



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DETERMINACIÓN DE COSTOS ESTIMADOS E  
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA GRÚA DE BRAZO ARTICULADO  
NATIONAL CRANE MODELO 656, AL ESTABLECER EL PRECIO DE VENTA DE SERVICIO  
EN LA EMPRESA CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE TORRES, S. A.**

**Francisco Estuardo Castillo Larios**

Asesorado por el MSc. Ing. Marco Tulio Martínez Beteta

Guatemala, marzo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DETERMINACIÓN DE COSTOS ESTIMADOS E  
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA GRÚA DE BRAZO ARTICULADO  
NATIONAL CRANE MODELO 656, AL ESTABLECER EL PRECIO DE VENTA DE SERVICIO  
EN LA EMPRESA CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE TORRES, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FRANCISCO ESTUARDO CASTILLO LARIOS**  
ASESORADO POR EL MSC. ING. MARCO TULIO MARTÍNEZ BETETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa    |
| VOCAL IV   | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova         |
| VOCAL V    | Br. Henry Fernando Duarte García       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |  |
|-------------|--|
| DECANO      | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos             |
| EXAMINADORA | Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras de Akú |
| EXAMINADOR  | Ing. Víctor Hugo García Roque                |
| EXAMINADORA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada        |
| SECRETARIO  | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez              |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DETERMINACIÓN DE COSTOS ESTIMADOS E  
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA GRÚA DE BRAZO ARTICULADO  
NATIONAL CRANE MODELO 656, AL ESTABLECER EL PRECIO DE VENTA DE SERVICIO  
EN LA EMPRESA CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE TORRES, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha noviembre de 2015.

**Francisco Estuardo Castillo Larios**



**USAC**  
 TRICENTENARIA  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado  
 Facultad de Ingeniería  
 Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



AGS-MIMPP-0002-2015

Guatemala, 30 de noviembre de 2015.

Director:  
 Ing. Juan José Peralta Dardón  
 Escuela de Mecánica Industrial  
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Francisco Estuardo Castillo Larios** con carné número **8816844**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la Maestría de Ingeniería en Mantenimiento.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Ing. Marco Tullio Martínez Beteta

Asesor (a)

MARCO TULLIO MARTÍNEZ BETETA  
 Ing. Mecánico - Electricista  
 Colegiado No. 4147

Msc. Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola

Coordinadora de Área  
 Gestión y Servicios

ALBA MARITZA GUERRERO DE LOPEZ  
 INGENIERA INDUSTRIAL  
 COLEGIADA No. 4611

MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Cc: archivo  
 /ec



REF.DIR.EMI.035.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DETERMINACIÓN DE COSTOS ESTIMADOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA GRÚA DE BRAZO ARTICULADO NATIONAL CRANE MODELO 656, AL ESTABLECER EL PRECIO DE VENTA DE SERVICIO EN LA EMPRESA CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE TORRES, S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Francisco Estuardo Castillo Larios,** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Juan José Peralta Dardón**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Guatemala, marzo de 2016.



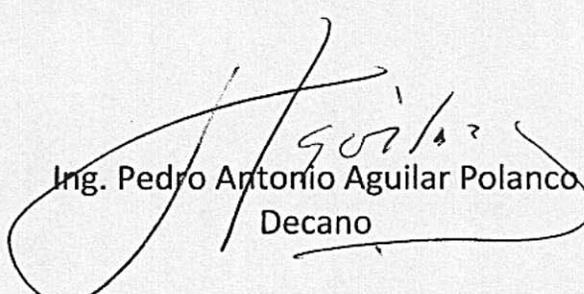
/mgp



DTG. 101.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DETERMINACIÓN DE COSTOS ESTIMADOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA GRÚA DE BRAZO ARTICULADO NATIONAL CRANE MODELO 656, AL ESTABLECER EL PRECIO DE VENTA DE SERVICIO EN LA EMPRESA CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTROS DE TORRES, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Francisco Estuardo Castillo Larios,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, marzo de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme sabiduría, salud y la oportunidad de llegar a este momento en mi vida.
- Mis hijos** Manuel Estuardo y Francisco José Castillo Obregón, por acompañarme y ser fuente de inspiración para concluir con esta etapa tan especial de mi vida.
- Mi familia** Por su cariño y apoyo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |  |
|---|--|
| <b>Dios</b>                                   | Por darme fuerzas, sabiduría y poner en mi camino la inspiración para culminar con esta meta.  |
| <b>Mis padres</b>                             | Que en paz descansen, porque de una u otra forma me dieron la orientación de cómo educar a mis hijos y hacer de ellos hombres de bien. |
| <b>Ana Miriam Obregón</b>                     | Por haberme acompañado en una etapa larga de mi vida.  |
| <b>Mis hermanos</b>                           | Todos han formado parte de mi vida, aunque no haya compartido muchos años con algunos de ellos, pero han dejado huella en mí.          |
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por brindarme la formación profesional y los conocimientos adquiridos a lo largo de mi vida.   |

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....            | III  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                  | V    |
| GLOSARIO .....                           | VII  |
| RESUMEN .....                            | XI   |
| INTRODUCCIÓN .....                       | XIII |
| <br>                                     |      |
| 1. ANTECEDENTES .....                    | 1    |
| <br>                                     |      |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....      | 3    |
| <br>                                     |      |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....                   | 5    |
| <br>                                     |      |
| 4. OBJETIVOS .....                       | 7    |
| <br>                                     |      |
| 5. ALCANCES .....                        | 9    |
| <br>                                     |      |
| 6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....      | 11   |
| 6.1. Componentes de una grúa .....       | 11   |
| 6.2. Aceites hidráulicos .....           | 12   |
| 6.3. Análisis de aceites .....           | 14   |
| 6.4. Técnica de mantenimiento VOSO ..... | 15   |
| 6.5. Análisis de costos .....            | 16   |
| 6.5.1. Costos directos .....             | 17   |
| 6.5.2. Costos indirectos .....           | 17   |
| 6.5.3. Costos generales .....            | 18   |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 6.5.4. | Costos de mantenimiento.....                 | 18 |
| 6.5.5. | Costos global de mantenimiento .....         | 18 |
| 6.5.6. | Costos estimados.....                        | 19 |
| 6.6.   | Precio final de venta.....                   | 19 |
| 7.     | PROPUESTA DE ÍNDICE .....                    | 21 |
| 8.     | MARCO METODOLÓGICO .....                     | 23 |
| 9.     | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ..... | 25 |
| 10.    | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....                | 27 |
| 11.    | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....               | 29 |
| 12.    | BIBLIOGRAFÍA.....                            | 31 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Elementos principales de una grúa hidráulica articulada..... 12

### TABLAS

- I. Intervalos de muestreo de aceite ..... 15
- II. Análisis económico.....27
- III. Cronograma de actividades ..... 29



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>          |
|----------------|-----------------------------|
| <b>Ca</b>      | Costo de almacenamiento     |
| <b>Cf</b>      | Costo de fallas             |
| <b>Ci</b>      | Costo de las intervenciones |
| <b>Csi</b>     | Costo sobre inversiones     |
| <b>+</b>       | Suma                        |



## GLOSARIO

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Aceite hidráulico</b> | Líquido transmisor de potencia que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo. |
| <b>Brazo articulado</b>  | Mecanismo de carga que gira sobre una base en grúas.  |
| <b>Cavitación</b>        | Fenómeno que se produce siempre que la presión en algún punto o zona de la corriente de un líquido desciende por debajo de un cierto valor mínimo admisible.    |
| <b>Combustible</b>       | Sustancia o materia que al combinarse con el oxígeno reacciona desprendiendo calor.   |
| <b>Depreciación</b>      | Disminución periódica del valor de un bien material.  |
| <b>Engrase</b>           | Aplicación de grasa o aceite a una superficie para facilitar su deslizamiento sobre otra, reduciendo el rozamiento.   |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Fibra</b>                    | Filamento de material dieléctrico, como el vidrio o los polímeros acrílicos, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno a otro de sus extremos; permite la transmisión de comunicaciones telefónicas, televisión, entre otros. |
| <b>Fricción</b>                 | Fuerza de dos superficies en contacto que actúa para oponerse al movimiento deslizante entre ellas.  |
| <b>Grúa</b>                     | Máquina destinada a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.   |
| <b>Lubricación</b>              | Control de la fricción y desgaste mediante la introducción de una película entre las dos superficies en contacto con movimiento.   |
| <b>Optimización</b>             | Acción de buscar la mejor forma de hacer algo.   |
| <b><i>Outsourcing</i></b>       | Término en inglés equivalente a la subcontratación que realiza una empresa a otra para realizar determinadas tareas que antes hacía la empresa contratante.  |
| <b>Potencia</b>                 | Cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo.   |
| <b>Protección anticorrosiva</b> | La que sirve para proteger una superficie de un proceso de degradación llamado corrosión.  |

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Stock</b>      | Tecnicismo en inglés utilizado para designar un almacenamiento controlado de materiales o materia prima. |
| <b>Viscosidad</b> | Propiedad de un fluido que tiende a oponerse al flujo cuando se aplica una fuerza.                       |
| <b>VOSO</b>       | Ver, oír, sentir y olfatear.   |



## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio es determinar costos estimados e implementar un plan de mantenimiento, con el fin de establecer un precio de venta por el uso o alquiler de la grúa de brazo articulado marca National Crane modelo 656. Actualmente, no existe un costo estimado del mantenimiento de la grúa respecto a las horas de uso y el precio actual de venta se basa en el precio del mercado de otros proveedores.

Para lograr obtener una rentabilidad real de la grúa, es necesario determinar los pasos para el mantenimiento que se debe dar al brazo articulado, en relación a las horas de trabajo.

Para determinar la rentabilidad, es necesario trabajar con los costos estimados en que se incurren en el mantenimiento del brazo articulado, luego se debe generar un plan que se pueda hacer efectivo y lograr tener la grúa en óptimas condiciones en el momento que se requiera.

Al finalizar el estudio se debe obtener un precio de venta por el servicio que incluya todos los factores involucrados en los materiales consumibles, que se adapte al precio real de mercado y sea competente.



## INTRODUCCIÓN

La empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. inició labores en 2006, se ha dedicado al suministro, instalación y mantenimiento de torres y postes para telecomunicación, postes para tendido de fibra, cámaras e iluminación. Cuenta con recurso humano y equipo necesario para realizar los trabajos de campo.

Entre los equipos con que cuenta para realizar sus actividades, está la grúa de brazo articulado marca National Crane modelo 656, que se utiliza para instalar postes y algunas otras estructuras, siendo un activo muy importante para la generación de ingresos en la empresa.

El presente trabajo se enfoca en la implementación del plan de mantenimiento de la grúa National Crane modelo 656, por medio de técnica VOSO. Además de determinar y analizar el costo estimado de mantenimiento por medio de la técnica de costos estimados, para establecer el precio de venta que genere utilidad para la operación.

En el primer capítulo se detallan las partes principales de una grúa hidráulica y su ubicación en forma gráfica. Además, se describe cada uno de sus elementos en forma general y las partes en las que se utiliza el aceite hidráulico.

En el segundo capítulo se explica qué es un aceite hidráulico, su función y sus principales características, también se describe la importancia de su

reemplazo, la recomendación de la técnica y el tiempo entre cada análisis de aceite, utilizando la técnica de análisis SOS de aceite.

En el tercer capítulo se describe el método VOSO para revisión de equipos y se detallan los pasos a seguir para aplicar esta técnica cuando se establece mantenimiento preventivo.

En el cuarto capítulo se establece el método de análisis de costos para determinar el costo estimado del mantenimiento de la grúa de brazo articulado, según los valores a considerar por medio de la técnica de costos estimados.

En el quinto capítulo se describe la forma de obtener el precio final de venta, partiendo del análisis de costos estimados y el margen de utilidad esperado.

Al finalizar los cinco capítulos se estarán presentando las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## 1. ANTECEDENTES

Las primeras grúas fueron inventadas en la antigua Grecia y eran accionadas por los hombres o por bestias de carga, las utilizaban para la construcción de edificaciones y monumentos de tamaño considerable. Las aplicaciones más cercanas en puerto se registran en Utrecht en 1244 (Contenedores y módulos SAC, 2015), fueron utilizadas para la construcción de barcos y levantar la carga de los mismos. Las primeras fueron construidas de madera a lo largo de la historia y al llegar la revolución industrial en el siglo XVIII cambiaron los materiales por hierro fundido y acero (Delgado, 2010).

A partir de los años setenta, las grúas utilizan generalmente motores de combustión interna o sistemas de motor eléctrico e hidráulico para generar mayor fuerza en la carga (Sapiain, 2014).

Las grúas articuladas (Tamborero del Pino, 2010) son ampliamente usadas en el ramo de la construcción para elevación de carga liviana y pesada. Como ejemplo, los equipos utilizados son las grúas torre y grúas móviles.

En las grúas móviles está el camión grúa, grúa todoterreno y grúa camión accionada hidráulicamente. Adicionalmente, existen las grúas cerchas que utilizan mecanismos de motor-cadena o cable (Grúas Barcelona, 2009).

Las empresas que poseen grúas de brazo articulado obtienen beneficios de su uso, en toda operación toman en cuenta los gastos para operar el equipo: combustible, lubricación, mano de obra en servicio, operario, seguros, entre otros, como los principales (López, 2009).

Uno de los mantenimientos de mayor importancia en las grúas es la lubricación y engrase de todas las piezas en donde se genera fricción. La falta de engrase aumenta el desgaste, genera daños y reparaciones inesperadas. El engrase de las grúas debe realizarse cada dos semanas en condiciones normales, en condiciones adversas de polvo, tierra y clima se debe realizar una vez por semana (Montacargas Zapler, 2013).

La técnica VOSO es la primera línea de defensa dentro de la amplia variedad de técnicas disponibles en mantenimiento. Usualmente es económico, es una técnica sencilla de aprender y hace uso del sentido común. Es necesario el desarrollo de listas de chequeo (Monroy, 2013). La técnica VOSO ayuda a detectar posibles fallas antes de que se presenten.

Los costos estimados pertenecen al grupo de los predeterminados y por ende se puede realizar una estimación del posible costo del producto o servicio. Se puede realizar con anticipación, su implantación es barata, se pueden identificar las variaciones y realizar las correcciones necesarias. Esta técnica es muy fácil de utilizar e implementar para tener una estimación que servirá para obtener el precio de venta final (Sánchez, 2014).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. hay una grúa de brazo articulado marca National Crane modelo 656 para la instalación de postes y estructuras. Al utilizar la grúa en un trabajo continuo instalando postes para cableado de fibra óptica se presentan fallas constantes de pérdidas de presión debido a que la grúa pierde fuerza al tener un trabajo continuo por varias horas, se generan atrasos en el trabajo de campo y consecuentemente costos de ruptura del proceso (costos de fallo internos).

La particularidad observada se enfoca en los siguientes puntos:

- El análisis de costo no se ha considerado al realizar los mantenimientos, al mismo tiempo no se cuenta con análisis de costos estimados de mantenimiento para tener una referencia del costo de mantenimiento por hora de utilización. Es muy importante determinar el costo estimado para establecer el precio de venta por hora de servicio. Existe incertidumbre si los costos de mantenimiento realmente son menores al ingreso monetario que representa utilizar la grúa para trabajos de campo, o si los costos son mayores y no generan margen de utilidad respecto al precio de venta por hora del servicio de la grúa en los proyectos.
- No existen manuales de operación y mantenimiento de la grúa. Adicionalmente, la grúa no cuenta con un manual que sugiera los servicios que se deben realizar conforme al tiempo de uso en horas o en condiciones de extrema contaminación ambiental.

- No hay registros de mantenimientos realizados respecto a las horas de uso, la grúa no cuenta con un historial que indique los cambios de partes y el tiempo de uso del aceite hidráulico u otros componentes.
- No existe un encargado de planta que realice los servicios a la grúa. Se utiliza un mecánico subcontratado para resolver problemas cuando el equipo falla.

Se plantean la siguiente interrogante:

¿Existe un análisis de costo estimado y un plan de mantenimiento que junto a los demás costos (combustible, depreciación, operario, entre otros), pueda ayudar a establecer el precio de venta por hora de servicio y el margen de utilidad generado por la grúa?

Al mismo tiempo, se generan las siguientes preguntas específicas:

- ¿Se necesita un análisis de costos estimados para determinar el precio de venta por el uso de la grúa?
- ¿Se necesita un plan de mantenimiento para la grúa?
- ¿Es necesario tener un *stock* de repuestos para el mantenimiento de la grúa?
- ¿Se debe contar con un programa de análisis de aceite para detectar contaminación, prolongar su tiempo útil y evitar problemas en la grúa?

### 3. JUSTIFICACIÓN

Disponer de un activo en la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. que genere ingresos, significa tenerlo en óptimas condiciones para su uso. La teoría de mantenimiento determinará el óptimo funcionamiento de la grúa de brazo articulada en actividades de campo.

Tomando en cuenta que han habido fallas durante el uso y no se ha llevado un registro veraz, se debe monitorear y elaborar un récord de servicios expresado en horas y un control del costo estimado del mantenimiento a lo largo del tiempo de operación, debido a que se ha dado a empresas de *outsourcing*.

El estudio determinará los costos estimados de mantenimiento y deberá dar a conocer el margen de utilidad que dé rentabilidad al negocio en la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. Consecuentemente, se debe establecer el precio de venta del servicio para cumplir con las expectativas del negocio.

Es importante analizar el *stock* de repuestos disponible para los mantenimientos debido a que el análisis de inventario ayudará a mantener los costos estimados de mantenimiento en el margen de utilidad deseado. Adicionalmente, el inventario debe ser enfocado en la rotación de acuerdo a la disponibilidad de repuestos en el mercado y de los lubricantes que requieran cambio debido al uso y desgaste normal del equipo (Mion, 2012).

El conjunto de las actividades de mantenimiento es muy importante para mantener la grúa en plena disposición de servicio para Construcción y Suministros de Torres, S. A., porque al ser una empresa que trabaja con fines de lucro, se debe profundizar en las actividades de mantenimiento y servicios que generen ingresos.

Es importante crear un plan de mantenimiento de la grúa debido a que no se cuenta con uno. El plan debe incluir las partes importantes en las que se debe enfocar el mantenimiento y el tiempo para realizar cada actividad.

Se tiene que justificar el análisis del aceite hidráulico utilizado por la grúa, el costo del aceite es alto y por lo tanto se determinará si se compensa con el costo y el tiempo entre cada análisis por el método que se establezca en el estudio. “Este tipo de procedimientos aportan un beneficio único a la empresa, ya que puede determinar si un equipo se encuentra en óptimas condiciones para poder aumentar su rendimiento y vida útil, lo que a la larga deriva en el aumento en la producción, reducción de costos y optimización de los recursos adquiridos” (Guillen, 2007, p. 2).

## 4. OBJETIVOS

### General

Generar un plan de mantenimiento preventivo al analizar el costo estimado y determinar el precio de venta por hora del servicio de la grúa de brazo articulado National Crane modelo 656, para la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A.

### Específicos

1. Realizar el análisis de costos estimados de la utilización por hora de la grúa de brazo articulado para el plan de mantenimiento, por medio del método de costos estimados y establecer el precio de venta utilizando el margen deseado por la empresa.
2. Elaborar un plan de mantenimiento para la grúa National Crane, utilizando la técnica VOSO.
3. Determinar los repuestos críticos para generar un *stock* base.
4. Elaborar un programa de análisis de aceite hidráulico por el método Caterpillar SOS, para detectar contaminación fuera de rangos permitidos, antes de que pueda ser perjudicial para la grúa, e incluirlo en los costos.



## 5. ALCANCES

El análisis de costos estimados y mantenimiento de la grúa de brazo articulado National Crane modelo 656 se realizará en la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. y el objetivo del estudio es determinar los costos estimados de mantenimiento del equipo, generando un programa de mantenimiento preventivo investigando modelos similares existentes en el mercado. El estudio se realizará en la grúa modelo 656, disponiendo de toda la información que se recabe del fabricante por medio de manuales disponibles en la red.

En Guatemala existen empresas distribuidoras de lubricantes que realizan análisis de aceite y se utilizará el método SOS desarrollado por Caterpillar para hacer el análisis, utilizando el tiempo en horas recomendado (Caterpillar, 2000).

Las actividades se empezarán a partir del mes de septiembre 2015, iniciando con los siguientes puntos según prioridad:

- Investigación sobre la metodología.
- Visitas a talleres de mantenimiento.
- Determinar las actividades a realizar, para hacer un chequeo diario por medio de la técnica VOSO.
- Lista de actividades a realizar por el operario.
- Puntos de chequeo en relación a las horas de trabajo y se le indicará a la persona responsable en la empresa cómo realizar los trabajos de mantenimiento adecuados para mantener el equipo en óptimas condiciones.

- Establecimiento de *stock* base para contar en inventario.

Luego de determinar las actividades descritas anteriormente, se determinarán los costos de mantenimiento, donde se incluirán todos los gastos necesarios para el buen funcionamiento del equipo.

Por último, se determinará un precio de venta (arrendamiento por hora) del equipo, para generar la mejor utilidad monetaria, tomando en cuenta la vida útil, la recuperación de capital invertido, los costos de utilización, incluyendo el operario, costos de mantenimiento y la depreciación del equipo.

## 6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 6.1. Componentes de una grúa

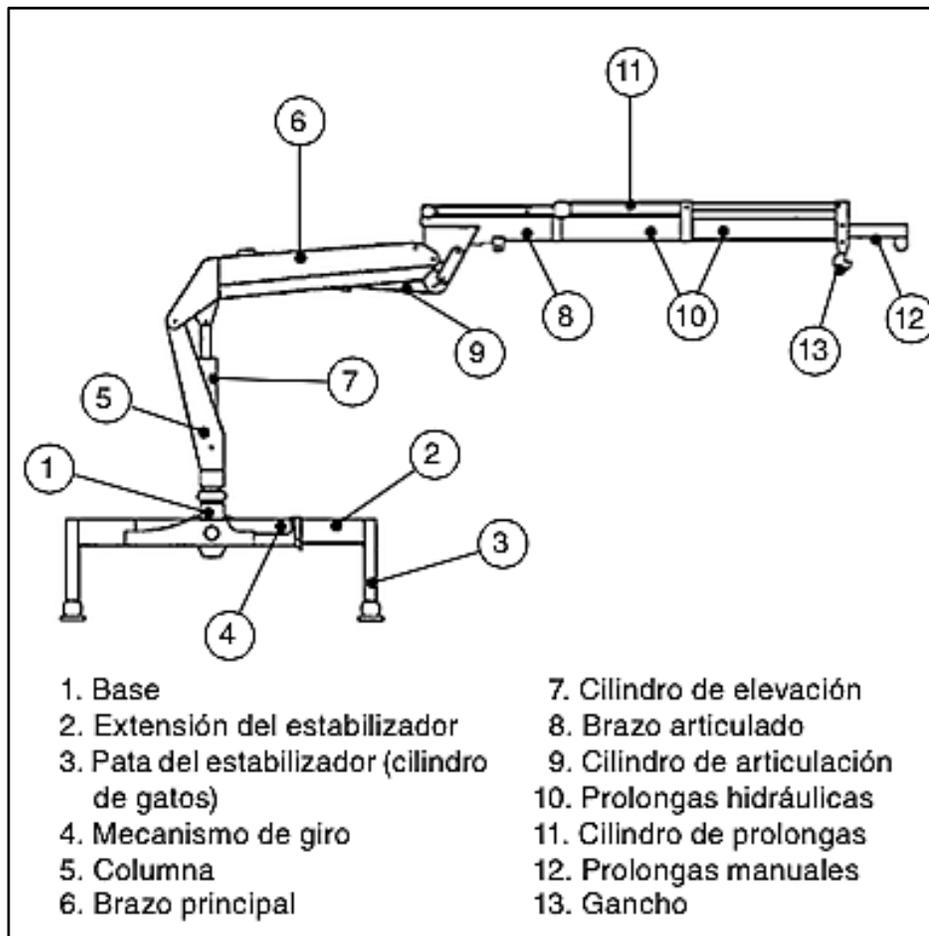
Una grúa hidráulica articulada está compuesta por una columna que gira sobre una base y un sistema de brazos sujeto a la parte superior de la columna. La grúa habitualmente está montada sobre un vehículo tipo camión con una capacidad residual de carga significativa. Las grúas de carga están diseñadas para cargar y descargar pesos, además de otras tareas especificadas según lo determine el fabricante. Una grúa de carga instalada sobre una base estática se sigue considerando una grúa de carga.

Las partes principales de una grúa cargadora son:

- Base: armazón, comprendiendo los puntos de anclaje y rodamientos para el giro de la columna.
- Columna: miembro estructural que soporta el sistema de la pluma.
- Sistema de brazos: miembro estructural en el sistema de la pluma de la grúa cargadora.
- Estabilizadores: ayuda a la estructura portante conectada al vehículo para dar la estabilidad requerida (Tamborero del Pino, 2010).

El detalle de los elementos de una grúa se especifica en la figura 1.

Figura 1. Elementos principales de una grúa hidráulica articulada



Fuente: TAMBORERO DEL PINO, José. *Grúas articuladas sobre camión*. p. 1.

## 6.2. Aceites hidráulicos

Líquido que transmite potencia y es utilizado para transformar, transmitir los esfuerzos mecánicos y controlarlos a través de la presión del mismo.

Las funciones principales de los aceites hidráulicos son:

- Transmitir potencia entre dos puntos.
- Aplicar cierre entre las piezas móviles, reduciendo desgastes y fricción.
- Proteger contra la herrumbre, corrosión y, a la vez, lubricar las piezas de un sistema.
- Proteger contra el desgaste mecánico de dos cuerpos en contacto.

Los aceites tienen varias aplicaciones, desde el consumo humano, como el aceite de oliva, hasta usos mecánicos e industriales como los aceites combustibles (Ramírez Hernández, 2007).

Los aceites hidráulicos cumplen varias funciones como lubricación para partes móviles, enfriamiento, disipación de calor, protección anticorrosiva y limpieza de mecanismos.

Ramírez Hernández indica que las temperaturas de operación del aceite hidráulico influyen sobre las propiedades físicas y químicas. Cuando las temperaturas son altas, reducen la vida útil del fluido, la viscosidad y la resistencia de la película hidráulica. Las temperaturas bajas suelen presentar problemas con el bombeo.

La viscosidad también juega un papel importante en los aceites hidráulicos, porque afecta las propiedades de la fricción del líquido, el funcionamiento de la bomba hidráulica, la cavitación y el consumo de energía.

La capacidad anticorrosiva del aceite hidráulico se refiere a la capacidad de reducir efectos de humedad en las superficies metálicas en contacto.

El punto de inflamación se relaciona con la característica de los aceites hidráulicos que comienzan a inflamarse al entrar en contacto con una flama y

una vez se retiran dejan de arder. El punto de congelación aquel en el que los aceites hidráulicos pueden seguir fluyendo al ser sometidos a bajas temperaturas.

La compresibilidad es una característica importante en estos aceites, porque soportan altas presiones. La intensidad de presión a la que están expuestos depende de la distancia entre el punto de origen y el receptor del aceite.

### **6.3. Análisis de aceites**

Caterpillar ha desarrollado un sistema de administración de mantenimiento que evalúa la degradación del aceite y detecta las indicaciones iniciales de desgaste de los componentes internos. El sistema desarrollado por Caterpillar para análisis de aceite se denomina análisis SOS de aceite y el sistema forma parte del programa servicios SOS.

El análisis SOS de aceite se divide en cuatro categorías:

- Régimen de desgaste de componentes
- Estado del aceite
- Contaminación del aceite
- Identificación del aceite

El análisis del estado del aceite se usa para determinar si el aceite se ha degradado. Se hacen pruebas para comprobar la oxidación, la sulfatación y la viscosidad del aceite. El analista SOS utiliza, entonces, pautas establecidas o análisis de tendencias para determinar si el aceite ha llegado al final de su vida útil (Ramírez Hernández, 2007).

Tabla I. **Intervalos de muestreo de aceite**

| Compartimiento            | Intervalo recomendado de muestreo | Válvula de muestreo | Tipo de aceite |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|
| Motor                     | 250 horas (1)                     | Si                  | DEO            |
| Transmisión               | 500 horas                         | Si                  | TDTO           |
| Sistema hidráulico        | 500 horas                         | Si                  | HYDO           |
| Diferencial y mando final | 500 horas                         | No                  | HYDO, FDAO     |

Fuente: RAMÍREZ HERNÁNDEZ, Julio. *Plan de lubricación para el mantenimiento mecánico para la maquinaria pesada utilizada en movimiento de tierra, en la industria de la construcción, por Topsis Construcciones S. A. p. 14.*

Para obtener los mejores resultados, las muestras de aceite del sistema hidráulico se deben tomar en intervalos de 500 horas. El intervalo puede proporcionar una indicación oportuna de contaminación y degradación del aceite.

Existen dos formas de tomar las muestras de aceite:

- Utilizando una válvula de muestreo lineal, en el caso de los aceites a presión.
- Utilizando el método de extracción al vacío.

#### **6.4. Técnica de mantenimiento VOSO**

La técnica VOSO es una de las más económicas para utilizar en cualquier industria. Su base principal es el sentido común, para implementar esta técnica son necesarias las listas de chequeo. Se basa principalmente en utilizar todos

los sentidos, básicamente se tiene que ver, oír, sentir y olfatear para detectar cualquier anomalía a simple vista. La técnica se recomienda usar por lo menos a 24 pulgadas de distancia para localizar fallas a simple vista.

En relación con los sentidos utilizados, la vista es uno de los principales. Con este sentido se pueden detectar fugas o utilizar instrumentos para monitorear temperaturas, presiones, niveles, entre otros. Es de vital importancia mantener los ambientes limpios para que sean fáciles de revisar.

El sentido del olfato brinda la facilidad de detectar desgastes, fricciones, motores recalentados, entre otros. Es importante seguir listas de chequeo para detectar cualquier olor diferente a la norma que se tenga en cada proceso.

Sentir es muy importante, el sentido del tacto puede facilitar la detección de cualquier falla, por medio de temperaturas o vibraciones fuera de los rangos normales de operación de cualquier tipo de equipo que conste de engranajes, cojinetes, chumaceras, motores, entre otros.

Oír es uno de los sentidos que permite detectar sonidos extraños, ruidos, cambios de ruido, fugas de presión, entre otros. Este sentido es muy útil en ambientes de trabajo donde el nivel de decibeles no es muy alto, es fácil detectar sonidos diferentes en el lugar de trabajo distintos a los habituales.

## **6.5. Análisis de costos**

La importancia del análisis de costos es determinar y estimar la cantidad de materiales, mano de obra, contratos de mantenimiento a empresas externas, minimizar tiempos de paros y bajar los costos de mantenimiento en general.

El manejo adecuado del análisis de costos sirve para establecer si se hace crecer o quebrar a una empresa. Para manejar adecuadamente los costos, se debe contar con una herramienta que pueda brindar información a lo largo del tiempo en relación con los gastos efectuados en el rubro de mantenimiento, mano de obra y depreciación de equipo. Es necesario diseñar un sistema de flujo de datos que pueda ser procesado y analizado para tomar acciones correctivas.

Los tipos de costos que se involucran en el mantenimiento son los siguientes.

#### **6.5.1. Costos directos**

Se relacionan con el rendimiento de la empresa, en el costo directo influyen la cantidad de tiempo dedicada al equipo y la atención que se requiere al mismo. Es importante conocer la cantidad de inspecciones y revisiones, así como las actividades y controles que se realizan a los equipos. Incluyen el costo de mano de obra directa y contratada; costos de repuestos directos y contratados; costo de materiales; costo de utilizar herramienta y equipos propios y subcontratados; y el costo de contratos para la realización de intervenciones.

#### **6.5.2. Costos indirectos**

Involucran una supervisión, instalaciones, uso de taller de servicio, accesorios diversos, administración, entre otros.

### **6.5.3. Costos generales**

Son aquellos en los que incurre una empresa para sostener diversas áreas de apoyo o de función, no necesariamente productivos, y que dependen de otras áreas que desempeñan funciones que se relacionan directamente al negocio.

### **6.5.4. Costos de mantenimiento**

“El conocimiento de los costos de mantenimiento tiene como fin precisar de manera objetiva y realista lo que cuesta la función de mantenimiento para reducir los costos globales del mismo a un nivel mínimo o mantenerlos, respaldados por una buena producción, alta calidad, y un buen estado de las instalaciones, además de generar información que facilite al personal la toma de decisiones” (Benítez Montalvo, 2012, p. 12).

### **6.5.5. Costo global de mantenimiento**

Es la suma de cuatro costos:

- Costo de las intervenciones (Ci): mantenimiento preventivo y correctivo.
- Costo de las fallas (Cf): son los que causan pérdida en el margen de utilidad debido a los problemas directos de mantenimiento.
- Costo de almacenamiento (Ca): costos por almacenar piezas de inventario necesarias e insumos para el equipo.
- Costo de sobreinversiones (Csi): cuando se compran equipos cuyas inversiones iniciales son mayores que las de otros que cumplen los mismos requerimientos, pero cuyos costos de intervención y

almacenamiento asociados se estiman menores. (Espinosa Fuentes, 2010).

El costo global está determinado por la fórmula 1:

$$C_g = C_i + C_f + C_a + C_{si} \quad [\text{Ec. 1}]$$

#### **6.5.6. Costos estimados**

Los costos estimados representan únicamente una tentativa en la anticipación de los costos reales y están sujetos a rectificaciones a medida que se comparan con los mismos. Los costos estimados son una técnica que se basa en la experiencia habida, el costo estimado indica lo que puede costar algo, motivo por el cual al final del periodo se ajustan a los costos reales.

#### **6.6. Precio final de venta**

Para calcular el precio de venta de un artículo o servicio es necesario tomar en cuenta varios factores. Por ejemplo, el costo de operación de los equipos en el caso de maquinaria, mano de obra para realizar una tarea, costos de mantenimiento para tener el equipo en óptimas condiciones, combustible y partes que representen consumo para la el funcionamiento, la depreciación del activo y la inversión en la compra del equipo.

El precio final de venta debe obtenerse al detallar el análisis de costos y se debe considerar el margen de utilidad esperado por la empresa.



## 7. PROPUESTA DE ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

ALCANCE

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 1. GRÚAS DE BRAZO ARTICULADO

- 1.1. Historia
- 1.2. Definición y partes
- 1.3. Clases de grúas
- 1.4. Usos

### 2. ACEITES HIDRÁULICOS

- 2.1. Propiedades
- 2.2. Clases de aceites
- 2.3. Método para análisis de aceite
  - 2.3.1. Método SOS
  - 2.3.2. Técnica de muestreo
  - 2.3.3. Tiempo de muestreo

### 3. MÉTODO DE ANÁLISIS ESTIMADO DE COSTOS Y PRECIO DE VENTA

- 3.1. Técnica de costos estimados

- 3.2. Análisis de *stock* base para grúa
- 3.3. Desglose de costos para el mantenimiento
- 3.4. Determinación de costo por hora
  
- 4. ANÁLISIS DE COSTO RESPECTO A VENTA
  - 4.1. Análisis de precio de venta por hora
  
- 5. PLAN DE MANTENIMIENTO DE GRÚA
  - 5.1. Técnica VOSO para grúa
    - 5.1.1. Descripción
    - 5.1.2. Listas de chequeo
    - 5.1.3. Componentes a revisar en grúa
  - 5.2. Plan de mantenimiento

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## 8. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es de tipo descriptivo, debido a que no se tiene ningún registro para realizar el plan de mantenimiento para la grúa de brazo articulado. Además, no se cuenta con costos de mantenimiento y el precio de venta por el servicio que se cobra hasta septiembre de 2015 es similar al de las empresas que se dedican al alquiler de grúas en el territorio guatemalteco. Se llevará a cabo en varias fases, las cuales se describen a continuación.

- Fase 1: se hace la recopilación de información para obtener datos de los componentes de la grúa. Paralelamente se investigará con el fabricante el tiempo de vida de las partes que tengan desgaste, con el fin de elaborar un reporte y un listado de repuestos que puedan servir para generar un *stock* base de la grúa National Crane al momento de cualquier falla imprevista, según parámetros de cambio por parte del fabricante.
- Fase 2: se trabajará en la implementación de un plan de mantenimiento basado en horas de trabajo de la grúa National Crane modelo 656 y se determinará un estimado del costo por servicio por cada mantenimiento preventivo, incluyendo mano de obra y materiales a utilizar.
- Fase 3: se elaborará una lista de chequeo según norma ETB (Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá) para que el operador pueda recabar datos antes de utilizar la grúa National Crane 656. Se hará chequeo de las partes principales de la grúa, para revisar fugas, desgastes, niveles de aceite y partes externas que necesiten engrase. Posteriormente se

dará instrucciones al operador para elaborar los reportes (Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá, 2003). Se asignará al operario de la grúa para realizar esta actividad, porque es la persona idónea para llevar este control.

- Fase 4: se realizará el análisis del aceite hidráulico de la grúa. Este será el punto de partida para determinar el estado del mismo para su reemplazo o vida útil. Además, se podrá analizar, según el reporte generado del aceite, si existe algún desgaste interno o contaminantes dentro de los componentes hidráulicos de la grúa.
- Fase 5: se trabajará en determinar el costo estimado, basado en horas de trabajo, de la grúa National Crane por medio de la técnica de costos estimados. Posteriormente, se analizarán todos los costos que estén incluidos, tanto en el mantenimiento, como en la operación de la grúa National Crane, así como el análisis de la inversión por la compra del equipo y el tiempo esperado en recuperación del capital.
- Fase 6: luego de tener el total del costo por hora de trabajo de la grúa National Crane, se estimará el precio de venta por servicio según los objetivos propuestos por Construcción y Suministros de Torres, S. A.
- Fase 7: luego de haber trabajado las seis fases anteriores, se elaborará un reporte en el que se sugiera el plan de mantenimiento de la grúa y el precio que se debe dar al cliente por prestar el servicio de la grúa National Crane modelo 656, con este reporte se dará por concluido el estudio.

## 9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis de información para cada fase se realizarán de la siguiente manera:

- Fase 1: con la información obtenida por parte del fabricante sobre los componentes de la grúa, se elaborarán los *checklist* y se determinará el tiempo estimado de revisión de los componentes importantes. Según el horómetro de uso de la grúa se estimarán los tiempos de vida de las partes consumibles, con el fin de sugerir los repuestos necesarios para mantener en *stock*, que pudieran atrasar cualquier actividad de campo si no se tuvieran disponibles.
- Fase 2: en esta fase se trabajará con la implementación del mantenimiento preventivo y se realizarán las programaciones necesarias en horas de trabajo. También se determinará el costo estimado de los repuestos o los cambios necesarios para cada mantenimiento.
- Fase 3: para esta fase se elaborará el *checklist* y se imprimirán talonarios para llevar el récord de los chequeos que se harán previo al uso de la grúa, con el fin de recopilar la información entre mantenimientos y detectar cualquier posible problema antes de su uso.
- Fase 4: luego de que se haga el análisis de aceite por parte de la empresa contratada, se utilizará la información para determinar si el aceite se encuentra en buen estado y si existe algún desgaste interno en

los componentes de la grúa, para tomar las acciones necesarias y corregir los problemas en tiempo.

- Fase 5: en esta fase se reunirá toda la información de los costos estimados para el mantenimiento, incluyendo los costos de mano de obra, desgaste de piezas, consumo de aceite y el costo de la inversión en el equipo. Posteriormente, se analizará el costo que representa la hora de uso de la grúa.
- Fase 6: después de analizar la información en la fase cinco, se sugerirá un precio estimado de venta por hora de servicio, basado en el porcentaje de utilidad esperado por la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A. y el precio de mercado que los clientes pagan por el servicio. Este precio es de conocimiento de la empresa, debido a que se ha trabajado en este segmento desde hace cinco años y se prestaba el servicio con la grúa que poseía antes de comprar la National Crane modelo 656.
- Fase 7: al completar las seis fases se analizará toda la información recopilada y se darán las recomendaciones para el mantenimiento, costos y precio de venta por hora del servicio de la grúa National Crane modelo 656.

## 10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El análisis económico se determinará por cada fase del estudio. En la tabla se detalla el costo de cada fase.

Tabla II. **Análisis económico**

| <b>FASE</b> | <b>CONCEPTO</b>   | <b>COSTO (Q)</b> |
|-------------|---|------------------|
| 1           | Llamadas telefónicas, impresión de manuales.                              | 400,00           |
| 2           | Impresión de hojas de <i>checklist</i> .                                  | 150,00           |
| 3           | Análisis de aceite hidráulico, toma de muestras.                          | 400,00           |
| 4           | Tablas de Excel, e impresiones, capacitación de recurso humano existente. | 500,00           |
| 5           | Determinación de costos y análisis de inversión.                          | 0,00             |
| 6           | Estimación de precio de venta.  | 0,00             |
| 7           | Elaboración de reportes.  | 100,00           |
|             | Gastos estimados por combustible y viáticos.                              | 1 000,00         |
|             | <b>TOTAL DE GASTOS ESTIMADOS</b>  | <b>2 550,00</b>  |

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis económico se cuentan con recursos en la empresa Construcción y Suministros de Torres, S. A., se tiene personal capacitado para elaborar actividades en el área de mecánica y personal para operar la grúa. Los trabajos que se realizarán para el estudio serán realizados en la bodega de la empresa y solamente se subcontratará la empresa que realice el análisis de aceite.

En la primera fase se estima hacer llamadas a la casa matriz, con el fin de obtener más información sobre los componentes de la grúa y sus manuales, para imprimirlos posteriormente y que quede una copia en la empresa. En la segunda fase se dejará un talonario con el *checklist* de la grúa para las actividades de revisión antes de realizar cualquier actividad de campo.

Para la tercera fase se estima el gasto del análisis del aceite existente como primer paso para programar los mantenimientos de la grúa. En las fases posteriores los gastos serán de impresión de papelería y elaboración de un archivo para llevar un registro de todo lo concerniente a la grúa. Por último, se estiman los gastos de combustible y viáticos para realizar los movimientos necesarios en la determinación del mantenimiento de la grúa.

## 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presenta en la tabla III la descripción de las tareas a ejecutar y el período programado para su inicio y finalización.

Tabla III. **Cronograma de actividades**

| FASE | ACTIVIDAD                                | Noviembre 2015 |    |    |    | Diciembre 2015 |    |    |    | Enero 2016 |    |    |    | Febrero 2016 |    |    |    | Marzo 2016 |    |    |    | Abril 2016 |    |    |    |
|------|--|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|------------|----|----|----|--------------|----|----|----|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
|      |  | S1             | S2 | S3 | S4 | S1             | S2 | S3 | S4 | S1         | S2 | S3 | S4 | S1           | S2 | S3 | S4 | S1         | S2 | S3 | S4 | S1         | S2 | S3 | S4 |
| 1    | Recopilación de información              | ■              | ■  |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
|      | Generación de lista de repuestos         |                |    | ■  | ■  |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
| 2    | Implementación de plan de mantenimiento  |                |    |    |    | ■              | ■  | ■  | ■  |            |    |    |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
|      | Determinación de costo estimado de mant. |                |    |    |    |                |    |    |    | ■          | ■  |    |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
| 3    | Elaboración de lista de chequeo          |                |    |    |    |                |    |    |    |            | ■  | ■  |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
|      | Instrucción a operador de grúa           |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    | ■  | ■  |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
| 4    | Análisis de aceite hidráulico            |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    | ■  | ■            |    |    |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
|      | Análisis de resultados de reporte        |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    | ■  |    |            |    |    |    |            |    |    |    |
| 5    | Determinación de costos estimados        |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    | ■  | ■  |            |    |    |    |            |    |    |    |
|      | Análisis de inversión                    |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    |    |    | ■          | ■  |    |    |            |    |    |    |
| 6    | Análisis de precio de venta de servicio  |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    |    |    |            |    |    | ■  | ■          |    |    |    |
| 7    | Elaboración de reporte                   |                |    |    |    |                |    |    |    |            |    |    |    |              |    |    |    |            |    |    |    |            |    | ■  |    |

Fuente: elaboración propia.



## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez Moltalvo, Reinaldo, (2012). *Influencia de los costos de mantenimiento en la toma de decisiones*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Influencia-costos-mantenimiento.pdf>.
2. Caterpillar, (2000). *Programa S.O.S. para toma de muestra de aceite*. Obtenido de <http://gentracbelize.com/archivos/2014/03/Como-tomar-una-buena-muestra-de-aceite.pdf>.
3. Contenedores y Módulos SAC. (2 de agosto de 2015). *Historia de la grúa en la Antigüedad*. Obtenido de <http://www.contenedoresymodulos.com/noticias/historia-de-la-grua-en-la-antiguedad/>.
4. Delgado, Humberto, (24 de julio de 2010). *Máquina de carga “La Grúa”*. Obtenido de artículo Universidad Tecnológica de Panamá.
5. Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá, (septiembre 15 de 2003). *Manual de camiones grúa con brazo articulado*. Obtenido de <http://www.etb.com.co/cyp/Uploads/Procesos/Archivo201407040717306245452.pdf>.

6. [gruasbarcelona.wordpress.com](http://gruasbarcelona.wordpress.com) (21 de mayo de 2009). *Historia de la grúa*. Obtenido de <http://gruasbarcelona.wordpress.com/2009/05/21/historia-de-la-grua/>.
7. Guillén Fernández, Luis Guillermo, (mayo de 2007). *Procedimiento para el análisis de muestras de aceite usado en la agroindustria*. Tesis Maestro en Artes de Ingeniería de Mantenimiento.
8. Mion, Nathanael, (febrero de 2012). *Rotación del inventario (ciclos del inventario)*. Obtenido de <http://www.lokad.com/es/definicion-rotacion-del-inventario>.
9. Monroy Bernal, William José, (octubre de 2013). *Determinación de la rutina de mantenimiento predictivo como resultado del análisis de muestras de aceite usado para un motor de combustión interna marca John Deere modelo 6081*. Tesis de Ingeniería Mecánica, USAC.
10. Montacargas Zapler, (2 de febrero 2013). *La importancia del engrase de la grúa articulada*. Obtenido de <http://noticias.zapler.com/?p=170>.
11. Ramírez Hernández, Julio, (mayo 2007). *Plan de lubricación para el mantenimiento mecánico para la maquinaria pesada utilizada en movimiento de tierra, en la industria de la construcción, por Topso Construcciones S. A.* Tesis de Maestría Ingeniería de Mantenimiento.

12. Sánchez Ángeles, Angélica, (diciembre 2014). *Costos estimados*. Licenciatura en Contaduría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
13. Sapián, Gonzalo. (5 de abril de 2014). *Grúas torre*. Obtenido de <http://gruastorregonzalosapiain.blogspot.com/2014/04/gruas-torre-el-motor-de-la-obra.html>.
14. Tamborero del Pino, José, (2010). *Grúas articuladas sobre camión*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, España.

