



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5
TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA**

Gustavo Adolfo Perdomo Avendaño

Asesorado por el Mtro. Ing. Wellington Emilio Vásquez Santos

Guatemala, agosto 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5
TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GUSTAVO ADOLFO PERDOMO AVENDAÑO

ASESORADO POR EL MTRO. ING. WELLINGTON EMILIO VÁSQUEZ
SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
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 UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5 TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha de marzo de 2020.

Gustavo Adolfo Perdomo Avendaño

Ref. *EEPFI-552-2020*
Guatemala, 18 de mayo de 2020

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5 TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA**, presentado por el estudiante **Gustavo Adolfo Perdomo Avendaño** carné número **200611080**, quien optó por 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 en Artes en Ingeniería de Mantenimiento.

Y 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 Décimo, 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.

Mtro.

Atentamente,

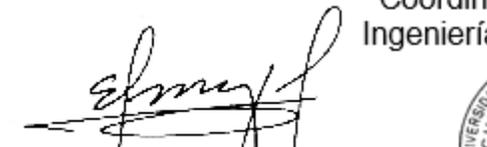
"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Wellington Emilio Vásquez Santos
Asesor

Ingeniero Electrónico
Wellington Emilio Vásquez Santos
Maestro en Artes en
Ingeniería de Mantenimiento
Colegiado No. 11,627


Mtro. Rocío Carolina Medía Galindo
Coordinadora de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento




Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-045-2020

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 Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5 TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA**, presentado por el estudiante universitario Gustavo Adolfo Perdomo Avendaño, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, Mayo de 2020



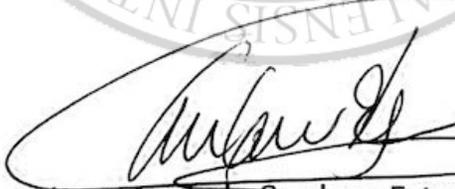
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 217.2020.

La Decana 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, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CABLES DE ACERO DE CALIBRE DE HASTA 1 PULGADA EN GRÚAS FIJAS DE 2 A 5 TON EMPLEANDO LA NORMA ISO 4309-2017 EN EL ÁREA METROPOLITANA**, presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Adolfo Perdomo Avendaño**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2020

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, salud, fuerza e inteligencia para lograr esta meta.
Mis padres	Gustavo Perdomo Castillo y Aura Avendaño Solares por ser ejemplo, inspiración y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.
Mi hermano	Byron Estuardo Perdomo por dejarme un ejemplo de lucha y esfuerzo.
Mi abuelo	Gustavo Perdomo García por ser mi ejemplo de vida, dejándome un legado de amor, pasión y dedicación.
Mis familiares	Por apoyarme en mi carrera estudiantil y en diferentes momentos personales.
Mis amigos	Quienes no dejaron de creer y de apoyar un sueño que hoy logro concluir.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. General	11
5.2. Específicos.....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	17

7.1.	Mantenimiento	17
7.1.1.	Concepto general	17
7.1.2.	Importancia.....	17
7.1.3.	Tipos de mantenimiento	18
7.2.	Grúas	19
7.2.1.	Concepto	19
7.2.2.	Características de la grúa	19
7.2.3.	Factores para uso de la grúa	19
7.2.4.	Elementos de una grúa	20
	7.2.4.1.Elementosestructurales	
	20	
	7.2.4.2.Carriles y ruedas	20
	7.2.4.3.Elementos de elevación	22
	7.2.4.4.Elementos de transmisión.....	23
	7.2.4.5.Dispositivos de suspensión.....	23
7.2.5.	Tipos de grúa.....	25
	7.2.5.1.Grúa puente	25
	7.2.5.2.Grúa suspendida	26
	7.2.5.3.Grúa pórtico.....	27
	7.2.5.4.Grúa giratoria	28
	7.2.5.5.Grúa autopropulsada	29
7.3.	Cables de acero.....	30
7.3.1.	Concepto	30
7.3.2.	Elementos de un cable.....	31

	7.3.2.1. Alambres de acero	32
	7.3.2.2. Torones	32
	7.3.2.3. Alma	32
	7.3.3. Construcción de un cable.....	33
	7.3.4. Aplicaciones	36
7.4.	Normativas internacionales	36
	7.4.1. Organización ISO	37
	7.4.2. Historia.....	37
	7.4.3. Aplicaciones	37
	7.4.4. Beneficios de las normas ISO	37
8.	ÍNDICE PROPUESTO DE CONTENIDOS.....	39
9.	METODOLOGÍA	41
	9.1. Enfoque.....	41
	9.2. Diseño	41
	9.3. Tipo	42
	9.4. Alcance	42
	9.5. Variables e indicadores	42
	9.6. Fases	44
	9.7. Resultados esperados	45
	9.8. Población y muestra	45
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	47

11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	49
12.	FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	51
13.	REFERENCIAS	53
14.	APÉNDICE.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	14
2.	Perfil carril <i>burbach</i>	21
3.	Perfil carril de <i>vignole</i>	21
4.	Perfiles de carriles llantones.....	22
5.	División de elementos de transmisión	23
6.	Dispositivos de sujeción	25
7.	Puente-grúa	26
8.	Grúa suspendida.....	27
9.	Grúa pórtico	28
10.	Grúa giratoria	29
11.	Grúa autopropulsada	30
12.	Cable de acero.....	31
13.	Composición de un cable de acero	31
14.	Torones de un cable de acero	32
15.	Tipos de alma	33
16.	Construcción Seale.....	34
17.	Construcción <i>filler</i>	35
18.	Construcción Warrington	36
19.	Cronograma de actividades.....	49

TABLAS

I.	Operativización de variables	42
II.	Presupuesto.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grados de giro
&	Nombrado como et y si significado es <<y>>
PULG	Pulgada
TON	Tonelada

GLOSARIO

Falla	Es un defecto encontrado en algún objeto ya sea desde su fabricación o por uso continuo
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización)
Inspección	Exploración física que se realiza a través de una visita
Mantenimiento	Conservación de un objeto en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
Procedimiento	Método o sistema estructurado para ejecutar algunas cosas
Sistematización	Organización, clasificación conforme a un orden o sistema establecido

1. INTRODUCCIÓN

Las grúas son equipos claves en muchos de los procesos de producción en Guatemala. Estas pueden variar en características como tamaño, capacidad, distancias, piezas móviles y si son estáticas o móviles. Sin embargo, la pieza clave de estos equipos es el cable de acero, ya que es la unión entre la grúa y la carga a levantar.

Este trabajo busca una sistematización del mantenimiento de los cables de acero, ya que en Guatemala existe el problema de no contar con un procedimiento para realizar dicho mantenimiento respaldado por una norma.

Todos los mantenimientos se hacen de acuerdo a recomendaciones del fabricante ya sea del cable de acero o de fabricante de la grúa, sin embargo, los anteriores no contemplan condiciones ambientales, trabajo expuesto entre otros factores situacionales que se pueden presentar.

El tener un plan de mantenimiento preventivo basado en una norma ISO, la cual es un estándar internacional, genera la confianza de poder implementarlo y entender que se están tomando en cuenta las variables necesarias para buscar obtener el tiempo de vida ofrecido por el fabricante.

El crear un plan de mantenimiento para cables de acero busca tener beneficios en diferentes aspectos, como el económico, donde se buscará que la eficiencia del sistema sea la adecuada logrado por un desempeño idóneo del cable; seguridad, donde se buscará tener un procedimiento de inspección para determinar el estado del cable y poder detectar fallas antes de tener una fatalidad o un daño a la propiedad que puede afectar de igual manera a las personas y a la empresa.

El trabajo tiene una secuencia donde como primer punto se buscará el analizar el estado actual de los cables de acero de grúas estáticas seleccionadas en una muestra, luego se revisarán los reportes de mantenimiento realizados con el objetivo de determinar la efectividad de la inspección efectuada y los alcances obtenidos. Como segunda fase se buscará definir un procedimiento de inspección adecuada para los cables de acero, la cual será la base del procedimiento de mantenimiento para los cables.

El trabajo de investigación se compone de varias fases, dentro de las cuales se tiene: Inicio, construcción, unificación y revisión. En la primera fase se tiene contemplado hacer una inspección física evaluando el estado actual de los cables de acero, continuando con la recopilación de información de los mantenimientos realizados en un periodo de 2 años previos. Luego se revisará la norma ISO 4309 para tomar las indicaciones y recomendaciones básicas del cuidado de cables de acero. En la siguiente fase se realizará un inventario de las grúas que se utilizadas y como parte final se elaborará el plan de mantenimiento preventivo para los cables.

El plan de mantenimiento tiene una factibilidad amplia, ya que la empresa donde se desarrollará, tiene la necesidad de un procedimiento adecuado, debido a la criticidad que presenta el equipo dentro de sus operaciones, siendo este fundamental para el mantenimiento de maquinaria especializada, actividad desarrollada diariamente.

El trabajo de investigación es factible ya que cuenta con todo los recursos necesarios para desarrollarse, como lo son factores económicos, mano de obra y tiempo de ejecución. La necesidad de un plan de mantenimiento preventivo radica en la importancia de las grúas, estas son claves en el taller ya que son

utilizadas diariamente, beneficiando así a la empresa en el desarrollo adecuado de sus procesos y al personal en tener equipos confiables y seguros.

En el capítulo I de la investigación se desarrollará el marco teórico, para ellos se definirán los conceptos de mantenimiento, tipos de mantenimiento presentes en la industria. Se desarrollará el concepto de cable de acero incluyendo su conformación y partes del mismo y cerrando las conceptualizaciones de establecerán los conceptos básicos de la norma ISO 4309-2017, iniciando con la historia de las normas ISO, sus objetivos y como se conforman la mismas.

En el capítulo II se hará el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III se hará la presentación de resultados.

En el capítulo IV se hará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Espejo y Martínez (2007) describen la evaluación de 5 fallas básicas en los cables de acero tomando 10 muestras de cables de transmisión de potencia, teniendo en cuenta que cada uno de los 5 tipos de fallos pueden tener dos variables. Este artículo tiene un aporte práctico en el trabajo de investigación ya que presenta resultados concretos que servirán como parámetro de análisis. La metodología de análisis que se utilizó fue evaluar las 10 muestras de fallas encontradas, se evaluaron visualmente por medio de radiografías y microscopios y se concluyó que todas las fallas son progresivas y la que mayor presencia tiene es la fatiga.

Ossa y Paniagua (2005) explican que el análisis busca evaluar la falla de un cable en trabajo normal sin sobre esfuerzo, ya que toda la carga se trabajó debajo de la carga nominal. Este artículo tiene un aporte práctico ya que permitirá tomarla como ejemplo para analizar adecuadamente un cable desde el punto de vista físico y el resultado de este, la metodología utilizada fue la toma de dos muestras de cable a 2 cm de la ruptura, logrando realizar pruebas microscópicas y metalográficas lo que logro concluir que el cable tuvo la falla por fatiga debido a mala manipulación del cable.

Verbal (1987) describe las posibles causas de fallas en un puente grúa de gran capacidad, buscando con esto el no afectar el factor económico de la empresa. Este artículo tiene un aporte metodológico ya que nos proporciona la metodología de determinar las fallas a tiempo, la metodología fue evaluar las variables que afectan las fallas en un puente grúa como lo son defectos de diseño, aumento de cargas, desgastes generales y fallas de mantenimiento y concluye evidenciando que los factores recomendados para reducir las fallas

son realizar un mantenimiento adecuado, inspeccionar el equipo periódicamente y que él mismo sea operado por alguien capacitado.

Gómez V. y Winches B. (2003) describen un análisis de cable por falla en un barco de carga de 22 toneladas, el cual falló por ruptura en trabajo normal. Este artículo genera un aporte práctico ya que nos proporciona casusas y características para determinar la falta de mantenimiento en los cables; La metodología de este estudio fue la inspección visual del cable que fallo tomando los tres trabajos a los que se somete el mismo, que son, tracción, flexión y fricción, los cuales siendo un conjunto exigen total capacidad del cable. Concluye evidenciando que el cable presenta falla por acumulación de corrosión a falta de mantenimiento y una buena lubricación.

Aguilar Parés y García de la Figal Costales (2008) describen que una herramienta con tecnología puede ser eficiente en la determinación de la fuerza estimada en la falla de un cable. Este tiene un aporte metodológico ya que define normas y metodologías de análisis claves, ya que su enfoque es analizar la teoría que determina la fuerza a la que falla un cable de la norma ISO, GOST y DIN, definiendo que cada norma tiene sus variantes, pero todas nacen de la norma ISO, se concluye que el método de elemento finitos que es la evaluación grafica de un cable por medio de un sistema de cómputo tiene un porcentaje de asertividad mayor a lo que la teoría presenta.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es el deterioro acelerado con aumento de probabilidad de falla para los cables de acero presentes en grúas de carga.

Esto se evidencia en que el mantenimiento que se les presta a los equipos incluye una revisión general de todo mecanismo, sin embargo, esto no tiene un estándar establecido para el cable de acero de una grúa, no hay una norma de respaldo que garantice que el trabajo realizado mantendrá las características del equipo y prolongará su vida útil.

El problema se presenta durante la operación en el taller de mantenimiento de maquinaria pesada, perteneciente a la gerencia de servicios, donde tiene lugar el uso de grúas giratorias de 360° y grúas puentes de capacidades de 2 a 5 toneladas, donde el cable de acero que conecta el brazo de la grúa es el mecanismo que mayor desgaste presenta. Si se define el procedimiento de mantenimiento basado en la norma ISO 4309-2017, se podrá espaldar que los trabajos de inspección, mantenimiento y reparación prologarán la vida útil del cable y se podrá evidenciar cuando el cable ya presenta síntomas que pueden provocar una falla, de no tenerse este se corre el riesgo de tener una falla no detectada ocasionando pérdidas económicas por daño a los equipos trabajados y daños físicos en el personal que pueden provocar hasta la muerte.

Pregunta central

¿Cómo se puede prolongar la vida útil de los cables de acero calibre de hasta 1 pulgada en grúas fijas de 2 a 5 ton?

Preguntas específicas

- ¿Cómo se puede definir el estado físico de los cables acerados de diámetros de hasta 1.0 pulgada que se utilizan en grúas de talleres de servicios?
- ¿Cómo se puede establecer en qué condiciones físicas del cableado de la grúa para definir el reemplazo?
- ¿Qué procedimientos técnicos deben incluirse en el plan de mantenimiento preventivo para un cable acerado?
- ¿Cómo se puede comunicar las características que definen la posible falla de un cable de acero?

4. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de graduación busca aportar un plan de mantenimiento preventivo para cables de acero de calibre de hasta 1 pulgada en grúas fijas de 2 a 5 ton empleando la norma ISO 4309-2017, el mismo es relacionado a la línea de investigación *Normalización del mantenimiento: Fundamentos de técnicas de mantenimiento con base a normas internacionales*. En su apartado número dos *Mejora de sistemas técnicos basados en normas y estándares internacionales*, del programa de la maestría en Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este documento busca eliminar la ausencia de un estándar adecuado para garantizar el mantenimiento de los cable de acero, el cual si bien es definido para un calibre adecuado, podrá ser la base para otros, beneficiando así a la empresa que posee equipos de este tipo, alargando su vida útil, sin embargo hay que destacar que los beneficiarios directos son los operarios y técnicos que realizan trabajos con estos equipos ya que se reduce la probabilidad de un accidente por falla, garantizando así evitar la pérdida de una vida o lesiones que limiten de por vida al operario, un beneficiario indirecto es la empresa que presta el servicio de mantenimiento, ya que este procedimiento garantiza la eficiencia de su trabajo.

Todo lo anterior tiene algunas ventajas como el poder garantizar que el riesgo de un accidente por falla se reduzca, el tiempo y la frecuencia de mantenimiento sea el adecuado, lo que genera reducción de costos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una propuesta para un plan de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de cables de acero de calibre de hasta 1 pulgada en grúas fijas de 2 a 5 ton empleando la norma ISO 4309-2017.

5.2. Específicos

- Determinar el estado físico de los cables acerados de diámetros de hasta 1 pulgada que se utilizan en grúas de talleres de servicios en una empresa de maquinaria pesada por medio de inspecciones físicas y revisión de informes de mantenimiento.
- Establecer los parámetros de sustitución con base en los indicadores de la frecuencia de falla para la sustitución del cable de acero.
- Establecer los procedimientos técnicos para la planificación efectiva del mantenimiento preventivo de un cable acerado basado en la Norma ISO 4309-2017.
- Establecer vías de comunicación amigables para dar a conocer a los colaboradores los parámetros de catalogación de un cable en mal estado.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

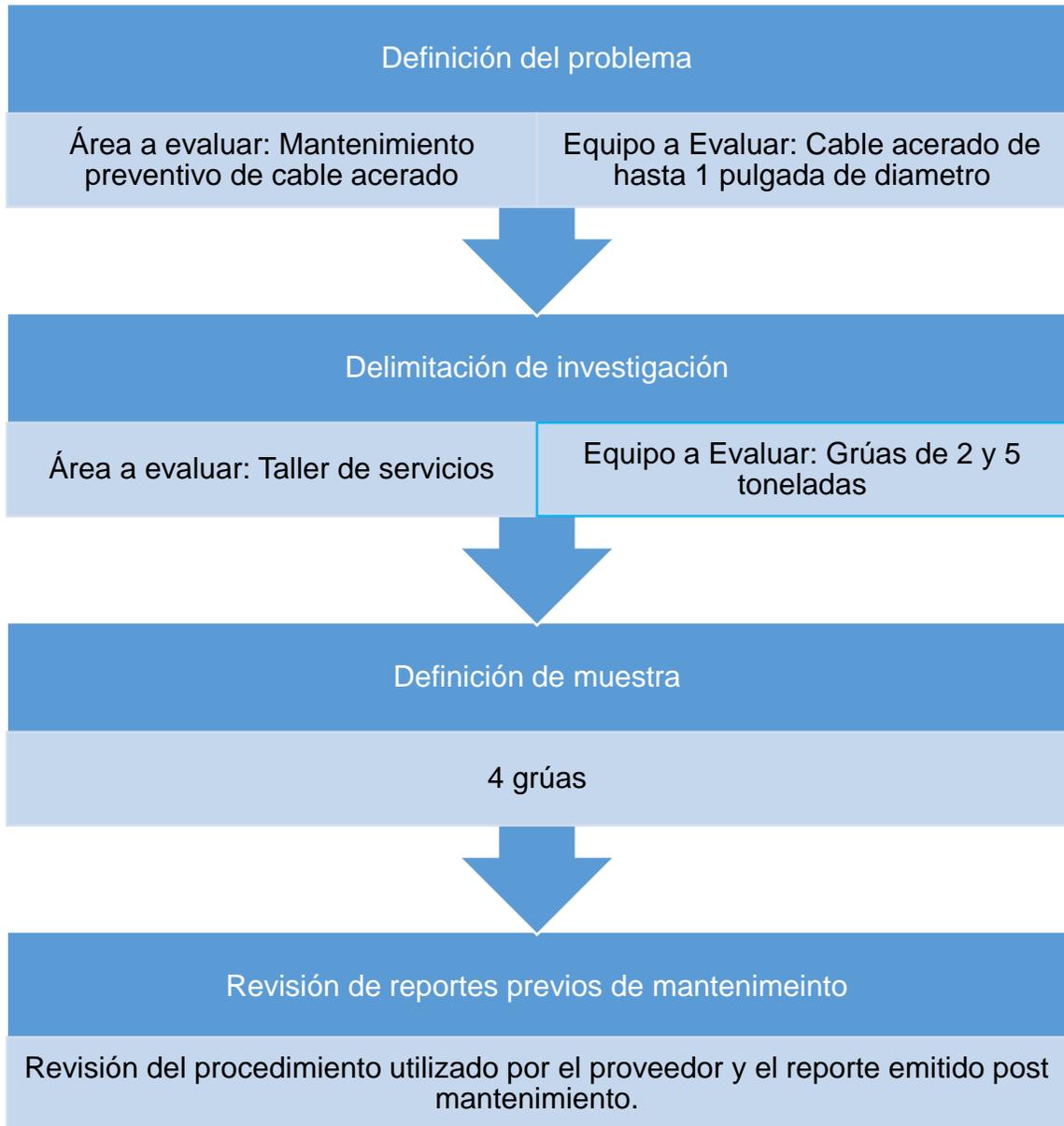
El trabajo de graduación pretende cubrir la necesidad de un plan adecuado para el mantenimiento preventivo de cables de acero los cuales son utilizados en grúas estáticas con capacidades de 2 y 5 toneladas, los cables poseen un diámetro de hasta 1 pulgada, que en Guatemala no existe ninguna empresa que tenga un proceso certificado para garantizar que el mantenimiento realizado, el cual cumpla con mantener y prologar la vida útil del equipo y así reducir el riesgo de una falla dentro de la operación.

Este procedimiento al basarse en una norma ISO garantiza que los estándares son de nivel mundial, en la actualidad en el país no existe procedimiento o empresa que haya incurrido en la certificación del mismo, ya que se trabaja de manera empírica o basándose en experiencias, sin embargo hay que resaltar que el uso de cables de acero es constante en la industria, ya que es un equipo con indefinidas aplicaciones y aun así no se ha estandarizado el mantenimiento del mismo.

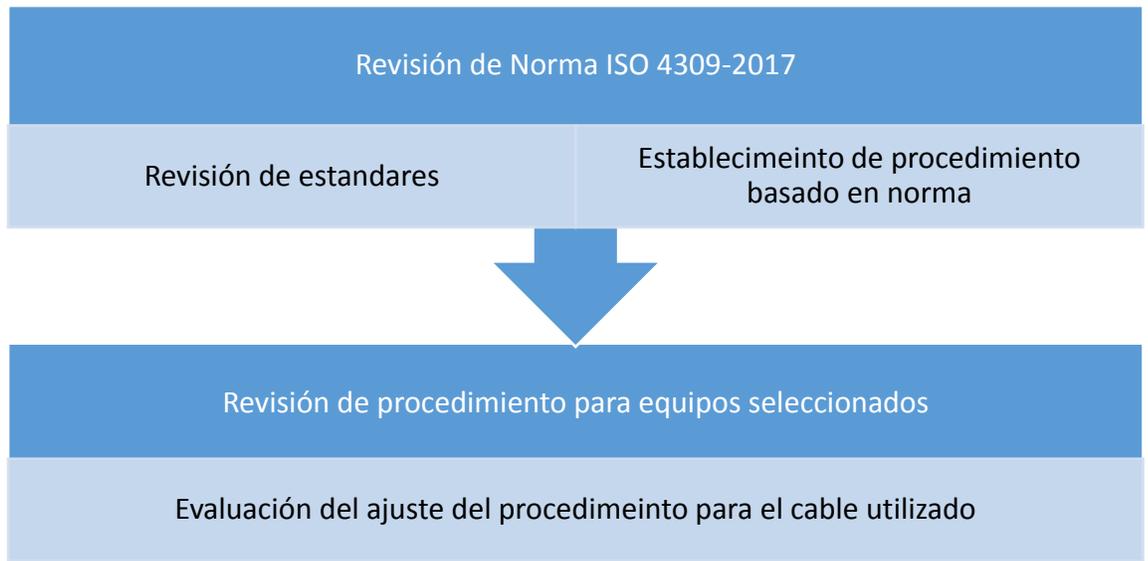
Este trabajo constará de 4 fases, en la primera fase se documentará la conceptualización de los cables de acero y los antecedentes del problema. En la segunda fase se realizará un diagnóstico del estado actual de los cables de la muestra definida, realizando inspecciones visuales y revisión de reportes de mantenimiento, los cuales se documentarán por medio de fotografías y llenado de listado de inspección. En la tercera fase se definirá el procedimiento adecuado de inspección basado en la Norma ISO 4309-2017, buscando dejar el estándar para inspecciones futuras.

En la última fase se definirá los aspectos técnicos para la planificación de un mantenimiento preventivo para los cables de acero.

Figura 1. **Esquema de solución**



Continuación figura 1.



Fuente: elaboración propia

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento

El mantenimiento es la clave para que todo equipo instalado en una planta funcione correctamente, logrando así dos objetivos, del lado productivo, la eficiencia del proceso se la óptima, del lado del equipo, el equipo alcance la vida útil señalada por el fabricante y en algunas ocasiones sea aún más larga.

7.1.1. Concepto general

Rey (2001) define que el mantenimiento es conjunto de técnicas que garantizaran el uso correcto de las instalaciones y funcionamiento adecuado de la maquinaria de producción.

Gómez (1998) establece que el mantenimiento es la búsqueda de mantener en un estado correcto y funcional los equipos e instalaciones.

Tavares (1996) define al mantenimiento como las acciones que se necesitan para que un ítem sea conservado en sus condiciones especificadas.

7.1.2. Importancia

Rey (2001) define que el adquirir una máquina para producir es la parte inicial de todo proceso, sin embargo el mantenimiento es importante debido a que este hará que el tiempo de vida de la misma se mantenga, conociendo que el valor del mantenimiento ira aumentado con el pasar del tiempo.

Tavares (1996) define que en la actualidad en las empresas todos los procesos se ven como eslabones de una cadena, sin embargo el

mantenimiento ha llegado a ser uno de los más importantes ya que de ellos depende que el funcionamiento sea el adecuado, teniendo un impacto directo sobre el sistema.

7.1.3. Tipos de mantenimiento

Rey (2001) establece que existen superación a los conceptos actuales de los tipos de mantenimiento, por tal razón define los siguientes:

- Mantenimiento preventivo sistemático: este superando al mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento predictivo: este superando al mantenimiento preventivo sistemático.

Sin embargo esto va a depender del sistema de gestión de la empresa donde se apliquen los conceptos, situación que evita la veracidad total del concepto anterior.

Gómez (1998) define que existen clasificaciones del mantenimiento, sin embargo estas pueden diferir en su etapa de aplicación dentro de la empresa, sin embargo establece los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total

Tavares (1996) establece que existen diferencias entre dos tipos de mantenimiento, preventivo y correctivo, estos al tener subdivisiones generan divergencias entre sus fronteras definidas.

7.2. Grúas

Las grúas son equipos claves en muchos procesos industriales, ya que la movilización de productos, es una actividad fundamental para que un proceso sea eficiente.

7.2.1. Concepto

Comesaña (2010) define que las grúas son uno de los elementos más utilizados en el concepto de elevación y transporte de materiales, teniendo actualmente una gran diversificación, la cual genera ventajas las cuales en los años 60 no se tenían, lo cual presentaba grandes problemas.

7.2.2. Características de la grúa

Comesaña (2010) establece que las grúas tienen una gran cantidad de características las cuales las hacen adecuadas para el trabajo, sin embargo se enumeran las más importantes:

- Capacidad de maniobra
- Elevación y transporte
- Maximización de espacio
- Manejo de cargas variables

7.2.3. Factores para uso de la grúa

Comesaña (2010) dispone que una grúa no será útil si esta no cumple con los requisitos que una empresa necesita, para poder cumplir con ellos antes de hacer una instalación de un equipo se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Capacidad de carga
- Factores de seguridad
- Velocidades del equipo (giro, elevación, movimientos axiales)

- Movimientos (repetitivos o eventuales)
- Espacio de trabajo

7.2.4. Elementos de una grúa

Una grúa está compuesta por una serie de elementos los cuales hacen que el movimiento de la misma sea eficiente y capaz de soportar cargas, si uno de estos no posee características adecuadas que se complementen entre sí, el riesgo de fallo es inminente

7.2.4.1. Elementos estructurales

Comesaña (2010) establece que los elementos estructurales de una grúa son los destinados a soportar los elementos de elevación y transporte, por tal razón está siempre debe estar sobre dimensionada para cumplir con los requisitos de seguridad en el trabajo.

Los elementos estructurales no pueden ser estandarizados, estos deben ser diseñados específicamente para el trabajo que se va a realizar, ya que se contempla lugar de trabajo, cargas, ubicación, movimiento entre otros.

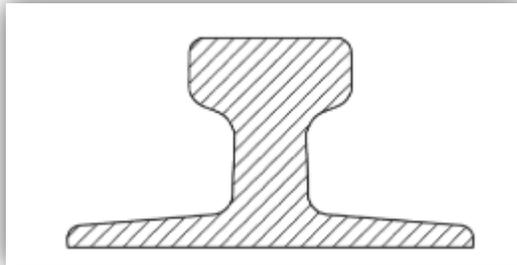
El material más utilizado para los elementos estructurales son vigas de acero en sus diversas presentaciones, usándose de manera individual como en diseños complejos.

7.2.4.2. Carriles y ruedas

Comesaña (2010) establece que los carriles y ruedas son factores primordiales en el uso de una grúa, ya que la carga luego de ser elevada, esta debe tener movimiento. Las ruedas y carriles tienen una relación directa ya que la rueda viene definida en base al carril donde se recorrerá, por tal razón se enumeran carriles en función de su uso:

- Carriles *burbach*: destinados a ser utilizados en grandes cargas.

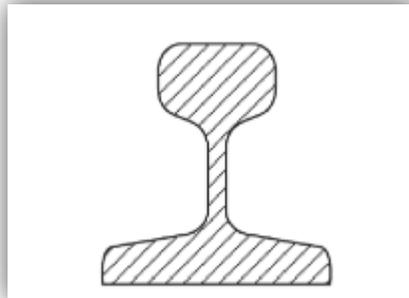
Figura 2. **Perfil carril *burbach***



Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

- Carriles *vignole*: estas son utilizadas en bases de hormigón, y estos carriles poseen un elevado módulo de resistencia.

Figura 3. **Perfil carril de *vignole***

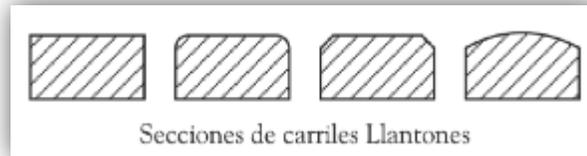


Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

- Carriles llantones: también llamados carriles ordinarios y estos se utilizan para rodadura sobre perfiles laminados, estos pueden ser:
 - Rectangulares
 - Esquinas superiores redondeadas
 - Esquinas angulares

- Lado superior curvo

Figura 4. **Perfiles de carriles llantones**



Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.4.3. Elementos de elevación

Comesaña (2010) establece que los elementos de elevación son aquellos encargados del movimiento vertical de la carga, el cual hoy en día ya es realizado por equipo eléctrico. Este elemento de la grúa también tiene secciones, las cuales son:

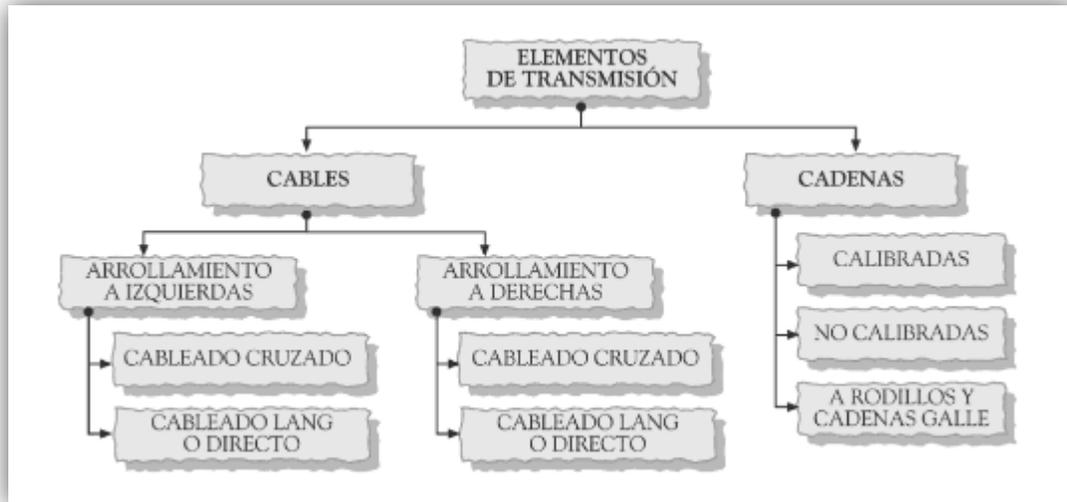
- Motores, reductores y engranajes: estos en general vienen en un sistema ya armado, el cual varará su velocidad en base a la relación de engranajes y de la fuerza a aplicar en la tarea.
- Embragues y frenos: dispositivos que tiene como objetivo proteger los dispositivos tractores de esfuerzos innecesarios al momento de hacer la elevación.
- Tambor de enrollado de cable: Dispositivo donde se busca colocar el cable que no está siendo utilizado al momento de elevar una carga o al momento de estar detenida la grúa. Las normas DIN establecen que el tambor debe tener el tamaño adecuado para permitir el enrollado del cable en una sola cama.

- Elementos de traslación: elementos que permite el movimiento de la carga izada a lo largo de la viga.

7.2.4.4. Elementos de transmisión

Comesaña (2010) define que estos elementos son los encargados de transmitir esfuerzos desde la carga hasta el elemento de elevación, regularmente estos son los cables o cadenas. Actualmente el cable ha sustituido a las cadenas en su totalidad para los equipos con motor, sin embargo las cadenas siguen siendo claves para el uso de polipastos y equipos manuales.

Figura 5. División de elementos de transmisión



Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.4.5. Dispositivos de suspensión

Comesaña (2010) establece que los dispositivos de suspensión son lo que se encargan de la sujeción y anclaje de la carga a ser transportada. Cuando se habla de dispositivos de suspensión se refiere a:

- Ancho de ojal
- Gancho de seguridad
- Gancho doble
- Gancho de hojas

El gancho normalmente está montado sobre el elemento de transmisión. Cuando se mencionan a elementos de sujeción, son los dispositivos que abrazan o encierran la carga, ente ellos se tiene:

- Eslingas de acero (cadenas y cables)
- Eslingas de Nylon
- Ménsulas de carga de gran longitud
- Plataformas
- Pinzas o cucharas
- Imanes o electro portadores

Sin embargo en la industria actual se utiliza comúnmente eslingas de metal o de nylon esto debido a su facilidad de manejo y costos.

Figura 6. **Dispositivos de sujeción**

	<p>Eslingas metálicas:</p> <p>Normalmente están construidas con cables o cadenas de acero, que precisan de un mantenimiento exhaustivo.</p>
	<p>Eslingas de nylon:</p> <p>Normalmente son las más usadas debido a su fácil almacenamiento y a que no causan daños a la carga.</p>

Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.5. Tipos de grúa

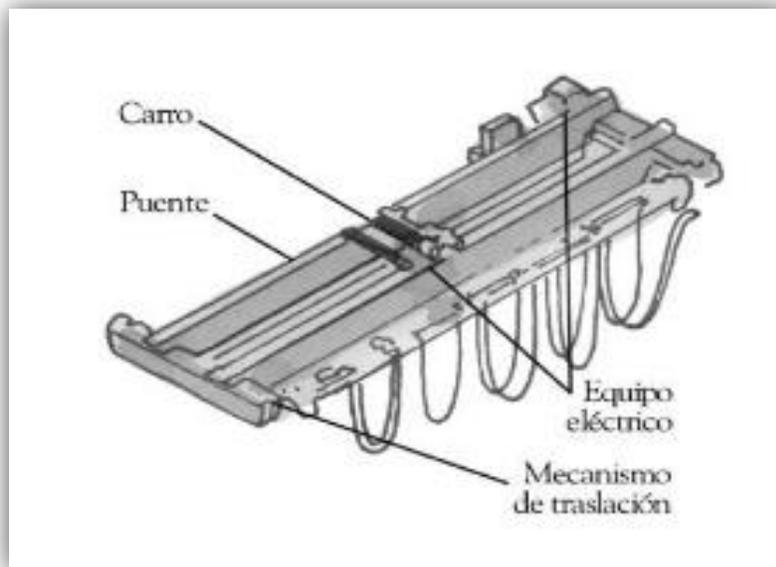
Comesaña (2010) establece que en el mercado actualmente existen una gama amplia de grúas, sin embargo se mencionarán las más utilizadas.

7.2.5.1. Grúa puente

Comesaña (2010) define qué equipo está constituido por una viga simple o combinada, la cual se desplaza por dos carriles colocados sobre la estructura del edificio donde se realiza el trabajo. Esta grúa presenta grandes ventajas como:

- Aprovechamiento del espacio
- Aprovechamiento de la altura
- Gran movilidad
- Instalación de varias grúas en el mismo lugar

Figura 7. **Puente-grúa**

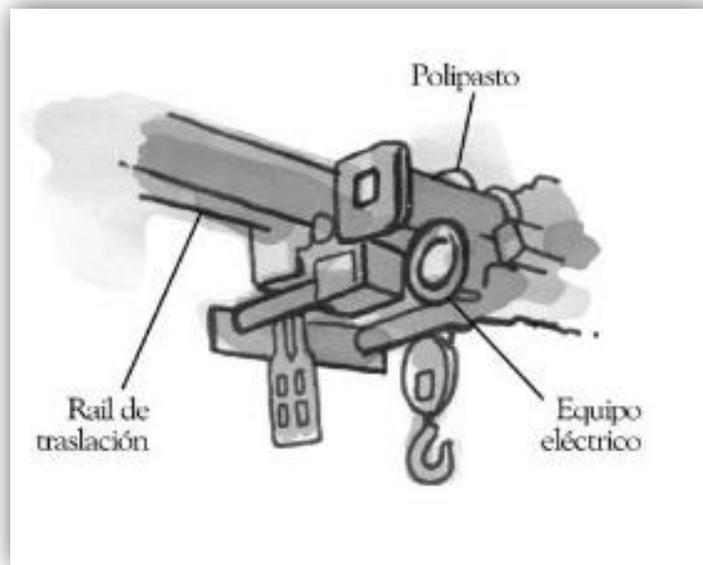


Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.5.2. Grúa suspendida

Comesaña (2010) establece que la grúa suspendida es un polipasto eléctrico el cual se coloca sobre una viga que puede tener movimiento ya sea por rieles o por brazo giratorio. Este equipo está diseñado para cargas no mayores a las 5 toneladas. El equipo es sencillo en operación y movimiento siendo el objetivo de este un movimiento suave.

Figura 8. **Grúa suspendida**

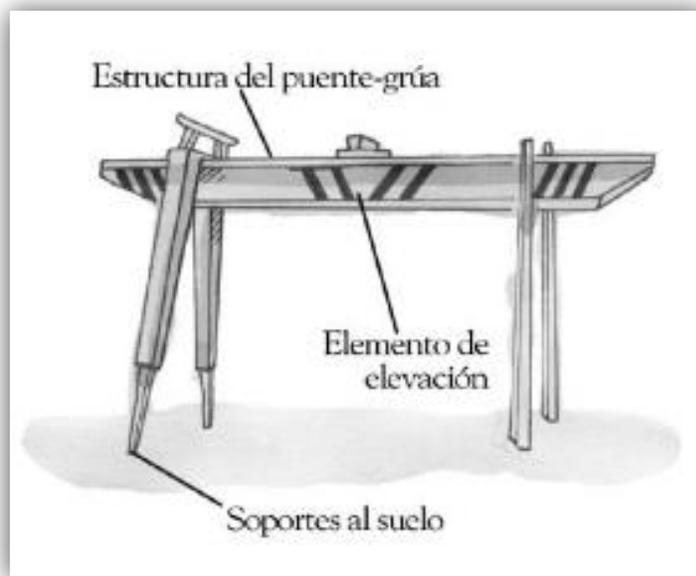


Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.5.3. **Grúa pórtico**

Comesaña (2010) define que la grúa pórtico se resume en una grúa puente montada sobre bases móviles soportadas en el piso, la cual no logra alcanzar cotas de luces elevadas. Estos equipos son utilizados en las afuera de bodegas y edificios, más utilizadas en puertos y grandes estaciones de almacenamiento.

Figura 9. **Grúa pórtico**



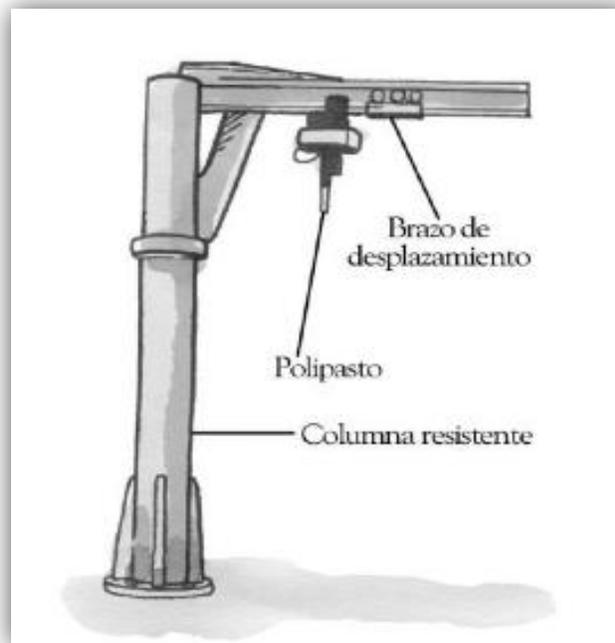
Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.5.4. Grúa giratoria

Comesaña (2010) define que las grúas giratorias son equipos de elevación y transporte donde el movimiento de la carga es circular en su plano axial. Estos equipos se dividen en dos tipos:

- Grúas radiales
- Grúas de plataforma giratoria

Figura 10. **Grúa giratoria**



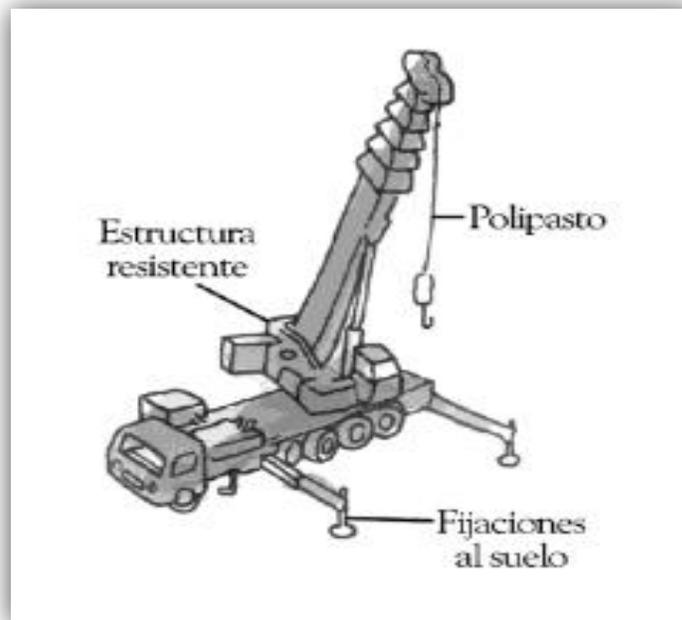
Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

7.2.5.5. Grúa autopropulsada

Comesaña Costas (2010) establece que las grúas autopropulsadas son una variación de las grúas giratorias, donde su diferencia radica en la plataforma donde está montado y el vehículo que lo transporta.

El objetivo principal de estas grúas es poder realizar trabajo en *in situ*, la cual puede requerir una capacidad aumentada para lo cual las plataformas poseen brazos para aumentar área de base.

Figura 11. **Grúa autopropulsada**



Fuente: Comesaña. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas*.

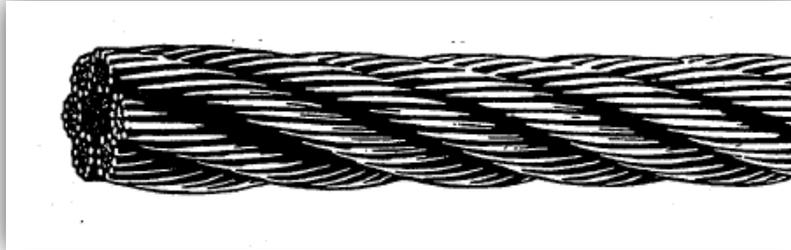
7.3. Cables de acero

El cable de acero es parte fundamental de muchos procesos o equipos, ya que sus objetivos pueden ser múltiples, como por ejemplo transmitir potencia, sujetar equipos, entre otros.

7.3.1. Concepto

CODELCO-Chile (1995) define el cable de acero como un conjunto de alambres de acero trenzados de manera ordenada con el objetivo de desempeñar un trabajo.

Figura 12. **Cable de acero**



Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

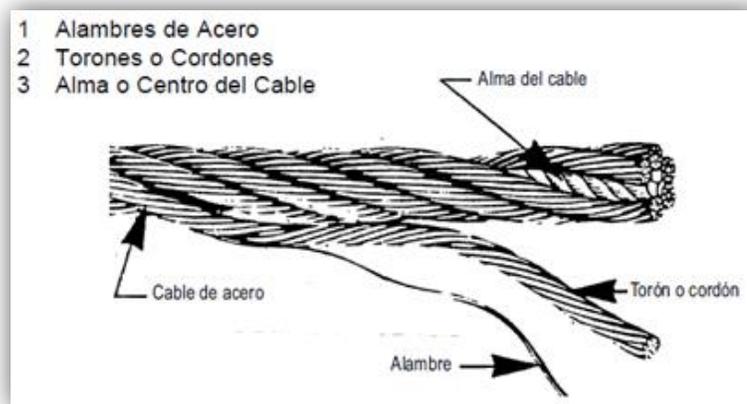
7.3.2. **Elementos de un cable**

Las partes de cable son:

- Alambre
- Torón o cordón
- Alma

Estas se pueden identificar mejor en la siguiente figura:

Figura 13. **Composición de un cable de a cero**



Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

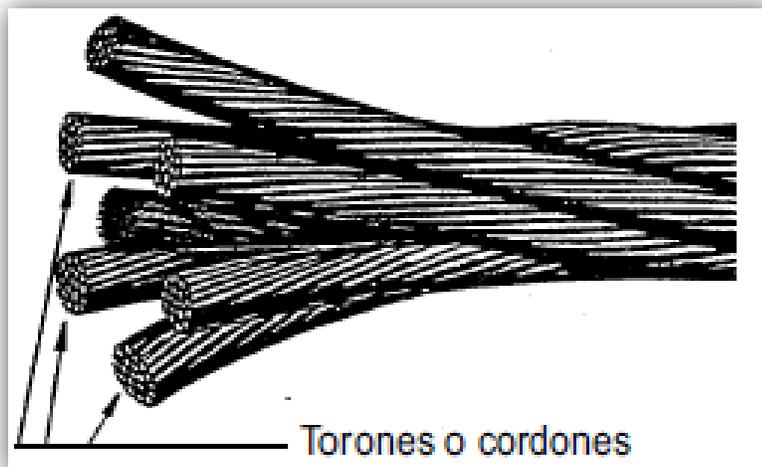
7.3.2.1. Alambres de acero

CODELCO-Chile (1995) define el alambre de acero como “el componente básico en la construcción de un cable” (p.10), que al colocarlos de manera helicoidal formarán un torón.

7.3.2.2. Torones

CODELCO-chile (1995) define un torón como “el conjunto de alambres colocados en una o varias capas y enrollados o trenzados helicoidalmente alrededor de un alambre central o alma” (p. 10).

Figura 14. **Torones de un cable de acero**



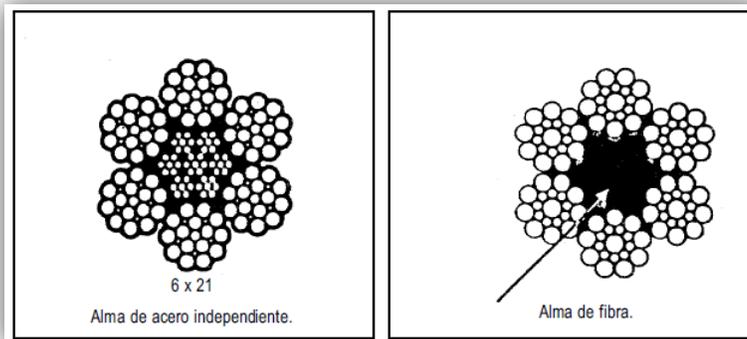
Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

7.3.2.3. Alma

CODELCO-Chile (1995) define “Constituye el núcleo central del cable alrededor del cual se trenzan los torones o cordones y alambres que forman el cable” (p. 11). Los tipos de alma son:

- Alma metálica
- Alma de fibra
- Alma de fibra sintética
- Alma mixta

Figura 15. Tipos de alma



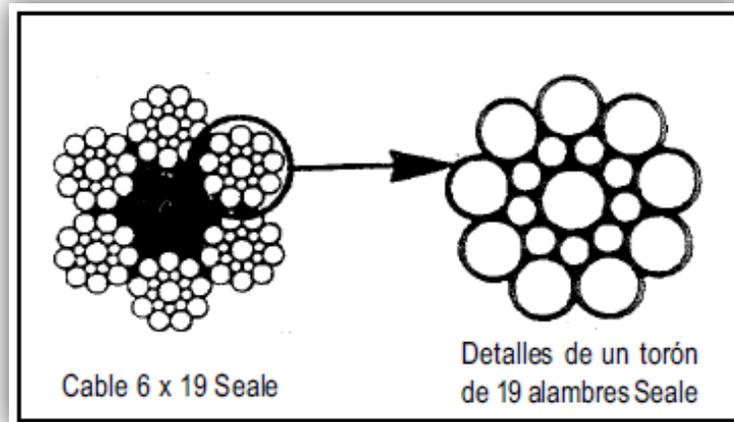
Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

7.3.3. Construcción de un cable

CODELCO-Chile (1995) establece que la construcción de un cable es la forma de combinar los alambres que los conforman, estos se pueden clasificar en tres grupos básicos como lo son: 6 x 7, 6 x 9 y 6 x 37, donde la primera cifra define el número de torones y la segunda el número de alambres. Los anteriores se definen con los siguientes nombres:

- Construcción Seale: construcción conformada por dos capas de alambres de distinto diámetro.

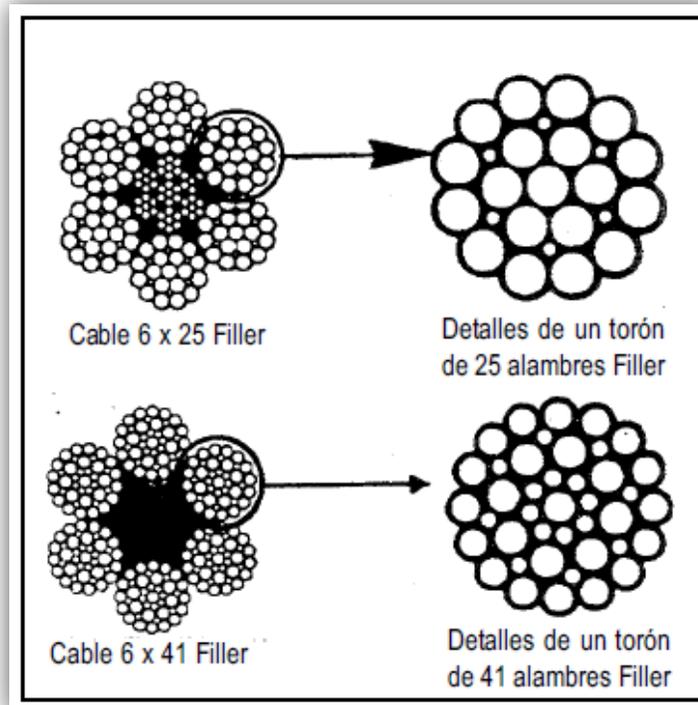
Figura 16. **Construcción Seale**



Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Elingas/Estrobos.*

- Construcción *filler*: construcción de alambres del mismo diámetro, sin embargo los espacios que son dejados entre alambres son llenados con alambres de menor diámetro.

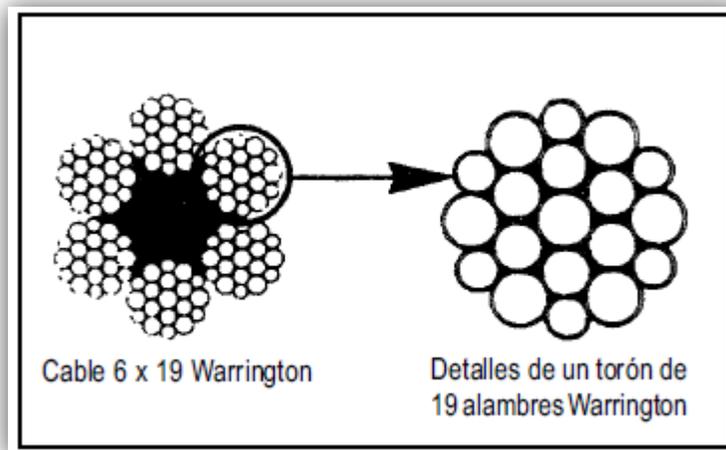
Figura 17. **Construcción filler**



Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

- Construcción Warrington: construcción que se conforma por un centro de alambres del mismo diámetro cubiertos por un capa de alambres de diámetros distintos

Figura 18. **Construcción Warrington**



Fuente: CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos.*

7.3.4. Aplicaciones

CODELCO-Chile (1995) establece que las aplicaciones básicas para un cable de acero son la transmitir movimiento y soportar carga en operaciones de levantado y soporte, las cuales pueden estar en la misma tarea, también menciona que son utilizadas como tirantes o tensores para sujeción de estructuras o equipos.

7.4. Normativas internacionales

Las normativas internacionales son estándares que sirven como respaldo para poder mejorar procesos definidos, ya que definen lineamientos que ayudan a optimizar y actualizar los mismos.

7.4.1. Organización ISO

Para ISO (2019) es una organización de ámbito internacional a la cual pertenecen 164 organizaciones naciones que buscan la normalización, la cual logra reuniendo expertos quienes comparten su conocimiento.

7.4.2. Historia

ISO inicia en el año 1946 donde 25 países se reúnen para crear una organización internacional para la coordinación y unificación de estándares industriales, logrando así en febrero de 1947 iniciar oficialmente su operaciones. ISO (2019)

7.4.3. Aplicaciones

ISO (2019) define que las normas internacionales han hecho que las cosas funcionen ya que estas buscan generar especificaciones de clase mundial para todo proceso que incluya productos, servicios y sistemas con la idea de buscar la calidad, seguridad y eficiencia.

Se han publicado cerca de 22,856 estándares internacionales y documentos relacionados, las cuales han cubierto casi todas las industrias. ISO (2019)

7.4.4. Beneficios de las normas ISO

ISO (2019) define que las normas están presentes en todo actualmente, ya que estas son aplicadas desde zapatos hasta redes inalámbricas, y este proceso de inclusión se ha dado durante los últimos 50 años, lo que significa que en el consumidor se ha generado confianza en los productos ya que estos presentan aspectos de seguridad y de calidad.

8. ÍNDICE PROPUESTO DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Mantenimiento

1.1.1. Concepto general

1.1.2. Importancia

1.1.3. Tipos de mantenimiento

1.2. Grúas

1.2.1. Concepto

1.2.2. Características de las grúas

1.2.3. Factores para uso de grúas

1.2.4. Elementos de una grúa

1.2.4.1. Elementos estructurales

1.2.4.2. Carriles y ruedas

1.2.4.3. Elementos de elevación

1.2.4.4. Elementos de transmisión

1.2.4.5. Dispositivos de suspensión

1.2.5. Tipos de grúa

- 1.2.5.1. Grúa puente
 - 1.2.5.2. Grúa suspendida
 - 1.2.5.3. Grúa pórtico
 - 1.2.5.4. Grúa giratoria
 - 1.2.5.5. Grúa autopropulsada
 - 1.3. Cables de acero
 - 1.3.1. Concepto
 - 1.3.2. Elementos de un cable
 - 1.4. Normativas internacionales
 - 1.4.1. Organización ISO
 - 1.4.2. Historia
 - 1.4.3. Aplicaciones
 - 1.4.4. Beneficios de las normas ISO
 - 1.4.5. Desarrollo de las normas
 - 1.4.6. Norma ISO 4309-2017
- 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En esta sección del trabajo se presentará un conjunto de métodos que describen la forma en la que se pretende desarrollar la investigación.

9.1. Enfoque

El enfoque de la investigación del trabajo de graduación es mixto debido a que en el campo cualitativo la investigación evaluará las características físicas del cable de acero y sus aplicaciones en las grúas, y en el campo cuantitativo se evaluarán tiempos de mantenimiento frecuencias, cargas a las cuales es sometido el equipo evaluado.

9.2. Diseño

El trabajo de graduación es de tipo no experimental ya que el análisis del cable se hará en el carrete de la grúa, las características físicas se determinarán del tipo de cable que se está utilizando evaluando los torones y el alma que tiene.

Los datos de la investigación serán recolectados por medio de fotografías del estado físico del cable y los reportes de mantenimiento que servirán para establecer las falencias que tiene el actual sistema de mantenimiento y poder determinar las mejoras que se tendrán con el procedimiento basado en la norma ISO.

9.3. Tipo

El tipo de estudio es descriptivo, ya que pretende definir un plan de mantenimiento preventivo para cables de acero basado en una norma internacional, en donde solo será evidente sus mejoras en comparación a los procedimientos que se realizan actualmente; este plan no se pondrá en marcha dentro de la empresa.

9.4. Alcance

El alcance metodológico es descriptivo ya que el proyecto no pretende tener una fase donde se ejecute el mismo, sin embargo, la base de norma internacional ISO respalda al procedimiento en cuanto a su confiabilidad y viabilidad.

9.5. Variables e indicadores

En esta investigación las variables a analizar son específicas, ya que la norma establece puntos claves para la revisión, análisis y evaluación.

Tabla I. Operativización de variables

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Determinar el estado físico de los cables acerados de diámetros de hasta 1 pulgada que se utilizan en grúas de talleres de servicios por medio de inspecciones físicas y revisión de informes de mantenimiento	Desgaste Corrosión Hilos reventados	Independiente Cualitativa	Cantidad de fallas encontradas en el cable	Inspección visual Revisión de reporte de mantenimiento	Tabulación de características encontradas y documentación de fotografías (Tabla III, Apéndice)

Continuación tabla I.

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Establecer los parámetros de sustitución con base en los indicadores de la frecuencia de falla para la sustitución del cable de acero	Falla más recurrente	Dependiente Cualitativa	Porcentaje de aparición por longitud total	Tendencia de incidencias de deformación y puntos de corrosión	Hojas de cálculo y gráfica de datos
Establecer los procedimientos técnicos para la planificación efectiva del mantenimiento preventivo de un cable acerado basado en la norma ISO 4309-2017	Norma internacional Parámetros del fabricante	Independiente Cualitativa	Cumplimiento del plan de mantenimiento	Revisión de documentos	Archivo de órdenes de trabajo
Establecer vías de comunicación amigables para dar a conocer a los colaboradores los parámetros de catalogación de un cable en mal estado	Canales de comunicación Información Generada	Dependiente Cualitativa	Número de canales utilizados	Comunicación gráfica	Documentación de información trasladada y su frecuencia

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases

Para lograr el objetivo de este trabajo de graduación se debe cumplir con lo siguiente:

Fase 1: revisión documental.

Esta fase corresponde a la documentación de los antecedentes el cual se fundamentará en el marco teórico relacionado a los cables de acero.

Fase 2: diagnóstico.

Se debe establecer las condiciones de los cables de acero que se utilizan en las muestras definidas, para logra la recopilación de estos se debe tener una inspección visual de los mismos, esto se documentará por medio de fotografías, esto se complementará con la revisión de los informes mantenimientos previos realizados a las grúas en los dos años previos, todo lo anterior será documentado por medio de programas de cálculo.

Fase 3: análisis.

En esta fase se evaluarán los datos que se obtuvieron en la fase anterior, buscando generar tendencias en base a la frecuencia de aparición de fallas en cables de acero, logrando establecer parámetros concretos para la determinación de cambio.

Fase 4: evaluación.

Se elaborará un plan de mantenimiento preventivo para los cables de acero utilizados en las grúas, en el cual se establecerán los aspectos claves a revisar en cada mantenimiento y los procesos adecuados que se deben cumplir para garantizar el buen funcionamiento y la integridad de los mismos.

Fase 5: socialización.

Se establecerán metodologías de comunicación adecuadas para los colaboradores dando a conocer los parámetros que ayudarán a catalogar los cables que no sean seguros para el colaborador.

9.7. Resultados esperados

El resultado principal deseado es obtener un procedimiento estándar para el mantenimiento preventivo de cables de acero, los cuales son la clave para el funcionamiento de las grúas de elevación de cargas.

Sin embargo, lo anterior debe ser respaldado con una documentación adecuada del estado actual de los cables de acero, el cual no permite definir un punto de inicio a todo el proceso de estandarización en el tema de mantenimiento.

Ya teniendo esta información se logrará establecer un procedimiento adecuado para la inspección de los cables y poder determinar el estado correcto y decidir si necesita un reemplazo o algún tratamiento específico.

Finalmente se obtendrá un procedimiento básico, con directrices claras, respaldadas por una norma internacional, el cual puede ser homologado para procesos donde se utilice cable de acero y no específicamente para levantamiento de cargas.

9.8. Población y muestra

La muestra a evaluar la definiremos por medio de la fórmula estadística del tamaño de muestra, tomando en cuenta que son 10 el total de grúas presentes por lo que la muestra se define de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q} \quad [1]$$

$$n = \frac{10 * 0.5^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (10 - 1) + 0.5^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$n=3.4$$

Luego de evaluar los datos se determina que la muestra será aleatoria simple, utilizando 4 grúas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

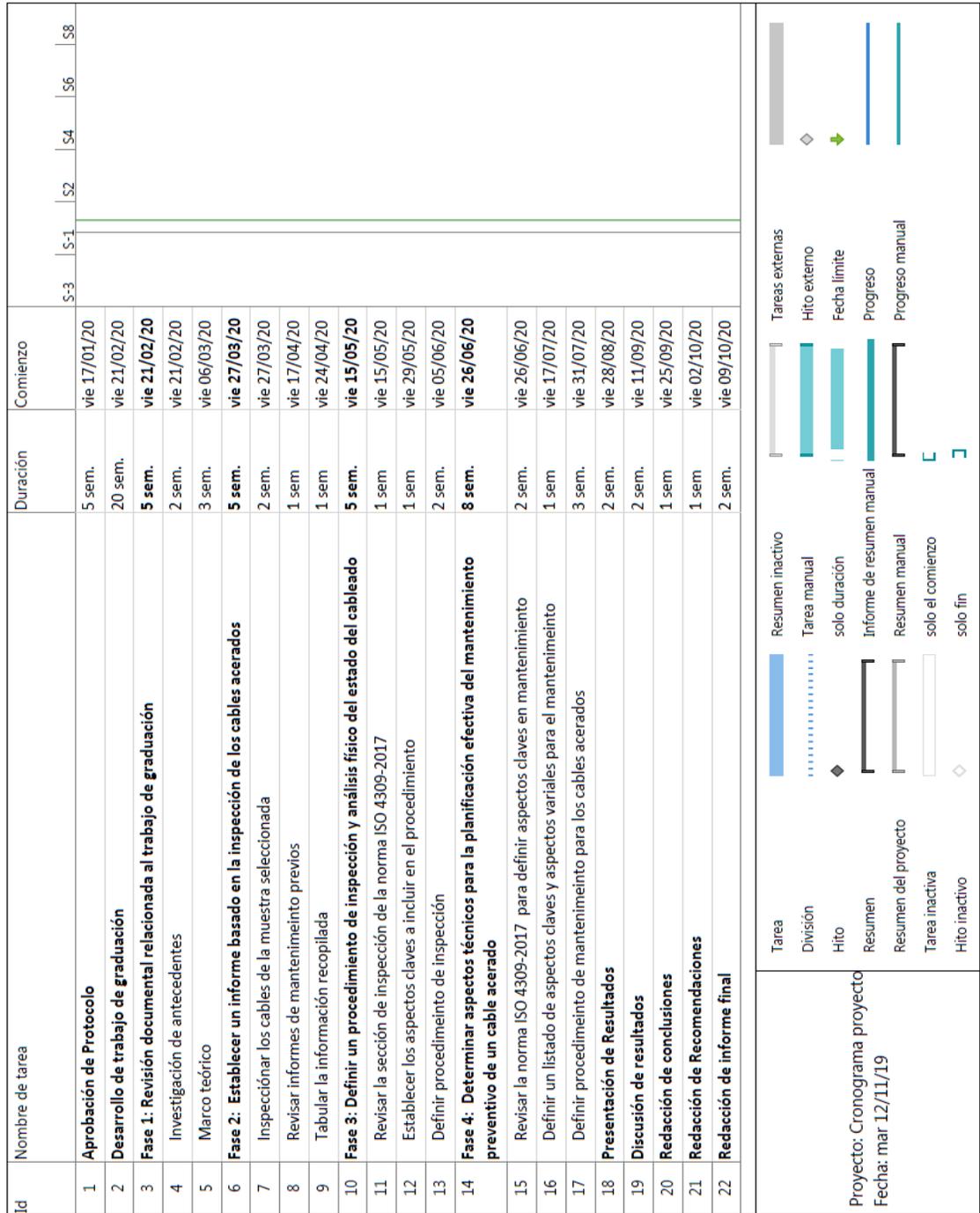
En las técnicas de análisis se buscará definir las formas de trabajo en cada fase de este trabajo de manera que la fase 2 buscará recabar toda la información por medio de inspecciones visuales y documentarla por medio de imágenes, las cuales serán plasmadas en fotografías, así mismo se revisarán los reportes de mantenimiento realizados a las grúas, esto solicitándolo al encargado de mantenimiento. Con los datos obtenidos se generarán datos y tendencias los cuales serán analizados en hojas de cálculo.

La fase 3 tendrá la realización de un procedimiento de inspección, el cual será realizado analizando las pautas definidas en la norma ISO 4309-2017 en la sección de inspección de los cables, el cual alimentará tablas de información las cuales pueden ser relacionadas por medio de una hoja de cálculo para dar indicaciones por colores del estado de los cables y sus frecuencias de inspección y mantenimiento

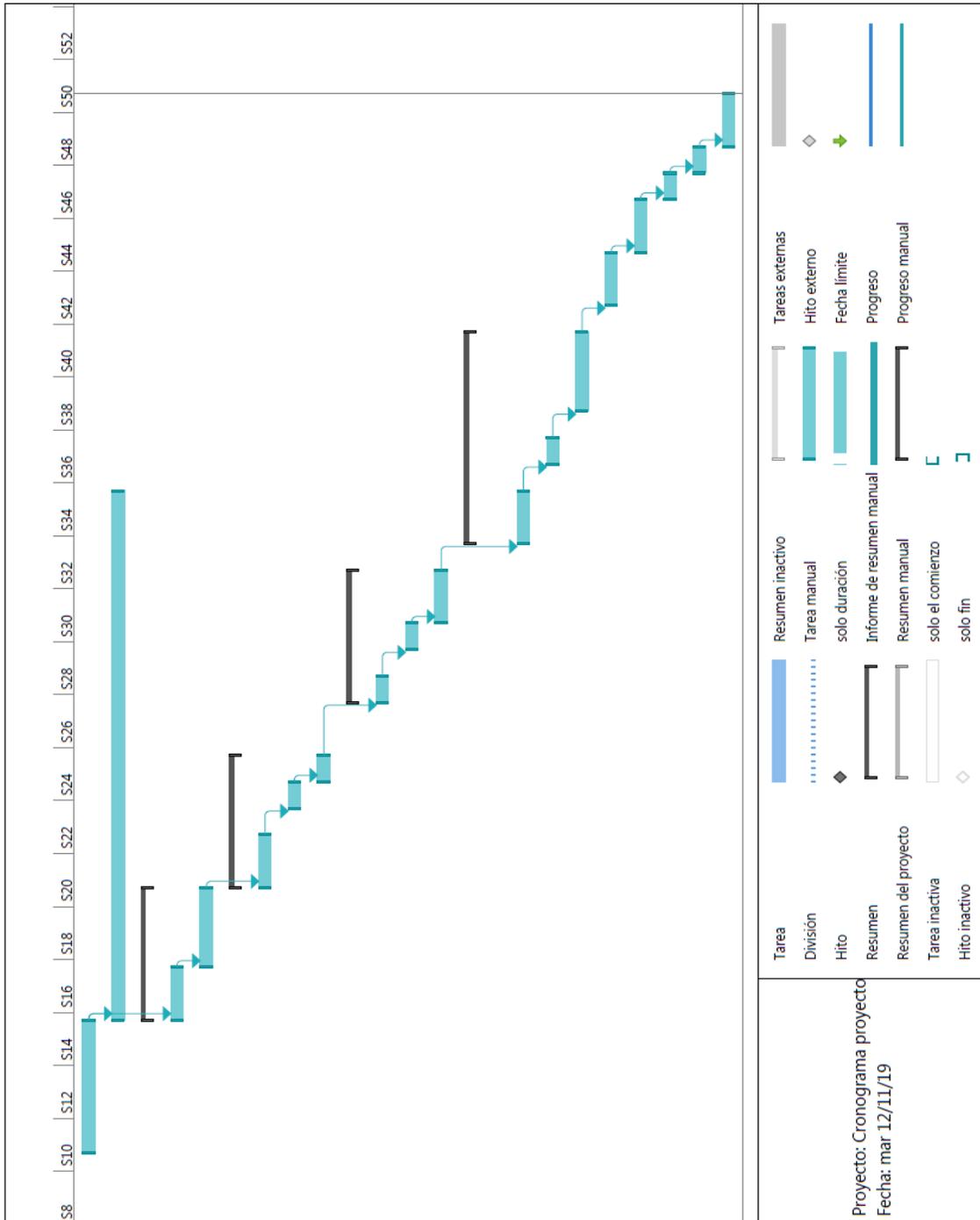
La fase 4 culminará este trabajo de graduación estableciendo los parámetros básicos a tomar en cuenta para la programación de mantenimiento y el plan adecuado para el mantenimiento preventivo de los cables basándose en los procedimientos que recomienda la norma antes mencionada.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 19. Cronograma de actividades



Continuación figura 19



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es factible por que se cuenta con los recursos necesarios para ejecutar una a una la fase definida en el presente documento y así cumplir con los objetivos planteados.

La empresa de mantenimiento de maquinaria pesada autoriza la ejecución del trabajo de investigación por lo cual facilitará los siguientes recursos:

- Información: acceso a la documentación e información necesaria, siempre velando por el derecho de propiedad
- Equipo e infraestructura: acceso a los equipos a evaluar y la infraestructura necesaria para poder desarrollar adecuadamente la investigación y análisis de los equipos.
- Humano: personal de mantenimiento para hacer los recorridos y realizar las inspecciones del área necesaria

El investigador proporcionará los siguientes recursos:

- Financiero: pago de todos los costos asociados a la realización de esta investigación:
- Humano: tiempo hora hombre para la realización de la investigación.

Tabla II. **Presupuesto**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Monto	Financiamiento
1	Humano	Inversión de tiempo por el investigador	Q. 10,000.00	Propio
2	Humano	Asesor profesional de trabajo de graduación	Q. 2,500.00	Propio
3	Humano	Jefe de mantenimiento de empresa	Q. 500.00	Propio
4	Material	Depreciación de equipo de cómputo y herramientas de trabajo	Q. 500.00	Propio
5	Documentación	Norma ISO 4309-2017	Q. 1400.00	Propio
6	Tecnológico	Internet, Celular, cámara fotográfica, memoria	Q. 100.00	Propio
7	Varios	Imprevistos	Q. 750.00	Propio
Total			Q. 15,750.00	

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Aguilar, F. y García, J. (2008). *Determinación de límite de rotura de un cable por Método de los Elementos Finitos. Ingeniería Mecánica*, 11(3), 57-62. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225115162009>
2. Castro, D. y Serrano , P. (2008). *Los cables de acero y sus aplicaciones*. Santander: Universidad de Cantabria. Recuperado de https://catalogo.rebiun.org/rebiun/doc?q=978-84-8102-479-1+%7C%7C+9788481024791&start=0&rows=1&sort=score%20desc&fq=msstored_mlt172&fv=LIB&fo=and&redo_advanced=false
3. CODELCO-Chile. (1995). *Manejo de Cargas con cables de Acero, Eslingas/Estrobos. Norma/Estándar Operacional*. Chuquicamata, Chile: Dirección de Ambiente y Protección de los Recursos. Recuperado de https://www.academia.edu/9572291/MANEJO_DE_CARGAS_CON_CABLES_DE_ACERO_ESLINGAS_ESTROBOS
4. Comesaña, P. (2010). *Montaje e Instalación de Grúas. Procedimientos básicos para montar, maniobrar e instalar mecanismos de elevación y traslación*. Vigo, España: Ideasporpías. Recuperado de <https://www.iberlibro.com/Montaje-instalaci%C3%B3n-gr%C3%BAas-Procedimientos-b%C3%A1sicos-montar/19183497621/bd>
5. Espejo, E., y Martínez, J. (2007). *Caracterización de modos de falla típicos en cables de transmisión mecánica. Ingeniería E Investigación*, 27(1),

77 - 83. Recuperado de
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327111>

6. Gómez, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia, España: Servicio de Publicaciones. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=382938>
7. Gómez, H., y Winches, B. (2003). *Mecanismos y modos de falla en cables metálicos*. *Ingeniería y Desarrollo*(14), 125-140. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201407>
8. Iberica del Cable y Elevación. (2016). *Sistema de Amarre y Tracción*. Recuperado de <https://ibericadelcableyelevacion.com/cable-de-acero-uso-y-descripcion/>
9. López, F. (2012). *ISO 9000 y la planificación de la calidad*. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC). Recuperado de https://books.google.com.gt/books/about/Iso_9000_y_la_planificaci%C3%B3n_de_la_calid.html?id=rXJXtAEACAAJ&redir_esc=y
10. Monchy, F. (1990). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Barcelona: Masson, S.A. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=22373>
11. Ossa, E., y Paniagua, M. (septiembre de 2005). *Análisis de falla en cable de Acero*. *Ingeniería y Ciencia*, 1(2), 97-103. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83510207>
12. Rey, F. (2001). *Manual del mantenimiento Integral en la Empresa*. Madrid, España: Fundación Confemetal. Recuperado de www.fundaciónconfemetal.com

13. Souris, J. (1992). *Mantenimiento: Fuente de beneficios*. Madrid: Díaz de Santos, S. A. Recuperado de https://books.google.com.gt/books/about/EI_mantenimiento_fuente_de_beneficios.html?id=XgnUny4SjjMC&redir_esc=y
14. Standardization, I. Autor ISO.ORG (2019). *ISO*. (I. C. Secretariat, Editor) Recuperado de ISO: www.iso.org
15. Tabares, L. (1996). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brazil: Novo Polo . Recuperado de <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>
16. TYCSA. (1971). *TYCSA. Catálogo general: Trenzas y Cables de Acero*. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.4/1135>
17. Verbal H. (marzo de 1987). *Prevención de defectos en puentes grúa. Ingeniería de Construcción(2)*, 80-87. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/download/306/pdf>

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Inspección de cables de grúa

Inspección de cables de grúa				
Número de la grúa				
Ubicación				
Encargado				
Ultima fecha de mantenimiento				
Diámetro del Cable				
Instrucciones: Marque con Una "x" las casilla que describa mejor el estado del cable				
Estatus general	Excelente	Buena	Regular	Mala
Condición física				
Lubricación general				
Instrucciones: Marque con Una "x" las casilla que describa mejor el estado del cable, y conteste las preguntas puntuales				
Estatus específicos	SI		NO	
Corrosión				
Deformaciones				
¿A qué distancia de la punta?				
Hilos reventados				
¿Cuántos?				
Fotografías				

Fuente: elaboración propia.