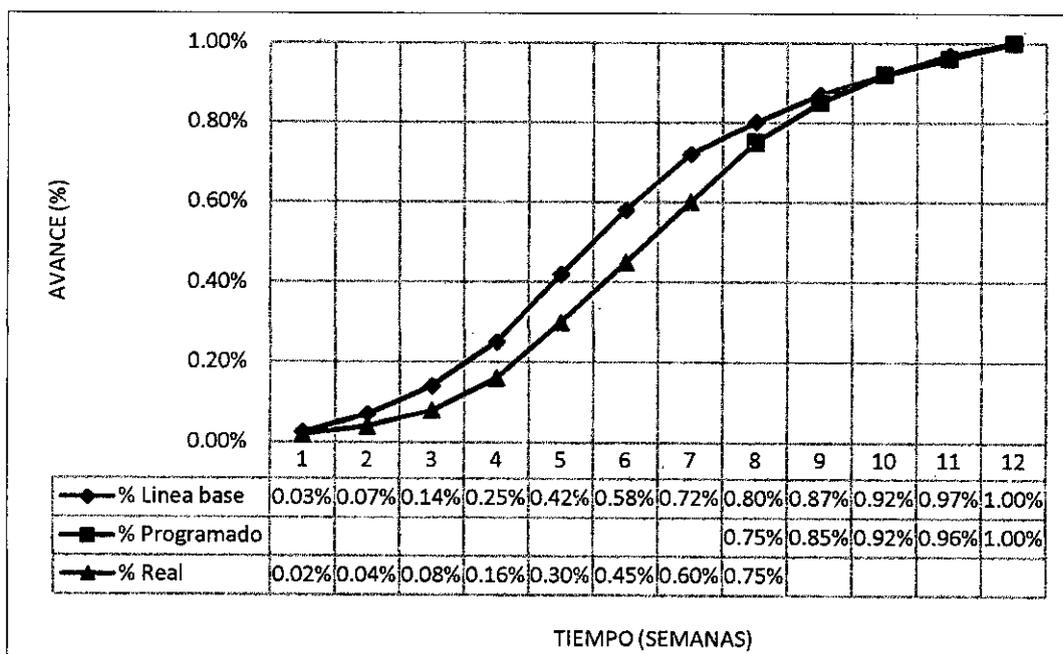
Durante la ejecución los interesados necesitan recibir información definida previamente durante la planificación, gestionar las comunicaciones comprende generar la información y enviarla a los interesados.

Los informes de desempeño juegan un rol importante en los proyectos y se definen a continuación:

- Informes de estado: Indica el punto donde se encuentra el proyecto con respecto a línea base trazada en el plan del proyecto.
- Informe de avance: Son enviados semanalmente y describen e incluyen un registro fotográfico del avance ejecutado hasta determinado momento.
- Informe de tendencias: Se examina el desempeño del proyecto para determinar si el avance está mejorando o empeorando.

Los informes suelen combinar los tipos de informes de estado y tendencia descritos anteriormente, el siguiente gráfico muestra la evolución del avance semana a semana, el avance actual y la proyección del avance requerido para terminar en la fecha indicada.

GRÁFICO N° 5.5
CURVA DE AVANCE
(FUENTE: propia)



5.7.6. Gestión y control de los interesados

Consiste en satisfacer las necesidades de los interesados, resolver sus polémicas y asegurar el compromiso de los interesados a lo largo del proyecto.

Se plantea el siguiente caso:

Se tiene conocimiento que un proveedor que cumplió con el servicio de cromado y cambio de sellos del cilindro de telescopaje aún no ha podido cobrar por su trabajo. Ya sea porque el proveedor desconoce los procedimientos y no ha presentado determinada documentación o porque la política de pago de la empresa es a 15 o 30 días y el proveedor no lo sabe. Resolver la solicitud del proveedor es necesario para el cierre de adquisiciones y para poder contar con la cooperación del proveedor en los próximos proyectos

Gestionar y controlar el compromiso de los interesados debe ser una actividad proactiva que fomente el apoyo hacia el proyecto y no puede verse como una pérdida de tiempo.

5.8. Monitoreo y control

5.8.1. Monitoreo y control del desempeño

Consiste en observar el desarrollo del proyecto y comparar el desempeño con lo planificado en el plan del proyecto. Controlar el trabajo es un proceso continuo que se desarrolla desde el inicio hasta el cierre y que requiere mayores esfuerzos durante la ejecución ya que es cuando se involucran la mayor cantidad de recursos.

Monitorear y controlar el desempeño consiste de los siguientes esfuerzos:

a) Solicitudes de cambio

Sin importar que tan bien se planifique siempre pueden surgir cambios, el cliente puede añadir trabajo que inicialmente no solicito, se pueden detectar nuevas fallas durante la ejecución o el reproceso porque se montó mal algún componente.

Cuando surgen los cambios se debe realizar lo siguiente:

- Evaluar el impacto del cambio.
- Identificar las opciones que se tienen ante el cambio y seleccionador el más adecuado.
- Solicitar la aprobación del cliente solo en caso sea necesario.

Ejemplo: Faltan dos semanas para la fecha de entrega de la grúa y hubo un error en la configuración de los cables de telescopaje y la pluma se montó erróneamente. La corrección implica un retrabajo de al menos 4 días. Una opción es avisar al cliente que la entrega de la grúa se retrasara y la otra opción es utilizar los dos días de holgura que se consideró como reserva en casos de contingencias y trabajar el fin de semana para compensar el avance y no comprometer la fecha de entrega. La segunda opción es la adecuada pues con una fecha de cierre tan cercana es difícil corregir el avance solo con horas extras.

b) Porcentaje de plan completado (PPC)

Es un índice que mide la efectividad y calidad del plan semanal (PS), se obtiene dividiendo el número de actividades programadas completadas al 100% entre el número de actividades programadas en la semana. Es necesario realizar el

seguimiento al PPC para verificar la mejora continua de la programación semanal.

Se deben tomar acciones correctivas sobre las causas de no cumplimiento.

- Entradas: Programa semanal ejecutado, reporte de causas de no cumplimiento.
- Salidas: Registro de causas de no cumplimiento, porcentaje de plan completado.

5.8.2. Validación y control del alcance

La validación del alcance consiste en obtener la aceptación formal de los entregables por parte del cliente, pero en proyectos de mantenimiento las reuniones con el cliente son muy pocas, si el proyecto marcha bien es posible que no se vea al cliente durante todo el proyecto y la comunicación sea solo telefónica

5.8.3. Control del cronograma

Consiste en comparar el avance con la línea base del cronograma y tomar las acciones necesarias para cumplir la fecha de cierre del proyecto. Estas acciones deben guardar equilibrio con el presupuesto, se debe tener en cuenta tanto los requisitos del cliente externo, como los de la gerencia.

Controlar el cronograma requiere ser proactivo y anticipar los problemas que se puedan tener para cumplir el cronograma.

Como resultado de controlar el cronograma se puede obtener lo siguiente:

- Información de desempeño
- Proyección del cronograma
- Cambios a la línea base del cronograma

El avance del proyecto y los rendimientos de trabajo suelen disminuir sobre el final del proyecto, por lo cual se debe procurar no ser demasiado optimistas durante esas etapas y no comprometer la mayor carga de trabajo para el final del proyecto cuando los recursos son más escasos.

5.8.4. Control del presupuesto

En los proyectos de mantenimiento existen tres costos relevantes los cuales se deben procurar controlar, si se obtienen buenos indicadores para estos tres costos tomando las acciones requeridas para su control, entonces se puede asegurar de que los costos del proyecto están dentro del presupuesto. A continuación se analizan estos tres costos:

- Costo de la mano de obra: Utilizando los datos de desempeño obtenidos durante la ejecución se puede obtener la razón entre las HH ganadas y las HH gastadas, un índice menor a uno es bueno y mayor a uno implica realizar un análisis para encontrar las causas de la baja productividad.
- Costo de repuestos: Controlar los repuestos es sencillo pues todos están identificados por su número de parte y si costo está separada de la mano que involucra su montaje pero esto cambia si durante el mantenimiento se avería algún repuesto, el costo del repuesto averiado será asumido al costo del proyecto y no al cliente.
- Costo de servicios: Se debe asegurar que el costo de los servicios ejecutados sea menor o igual a los costos de los servicios presupuestados para poder obtener ganancias.

Medición del valor ganado: Esta técnica permite medir el desempeño del proyecto respecto al alcance, el cronograma y la línea base de costos. Las mediciones de esta técnica permiten estimar el costo final del proyecto en función a los resultados parciales al momento de la evaluación.

5.9. Cierre

5.9.1. Cierre del proyecto de Mantenimiento

Con este proceso se cierra el proyecto y siempre tiene que realizarse. Las siguientes actividades resumen el proceso de cierre de un proyecto de mantenimiento:

- Asegurarse que el proyecto ha sido completado de acuerdo al alcance aprobado por el cliente
- Realizar el cierre de las adquisiciones
- Realizar la entrega técnica de la grúa.
- Elaborar el informe final del proyecto, el cual está dirigido al cliente validando los trabajos de mantenimiento mediante registro fotográfico.
- Obtener la aceptación formal por parte de cliente del trabajo realizado (Acta de conformidad).
- Solicitar la retroalimentación del cliente sobre el trabajo efectuado.
- Otra actividad muchas veces olvidada es transmitir los resultados del proyecto al equipo de proyecto. Un muchas gracias nunca esta demás.
- Elaborar la lista final de lecciones aprendidas y luego incluirlas a los activos de los procesos de la organización.
- Toda la información generada durante el proyecto queda almacenada para ser utilizada en futuros proyectos de características similares.

5.9.2. Cierre de adquisiciones

Las adquisiciones se cierran entre el comprador y el proveedor, asegurando que los proveedores puedan cobrar por los servicios o productos suministrados y que los reclamos por ambas partes hayan sido resueltos.

- Los proveedores de repuestos usualmente cobran con las actas de conformidad que validan que la entrega de los repuestos.
- En el caso de servicios, en muchas empresas el jefe de proyecto tendrá que emitir un acta de conformidad de que el servicio fue prestado.

Las adquisiciones se cierran cuando un contrato se completa o cuando se rescinde, no obstante existe una relación de garantía, en caso el repuesto adquirido presente fallas durante su funcionamiento (la garantía en repuestos suele ser de 3 o 6 meses) o si el servicio prestado evidencia mala calidad, por ejemplo un cilindro de levante reparado que vuelve a fallar al poco tiempo. Un contrato también puede rescindirse durante la ejecución si el servicio ofrecido no se realiza según lo estipulado en el contrato. Independientemente de la causa, todas las adquisiciones deben de cerrarse antes del cierre final del proyecto.

Como conclusión, el cierre de adquisiciones implica lo siguiente:

- Validar y aceptar formalmente el repuesto o servicio ¿Se recibió lo que se solicitó?
- Negociar las adquisiciones: Atención de reclamos, facturas y otros.
- Cierre financiero: Realización de pagos y registro de costos.
- Lecciones aprendidas: Se deben de incluir en el informe final del proyecto.

5.10. Aplicación del método propuesto

Durante el segundo semestre del año 2016 se desarrolló un servicio de mantenimiento a solicitud de la empresa GyM dueño de una grúa Grove RT600E, para realizar este servicio se aplicó de forma parcial la metodología de proyectos a los trabajos de mantenimiento con los resultados que a continuación se exponen.

- Orden de servicio (véase tabla N°5.15, en la página 117).
- Registro de control de avance (véase tabla N°5.16, en la página 118-121).
- Cronograma de proyecto, diagrama de hitos (véase gráfico N°5.6, en la página 122).
- Cronograma de proyecto, diagrama de barras (véase gráfico N°5.7, en la página 123-127).
- Cronograma de etapa de mantenimiento, diagrama de barras (véase gráfico N°5.8, en la página 128-131).
- Línea base vs Avance real (véase gráfico N°5.9, en la página 132).
- Evolución del PF de proyecto (véase gráfico N°5.10, en la página 133).
- Mano de obra del proyecto (véase gráfico N°5.11, en la página 134).
- Causas de no cumplimiento (CNC), (véase gráfico N°5.12, en la página 135).
- Porcentaje de plan completado (PPC), (véase gráfico N°5.13, en la página 135).

TABLA N° 5.15
EJEMPLO DE ORDEN DE SERVICIO - SSK
(FUENTE: propia)

1	Título y descripción del proyecto	Proyecto de mantenimiento de una grúa RT600E NS227764
2	Jefe de proyecto	Juan De la cruz
3	Cliente	GyM
4	Caso de negocio	El cliente solicita una evaluación y mantenimiento general de la grúa, la grúa será certificada y luego trasladada al proyecto de modernización de la refinería Talara por trabajos de al menos dos años. Fecha en obra comprometida : 27/09/2016
5	Recursos	Personal para evaluación : Jorge Chingay (supervisor) Miguel Mendoza (técnico electricista, electrónico) Rodolfo Aguirre (técnico mecánico)
6	Interesados	Patrocinador: Julio Peraltilla Representante del cliente: Saúl Tito / José Orihuela Empresa certificadora: SGS
7	Requisitos	Solicitud de mantenimiento general. La certificación la realizará SGS y la coordinará el cliente. El cliente suministrará los consumibles como aceite, combustible y filtros para el mantenimiento preventivo del motor.
8	Descripción del producto	Evaluación (5 días) Propuesta (cronograma y presupuesto)(3 días) Check list de cumplimiento de alcance y entrega técnica.

TABLA N° 5.16
REGISTRO DE CONTROL DE AVANCE
(FUENTE: propia)

Codigo LA	NP	NP actual	Cant.	Und.	Descripción	Fecha ETA	Estatus		Instalación		Encargado Nombre y Apellido
							Lib.	Ins.	Fecha inicio	Fecha fin	
1.3.1					MOTOR						
1.3.1.1					Cambio de turbocompresor, accesorios de lineas de admisión de aire.						
	3599117	408931400NX	1	EA	Turbo	26/07/16					
	3008465	300846500	1	EA	Tapón (B)	26/07/16					
	3883284	388328400	1	EA	Junta anular (B)	26/07/16					
	3918685	391868500	1	EA	Tubo (B)	26/07/16					
	3923041	392304100	1	EA	Tuerca (B)	26/07/16					
	3069053	306905300	1	EA	Abrazadera (B)	26/07/16					
1.3.1.2					Reemplazo de cebador de combustible						
	NA	NA	1	EA	Cebador de combustible	26/07/16					
1.3.1.3					Cambio de faja de ventilador						
	3289809	328980900	1	EA	Faja En V	26/07/16					
1.3.1.4					Cambio de termostato						
	3954830	529274400	1	EA	Termostato	26/07/16					
1.3.1.5					Cambio de bomba de agua						
	3093730	309373000	2	EA	Tornillo de cabeza hexagonal (B)	26/07/16					
	3906698	390669800	1	EA	Retén (B)	26/07/16					
	4891252	328627800	1	EA	Bomba de agua	26/07/16					
1.3.1.6					Cambio de sensores de motor						
	4954905	495490500	1	EA	Sensor de temperatura	26/07/16					
	4010519	401051900	1	EA	Junta anular	26/07/16					
	4921322	2897333	1	EA	Sensor de temperatura	26/07/16					
	4903482	490348200	1	EA	Sello de anillo	26/07/16					
	4076493	2897331	1	EA	Sensor de presión	26/07/16					
	4076930	407693000	1	EA	Switch de presión de aceite	26/07/16					
	4921574	401051900	1	EA	Junta Anular	26/07/16					
	7352100036	NA	1	EA	SENSOR-COOLANT LEVEL	26/07/16					
1.3.1.7					Mantenimiento preventivo de motor						
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro de combustible	25/07/16					
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro de aire primario	25/07/16					
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro de aire secundario	25/07/16					
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro separador de agua	25/07/16					

Codigo LA	NP	NP actual	Cant.	Und.	Descripción	Fecha ETA	Estatus		Instalación		Encargado
							Lib.	Ins.	Fecha inicio	Fecha fin	Nombre y Apellido
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro aceite de motor	25/07/16					
	Por cliente	NA	1	EA	Filtro hidraulico	25/07/16					
	Por cliente	NA	6	GL	Aceite de motor SAE 15W40	25/07/16					
	Por cliente	NA	11	GL	Aceite hidraulico SAE 80W90	25/07/16					
	Por cliente	NA	3	CIL	Aceite hidraulico SPIRAX S4 TXM 10W30	25/07/16					
1.3.2					CARRIER						
1.3.2.1					Mantenimiento del sistema de freno de servicio - cambio de kit de sellos de caliper (desmontaje, montaje y retorqueo de neumáticos)						
	9049109758	90027311	4	EA	SEAL KIT	02/08/16					
1.3.2.2					Reparación de resumen de aceite por bocanasa posterior izquierda						
1.3.2.3					Reparación de actuador de freno de parqueo						
	9188101094	9188101094	1	EA	KIT, HYD. CYLINDER OVERHAUL	02/08/16					
	NA	90011726	1	EA	KIT, SEAL - HYD. BRAKE CYLINDER	02/08/16					
	9188101078	NA	1	EA	KIT, SEAL	02/08/16					
1.3.3					ESTABILIZADORES						
1.3.3.1					Desmontaje de 01 cilindro vertical delantero izquierdo y 01 cilindro horizontal delantero derecho						
1.3.3.2					Mantenimiento de 01 cilindro vertical delantero izquierdo y 01 cilindro horizontal delantero derecho (cromado, pulido, ruido mínimo, ensayo con líquidos penetrantes y cambio de sellos)						
	9372103551	NA	1	EA	KIT, SEAL	02/08/16					
	7373000020	NA	1	EA	CYL SEAL KIT	02/08/16					
1.3.3.3					Montaje de 01 cilindro vertical delantero izquierdo y 01 cilindro horizontal delantero derecho						
1.3.3.4					Cambio de 04 válvulas de retención en cilindros verticales						
	7926100828	NA	4	EA	P.O.CHECK VALVE	02/08/16					
1.3.3.5					Mantenimiento de 4 platos estabilizadores y cambio de accesorios						
	7690164841	NA	8	EA	Spring Pin 0.38x3" SS	02/08/16					
	7278000026	6593000137	8	EA	LEVER	02/08/16					
	80029339	NA	8	EA	SPRING	02/08/16					
	7790100653	NA	8	EA	Hex Tap Screw #10-16UNCx0.38	02/08/16					
	80028838	NA	8	EA	HALF CLIP PLAIN, SS	02/08/16					
1.3.3.6					Limpieza de cajones de estabilizadores horizontales (frontal y posterior). Cambio de pastillas de desgaste.						
	4150101045	2159110197	16	EA	WEAR PAD ASSY	02/08/16					
	7786000544	NA	16	EA	SSS-flat 1-3/4-5UNCx0.75	02/08/16					

Codigo LA	NP	NP actual	Cant.	Und.	Descripción	Fecha ETA	Estatus		Instalación		Encargado Nombre y Apellido
							Lib.	Ins.	Fecha inicio	Fecha fin	
1.3.4					GIRO						
1.3.4.1					Mantenimiento de cremallera						
1.3.4.2					Reemplazo de 2 switch y accesorios en alarma de giro						
	7872001473	NA	2	EA	Switch,hydraulic pressure	02/08/16					
	NA	NA	2	EA	Conectores hidraulicos	02/08/16					
1.3.4.3					Cambio de válvula de regulación de presión hidráulica						
	9926112025	NA	2	EA	VALVE, RELIEF 1750 PSI	02/08/16					
1.3.5					BANCO DE VÁLVULAS						
1.3.5.1					Desmontaje, mantenimiento (cambio de sellos) y montaje de block de válvulas						
	9926111914	NA	1	EA	KIT,SEAL	02/08/16					
1.3.5.2					Cambio de válvula de retorno de block de válvula principal						
	7926100948	NA	1	EA	VALVE ASSY, CHECK	12/08/16					
	9926113293	NA	1	EA	VALVE, CHECK CART	12/08/16					
1.3.5.3					Recarga de acumulador						
1.3.5.4					Regulación de presiones hidráulicas						
1.3.6					MALACATES Y CONTRAPESO						
1.3.6.1					Cambio de seguro de ganchos y placa de identificación						
	9086100822	9086100639	1	EA	KIT, LATCH	02/08/16					
	9086100920	NA	1	EA	CAUTION PLATE	02/08/16					
	9086100327	NA	18	EA	DRIVE SCREW	02/08/16					
	9053100051	NA	1	EA	PLATE, SN/RATE ID	02/08/16					
1.3.6.2					Instalación de espejos de enrollamiento de cables de tambor de malacate principal						
	2187210021	NA	2	EA	Mirror	26/07/16					
1.3.6.3					Mantenimiento de cables de acero						
1.3.6.4					Cambio de aceite de malacates, Cambio de respiradero y nivel de aceite						
	9974102227	9974102203	2	EA	O-RING (1")	02/08/16					
	9974102701	NA	2	EA	GAUGE, SIGHT	02/08/16					
	7581100004	NA	1	EA	LIGHT, MARKER	02/08/16					
	7581100005	NA	1	EA	LIGHT, MARKER	02/08/16					
	6506000603	NA	1	EA	KIT, GROMMET MOUNTING	02/08/16					
1.3.6.5					Cambio de resortes de polin gula.						
	9974102995	NA	4	EA	NUT	23/08/16					
	9974102993	NA	4	EA	SPRING	23/08/16					
	9974102810	NA	4	EA	ROD	23/08/16					

Codigo LA	NP	NP actual	Cant.	Und.	Descripción	Fecha ETA	Estatus		Instalación		Encargado
							Lib.	Ins.	Fecha inicio	Fecha fin	Nombre y Apellido
1.3.7					SISTEMA ELÉCTRICO						
1.3.7.1					Mantenimiento de línea eléctrica de arranque (cambio de bornes de batería y cambio de sensor de nivel de combustible), cambio de baterías.						
	7300000393	NA	1	EA	BATTERY HOLD DOWN (w/2clips)	02/08/16					
	6865147860	NA	2	EA	Stud 1/4x9.75 NC - Full Length	02/08/16					
	7950160050	NA	4	EA	LOCK WASHER	02/08/16					
	7660160200	NA	4	EA	Hex Jam Nut 3/8-16UNC SAE-2	02/08/16					
	7950140161	NA	8	EA	F Washer 1/4" Wide MS	02/08/16					
	7950140050	NA	6	EA	L Washer 1/4" Reg HRC44-51	02/08/16					
	7660140000	NA	6	EA	Hex Nut 1/4-20UNC SAE-2	02/08/16					
	7064000070	NA	2	EA	BATTERY, 12 VOLT	02/08/16					
1.3.7.2					Reemplazo de solenoide de activación de arrancador						
	NA	NA	1	EA	Solenoide de arrancador	02/08/16					
1.3.7.3					Reemplazo del sensor de baja presión de freno de servicio						
	7872100121	NA	1	EA	Switch de presión en freno de servicio	02/08/16					
1.3.7.4					Cambio de faros y micas de chasis						
	9581100396	NA	2	EA	BULB, HALOGEN, 12V./base	23/08/16					
	9581100403	NA	2	EA	ADAPTER & PLUG	23/08/16					
	7581100004	NA	1	EA	LIGHT, MARKER	23/08/16					
	7581100005	NA	1	EA	LIGHT, MARKER	23/08/16					
	6506000603	NA	1	EA	KIT, GROMMET MOUNTING	23/08/16					
1.3.8					CABINA/DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD						
1.3.8.1					Cambio de espejo panorámico						
	7628000025	NA	1	EA	8" CONVEX MIRROR	02/08/16					
	7184001014	NA	1	EA	FENDER ARM BRACKET	02/08/16					
1.3.8.2					Instalación de brazo limpiaparabrisas						
	9632101721	NA	1	EA	Hardware, mounting - for arm	12/08/16					
	90013409	NA	1	EA	Switch, on/off required for wiper motor's with a switch on the back of it	12/08/16					
	7949000584	NA	2	EA	Flatwasher, nylon	12/08/16					
	7083000007	NA	2	EA	Blade, wiper	12/08/16					
	7033000020	NA	2	EA	Arm, wiper	12/08/16					
1.3.8.3					Calibración de nivel de burbuja (incluye suministro de pernos)						
1.3.8.4					Calibración de LMI y sensores del giro de tornamesa, sensor de peso, longitud y ángulo de pluma						
1.3.10					SERVICIOS VARIOS						
1.3.10.1					Regulación de wear pad y engrase de pluma						
1.3.10.2					Limpieza general de Grúa (lavado y desengrase)						

GRÁFICO N° 5.6
CRONOGRAMA DE PROYECTO, DIAGRAMA DE HITOS
 (FUENTE: propia)

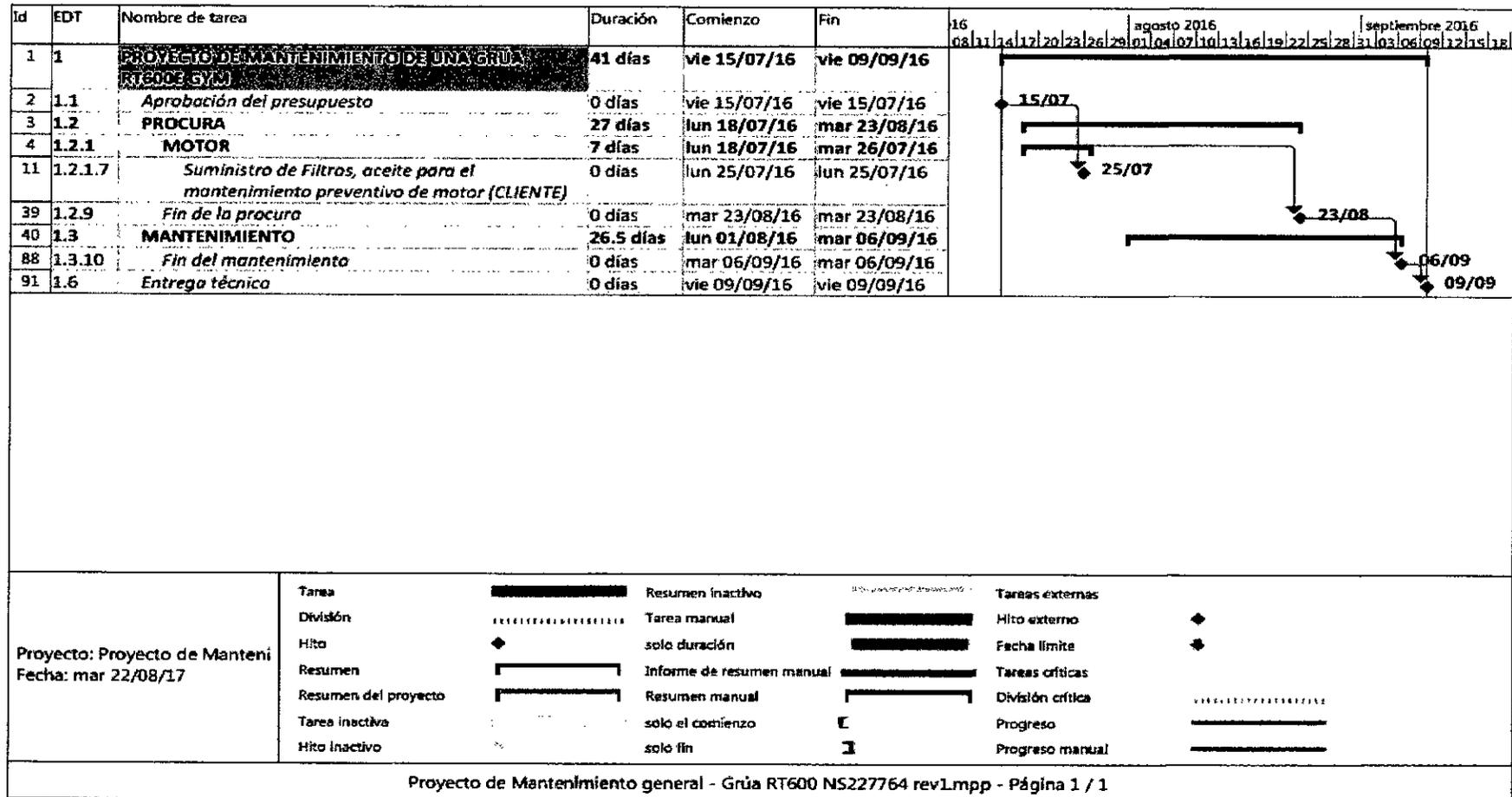
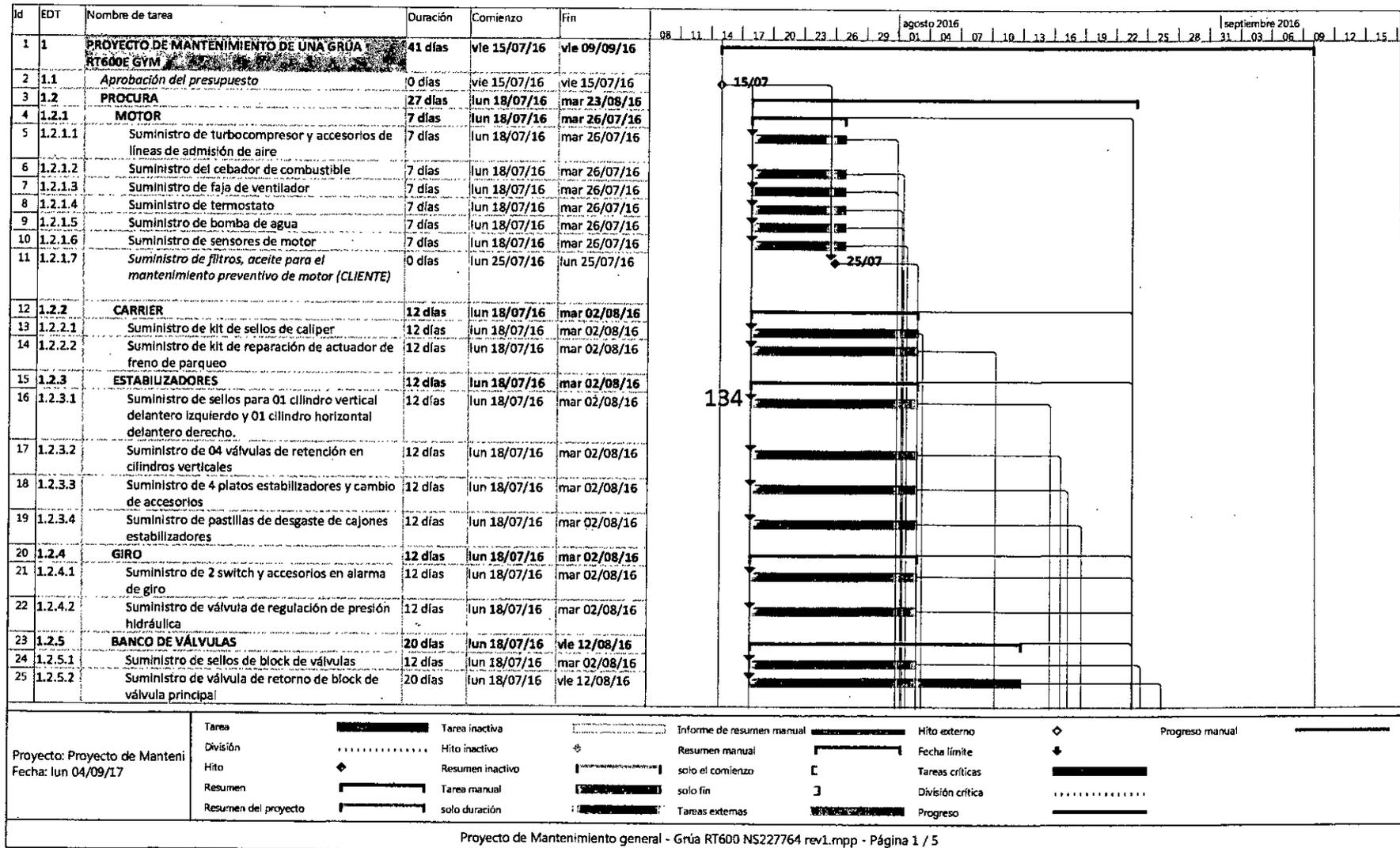
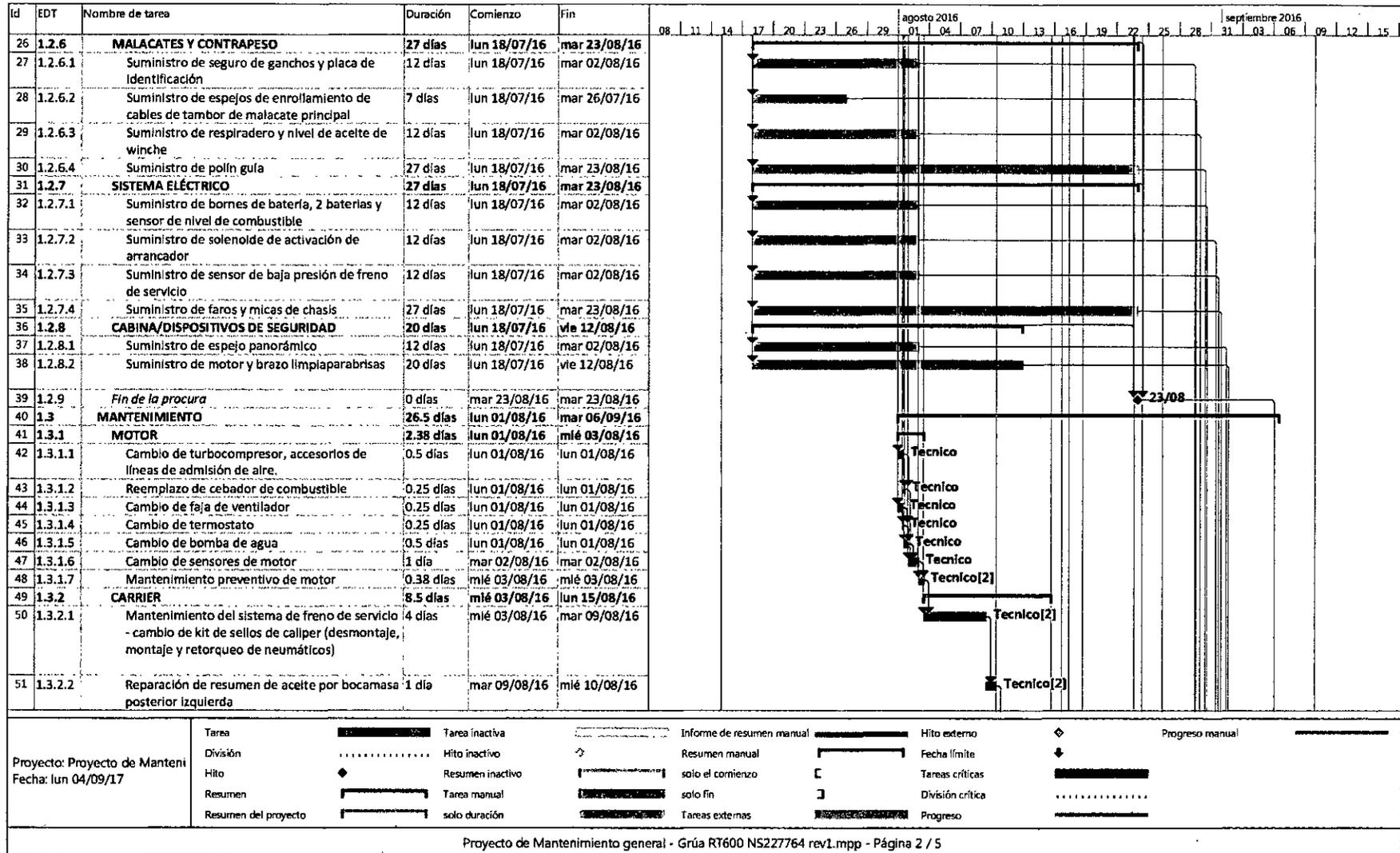


GRÁFICO N° 5.7
CRONOGRAMA DE PROYECTO, DIAGRAMA DE BARRAS
(FUENTE: propia)





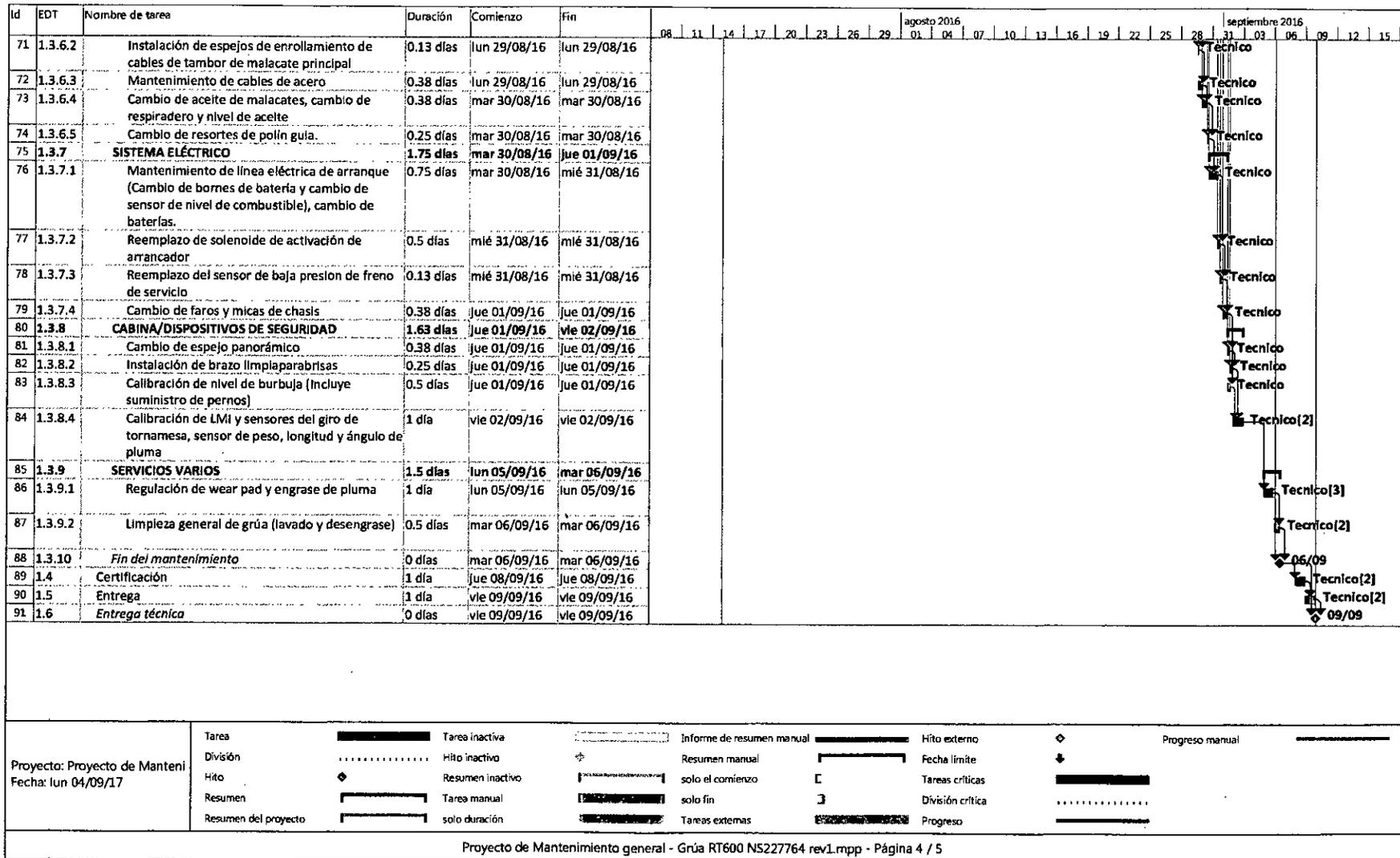


GRÁFICO N° 5.8
CRONOGRAMA DE ETAPA DE MANTENIMIENTO; DIAGRAMA DE BARRAS
(FUENTE: propia)

GRÁFICO N° 5.9
 LÍNEA BASE VS AVANCE REAL
 (FUENTE: propia)

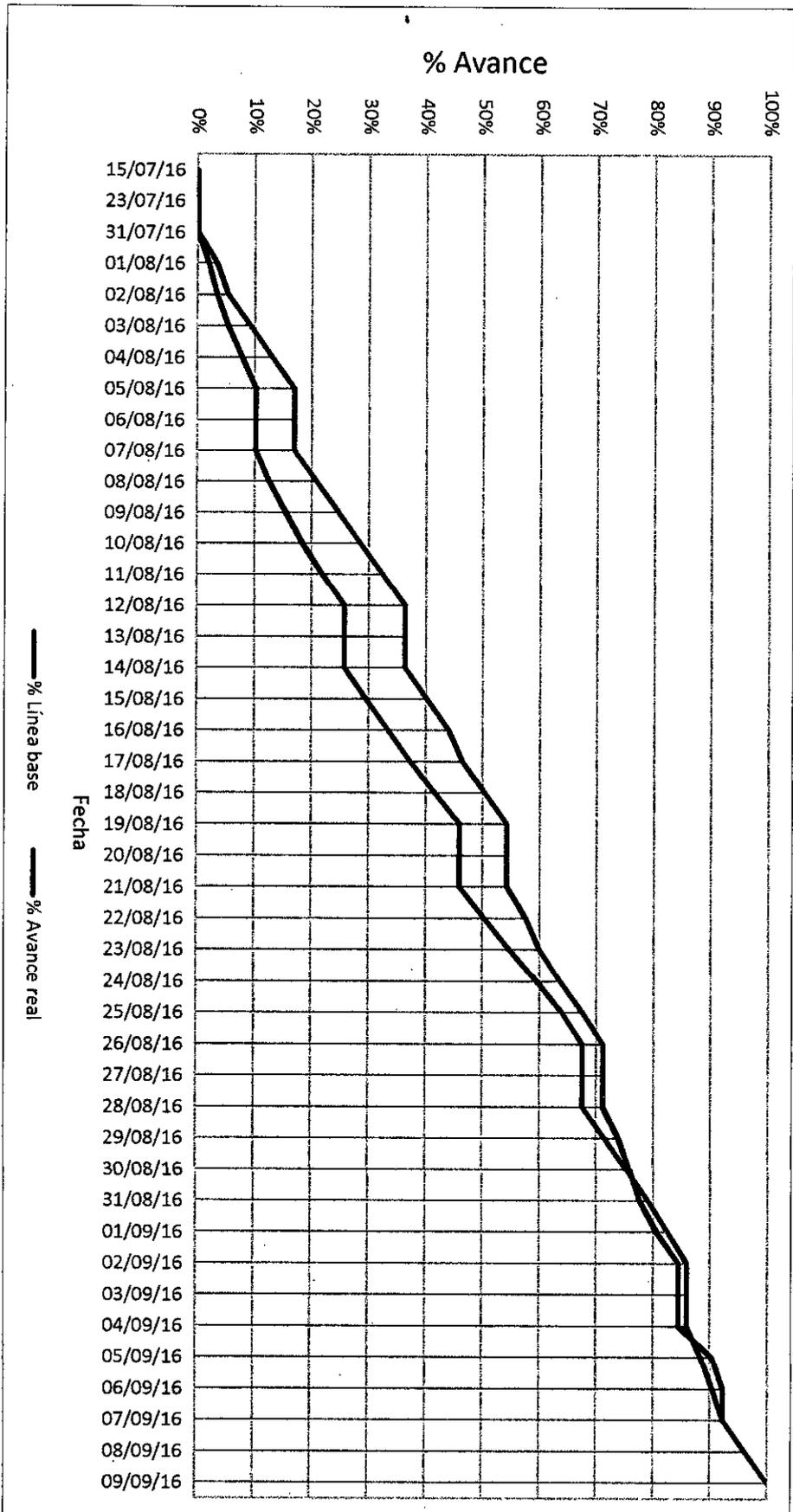


GRÁFICO Nº 5.11
 MANO DE OBRA DEL PROYECTO
 (FUENTE: propia)

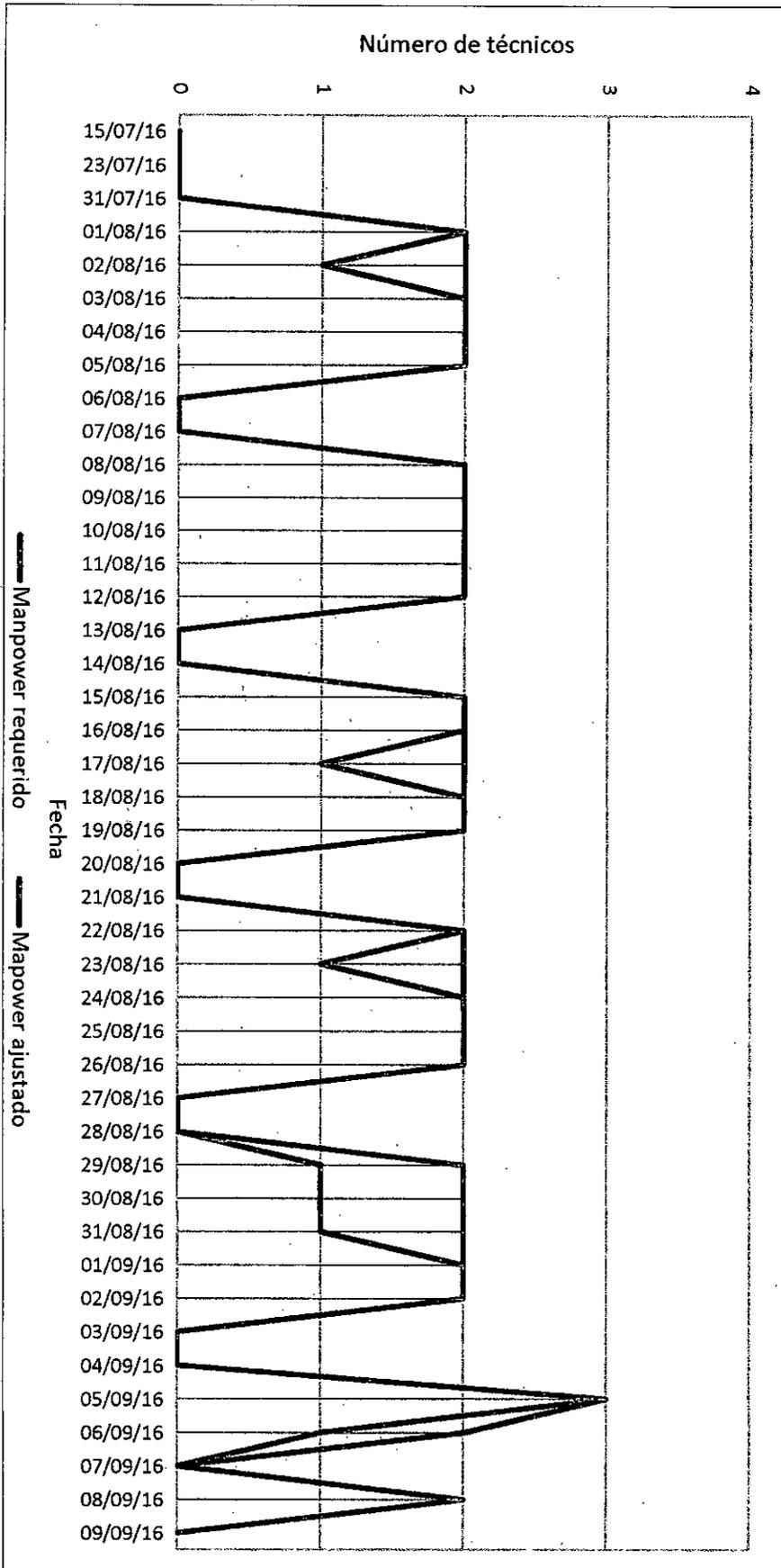


GRÁFICO Nº 5.10
 EVOLUCIÓN DEL PF DE PROYECTO
 (FUENTE: propia)

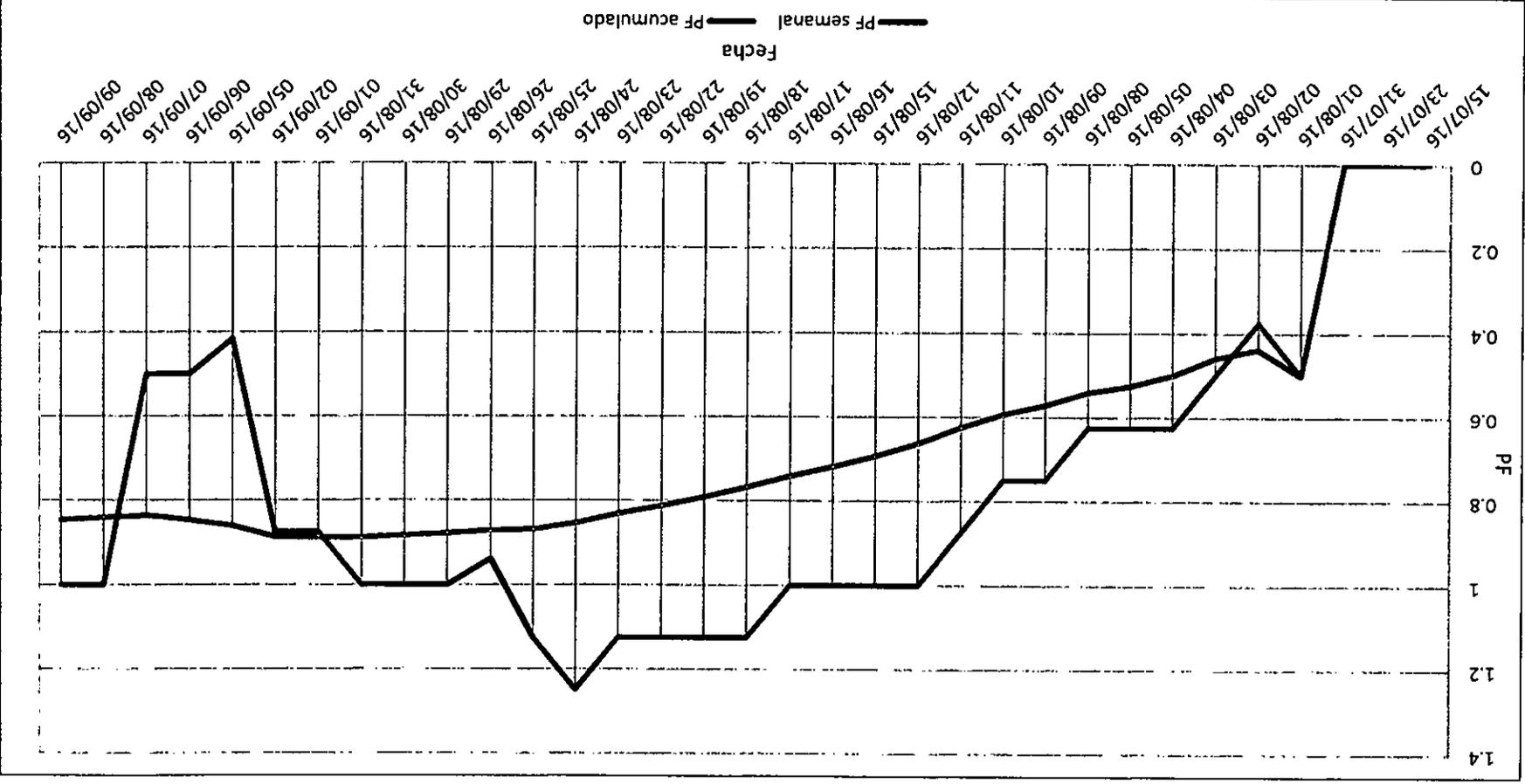


GRÁFICO N° 5.12
 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)
 (FUENTE: propia)

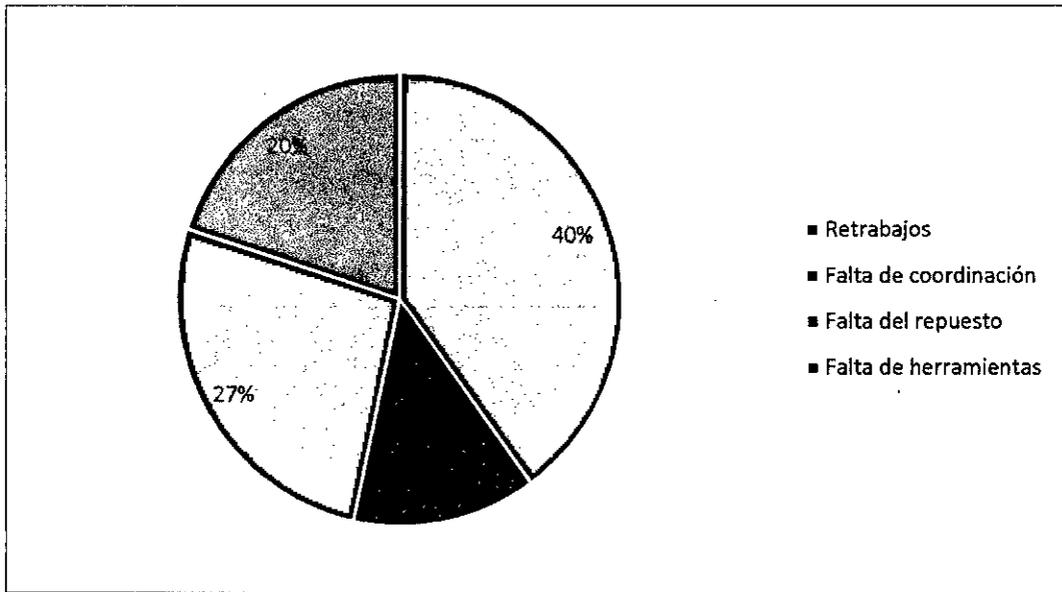
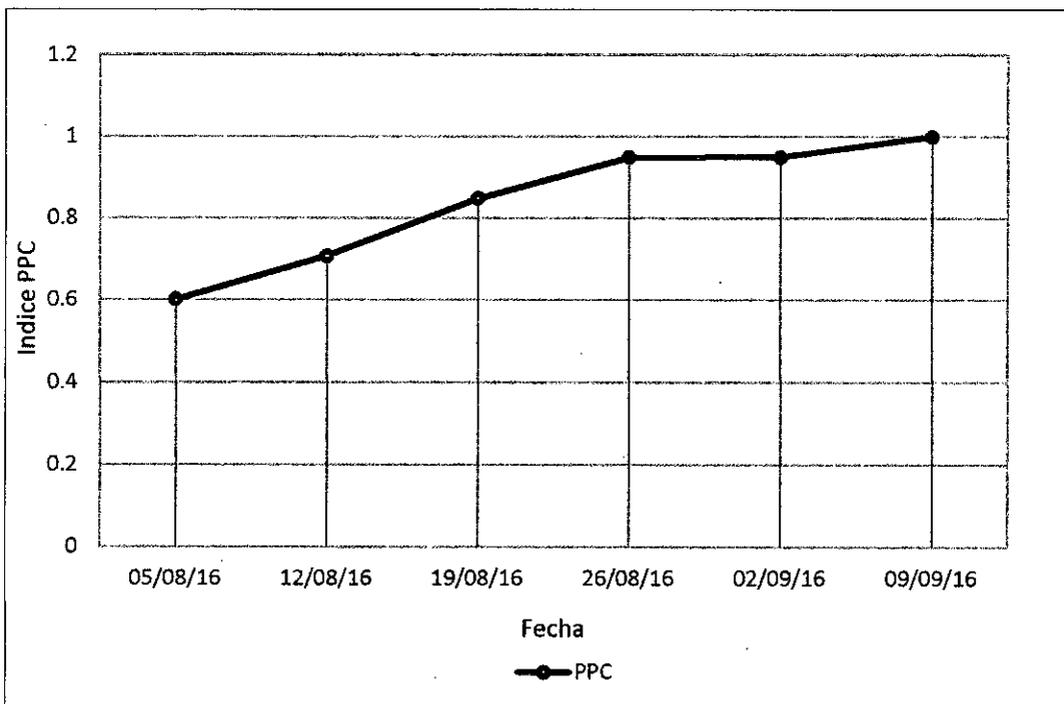


GRÁFICO N° 5.13
 PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO (PPC)
 (FUENTE: propia)



VI. RESULTADOS

- Se desarrolló una estrategia con una secuencia para realizar la evaluación de grúas por sistemas, en función a las mejores prácticas y recomendaciones de especialistas en mantenimiento de grúas, resultando la siguiente tabla en la cual se presentan los sistemas por cada tipo de grúa móvil.

TABLA N° 6.1
SISTEMAS POR CADA TIPO DE GRÚA MOVIL
(FUENTE: propia)

Grúa montada sobre camión	Grúa sobre orugas	Grúa montada sobre ruedas (múltiples estaciones de control)	Grúa montada sobre ruedas (una estación de control)
Cabina de manejo	Cabina	Cabina de manejo	Cabina
Motor	Motor	Motor de traslación	Motor
Carrier	Carrier	Carrier	Carrier
Estabilizadores		Estabilizadores	Estabilizadores
Cabina de operación		Cabina de operación	
		Motor de operación	
Dispositivos de seguridad	Dispositivos de seguridad	Dispositivos de seguridad	Dispositivos de seguridad
Banco de válvulas	Banco de válvulas	Banco de válvulas	Banco de válvulas
Malacate	Malacate y contrapeso	Malacate y contrapeso	Malacate y contrapeso
Giro	Giro	Giro	Giro
Pluma	Pluma	Pluma	Pluma
Documentación*	Documentación*	Documentación*	Documentación*
*Nota: Se ha incluido la documentación porque aunque no es un sistema funcional de la grúa tiene una importancia legal y técnica (véase el ítem 5.5.6, en la página 74).			

TABLA N° 6.2
PROCESOS DEL MÉTODO DE GESTIÓN PROPUESTO
(FUENTE: propia)

Áreas de conocimiento	Grupos de procesos				
	5.4. Inicio	5.6. Planificación	5.7. Ejecución	5.8. Monitoreo y control	5.9. Cierre
Gestión del alcance	5.4.1. Apertura de la orden de servicio	5.6.1.a. Definir el alcance*	5.7.3. Ejecución del trabajo	5.8.1. Monitoreo y control de desempeño. 5.8.2. Validación y control de alcance	5.9.1. Cerrar del proyecto de mantenimiento
Gestión del tiempo		5.6.2.a. Planificar la Gestión del Cronograma 5.6.2.b. Desarrollo del Cronograma	5.7.2. Programación del trabajo	5.8.3. Control del Cronograma	
Gestión de los costos		5.6.3.a. Planificar la Gestión de los Costos 5.6.3.b. Desarrollo del Presupuesto		5.8.4. Control del presupuesto	
Gestión de la calidad		5.6.4. Planificar la gestión de Calidad	5.7.4. Aseguramiento y control de Calidad		
Gestión de los recursos de comunicación		5.6.5. Planificar la gestión de las comunicaciones	5.7.5. Gestionar las Comunicaciones		
Gestión de los riesgos		5.6.6. Planificar la gestión de los riesgos			
Gestión de las adquisiciones		5.6.1.b. Solicitud de cotización	5.7.1. Adquisición de recursos		5.9.2. Cierre de adquisiciones
Gestión de los interesados		5.6.7. Negociación de la propuesta	5.7.6. Gestión y control de los interesados		

*Nota: La evaluación no es un grupo de procesos sino una fase, el proceso 5.6.1.a incluye entre otros aspectos la recopilación de requisitos entre los cuales se encuentra el diagnóstico como resultado de la evaluación.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- De los procedimientos de evaluación se puede deducir que debido a que el método propuesto está enfocado en la gestión del proyecto en conjunto y no en el detalle técnico, solo se desarrollaron de forma general los sistemas de cada tipo de grúa móvil.
- De los procesos de planificación desarrollados, la nivelación permite obtener una demanda permanente de técnicos y evitar picos y otras particularidades de forma tal que los retrasos puedan ser cubiertos con el excedente de HH destinadas (véase gráfico N°5.11, en la página 134).

Durante la planificación se empleó el diagrama de Gantt para la elaboración del cronograma y no un diagrama de red ya que su elaboración y presentación resultaría demasiado complejo.

La curva "S" al inicio no refleja un incremento durante la adquisición de repuestos ya que no se ha asignado HH a esta actividad, al iniciar la ejecución se ve un incremento pronunciado debido a que en proyectos de mantenimiento, la movilización es inmediata ya que el recurso esta permanente en taller (véase gráfico N°5.9, en la página 132).

- Debido a la aplicación conjunta de los procesos de ejecución y control y la respuesta a las desviaciones se observa que el PF acumulado se incrementó a lo largo del proyecto (véase el gráfico N°5.10, en la página 133) lo cual está ligado a un incremento del PPC (véase el grafico N°5.13, en la página 135)
- En la presente investigación se desarrolló un tema inédito por lo cual no se pueden realizar comparaciones a la falta de trabajos similares.

- Se establecieron los procesos de planificación, los cuales se basan en dimensionar correctamente el alcance y estimar los tiempos y costos para producir el producto del proyecto, con lo cual resulta el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento.
- Se desarrollaron los procesos de ejecución, se presentaron herramientas de programación de trabajo como el Lookahead (LA), análisis de restricciones (AR) y plan semanal (PS), mediante ejemplos se ilustró la aplicación de estas herramientas. Como resultado del desarrollo de herramientas de ejecución se obtuvieron el *registro de control de avance* y el *registro de tareo*.
- Como resultados de los procesos de monitoreo y control desarrollados se obtienen acciones correctivas, preventivas o cambios para corregir las deficiencias del proyecto (alcance, tiempo y costo) si las hubiera. Se presentó la herramienta del PPC, la cual permite incrementar el cumplimiento del plan semanal (PS) mediante acciones sobre las causas de no cumplimiento.
- Como resultado de desarrollar un método de gestión empleado el PMBOK para obtener mejores resultados en proyectos de mantenimiento de grúas móviles. Se presenta la siguiente tabla donde se resumen los procesos que conforman el método propuesto. (véase el grafico N°6.2, en la página 138)

- No se encontró bibliografía de aplicaciones sobre proyectos de mantenimiento, la información sobre mantenimiento que se puede encontrar esta principalmente enfocada al mantenimiento preventivo, lo cual es válido siempre y cuando se trate del mantenimiento de rutina.
- No todos los trabajos de mantenimiento de grúas móviles pueden enfocarse como proyectos, el jefe de proyecto deberá evaluar la conveniencia de enfocar los trabajos como proyecto en función a la duración, el monto involucrado y sobre todo en base a los beneficios que conllevaría gestionar el servicio como proyecto.

VIII. CONCLUSIONES

- 1) De los procedimientos de evaluación de grúas móviles se concluye que la evaluación por sistemas y la utilización de cartillas de diagnóstico, permiten obtener un alcance más acertado al brindar una estructura y guía para la realización de la inspección y la elaboración del informe de diagnóstico.
- 2) Del establecimiento de los procesos de planificación desarrollados se concluye que estrategias como el plan de proyecto (Cronograma y presupuesto) permiten trazar una línea base tanto de costos y tiempo para comparar el desempeño del equipo durante la vida del proyecto.
- 3) De los procesos de monitoreo y control se concluye que la utilización de herramientas como el PPC permite realizar el seguimiento de la mejora continua del plan semanal y tomar las acciones correctivas sobre el registro de las causas de no cumplimiento.
- 4) De los procesos de ejecución se concluye que la utilización de herramientas como el Look ahead (LA), análisis de restricciones (AR) y plan semanal (PS) para la programación de actividades permiten incrementar la confiabilidad de la programación y mejorar la utilización de los recursos.
- 5) Según los resultados obtenidos con el desarrollo y la aplicación del método de gestión propuesto empleando el PMBOK, se concluye que es posible mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.

IX. RECOMENDACIONES

- 1) Desarrollar los protocolos de diagnóstico para cada modelo de grúa móvil, los cuales deben de ser elaborados a partir de la información de los manuales de servicio/ operación y de la experiencia del personal calificado.
- 2) Como parte de los procesos de planificación, durante la elaboración del cronograma se debe validar la secuencia de actividades y los rendimientos asumidos, con los supervisores. La experiencia de estos profesionales es muy importante para obtener una propuesta real.
- 3) Como parte de los procesos de monitoreo y control, los informes desarrollados más que simples estadísticas que se quedan en reuniones deben ser transformados en acciones para mejorar el desempeño del proyecto.
- 4) Como parte de los procesos de ejecución, se debe trabajar en mejorar el compromiso de los interesados y sobre todo del equipo de proyecto, donde las personas deben ser capaces de asumir compromisos y trabajar en base a resultados medibles, para lograr el avance programado.
- 5) La implementación del método de gestión propuesto debe ser liderada por la gerencia general y requiere la capacitación de los jefes de proyecto, ingeniero de proyecto y supervisores, pues implica un cambio de cultura y una introducción a los conceptos del PMBOK. El personal capacitado a su vez debe transmitir este conocimiento y prácticas a su personal a cargo. En la siguiente tabla se presenta una propuesta para la implementación en una compañía del método desarrollado.

TABLA N° 9.1
IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE GESTIÓN PROPUESTO
(FUENTE: propia)

Item	Actividad	Tiempo
1	Capacitación de las jefaturas de proyecto en dirección de proyectos basado en el PMBOK	6 semanas
2	Desarrollar los registros, matrices, procedimientos y procesos.	6 semanas
3	Capacitación del personal a cargo sobre el método de gestión desarrollado.	2 semanas

- 6) La gestión de proyectos basada en el PMBOK no solo puede aplicarse al mantenimiento de maquinaria pesada, también podría aplicarse en proyectos de mantenimiento y modernización de plantas industriales, petroquímicas, mineras y otras.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **ASME B30.5. Mobile and Locomotive Cranes.** New York, EEUU. ASME. Edition. 2014.
- **CHAU LAM, Joanna Elida. Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras.** Tesis de Ingeniería. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2010.
- **CRANE INSTITUTE OF AMERICA. Mobiles Crane Inspector Workbook.** Florida, EEUU. Crane Institute of America Publishing & Products. Tenth Edition. 2013.
- **CRANE INSTITUTE OF AMERICA. OSHA 1926 Subpart C Cranes and Derricks.** Florida, EEUU. Crane Institute of America Publishing & Products. Tenth Edition. 2013.
- **DONAYRE VELAZCO, Enzo Jair. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima.** Tesis de Ingeniería. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2014.
- **ESPINOZA MONTES, Ciro. Metodología de investigación tecnológica.** Huancayo, Perú. Editorial Imagen Gráfica SAC. Primera edición. 2010.
- **GALARZA JARAMILLO, Jennifer Gisela. Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas.** Proyecto Fin de Carrera. Quito. Escuela Politécnica Nacional. 2012.

- **GARCÍA GARRIDO, Santiago. Ingeniería de Mantenimiento - Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento.** Renovotec. 2009
- **GAVILAN CARRERA, Juan Jesús. Aplicación del Lean Manufacturing al control de las revisiones de mantenimiento de aeronaves.** Proyecto final de carrera. Lima. Universidad de Sevilla. 2009.
- **HEADLEY, James. Mobiles Cranes.** Florida, EEUU. Crane Institute of America Publishing& Products. Tenth Edition. 2013.
- **IVANOV MORMONTOY MORALES, herramientas de programación,** SSK, Lima, 2013.
- **JUNTA DE ANDALUCIA y ASOCAN. Guía para la inspección periódica de grúas móviles autopropulsadas.** Andalucía, España. Junta de Andalucía – Consejería de innovación, ciencia y empresa. Edición 2. 2010.
- **Manitowoc, Manual del operador RT765E-2 NS233196,** Manitowoc, EEUU, 2011.
- **Manitowoc, Manual de servicio/mantenimiento RT765E-2 NS233196,** Manitowoc, EEUU, 2011.
- **Manitowoc, Manual del operador - Grúa telescópica 500E - NS290519,** Manitowoc, EEUU, 2005.
- **Manitowoc, Manual de servicio - Grúa telescópica 500E - NS290519,** Manitowoc, EEUU, 2005.
- **Manitowoc, Manual del operador de modelo 999 - NS9991317,** Manitowoc, EEUU, 2009.

- Manitowoc, **Manual de servicio de modelo 999 - NS9991317**, Manitowoc, EEUU, 2009.
- Manitowoc, **Manual de mantenimiento GMK5220 - NS233196**, Manitowoc, EEUU, 2010.
- MULCAHY, Rita. **Preparación para el Examen PMP®**. EE.UU. RMC Publications. Octava Edición. 2013.
- MUÑOZ AZNARAN, Roberto. **Planificación de proyectos de construcción – Unidad 02 Programación Intermedia y Semanal**. Lima.
- NCAB North American Crane Bureau, Inc. **Seguridad en equipos de izaje y maquinaria Naval**. NCAB North American Crane Bureau.
- N.C. Department of Labor. **A Guide to Cranes and Derricks**. EEUU. N.C. Department of Labor. 2010.
- ORTIZ URIBE, Frida Gisela y DEL PILAR GARCÍA, María. **Metodología de la investigación - el proceso y sus técnicas**. México. Editorial Limusa. Primera Edición. 2010.
- OSHA. **Memorandum of Understanding between the Occupational Safety and Health Administration and the American National Standards Institute**. EEUU. 2001.
- PACHECO HERNANDEZ, Moises. **Mantenimiento a los sistemas hidráulicos de grúas**. Proyecto Fin de Carrera. Santiago de Querétaro. Universidad tecnológica de Querétaro. 2015.

- PROJECT MANAGMENT INSTITUTE. **Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (guía del PMBOK)**. Pensilvania, EE.UU. PMI Publications. Cuarta Edicion. 2008.
- ROBLES ROJAS, Ana Cristina. **Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de activos fijos de grúas pórtico**. Tesis de Ingeniería. Lima. Pontifica Universidad Católica del Perú. 2015.
- The Deeside Railway Company Limited. **Crane Manual (Operation, maintenance and safety)**. The Deeside Railway Company Limited. Reino Unido. 2007.
- TOLEDANO DE DIEGO, Asier, MAÑES SIERRA, Magore, JULIÁN GARCIA, Sergio, «Las claves del éxito de Toyota». **LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas**. *Cuadernos de Gestión*. Vol. 9. (Nº 2), pp: 111-122. 2009.
- Páginas web consultadas
 - <https://www.osha.gov/about.html>
 - https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=INTERPRETATIONS&p_id=20197
 - [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Crane_\(machine\)](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Crane_(machine))
 - <http://www.contenedoresymodulos.com/noticias/historia-de-la-grua-en-la-antiguedad/>
 - <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/04/por-que-son-necesarias-las-adendas-en-los-contratos-de-las-app/>
 - <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20628498010>

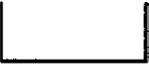
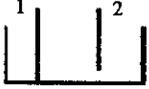
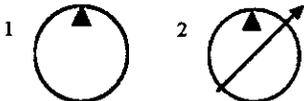
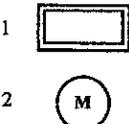
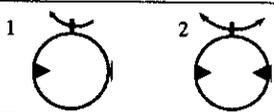
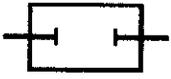
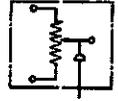
ANEXOS

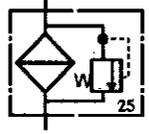
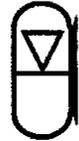
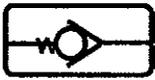
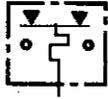
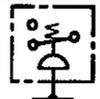
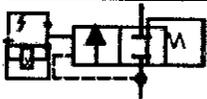
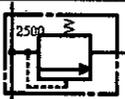
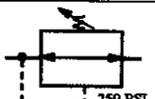
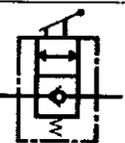
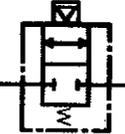
• ANEXO A.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

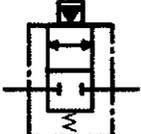
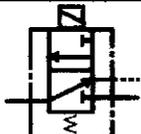
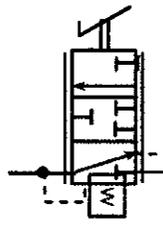
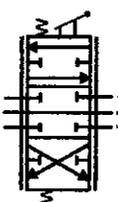
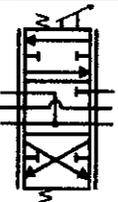
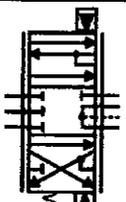
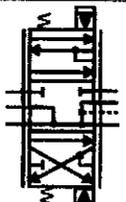
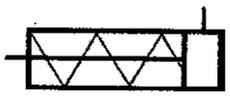
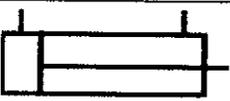
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Es posible diseñar un método de gestión para mejorar los proyectos de mantenimiento de las grúas móviles?</p>	<p>Objetivo general Diseñar un método de gestión empleando el PMBOK para mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.</p>	<p>Hipótesis general Si se diseña un método de gestión empleando el PMBOK entonces se obtendrán mejores resultados en los proyectos de mantenimiento de grúas móviles.</p>	<p>Tipo de investigación: Tecnológica.</p> <p>Nivel de investigación: Aplicada.</p>
<p>Problemas específicos ¿Es posible desarrollar los procedimientos de evaluación de grúas para determinar el alcance del mantenimiento?</p> <p>¿Cómo establecer los procesos de planificación que permitan obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas?</p> <p>¿Cómo desarrollar los procesos de ejecución y control para dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas?</p>	<p>Objetivos específicos Desarrollar los procedimientos de evaluación de grúas mediante la evaluación por sistemas para determinar el alcance del mantenimiento.</p> <p>Establecer los procesos de planificación mediante estrategias y una línea de acción para obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas.</p> <p>Desarrollar los procesos de ejecución y control mediante el uso adecuado de recursos, realización de actividades acorde al plan y herramientas de control para dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas.</p>	<p>Hipótesis específicas Si se desarrollan los procedimientos de evaluación de grúas mediante la evaluación por sistemas entonces se determinará el alcance del mantenimiento.</p> <p>Si se establecen los procesos de planificación mediante estrategias y una línea de acción entonces se podrá obtener el cronograma y el presupuesto del proyecto de mantenimiento de grúas.</p> <p>Si se desarrollan los procesos de ejecución y control mediante el uso adecuado de recursos, realización de actividades acorde al plan y herramientas de control entonces se podrá dirigir el progreso y el desempeño del proyecto de mantenimiento de grúas.</p>	<p>Diseño de la investigación: Diseño de aplicación.</p> <p>Método: Sistémico.</p> <p>Técnicas: Documental – Empírica.</p> <p>Instrumentos: Ficha Bibliográfica Ficha hemerográfica Fichas de información Entrevista. Observación.</p>

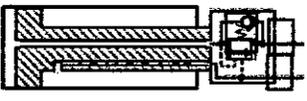
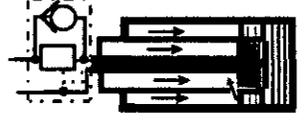
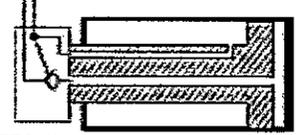
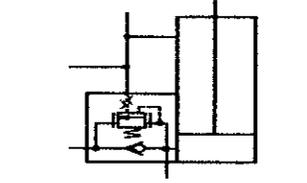
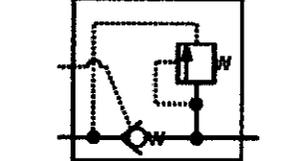
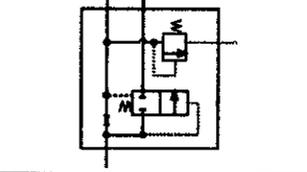
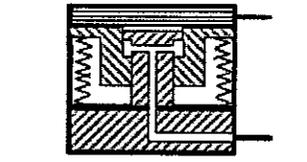
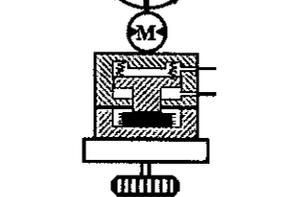
• ANEXO B.- SIMBOLOGIA EN SISTEMAS HIDRAULICOS

(Fuente: Manual de Manual de servicio de una grúa Manitowoc RT-765E2 SN 233196)

Descripción	Símbolo
<i>Depósito hidráulico</i> - Almacena, enfría y limpia el suministro de aceite hidráulico de la máquina.	
<i>Líneas de retorno hidráulico</i> - Terminan (1) por debajo del nivel de aceite; (2) por encima del nivel de aceite.	
<i>Bomba hidráulica</i> - (1) caudal fijo; (2) caudal variable.	
<i>Fuente de energía</i> - Mueve a la bomba hidráulica: (1) motor de combustión; (2) motor eléctrico.	
<i>Motores hidráulicos</i> - (1) unidireccionales; (2) bidireccionales.	
<i>Interruptor de bomba</i> - Desconecta la bomba de la fuente de energía.	
<i>Línea continua</i> - Líneas de suministro o retorno.	
<i>Líneas de conexión</i> - Ramales que se conectan a la línea principal.	
<i>Línea de guiones</i> - Presión piloto.	
<i>Línea de puntos</i> - Vaciado de la caja o detección de carga.	
<i>Línea de cadena</i> - Envuelta de dos o más funciones contenidas en una sola unidad.	
<i>Transductor de presión</i> - Unidad hidráulica/eléctrica ubicada en el circuito del cilindro de elevación para el circuito del LMI de la grúa.	
<i>Filtro</i> - Elimina los contaminantes del aceite hidráulico.	

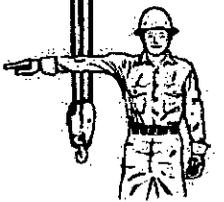
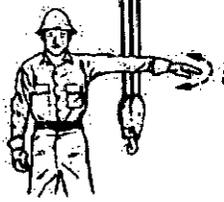
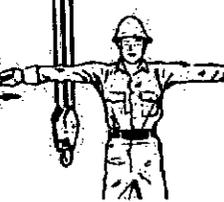
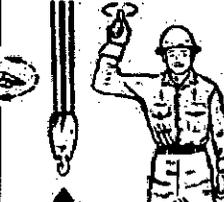
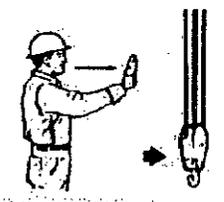
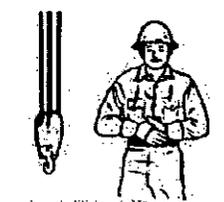
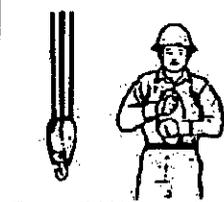
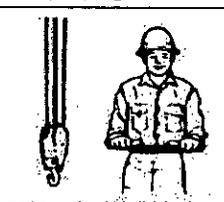
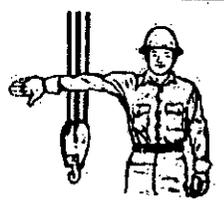
<p><i>Filtro con válvula de derivación</i> – La válvula de derivación permite que el aceite hidráulico derive al filtro si éste se obstruye.</p>	
<p><i>Acumulador</i> - Se usa para desarrollar caudal o absorber los choques.</p>	
<p><i>Válvula de retención</i> – Crea contrapresión.</p>	
<p><i>Orificio</i> - Restricción fija instalada en línea.</p>	
<p><i>Orificio ajustable</i> - Restricción instalada en línea usada como dispositivo de control.</p>	
<p><i>Enfriador de aceite hidráulico</i> - Enfría el aceite hidráulico.</p>	
<p><i>Interruptor de temperatura</i> - Regula la temperatura del aceite hidráulico.</p>	
<p><i>Interruptor de presión hidráulica</i> – Detecta la presión hidráulica y activa componentes eléctricos.</p>	
<p><i>Interruptor de caudal</i> - Ilumina una luz para indicar que hay una falla.</p>	
<p><i>Válvula de alivio</i> - Protege al sistema contra la presión excesiva.</p>	
<p><i>Válvula reductora de presión</i> - Regula la presión máxima.</p>	
<p><i>Válvula de vaivén</i> - Se usa para enviar la presión máxima a ciertos componentes.</p>	
<p><i>Accionado manualmente</i> - Una válvula que se conmuta manualmente con válvula de retención para permitir el flujo de retorno al depósito.</p>	
<p><i>Accionado neumáticamente</i> - Válvula conmutada por un dispositivo neumático.</p>	

<p><i>Accionado por piloto</i> - Válvula conmutada por presión piloto.</p>	
<p><i>Accionado eléctricamente</i> - Válvula conmutada por energía eléctrica.</p>	
<p><i>Válvula de freno</i> - Activa el freno de giro.</p>	
<p><i>Carrete de cilindro de centro abierto</i> - Válvula de control de sentido para el funcionamiento de un cilindro hidráulico que envía el caudal de regreso al depósito a través del centro abierto cuando está en punto muerto</p>	
<p><i>Carrete de motor de centro abierto</i> - Válvula de control de sentido para el funcionamiento de un motor hidráulico que envía el caudal de regreso al depósito a través del centro abierto cuando está en punto muerto. Permite el flujo de retorno al depósito cuando se apaga la grúa.</p>	
<p><i>Carrete de cilindro de centro cerrado</i> - Válvula de control de sentido con compensación de presión para un cilindro hidráulico que retorna el caudal al depósito con un cartucho de válvula de descarga.</p>	
<p><i>Carrete de motor de centro cerrado</i> - Válvula de control de sentido con compensación de presión para motores con lumbrera abierta para retornar el caudal al depósito. Permite el flujo de retorno al depósito cuando se apaga la grúa.</p>	
<p><i>Cilindro de acción simple</i> - Se extiende por medios hidráulicos y se retrae por medio de un resorte.</p>	
<p><i>Cilindro de acción doble</i> - Se extiende y se retrae hidráulicamente.</p>	

<p><i>Cilindro telescópico de acción doble</i> - Una varilla fijada empuja el tubo hacia fuera cuando la válvula de retención se levanta de su asiento.</p>	
<p><i>Cilindro telescópico multietapa</i> - Se usa para el funcionamiento de secciones múltiples sincronizadas.</p>	
<p><i>Estabilizador invertido</i> - Extiende el tubo hacia abajo para elevar la grúa sobre el suelo.</p>	
<p><i>Válvula de retención</i> - Evita que el cilindro de elevación de la pluma se desplome si llega a ocurrir una falla de presión hidráulica (por ej., la ruptura de una manguera).</p>	
<p><i>Válvula de retención accionada por piloto (con alivio térmico)</i> - Requiere de presión piloto para sacar de su asiento la válvula de retención de una vía (no ajustable).</p>	
<p><i>Válvula divisora de caudal</i> - Regula el caudal enviado a un circuito seleccionado.</p>	
<p><i>Freno de malacate</i> - Retiene la carga después de que el control se vuelva a colocar en punto muerto (aplicable por resorte y liberado hidráulicamente).</p>	
<p><i>Freno de giro</i> - Un freno que se aplica por resorte y se libera hidráulicamente que sujeta a la superestructura en su lugar.</p>	

• ANEXO C.- SEÑALES DE MANO PARA OPERACION DE GRÚAS

FUENTE: ASME B30.5 – 2014

 <p>CIRE. Brazo extendido, apunta con el dedo en el sentido de giro de la pluma.</p>	 <p>PAJE. Brazo extendido, palma hacia abajo, mueva el brazo de lado a lado horizontalmente.</p>	 <p>PARADA DE EMERGENCIA. Brazos extendidos, palmas hacia abajo, mueva los brazos de lado a lado horizontalmente.</p>	 <p>ELEVE LA CARGA. Con el antebrazo vertical, el dedo índice apuntando hacia arriba, haga un círculo horizontal pequeño con la mano.</p>
 <p>USE EL MALACATE PRINCIPAL. Golpéese la cabeza con un puño, luego use las señales de costumbre.</p>	 <p>DESPLAZAMIENTO. Brazo extendido hacia adelante, mano abierta y ligeramente elevada, haga un movimiento de empuje en el sentido de avance.</p>	 <p>ASEGURE TODOS LOS ELEMENTOS. Estréchese las manos delante del cuerpo.</p>	 <p>DESPLAZAMIENTO (Ambas orugas). Ponga los dos puños delante del cuerpo, haga un movimiento circular, indicando el sentido de movimiento: hacia adelante o hacia atrás. (Sólo para grúas sobre sujeción.)</p>
 <p>ELEVE LA PLUMA. Brazo extendido, dedos empuñados, pulgar apuntando hacia arriba.</p>	 <p>BAJE LA PLUMA. Brazo extendido, dedos empuñados, pulgar apuntando hacia abajo.</p>	 <p>DESPLAZAMIENTO (Una oruga). Para la oruga del lado indicado por el puño levantado. Haga avanzar la oruga opuesta en el sentido indicado por el movimiento circular del otro.</p>	 <p>RETRAIGA LA PLUMA (Plumas telescópicas). Ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando el uno al otro.</p>
 <p>MUEVA LENTAMENTE. Use una mano para hacer cualquiera de las señales de movimiento y ponga la otra mano inmóvil delante de la mano que está haciendo la señal de movimiento. (Como ejemplo, se muestra "eleve la carga lentamente".)</p>	 <p>ELEVE LA PLUMA Y BAJE LA CARGA. Con el brazo extendido, pulgar apuntando hacia arriba, abra y cierre los dedos por el tiempo que se desee mover la carga.</p>	 <p>BAJE LA PLUMA Y ELEVE LA CARGA. Con el brazo extendido, pulgar apuntando hacia abajo, abra y cierre los dedos por el tiempo que se desee mover la carga.</p>	 <p>BAJE LA CARGA. Con el brazo extendido hacia abajo, el dedo índice apuntando hacia abajo, haga un círculo horizontal pequeño con la mano.</p>
 <p>UTILICE EL CABLE AUXILIAR (Malacate auxiliar). Golpéese el codo con una mano, luego use las señales de costumbre.</p>	 <p>EXTIENDA LA PLUMA (Plumas telescópicas). Ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando hacia afuera.</p>		

- **ANEXO D.- PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO**

Fuente: SIGDO KOPPERS S.A. / DEYSU / CHILE

Grúa montada sobre ruedas (una estación de control).

PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO

GRUA HIDRAULICA

EQUIPO _____

PROCEDENCIA _____

A) CABINA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
CON EL MOTOR FUNCIONANDO REVISAR :			
Tecómetro			
Bocina			
Marcador de temperatura del aceite de la transmisión			
Alarma y luz testigo del "Antiwo block"			
Manómetro presión aceite motor (Ratani=10 psi / Aba=40-75 psi)			
Marcador de temperatura del agua			
Luces de posición delanteras y traseras			
Viradores			
Alarma y luces de marcha atrás			
Alarma y luz testigo con la pluma bajo la horizontal			
Voltímetro			
Marcador de petróleo			
Manómetro de presión de aire			
Indicador de nivel de la grúa			
Luz testigo de accionamiento de "lockout"			
Limpieparabrisas			
Palancas de accionamiento			
Revisar sello de caja CPU de sistema PAT (ubicado en tomases)			
Revisar sistema PAT			

B) MOTOR (REVISAR)	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Estado y limpieza del radiador de agua			
Estado termómetro refrigeración motor			
Nivel del aceite del motor			
Prueba de blow-by motor (Cuando se cumple el 60% de la vida útil del equipo)			
Estado y tensión de las correas de transmisión			
Polea tensora correas			
Filtro de aire			
Ruido de válvulas			
Regülar válvulas y calibrar inyectores (cada 4800 horas)			
Turboalimentador			
Nivel del agua de la batería			
Motor de partida			
Alternador			

PONER EN MARCHA EL MOTOR Y REVISAR	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Pérdidas de aceite			
Manijas y apriete de abrazaderas			
Pérdida de agua por la bomba, radiador, mangueras			
Presencia de humo (indicar, si lo hay, color del humo)			
Prueba de estanqueidad de los ductos de admisión de aire (taper succión filtro de aire)			
Soportes de motor			
Ruidos anormales			

C) TRANSMISION Y CONVERTIDOR

SUBIR LA GRUA SOBRE OUTRIGGER, PONER EN MARCHA EL MOTOR

ACOPLAR UNA MARCHA Y REVISAR	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Ruidos anormales			
Temperatura de la caja (al tacto)			
Nivel de aceite (con temperatura del aceite entre 180° - 200°F)			
Pérdidas de aceite			
Chequear presión de aceite convertidor			
Chequear presión de aceite transmisión			
Chequear todas las marchas hacia adelante y hacia atrás			

D) EJES Y DIFERENCIALES

SUBIR LA GRUA SOBRE OUTRIGGER, PONER EN MARCHA EL MOTOR

ACOPLAR UNA MARCHA Y REVISAR	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Pérdidas de aceite por diferenciales			
Funcionamiento de ejes cardanes			
Desde la cabina apretar frenos y observar que frenan las cuatro ruedas			
Ruidos anormales en diferenciales			
Ruidos anormales en mandos finales			
Nivel de aceite de las mazas de las ruedas			
Revisar funcionamiento sistema lockout			

E) DIRECCION

PONER EN MARCHA EL MOTOR Y LEVANTAR LA GRUA SOBRE OUTRIGGER, REVISAR	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Pérdidas de aceite			
Girar la dirección en uno y otro sentido, ésta debe moverse en forma suave			
Cilindros hidráulicos deben revisarse los vástagos por picaduras o rayaduras			
Repelir los puntos anteriores para la dirección trasera			
Chequear presión de aceite			

F) SISTEMA HIDRAULICO

CON EL MOTOR FUNCIONANDO MOVER LOS COMPONENTES HIDRAULICOS DE LA GRUA Y OBSERVAR

BANCO DE VALVULAS (BAJO LA CABINA)	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Chequear presiones			
Chequear caudales bombas (Cuando se cumpla el 60% de la vida útil del equipo)			
Revisar por pérdidas de aceite			
Revisar que no tengan spool forcidos			
Limpieza exterior banco de válvulas			
Swivel Aire - Transmisión			
Swivel Hidráulico			
OUTRIGGER	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Cilindros hidráulicos sin pérdidas de aceite			
Vástagos de los cilindros sin picaduras y/o rayaduras			
Platos de los estabilizadores			
Revisar estado de seal wear y juego entre camisas y cilindros estabilizadores			
Cilindros deben trabajar en forma suave y sin atascamientos			
GIRO TORNAMESA			
Motor hidráulico (revisar funcionamiento, pérdidas de aceite)			
Freno tornamesa, con el freno aplicado intente girar la tornamesa			
Reductor : Nivel de aceite			
Pitón			
Rodamiento Tornamesa : Revisar corona			
PLUMA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Revisar pérdidas de aceite por cilindros de levante y extensión			
Revisar que no exista juego en los pivotes de los cilindros			
Revisar pad wear			
Revisar estado cables y catalinas de extensión - retracción peños pluma			
Alinear pluma y verificar que cada peño siga en forma suave y sin atascamientos			
Levantar y extender pluma. Revisar que no se retraiga ni se baje sola			
Revisar catalinas			

G) HUINCHES	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Tambor : revisar nivel de aceite			
Hacer funcionar el huinche observando que gire en forma suave hacia ambos lados			
Revisar funcionamiento del freno			
Motor Hidráulico : revisar que no tenga pérdidas de aceite			
Revisar cables principal y auxiliar			
Revisar bola y gancho principal			
CADA 2400 HRS.			
Revisar funcionamiento del indicador de giro (En el huinche y en la cabina)			Ejecutar inspección sobre la base de partículas magnéticas y ultrasonido

H) SISTEMA DE FRENOS	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Revisar presión de aire del sistema (100 - 120 psi)			
Revisar que el gobernador corte a 120 psi y conecte a 100 psi			
Revisar pérdidas hidráulicas y neumáticas			
Estado del filtro del respiradero			
Revisar espesor de bridas			
Revisar cilindros de freno, resortes, etc			
Revisar funcionamiento freno de estacionamiento			
Revisar nivel líquido de frenos			

I) CARROCERIA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Pintura			
Tapabarridos			
Vidrios			
Peldaños			
Pasamanos			
Bases de madera			
Cabina			
Neumáticos			
Rueda de repuesto			

J) DATOS GENERALES	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Mantenencia 100-200 horas			
Mantenencia 600 horas			
Mantenencia 1200-2400 horas			
Revisar historial del equipo			

NOTAS

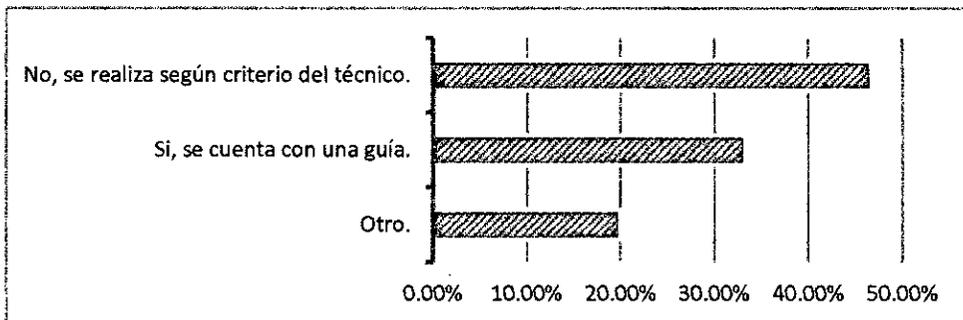
INSPECTOR

• **ANEXO E.- ENCUESTAS**

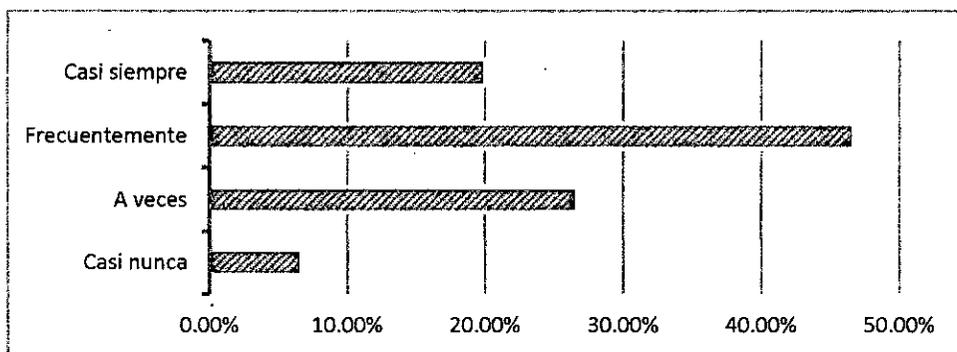
Las encuestas fueron realizadas a técnicos, supervisores y jefes de mantenimiento de grúas.

Se encuestaron a un total de 15 personas.

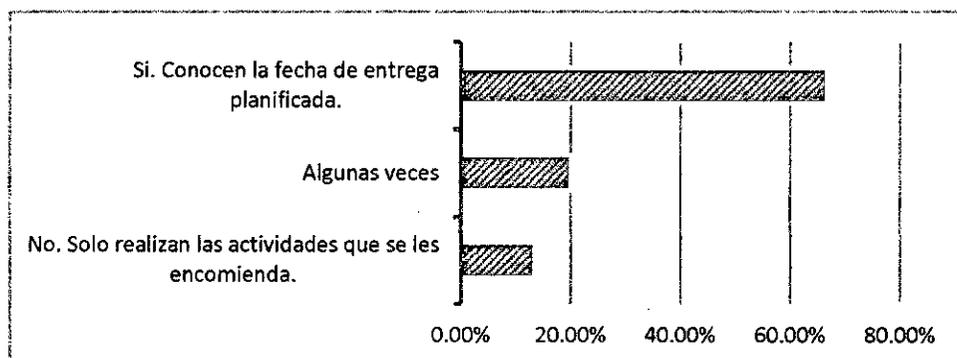
1. ¿Existe un orden bien definido para realizar una evaluación de la grúa?



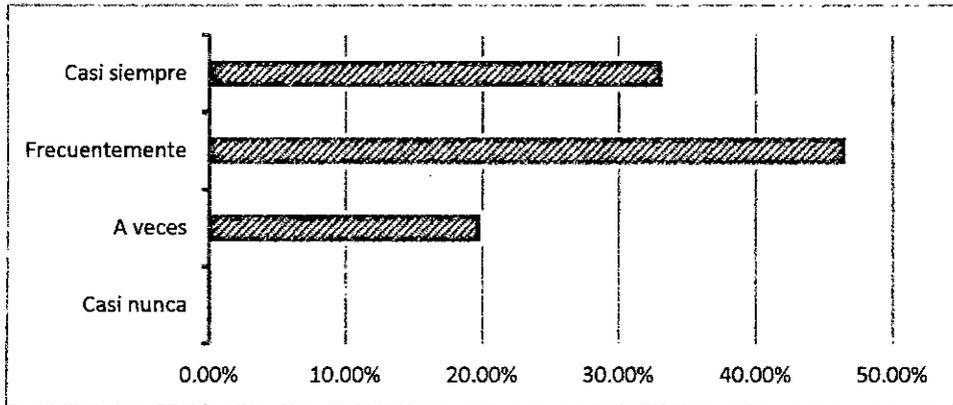
2. ¿Con que frecuencia se logra terminar la evaluación de la grúa en el periodo previsto?



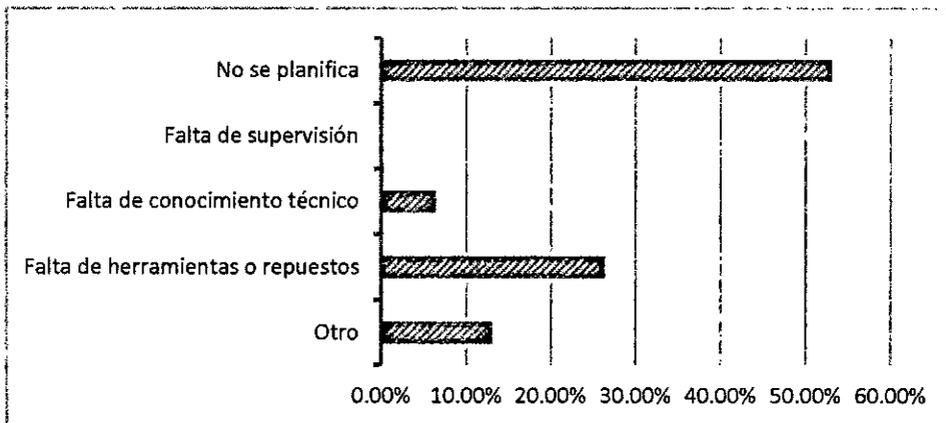
3. ¿Los técnicos conocen los plazos de entrega de las grúas?



4. ¿Con que frecuencia se logra terminar el mantenimiento de la grúa en las fechas programadas?



5. ¿Cuál es el principal problema para no cumplir con las fechas de entrega programadas de las grúas?



6. ¿Cómo se mide la productividad de los técnicos?

