



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“RESTAURACIÓN DE LAS CONDICIONES DE  
FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DEL PUENTE GRÚA DEL  
TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE  
LA ESPOCH MEDIANTE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO  
MEJORATIVO”**

**Trabajo de Integración Curricular:**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTORES:** DIEGO FERNANDO ALVAREZ MONTA  
JAIME EDUARDO BARAHONA MARTÍNEZ

**DIRECTOR:** Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos

Riobamba – Ecuador

2020

**© 2020, Diego Fernando Alvarez Monta; & Jaime Eduardo Barahona Martínez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

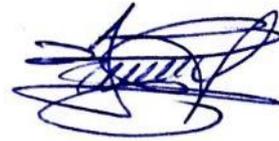
Nosotros, Diego Fernando Alvarez Monta y Jaime Eduardo Barahona Martínez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 7 de agosto del 2020



**Diego Fernando Alvarez Monta**  
C.C. 185030055-7



**Jaime Eduardo Barahona Martínez**  
C.C. 180485463-4

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular:  
Tipo: Propuesta Técnica, **RESTAURACIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DEL PUENTE GRÚA DEL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH MEDIANTE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO MEJORATIVO**, realizado por los señores: **Diego Fernando Alvarez Monta** y **Jaime Eduardo Barahona Martínez**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. José Antonio Granizo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 JOSE ANTONIO GRANIZO	2020-08-07
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 MARCO HERIBERTO SANTILLAN GALLEGOS	2020-08-07
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 EDUARDO SEGUNDO HERNANDEZ DAVILA	2020-08-07

## **DEDICATORIA**

A Dios por bendecir mi vida, a mis padres Sandra Monta y Carlos Alvarez por inculcarme sus valores y brindarme su apoyo incondicional, por confiar y guiar mi camino para ser mejor persona cada día, por inspirarme a lograr mis metas, anhelos y sueños, a mi familia especialmente a mis hermanos Juan, Cristian, Sheccid y Josue por todo el afecto, cariño y apoyo brindado durante esta etapa de formación profesional.

Diego

A Dios mi creador y luz de mi camino, a mis padres Marco Barahona, Marta Martínez y a mi hermano Edison Barahona que desde mis primeros años me han enseñado el valor de la vida y los valores que fortalecen mi ser, ha ellos que me han brindado su apoyo y su amor incondicional durante todo el trayecto de mi formación profesional y cumplimiento de mis metas, a mi tíos, tías, amigos y demás familiares que de una u otra manera han sido un pilar fundamental en mi vida.

Jaime

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios mi creador por darme salud, vida, humildad, intelecto y talento, lo cual ha hecho posible vivir y disfrutar el proceso de esta gran experiencia al momento de adquirir y desarrollar nuevo conocimiento profesional.

A mis padres y hermanos por ser el pilar fundamental de mi vida, por guiarme por un buen camino y brindarme todo su amor, amistad, enseñanzas y apoyo, han hecho de mi una persona perseverante, capaz de alcanzar mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y especialmente a la reconocida Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por abrir sus puertas para permitirme continuar con mi formación profesional, a través de la información y enseñanzas que imparten los docentes, agradezco especialmente al Director y Miembro del trabajo de integración curricular por guiarme y apoyarme para realizar de mejor manera este proyecto.

Diego

En esta meta cumplida quiero agradecer a Dios por haberme brindado la vida, la salud la inteligencia y la capacidad de administrar mis cualidades, virtudes y defectos, con el fin de formarme como profesional y como una persona útil para la sociedad.

Agradezco a mis padres y hermano, mismos que son el pilar fundamental de mi vida, que gracias a su apoyo, sus consejos y sus palabras de aliento he podido seguir con marcha firme y en la dirección correcta en el largo trayecto de mi vida para el cumplimiento de todas aquellas metas que me he propuesto.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la distinguida Escuela en Ingeniería de Mantenimiento, que por medio de esos seres tan importantes conocidos como docentes y personal administrativo hicieron posible que pueda adquirir los conocimientos necesarios para formarme como profesional del Ecuador, además quiero agradecer de manera especial a mis apreciados Director y Miembro del trabajo de titulación por guiarme y su apoyo para realizar este proyecto de la mejor manera.

Jaime

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVii
ABSTRACT.....	XViii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Justificación y actualidad .....	2
1.3	Planteamiento del problema.....	3
1.4	Objetivos .....	3
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1	Reseña histórica.....	5
2.2	Descripción del puente grúa .....	5
2.2.1	<i>Movimiento longitudinal</i> .....	6
2.2.2	<i>Movimiento transversal</i> .....	6
2.2.3	<i>Movimiento vertical</i> .....	6
2.3	Tipos de puentes grúa .....	6
2.3.1	<i>Puentes grúa de accionamiento manual</i> .....	6
2.3.2	<i>Puentes de accionamiento eléctrico</i> .....	7
2.3.2.1	<i>Puente grúa monorriel</i> .....	7
2.3.2.2	<i>Puente grúa doble viga normalizada</i> .....	7
2.4	Sistemas del puente grúa .....	8
2.4.1	<i>Sistema estructural</i> .....	8

2.4.1.1	<i>Estructura</i> .....	8
2.4.1.2	<i>Viga principal</i> .....	8
2.4.1.3	<i>Viga testera</i> .....	9
2.4.2	<b>Sistema mecánico</b> .....	9
2.4.2.1	<i>Caja de engranajes</i> .....	9
2.4.2.2	<i>Rodamiento</i> .....	10
2.4.2.3	<i>Rueda del puente</i> .....	10
2.4.2.4	<i>Eje de las ruedas del puente</i> .....	11
2.4.2.5	<i>Eje de transmisión</i> .....	11
2.4.2.6	<i>Chavetero y chaveta</i> .....	11
2.4.2.7	<i>Resorte mecánico</i> .....	12
2.4.3	<b>Sistema eléctrico</b> .....	12
2.4.3.1	<i>Circuito de mando</i> .....	13
2.4.3.2	<i>Circuito de potencia</i> .....	13
2.4.3.3	<i>Pulsador</i> .....	13
2.4.3.4	<i>Contactador</i> .....	13
2.4.3.5	<i>Relé térmico</i> .....	14
2.4.3.6	<i>Tablero de control</i> .....	15
2.4.3.7	<i>Interruptor de posición</i> .....	15
2.4.3.8	<i>Botonera</i> .....	15
2.4.3.9	<i>Motor trifásico asincrónico jaula de ardilla</i> .....	16
2.4.3.10	<i>Conductor eléctrico</i> .....	16
2.4.3.11	<i>Luz piloto</i> .....	17
2.5	<b>Lubricación</b> .....	17
2.5.1	<i>Sistema de lubricación manual</i> .....	18
2.5.2	<i>Sistema automático de lubricación</i> .....	18
2.6	<b>Técnicas de mantenimiento mejorativo</b> .....	18
2.6.1	<i>Reparación</i> .....	18
2.6.2	<i>Rediseño</i> .....	18
2.6.3	<i>Modificación</i> .....	18
2.7	<b>Definiciones</b> .....	19
2.7.1	<i>Mantenimiento</i> .....	19
2.7.2	<i>Mantenimiento mejorado</i> .....	19
2.7.3	<i>Soldadura</i> .....	19
2.7.4	<i>Seguridad industrial</i> .....	19
2.7.5	<i>Seguridad de funcionamiento</i> .....	19

## CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Descripción del puente grúa.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Falla funcional del puente grúa.....</i>	<i>20</i>
<b>3.2</b>	<b>Sistema estructural.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Falla funcional del sistema estructural.....</i>	<i>21</i>
<b>3.2.2</b>	<i>Inspección del sistema estructural para determinar los modos de fallo.....</i>	<i>21</i>
<b>3.2.2.1</b>	<i>Columnas y vigas de hormigón armado.....</i>	<i>21</i>
<b>3.2.2.2</b>	<i>Vigas principales metálicas.....</i>	<i>21</i>
<b>3.2.2.3</b>	<i>Viga auxiliar.....</i>	<i>22</i>
<b>3.2.2.4</b>	<i>Rieles guías.....</i>	<i>22</i>
<b>3.3</b>	<b>Sistema mecánico.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Falla funcional del sistema mecánico.....</i>	<i>24</i>
<b>3.3.2</b>	<i>Inspección del sistema estructural para determinar los modos de fallo.....</i>	<i>24</i>
<b>3.3.2.1</b>	<i>Ruedas conducidas.....</i>	<i>24</i>
<b>3.3.2.2</b>	<i>Ruedas conductoras.....</i>	<i>25</i>
<b>3.3.2.3</b>	<i>Eje de transmisión.....</i>	<i>26</i>
<b>3.3.2.4</b>	<i>Rodamientos.....</i>	<i>27</i>
<b>3.3.2.5</b>	<i>Poleas.....</i>	<i>28</i>
<b>3.3.2.6</b>	<i>Correas.....</i>	<i>29</i>
<b>3.3.2.7</b>	<i>Carro metálico.....</i>	<i>30</i>
<b>3.3.2.8</b>	<i>Resorte mecánico.....</i>	<i>31</i>
<b>3.4</b>	<b>Sistema eléctrico.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Falla funcional del sistema eléctrico.....</i>	<i>33</i>
<b>3.4.2</b>	<i>Inspección del sistema eléctrico para determinar los modos de fallo.....</i>	<i>33</i>
<b>3.4.2.1</b>	<i>Breaker trifásico.....</i>	<i>33</i>
<b>3.4.2.2</b>	<i>Relé térmico bimetálico.....</i>	<i>34</i>
<b>3.4.2.3</b>	<i>Pulsador.....</i>	<i>34</i>
<b>3.4.2.4</b>	<i>Contactores electromagnéticos.....</i>	<i>35</i>
<b>3.4.2.5</b>	<i>Borneras.....</i>	<i>36</i>
<b>3.4.2.6</b>	<i>Interruptores de posición.....</i>	<i>36</i>
<b>3.4.2.7</b>	<i>Botonera.....</i>	<i>37</i>
<b>3.4.2.8</b>	<i>Motorreductores.....</i>	<i>38</i>
<b>3.4.2.9</b>	<i>Conductores eléctricos.....</i>	<i>39</i>

3.4.2.10	<i>Luces piloto</i> .....	40
3.5	<b>Modos de fallos del puente grúa</b> .....	41

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS DE LA RESTAURACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE GRÚA</b> .....	43
4.1	<b>Sistema estructural</b> .....	43
4.1.1	<i>Columnas y vigas de hormigón armado</i> .....	43
4.1.2	<i>Vigas metálicas principales y auxiliares</i> .....	43
4.1.3	<i>Rieles guías</i> .....	44
4.2	<b>Sistema mecánico</b> .....	45
4.2.1	<i>Ruedas conducidas</i> .....	45
4.2.2	<i>Ruedas conductoras</i> .....	46
4.2.3	<i>Eje de transmisión</i> .....	47
4.2.4	<i>Rodamientos</i> .....	48
4.2.4.1	<i>Selección del lubricante</i> .....	48
4.2.4.2	<i>Cálculo del factor de velocidad medio</i> .....	48
4.2.4.3	<i>Cálculo de la cantidad de lubricante</i> .....	50
4.2.4.4	<i>Cálculo de la frecuencia de lubricación</i> .....	50
4.2.5	<i>Poleas</i> .....	51
4.2.6	<i>Correas</i> .....	52
4.2.7	<i>Carro metálico del movimiento longitudinal</i> .....	53
4.2.8	<i>Resorte mecánico</i> .....	54
4.3	<b>Sistema eléctrico</b> .....	56
4.3.1	<i>Breaker trifásico</i> .....	56
4.3.2	<i>Relé térmico bimetálico</i> .....	56
4.3.3	<i>Pulsador</i> .....	57
4.3.4	<i>Contactores electromagnéticos</i> .....	57
4.3.5	<i>Borneras</i> .....	58
4.3.6	<i>Interruptores de posición</i> .....	58
4.3.7	<i>Botonera</i> .....	59
4.3.8	<i>Motorreductores</i> .....	60
4.3.8.1	<i>Selección del lubricante para los reductores de velocidad</i> .....	61
4.3.9	<i>Conductores eléctricos</i> .....	61
4.3.9.1	<i>Selección de la carga</i> .....	61

4.3.9.2	<i>Selección de los conductores eléctricos</i> .....	62
4.3.10	<i>Luces piloto</i> .....	64
4.3.11	<i>Rediseño del circuito de mando de los motores eléctricos</i> .....	65
4.3.12	<i>Rediseño del circuito de potencia de los motores eléctricos</i> .....	66
4.4	<b>Pruebas</b> .....	67
4.4.1	<i>Pruebas en vacío</i> .....	68
4.4.2	<i>Pruebas con carga</i> .....	68
4.5	<b>Mantenimiento autónomo del puente grúa</b> .....	69
4.6	<b>Etapas del mantenimiento autónomo</b> .....	69
4.6.1	<i>Clasificar</i> .....	69
4.6.2	<i>Ordenar</i> .....	69
4.6.3	<i>Limpieza</i> .....	69
4.6.4	<i>Estandarizar</i> .....	70
4.6.5	<i>Disciplina</i> .....	70
4.6.6	<i>Lubricación</i> .....	70
4.6.7	<i>Reajustes</i> .....	71
4.6.7.1	<i>Reajuste del sistema mecánico</i> .....	71
4.6.7.2	<i>Reajuste del sistema eléctrico</i> .....	71
4.7	<b>Plan de ejecución del mantenimiento autónomo del puente grúa</b> .....	71
4.8	<b>Cronograma de actividades</b> .....	72
4.9	<b>Presupuesto</b> .....	75
<b>CONCLUSIONES</b> .....		79
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		80
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-3.</b> Especificación técnica del rodamiento de bolas .....	28
<b>Tabla 2-3.</b> Datos técnicos de los contactores electromagnéticos .....	36
<b>Tabla 3-3.</b> Datos técnicos de los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos.....	39
<b>Tabla 4-3.</b> Modos de fallos de los sistemas, equipo y elementos del puente grúa .....	41
<b>Tabla 1-4.</b> Selección del lubricante según el cálculo del factor de velocidad medio .....	49
<b>Tabla 2-4.</b> Grados NLGI de penetración bajo condiciones determinadas .....	49
<b>Tabla 3-4.</b> Lubricación para los reductores de velocidad.....	61
<b>Tabla 4-4.</b> Rendimiento de motores según el factor de potencia .....	62
<b>Tabla 5-4.</b> Datos técnicos de los motores eléctricos .....	62
<b>Tabla 6-4.</b> Factor de demanda según la carga instalada .....	63
<b>Tabla 7-4.</b> Calibre de los conductores eléctricos de los motores .....	63
<b>Tabla 8-4.</b> Calibre de los conductores eléctricos de los contactores .....	64
<b>Tabla 9-4.</b> Plan de mantenimiento autónomo del puente grúa .....	71
<b>Tabla 10-4.</b> Cronograma de actividades de restauración del funcionamiento del puente grúa	73
<b>Tabla 11-4.</b> Costos de los elementos del sistema eléctrico del puente grúa.....	75
<b>Tabla 12-4.</b> Costos de los elementos del sistema mecánico del puente grúa .....	76
<b>Tabla 13-4.</b> Costos de los servicios de tercerización para elementos del puente grúa .....	78
<b>Tabla 14-4.</b> Costo total del trabajo de integración curricular.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2.</b> Puente grúa.....	5
<b>Figura 2-2.</b> Puente grúa de accionamiento manual .....	7
<b>Figura 3-2.</b> Puente grúa de accionamiento eléctrico monorriel .....	7
<b>Figura 4-2.</b> Puente grúa de accionamiento eléctrico doble viga .....	8
<b>Figura 5-2.</b> Viga principal.....	8
<b>Figura 6-2.</b> Viga testera.....	9
<b>Figura 7-2.</b> Caja de engranajes.....	9
<b>Figura 8-2.</b> Rodamiento de bolas .....	10
<b>Figura 9-2.</b> Rueda del puente grúa.....	10
<b>Figura 10-2.</b> Eje de las ruedas del puente .....	11
<b>Figura 11-2.</b> Eje de transmisión .....	11
<b>Figura 12-2.</b> Chavetero y chaveta del eje mecánico .....	12
<b>Figura 13-2.</b> Resorte mecánico helicoidal.....	12
<b>Figura 14-2.</b> Pulsador.....	13
<b>Figura 15-2.</b> Contactor eléctrico .....	14
<b>Figura 16-2.</b> Relé térmico .....	14
<b>Figura 17-2.</b> Tablero de control .....	15
<b>Figura 18-2.</b> Interruptor de posición .....	15
<b>Figura 19-2.</b> Botonera .....	16
<b>Figura 20-2.</b> Motor trifásico asíncrono jaula de ardilla.....	16
<b>Figura 21-2.</b> Conductor eléctrico .....	17
<b>Figura 22-2.</b> Luz piloto .....	17
<b>Figura 1-3.</b> Ubicación del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH	20
<b>Figura 2-3.</b> Columnas y vigas de hormigón armado .....	21
<b>Figura 3-3.</b> Vigas principales metálicas del puente grúa .....	22
<b>Figura 4-3.</b> Viga auxiliar metálica del puente grúa.....	22
<b>Figura 5-3.</b> Riel guía del lado sur.....	23
<b>Figura 6-3.</b> Riel guía del lado norte .....	23
<b>Figura 7-3.</b> Rueda conducida del lado sur.....	24
<b>Figura 8-3.</b> Rueda conducida del lado norte .....	25

<b>Figura 9-3.</b>	Rueda conductora del lado sur .....	25
<b>Figura 10-3.</b>	Rueda conductora del lado norte .....	26
<b>Figura 11-3.</b>	Eje de transmisión de movimiento .....	26
<b>Figura 12-3.</b>	Chavetero del lado sur del eje .....	27
<b>Figura 13-3.</b>	Chaveta del lado sur del eje.....	27
<b>Figura 14-3.</b>	Rodamiento de bolas .....	28
<b>Figura 15-3.</b>	Conjunto de poleas del movimiento longitudinal.....	29
<b>Figura 16-3.</b>	Conjunto de poleas del movimiento transversal.....	29
<b>Figura 17-3.</b>	Conjunto de correas B-76ZSG .....	30
<b>Figura 18-3.</b>	Conjunto de correas B-96ZSG .....	30
<b>Figura 19-3.</b>	Carro metálico del movimiento longitudinal.....	31
<b>Figura 20-3.</b>	Amortiguador del lado noroeste .....	31
<b>Figura 21-3.</b>	Resorte del lado noroeste .....	32
<b>Figura 22-3.</b>	Amortiguador del lado suroeste .....	32
<b>Figura 23-3.</b>	Resorte del lado suroeste .....	33
<b>Figura 24-3.</b>	Breaker trifásico .....	34
<b>Figura 25-3.</b>	Relé térmico bimetálico .....	34
<b>Figura 26-3.</b>	Pulsador eléctrico .....	35
<b>Figura 27-3.</b>	Contactores electromagnéticos.....	35
<b>Figura 28-3.</b>	Borneras de unión.....	36
<b>Figura 29-3.</b>	Interruptor de posición .....	37
<b>Figura 30-3.</b>	Botonera .....	37
<b>Figura 31-3.</b>	Motorreductor del movimiento longitudinal .....	38
<b>Figura 32-3.</b>	Motorreductor del movimiento transversal .....	38
<b>Figura 33-3.</b>	Conductores eléctricos .....	39
<b>Figura 34-3.</b>	Lámparas testigo y licuadora.....	39
<b>Figura 1-4.</b>	Columnas y vigas de hormigón armado .....	43
<b>Figura 2-4.</b>	Vigas principales y auxiliar de metal .....	44
<b>Figura 3-4.</b>	Riel guía del lado sur.....	44
<b>Figura 4-4.</b>	Riel guía del lado norte .....	45
<b>Figura 5-4.</b>	Rueda conducida del lado sur.....	45
<b>Figura 6-4.</b>	Rueda conducida del lado norte .....	46
<b>Figura 7-4.</b>	Rueda conductora del lado sur .....	46
<b>Figura 8-4.</b>	Rueda conductora del lado norte .....	47
<b>Figura 9-4.</b>	Eje de transmisión .....	47
<b>Figura 10-4.</b>	Chavetero y chaveta del lado sur del eje .....	48

<b>Figura 11-4.</b>	Chumacera de los rodamientos .....	51
<b>Figura 12-4.</b>	Relubricación de los rodamientos .....	51
<b>Figura 13-4.</b>	Conjunto de poleas del movimiento longitudinal.....	52
<b>Figura 14-4.</b>	Conjunto de poleas del movimiento transversal.....	52
<b>Figura 15-4.</b>	Conjunto de correas B-76ZSG .....	53
<b>Figura 16-4.</b>	Conjunto de correas B-96ZSG .....	53
<b>Figura 17-4.</b>	Carro metálico del movimiento longitudinal.....	54
<b>Figura 18-4.</b>	Amortiguador hidráulico del lado noroeste .....	54
<b>Figura 19-4.</b>	Resorte helicoidal del lado noroeste.....	55
<b>Figura 20-4.</b>	Amortiguador hidráulico del lado suroeste .....	55
<b>Figura 21-4.</b>	Resorte helicoidal del lado suroeste .....	56
<b>Figura 22-4.</b>	Breaker trifásico .....	56
<b>Figura 23-4.</b>	Relé térmico bimetálico .....	57
<b>Figura 24-4.</b>	Pulsador eléctrico .....	57
<b>Figura 25-4.</b>	Contactores eléctricos .....	58
<b>Figura 26-4.</b>	Borneras plásticas de unión.....	58
<b>Figura 27-4.</b>	Interruptor de posición .....	59
<b>Figura 28-4.</b>	Botonera eléctrica.....	59
<b>Figura 29-4.</b>	Motorreductor del movimiento longitudinal .....	59
<b>Figura 30-4.</b>	Motorreductor del movimiento transversal .....	59
<b>Figura 31-4.</b>	Conductores eléctricos .....	63
<b>Figura 32-4.</b>	Luces piloto .....	65
<b>Figura 33-4.</b>	Circuito de mando de los MAJA 3F del puente grúa .....	66
<b>Figura 34-4.</b>	Circuito de potencia de los MAJA 3F del puente grúa .....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Elementos de seguridad personal.
- Anexo B:** Implementos para la limpieza del puente grúa.
- Anexo C:** Herramientas para la intervención del puente grúa.
- Anexo D:** Herramientas eléctricas de reajuste para el puente grúa.
- Anexo E:** Circuitos eléctricos del puente grúa.
- Anexo F:** Registro del plan de mantenimiento autónomo.

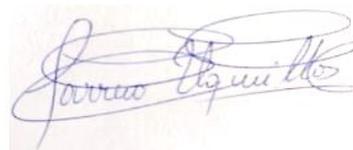
## **LISTA DE ABREVIATURA**

<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<b>NLGI</b>	National Lubricating Grease Institute.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization.
<b>SMAW</b>	Shielded Metal Arc Welding.
<b>MAJA 3F</b>	Motor Asíncrono Jaula de Ardilla Trifásico.
<b>SKF</b>	Fábrica Sueca de Rodamientos.

## RESUMEN

En el presente trabajo de integración curricular se realizó la restauración de las condiciones de funcionamiento óptimo del puente grúa que se encuentra ubicado en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante la aplicación de técnicas de mantenimiento mejorativo encaminadas a los sistemas estructural, mecánico y eléctrico del activo, a la vez se realizó el diseño e implementación de un plan de mantenimiento autónomo que garantiza la conservación de todos los parámetros de funcionamiento del puente grúa. La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo del presente trabajo de integración curricular tiene una perspectiva lineal secuencial, la cual empezó con una inspección técnica para la identificación de fallas y modos de fallas, continuó con la intervención técnica propia en el puente grúa encaminada a la restauración total de los parámetros de funcionamiento del mismo, cabe recalcar que en la intervención se realizó el rediseño e implementación de nuevos circuitos eléctricos para los motores, en el sistema mecánico se realizó el mecanizado adecuado de algunos elementos mecánicos que la estructura del puente grúa demanda para mantenerse operativo; se verificó el funcionamiento óptimo del puente grúa mediante pruebas de los movimientos longitudinal, transversal y vertical del activo, con la ayuda de los sentidos propios del ser humano y de equipos de diagnóstico técnico que indicaron que los parámetros de funcionamiento del puente grúa son los establecidos en su diseño. Se concluye que las técnicas de mantenimiento mejorativo desarrolladas en el puente grúa fueron las adecuadas para la restauración de los parámetros de funcionamiento del mismo. Se recomienda realizar la práctica total del plan de mantenimiento autónomo diseñado con el fin de garantizar la conservación de los parámetros de funcionamiento del puente grúa como también la seguridad operacional del mismo.

**Palabras clave:** <MANTENIMIENTO MEJORATIVO>, <MANTENIMIENTO AUTÓNOMO>, <SEGURIDAD OPERACIONAL>, <MOVIMIENTO LONGITUDINAL>, <MOVIMIENTO TRANSVERSAL>



26-08-2020

0261-DBRAI-UPT-2020

## **ABSTRACT**

In the present curricular integration work a study was carried out to the restoration of the conditions benefiting the overhead crane functioning is located in the Foundry Workshop of the Mechanical and Engineering School of the Higher Polytechnic School of Chimborazo was implemented through the application of improved maintenance techniques aimed to the structural, mechanical and electrical systems of the asset, at the same time, the design and implementation of an autonomous maintenance plan were carried out that guarantees to the conservation of all the operating parameters of the overhead crane. The methodology was carried out for the development of this curricular integration work has a sequential linear perspective, which began with a technical inspection for the identification of failures and failure modes, continued with the own technical intervention in the overhead crane to the total restoration of the operating parameters of the same. The optimal operation of the overhead crane was verified by testing the asset's longitudinal, transverse and vertical movements, with the help of human senses and technical diagnostic equipment that indicated that the operating parameters of the overhead crane are those established in a design. It is concluded the improvement maintenance techniques developed in the overhead crane were appropriate for restoring its operating parameters. It is recommended to fully practice the autonomous maintenance plan designed to guarantee the preservation in operating parameters of the overhead crane as well as its operational safety.

Keywords: <IMPROVEMENT MAINTENANCE>, <AUTONOMOUS MAINTENANCE>, <OPERATIONAL SAFETY>, <LONGITUDINAL MOVEMENT>, <TRANSVERSAL MOVEMENT>.

## **INTRODUCCIÓN**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo al ser una institución de educación superior tiene dentro de su campus Riobamba diversos laboratorios y talleres enfocados al desarrollo académico de cada uno de los estudiantes que forman parte de la misma, uno de los talleres más importantes para la universidad y para la Facultad de Mecánica es el Taller de Fundición de materiales.

El Taller de Fundición fue inaugurando en el año 1972, con el fin de realizar un aporte al desarrollo de las prácticas enfocadas en los procesos que se llevan a cabo en la fundición de materiales. En el Taller de Fundición se encuentran diversos activos físicos uno de ellos es el puente grúa, el mismo que fue implementado en el año 1989 como un tema de trabajo de integración curricular, éste activo físico de la institución es utilizado para el transporte de grandes pesos dentro del taller de fundición.

Con el paso del tiempo el deterioro del puente grúa ha sido notorio y a gran escala, evidenciándose que tanto el sistema estructural, sistema mecánico y el sistema eléctrico se encuentran con un bajo funcionamiento por lo cual es necesario realizar el estudio técnico de cada uno de los sistemas que conforman el activo, debido a que el puente grúa se encuentra en un estado no operativo lo cual impide el desarrollo de las distintas prácticas de fundición de materiales como también implica una alta inseguridad de los procesos que en el taller se realizan, por tal motivo la aplicación del mantenimiento mejorativo es necesaria para la restauración del puente grúa dentro de su capacidad de diseño.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

En el año 1972 se inauguró el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH con fines para desarrollar actividades académicas; en el año 1989 se implementó el puente grúa mediante una tesis, el cual operó correctamente transportando materiales pesados hasta el año 2011, en este año se realizaron actividades de mantenimiento enfocadas a repotenciar el sistema eléctrico y señalización en el puente grúa, el mismo que desempeñó un buen funcionamiento hasta el año 2016, en este año presentó problemas en el movimiento transversal que impide el correcto funcionamiento del puente grúa y causa riesgo en el personal encargado, en el año 2018 el funcionamiento del carro longitudinal colapsa debido a la pérdida de fase en la alimentación del motor asincrónico jaula de ardilla trifásico debido al descuido y falta de mantenimiento por parte del personal encargado.

### 1.2 Justificación y actualidad

La restauración del puente grúa de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, es importante debido a su alto impacto en el desarrollo de las distintas actividades educativas en el Taller de Fundición, por motivo que se requiere restaurar el funcionamiento óptimo del equipo.

El diagnóstico técnico permite determinar el estándar de funcionamiento actual del puente grúa, para facilitar el proceso de la restauración del mismo y, dejarlo en funcionamiento óptimo.

El proceso de restauración que se plantea realizar se enfoca en distintos puntos, tales como el rediseño de los circuitos de mando y de potencia mediante la implementación de elementos eléctricos acordes a las exigencias del contexto operacional tanto para los movimientos horizontal y transversal, para los que fue diseñado el puente grúa. También se plantea realizar la inspección, verificación y sustitución de elementos mecánicos, sean éstos; móviles o estáticos, los cuales se deben encontrar correctamente seleccionados e instalados, con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y de funcionamiento del activo. Como ayuda al personal encargado del puente grúa se implementará un plan de mantenimiento autónomo, el

mismo que será establecido una vez que se haya cumplido con la restauración completa del puente grúa.

### **1.3 Planteamiento del problema**

El funcionamiento parcial del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica impide transportar de manera adecuada el material, lo cual pone en riesgo la seguridad del personal encargado y de los estudiantes al momento de realizar las prácticas de fundición de materiales.

El alto grado de polución que existe en el Taller de Fundición causa el deterioro y el mal estado de los sistemas mecánico y eléctrico, ocasionando fallas en los circuitos de mando y de potencia, también provoca la retención de las ruedas conducidas.

La falta de mantenimiento periódico del puente grúa tienen como consecuencia la reducción de la disponibilidad y causa la presencia de fallas parciales en el funcionamiento del puente grúa, impidiendo que no puedan trabajar con seguridad.

La inexistencia de un plan de mantenimiento es uno de los factores que provocan la baja disponibilidad del puente grúa, lo cual los niveles de seguridad y de operación del mismo se ven afectados y por ende las actividades académicas de los alumnos se ven truncadas por la baja operatividad que presenta al momento de desarrollar las prácticas de fundición.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 *Objetivo general***

Restaurar las condiciones de funcionamiento óptimo del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica mediante técnicas de mantenimiento mejorativo.

#### **1.4.2 *Objetivos específicos***

Inspeccionar y diagnosticar el estado actual de los elementos que conforman los sistemas del puente grúa.

Reacondicionar los parámetros significativos de funcionamiento del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica mediante técnicas de mantenimiento mejorativo para garantizar su funcionamiento óptimo.

Rediseñar e implementar los circuitos de mando y de potencia de los motores eléctricos para mantener el funcionamiento del puente grúa acorde al contexto operacional.

Implementar un plan de mantenimiento autónomo para el puente grúa.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Reseña histórica

El diseño, construcción y montaje del puente grúa en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH se realizó en el año de 1990 debido a la necesidad de un medio de transporte de materiales con elevado peso, en ese tiempo las únicas empresas que tenían el conocimiento de implantación de este tipo de máquina, eran empresas internacionales, por tal motivo se plantea la construcción del puente grúa con avances tecnológicos que se ajusten al medio que el país presentaba en el año antes mencionado. (Raúl Altamirano & Angel Sañay, 1990, p. 1)

Una vez ya construido y puesto en funcionamiento el puente grúa del Taller de Fundición, éste ha presentado buen funcionamiento hasta el año 2011. En este año se realizaron varias actividades de mantenimiento como la implementación de señaléticas y reconstrucción del circuito eléctrico que forma parte del puente grúa.

#### 2.2 Descripción del puente grúa

El puente grúa es una máquina de elevación compuesta por una viga simple o doble, apoyada sobre dos carriles en la parte superior de una estructura metálica o de hormigón armado y se utiliza para transportar cargas. Ver la figura 1-2. (Emilio Larrodé & Antonio Miravete, 1996, p. 317)



**Figura 1-2.** Puente grúa

**Fuente:** <https://ellsenpuentegrúa.es/wp-content/uploads/2016/04/Puente-Grúa-1-Tonelada.jpg>

Este tipo de máquinas tiene un gran impacto de utilización en el interior de las naves industriales en donde existe la presencia de objetos de alto peso que se requieren moverlos; por lo general los movimientos que los puentes grúas facilitan es el movimiento vertical, movimiento longitudinal, y el movimiento transversal; por lo general se encuentran constituidos por medio de sistemas mecánicos y sistemas eléctricos que conllevan a efectuar los movimientos con precisión y seguridad al momento de ponerlos operacionales. (Cortés, 2007, p. 331)

### **2.2.1 *Movimiento longitudinal***

El movimiento se lleva a cabo mediante la traslación de la viga principal a través del carro longitudinal, se da por medio del movimiento entre ruedas y carriles metálicos. (Emilio Larrodé & Antonio Miravete, 1996, p. 317)

### **2.2.2 *Movimiento transversal***

Es aquel movimiento que se realiza mediante el desplazamiento de un carro sobre los carriles dispuestos sobre los dos carriles de la viga principal, el movimiento se da por medio de las ruedas y los carriles metálicos. (Emilio Larrodé & Miravete, 1996, p. 317)

### **2.2.3 *Movimiento vertical***

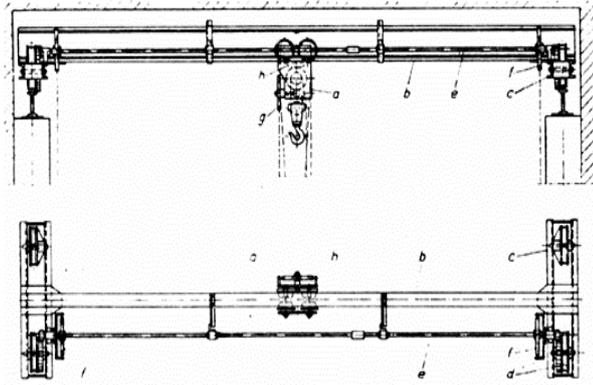
El movimiento se ejecuta a través del mecanismo de elevación por medio de una cadena. (Emilio Larrodé & Miravete, 1996, p. 317)

## **2.3 *Tipos de puentes grúa***

Existen varios tipos de puente grúa debido a los diferentes factores de estructura, aplicación y carga. Los más importantes son referentes a la disposición de la viga principal. (Castro & Cevallos, 2014, p. 2)

### **2.3.1 *Puentes grúa de accionamiento manual***

Este tipo de puente grúa son accionados por medio de la acción de cadenas sobre una rueda dentada, la misma que se encuentran incorporadas al eje longitudinal que transmite el movimiento emitido por medio de la cadena. Ver la figura 2-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 2)



**Figura 2-2.** Puente grúa de accionamiento manual

Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/>-

CRcIleXfM9A/Uuh33czMRI/AAAAAAAAABTw/GXBf4sEfnos/s1600/1.png

## 2.3.2 Puentes de accionamiento eléctrico

### 2.3.2.1 Puente grúa monorriel

La principal característica de este tipo de puentes grúas es que en su constitución presenta solo una viga principal y su accionamiento es desarrollado por la acción de un motor reductor que se encuentra ubicado en la parte superior de la viga principal y acoplado por un sistema mecánico al eje de transmisión. Ver la figura 3-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 3)



**Figura 3-2.** Puente grúa de accionamiento eléctrico monorriel

Fuente: <https://ec.all.biz/img/ec/catalog/4380.png>

### 2.3.2.2 Puente grúa doble viga normalizada

Este tipo de puentes grúas se caracterizan por tener dos vigas principales, por tal motivo tiene una mayor capacidad de carga, el movimiento longitudinal y transversal es realizado por medio del accionamiento de dos motores respectivamente sincronizados y controlados por medio de un tablero de control. Ver la figura 4-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 3)



**Figura 4-2.** Punte grúa de accionamiento eléctrico doble viga

**Fuente:** <https://ellsenoverheadbridgecrane.com/wp-content/uploads/2019/01/double-girder-EOT-overhead-crane.png>

## 2.4 Sistemas del puente grúa

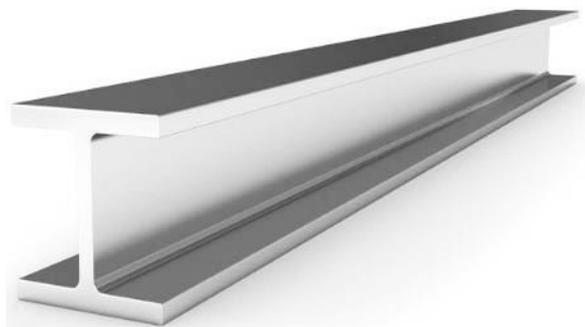
### 2.4.1 Sistema estructural

#### 2.4.1.1 Estructura

En aquel sistema se puede apreciar un número definido de columnas de hormigón armado en donde se incorporan las ménsulas y soporta la estructura metálica que sirve de camino de rodadura por donde se desplazan las ruedas del puente grúa. (Castro & Cevallos, 2014, p. 23)

#### 2.4.1.2 Viga principal

Es el elemento del puente por donde se desplaza el carro que traslada la carga impuesta. Este elemento fue diseñado con una viga de perfil laminado IPN, además lleva incorporado algunos componentes de acero en sus extremos que tienen la función de ensamblar la viga principal a la denominada viga testera. Ver la figura 5-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 25)



**Figura 5-2.** Viga principal

**Fuente:** <https://image.slidesharecdn.com/grúapunte-140423014623-phpapp01/95/grúa-punte-8-638.jpg?cb=1398217620>

### 2.4.1.3 *Viga testera*

Es un elemento que se encuentra instalado sobre la viga principal, la misma da alojamiento a las ruedas conductoras y conducidas; este elemento está diseñado mediante la utilización de perfil laminado de acero estructural UPN. Ver la figura 6-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 25)



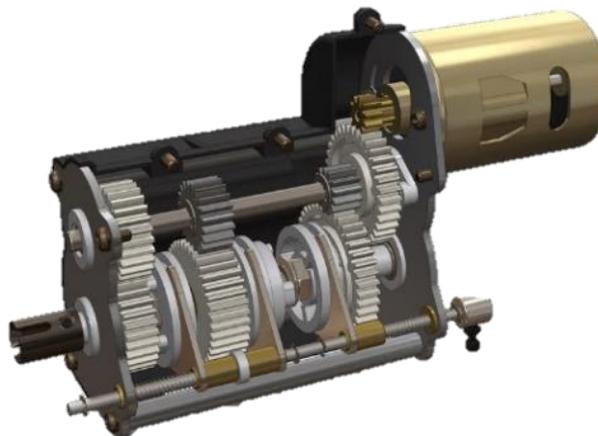
**Figura 6-2.** Viga testera

Fuente: <https://rmhoist.com/sites/rmhoist/files/styles/lightbox/public/rtn.jpg?itok=RmuJ3hFm>

### 2.4.2 *Sistema mecánico*

#### 2.4.2.1 *Caja de engranajes*

Está compuesto por un conjunto de engranajes que poseen ejes intermedios, cada uno con distintas fases de reducción, la principal utilidad de estos elementos mecánicos es incrementar la relación del par a las emitidas por un motor eléctrico. Ver la figura 7-2. (Sánchez et al., 2007, p. 55)



**Figura 7-2.** Caja de engranajes

Fuente: [https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1XFPiKpXXXXbAXXXq6xXFXXxi/Tamiya-rey-Hauler-Tamiya-tractores-caja-de-engranajes-de-transmisi-n-dibujo-SolidWorks-dise-o.jpg\\_50x50.jpg](https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1XFPiKpXXXXbAXXXq6xXFXXxi/Tamiya-rey-Hauler-Tamiya-tractores-caja-de-engranajes-de-transmisi-n-dibujo-SolidWorks-dise-o.jpg_50x50.jpg)

#### 2.4.2.2 Rodamiento

Es un elemento mecánico diseñado para soportar cargas y permitir el movimiento relativo entre dos partes metálicas de una máquina, con un coeficiente de fricción muy pequeño. Ver la figura 8-2. (Sánchez et al., 2007, p. 16)



**Figura 8-2.** Rodamiento de bolas

**Fuente:** [https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/35HZ48\\_AS01?%zmmain\\$](https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/35HZ48_AS01?%zmmain$)

#### 2.4.2.3 Rueda del puente

Es un elemento que tiene la función de desplazar el puente grúa en sus movimientos, el mismo que debe ser mecanizado en acero de transmisión. Ver la figura 9-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 26)



**Figura 9-2.** Rueda del puente grúa

**Fuente:** <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1N0WefBjTBKNjSZFu7620HFXaK/High-Quality-Casting-Crane-Rail-Wheels-For.png>

#### 2.4.2.4 Eje de las ruedas del puente

Es el elemento que tiene la función de dar soporte y estabilidad a las ruedas conducidas del puente grúa mediante la ayuda de rodamientos capaces de soportar los distintos esfuerzos de avance. Ver la figura 10-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 26)

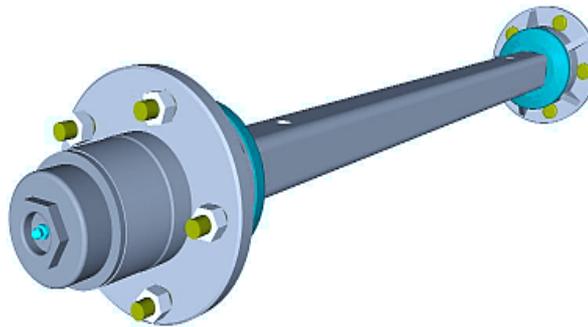


**Figura 10-2.** Eje de las ruedas del puente

**Fuente:** <https://kaddam.com/wp-content/uploads/2018/11/EJE-INTERIOR-MET%20LICO-PU%20DE-MANDO-1.jpg>

#### 2.4.2.5 Eje de transmisión

Es el elemento que tienen la función de transmitir los esfuerzos que generan los motores y a la vez se encuentran sujetos a soportar esfuerzos de torsión. Ver la figura 11-2. (Castro & Cevallos, 2014, p. 29)

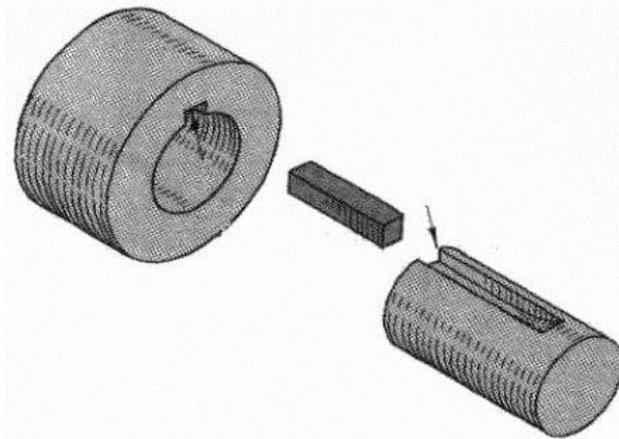


**Figura 11-2.** Eje de transmisión

**Fuente:** [https://www.ecured.cu/images/4/4e/Eje\\_mecanica.jpg](https://www.ecured.cu/images/4/4e/Eje_mecanica.jpg)

#### 2.4.2.6 Chavetero y chaveta

Son elementos mecanizados en acero de construcción que permiten transmitir el par torsor de un elemento a otro. La chaveta es un elemento que se aloja sobre un chavetero que es una ranura axial mecanizada sobre el eje mecánico. Ver la figura 12-2. (Cortizo et al., 2003, p. 25)



**Figura 12-2.** Chavetero y chaveta del eje mecánico

**Fuente:** <http://nextews.com/images/01/01/010130cb70560ea4.jpg>

#### 2.4.2.7 *Resorte mecánico*

Es un elemento mecánico de material de alambre redondo que permite la aplicación controlada de un par torsor a través de la flexibilidad de la distorsión temporal que sufre el resorte helicoidal, además los resortes mecánicos están diseñados para resistir cargas de compresión, tensión y torsión. Ver la figura 13-2. (Budynas & Nisbett, 2008, p. 500)



**Figura 13-2.** Resorte mecánico helicoidal

**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/hyperco-188d0150-muelle-helicoidal-alto-de-1875-de-diame-D\\_NQ\\_NP\\_777054-MLC31778081022\\_082019-O.webp](https://http2.mlstatic.com/hyperco-188d0150-muelle-helicoidal-alto-de-1875-de-diame-D_NQ_NP_777054-MLC31778081022_082019-O.webp)

#### 2.4.3 *Sistema eléctrico*

Este sistema está compuesto por un conjunto de elementos eléctricos de control, protección y seguridad, los mismos que se encuentran eléctricamente conectados para permitir o no el paso de la corriente eléctrica. (Juan Álvarez et al., 2007, p. 9)

#### 2.4.3.1 *Circuito de mando*

Es el circuito que permite realizar el control del circuito de potencia o también conocido como circuito de fuerza, este circuito incorpora los elementos de control y los contactos auxiliares que posee cada contactor. (Casals & Bosch, 2005, p. 55)

#### 2.4.3.2 *Circuito de potencia*

Es aquel circuito que controla el funcionamiento de los motores, una de las principales características es que lleva los contactos principales de maniobra de cada uno de los contactores presentes que en circuito de mando. (Casals & Bosch, 2005, p. 55)

#### 2.4.3.3 *Pulsador*

Es un dispositivo de maniobra que lleva incorporados contactos abiertos y cerrados, cuya función está en cambiar el estado de reposo de cada uno de los contactos para permitir o no el paso de la corriente eléctrica. Ver la figura 14-2. (Casals & Bosch, 2005, p. 55)



**Figura 14-2.** Pulsador

**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/envio-gratis-interruptor-botonera-manual-30a-industrial-D\\_NQ\\_NP\\_630549-MLM31229952388\\_062019-F.webp](https://http2.mlstatic.com/envio-gratis-interruptor-botonera-manual-30a-industrial-D_NQ_NP_630549-MLM31229952388_062019-F.webp)

#### 2.4.3.4 *Contactora*

Este dispositivo electromecánico es un interruptor controlado a distancia, se acciona automáticamente por medio de un electroimán que permite o no la circulación de corriente para proteger los circuitos eléctricos de anomalías de sobrecarga y sobretensión. Ver la figura 15-2. (José Vilorio, 2000, p. 79)



**Figura 15-2.** Contactor eléctrico

**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/contactor-trifasico-32a-bobinas-110v-y-220v-D\\_NQ\\_NP\\_631472-MLM32599317100\\_102019-F.webp](https://http2.mlstatic.com/contactor-trifasico-32a-bobinas-110v-y-220v-D_NQ_NP_631472-MLM32599317100_102019-F.webp)

#### 2.4.3.5 Relé térmico

Es uno de los elementos que se los emplea para suministrar protección contra la posible presencia de sobrecargas en el circuito de potencia, estos elementos de protección permiten realizar calibrar la corriente máxima que actúa sobre los tres contactos de las fases de alimentación. Ver la figura 16-2. (Casals & Bosch, 2005, p. 56)



**Figura 16-2.** Relé térmico

**Fuente:** [https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1U9E1RpXXXXcPXVXXq6xXFXXxi/Thermal-overload-relay-TeSys-D-LRD43-LRD4367-LRD4367C-LR-D4367C-95-120A.jpg\\_50x50.jpg](https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1U9E1RpXXXXcPXVXXq6xXFXXxi/Thermal-overload-relay-TeSys-D-LRD43-LRD4367-LRD4367C-LR-D4367C-95-120A.jpg_50x50.jpg)

#### 2.4.3.6 *Tablero de control*

Es un panel de control que contiene dispositivos eléctricos que se utilizan para proteger, medir y controlar las instalaciones eléctricas en alta tensión. Ver la figura 17-2. (Gustavo Marrón, 1997, p. 47)



**Figura 17-2.** Tablero de control

**Fuente:** <https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1VaA4dRGE3KVjSZFh763kaFXaS/Low-Voltage-Electrical-Power-Distribution-Control-Switchgear.png>

#### 2.4.3.7 *Interruptor de posición*

Es un dispositivo eléctrico también llamado final de carrera, se utilizan para detectar la posición de componentes con movimiento. Ver la figura 18-2. (Mario León, 2000, p. 261)



**Figura 18-2.** Interruptor de posición

**Fuente:** [https://cncrepowering.com.co/2999-thickbox\\_default\\_2x/interruptor-final-de-carrera-accion-rapida-104a-250vac-ip65.jpg](https://cncrepowering.com.co/2999-thickbox_default_2x/interruptor-final-de-carrera-accion-rapida-104a-250vac-ip65.jpg)

#### 2.4.3.8 *Botonera*

Es un dispositivo eléctrico diseñado para el control del funcionamiento del puente grúa, incluye un botón de paro de emergencia de accionamiento manual que garantiza la desconexión de todos los elementos de la grúa, impidiendo su puesta en marcha. Ver la figura 19-2. (D. Rodríguez, 2004)

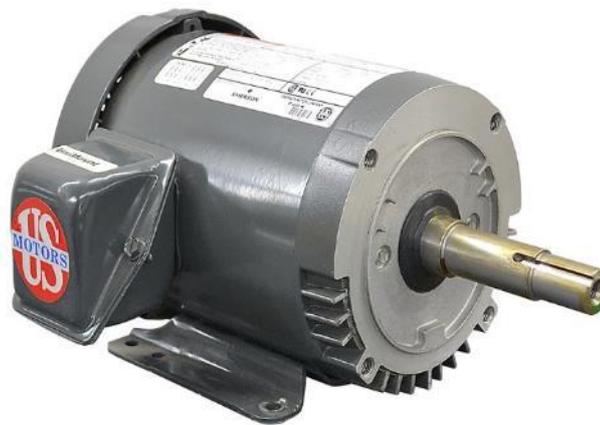


**Figura 19-2.** Botonera

**Fuente:** <https://www.zonaindustrial.cl/web/image/product.product/27783/image?unique=834c886>

#### 2.4.3.9 *Motor trifásico asincrónico jaula de ardilla*

Es una máquina rotatoria que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, se caracteriza por el par de arranque y por trabajar a velocidad constante. Los motores trifásicos se utilizan para accionamiento de máquinas-herramientas, ascensores, ventiladores, bombas montacargas, grúas y de otras máquinas. Ver la figura 20-2. (Wildi, 2007, p. 263)

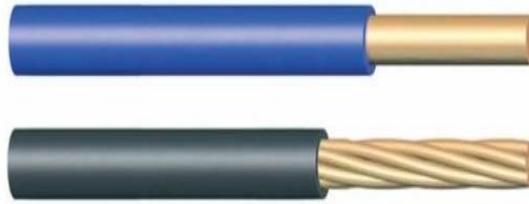


**Figura 20-2.** Motor trifásico asincrónico jaula de ardilla

**Fuente:** [https://partestotales.com/103707-tm\\_thickbox\\_default/us-motor-1hp-1760rpm-208-230v460v3ph60hz-odp-d1p2d.jpg](https://partestotales.com/103707-tm_thickbox_default/us-motor-1hp-1760rpm-208-230v460v3ph60hz-odp-d1p2d.jpg)

#### 2.4.3.10 *Conductor eléctrico*

Es un hilo o conjunto de hilos no aislados entre sí, envueltos con una cubierta aislante, los materiales más utilizados para la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, debido a que no presentan resistencia al paso de la corriente eléctrica. Ver la figura 21-2. (Fink et al., 1981, p. 18)



**Figura 21-2.** Conductor eléctrico

**Fuente:** <https://image.made-in-china.com/3f2j10DwQTBNRaqpoU/H07V-R-Flexible-PVC-Insulated-Electric-Cable-and-Wire.webp>

#### 2.4.3.11 *Luz piloto*

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía lumínica y se utiliza para indicar el estado de paro o marcha de las máquinas durante los procesos industriales. Ver la figura 22-2 (J. Rodríguez et al., 2014, p. 26)



**Figura 22-2.** Luz piloto

**Fuente:** [https://mexico.newark.com/productimages/standard/en\\_US/4807709.jpg](https://mexico.newark.com/productimages/standard/en_US/4807709.jpg)

## 2.5 Lubricación

Es un factor que tiene alta importancia dentro del mantenimiento industrial, por tal motivo en los sistemas mecánicos siempre existen elementos que se encuentran en movimiento, apoyándose o deslizándose sobre otros componentes mecánicos; la lubricación es uno de los factores que conllevan al consumo adecuado de energía y a tener bajo costo de mantenimiento. (Sánchez et al., 2007, p. 27)

Los sistemas mecánicos existentes en la industria deben seguir con un programa de lubricación establecido por el personal técnico, así como la implementación de las tareas de lubricación. El principal objetivo de la lubricación es reducir el desgaste en los componentes mecánicos que se encuentran sometidos a fricción. (Sánchez et al., 2007, p. 27)

### **2.5.1    *Sistema de lubricación manual***

Está relacionado directamente con los componentes mecánicos que no requieren de cambios de lubricantes de manera continua, en este tipo de lubricación se debe tener en cuenta la cantidad y el estado del lubricante, los mismos que deben ser inspeccionados periódicamente, por tal motivo es necesario la implementación de un programa de lubricación manual de un sistema de máquinas con el fin de garantizar que el suministro del lubricante sea el adecuado y que cumpla con su relubricación en un período establecido. (Sánchez et al., 2007, p. 45)

### **2.5.2    *Sistema automático de lubricación***

Está relacionado directamente con los tipos de máquinas de alta criticidad, sea por el ámbito de producción o de seguridad cuando existe una escasez de lubricante. Este sistema de lubricación automática presenta varios beneficios como la reducción de mano de obra en las tareas de lubricación, permite suministrar el lubricante a varias áreas de lubricación o incluso máquinas, proporciona mayor seguridad laboral, lubricación con alta eficiencia, incremento de productividad y la reducción del costo de producción. (Sánchez et al., 2007, pp. 48-49)

## **2.6        *Técnicas de mantenimiento mejorativo***

### **2.6.1    *Reparación***

Acción de la detección de elementos dañados para restablecer el funcionamiento de un elemento o máquina averiado. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 16)

### **2.6.2    *Rediseño***

Implica a realizar cambios a las características iniciales de un sistema o máquina, sin dejar de tomar en cuenta la disposición del funcionamiento de fábrica como también la nueva presentación que tendrá la máquina después de haber realizado el mantenimiento mejorativo. (Moubray, 2000, p. 192)

### **2.6.3    *Modificación***

Combinación de todas las acciones administrativas, técnicas y de gestión destinada a cambiar la seguridad de funcionamiento o en el funcionamiento del elemento. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 17)

## **2.7 Definiciones**

### **2.7.1 *Mantenimiento***

Combinación de todas las acciones administrativas, técnicas y de gestión durante el tiempo de vida de un elemento, destinado a guardar o restituir a un estado en el cual desempeñe la función requerida. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 6)

### **2.7.2 *Mantenimiento mejorado***

Conjunto de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, encaminada a mejorar el diseño, la mantenibilidad y la seguridad de una máquina, sin alterar su función original de fábrica. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 16)

### **2.7.3 *Soldadura***

Es la coalescencia localizada de materiales metales y no metales originada por el calentamiento de los materiales a una alta temperatura suficiente para fusionar la estructura de los materiales a ser soldados, con o sin utilización de material de aportación y con o sin utilización de presión. (Jeffus & Piquer, 2009, p. 5)

### **2.7.4 *Seguridad industrial***

Es la prevención y limitación de riesgos, protección contra accidentes y siniestros capaces de provocar daños a las personas, bienes o al medio ambiente derivados de la actividad industrial como el funcionamiento, mantenimiento de los equipos e instalaciones y de la producción. (Cortés, 2007a, p. 90)

### **2.7.5 *Seguridad de funcionamiento***

Es el conjunto de propiedades usadas para describir la disponibilidad y sus factores de influencia: fiabilidad, mantenibilidad y sostenibilidad del mantenimiento. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 7)

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del puente grúa

El puente grúa se encuentra ubicado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Mecánica en el Taller de Fundición, este activo físico permite el transporte de materiales de hasta dos toneladas de peso para el desarrollo de las prácticas académicas que se llevan a cabo en el taller. Ver la figura 1-3.



**Figura 1-3.** Ubicación del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH

**Fuente:** Google maps

Este activo físico es el único existente en la facultad, por tal motivo se requiere del funcionamiento óptimo de todos los sistemas que componen el puente grúa para garantizar un alto nivel de disponibilidad.

#### 3.1.1 *Falla funcional del puente grúa*

El estado actual del puente grúa no permite el desplazamiento en los movimiento longitudinal y transversal.

#### 3.2 Sistema estructural

La estructura sobre el cual se encuentra montado el puente grúa es una estructura de hormigón armado conformado por diez columnas con dimensiones de 0,30 m x 0,30 m x 5,80 m y dos vigas

con dimensiones de 0,25 m x 0,35 m x 20,30 m, sobre cada viga de hormigón armado existe un riel guía, la parte propia del puente grúa es de acero de construcción y se encuentra constituido por dos vigas principales y una viga auxiliar de 10 metros de longitud, las mismas que tienen como función principal soportar el peso propio del puente grúa y el peso de la carga que se le imponga, también posee la capacidad de mantener alineado al puente grúa durante se lleve a cabo el desplazamiento de los movimientos longitudinal y transversal.

### **3.2.1 *Falla funcional del sistema estructural***

El sistema estructural no posee la capacidad para mantener alineado al puente grúa durante su desplazamiento a lo largo y ancho del mismo.

### **3.2.2 *Inspección del sistema estructural para determinar los modos de fallo***

#### **3.2.2.1 *Columnas y vigas de hormigón armado***

El sistema estructural está conformado por las vigas y columnas de hormigón armado, las mismas se encuentran en buen estado para soportar la carga impuesta por la estructura metálica del puente grúa y el peso del material que se puede transportar de aproximadamente dos toneladas. Ver la figura 2-3.



**Figura 2-3.** Columnas y vigas de hormigón armado

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **3.2.2.2 *Vigas principales metálicas***

Este puente grúa consta de dos vigas principales que presentan polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie. Ver la figura 3-3.



**Figura 3-3.** Vigas principales metálicas del puente grúa

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.2.2.3 *Viga auxiliar*

La viga auxiliar forma parte de la estructura metálica del puente grúa, sirve como soporte del motor eléctrico del movimiento transversal, las luces piloto, el pulsador de emergencia y de las cajas de los contactores, además presenta polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie. Ver la figura 4-3.



**Figura 4-3.** Viga auxiliar metálica del puente grúa

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.2.2.4 *Rieles guías*

Los rieles guías del puente grúa son los elementos que permiten guiar a las ruedas que se desplacen de forma lineal a lo largo del puente grúa, en la figura 5-3 se observa la ausencia del ángulo guía del riel del lado sur del puente grúa lo que provoca retención del avance de dicho lado.



**Figura 5-3.** Riel guía del lado sur

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 6-3 se observa que en el lado norte de la estructura de hormigón armado existe el riel guía para que las ruedas se desplacen con facilidad a lo largo del puente grúa, pero está totalmente cubierto de polvo.



**Figura 6-3.** Riel guía del lado norte

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### **3.3 Sistema mecánico**

El sistema mecánico del puente grúa está conformado por el carro mecánico del movimiento longitudinal, dos ruedas conducidas, dos ruedas conductoras, un eje de transmisión, dos ejes de

las ruedas conducidas, dos chaveteros con sus respectivas chavetas, ocho rodamientos con acceso a lubricación, dos amortiguadores, dos resortes helicoidales, cuatro poleas y cuatro correas, todos estos elementos tienen la función de transmitir movimiento para que el puente grúa se desplace a lo largo y ancho de la estructura.

### **3.3.1 *Falla funcional del sistema mecánico***

El sistema mecánico del activo físico no permite la transmisión de movimiento adecuada en sus partes móviles.

### **3.3.2 *Inspección del sistema estructural para determinar los modos de fallo***

#### **3.3.2.1 *Ruedas conducidas***

El puente grúa tiene dos ruedas conducidas, las mismas que se encuentran mecanizadas de diferente forma para desplazarse sobre el riel guía, en la figura 7-3 se observa que la rueda del lado sur no presenta un mecanizado adecuado para moverse sobre el riel guía, a la vez presenta una retención entre la rueda y las partes metálicas del carril que impide el movimiento continuo del activo físico.



**Figura 7-3.** Rueda conducida del lado sur

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 8-3 se observa que la rueda del lado norte del activo físico presenta un mecanizado adecuado acorde al riel guía para que su desplazamiento sobre el mismo sea fácil y eficaz, además la superficie está cubierta de polvo.



**Figura 8-3.** Rueda conducida del lado norte

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.2 *Ruedas conductoras*

El puente grúa tiene dos ruedas conductoras, las mismas que se encuentran mecanizadas de diferente forma para desplazarse sobre el riel guía, en la figura 9-3 se observa que la rueda del lado sur presenta pésimo mecanizado para el riel guía, a la vez no presenta la rigidez adecuada con el eje de transmisión.



**Figura 9-3.** Rueda conductora del lado sur

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 10-3 se observa que la rueda del lado norte presenta un mecanizado acorde al riel guía para que se desplace correctamente a lo largo del carril y también presenta polución en la superficie.



**Figura 10-3.** Rueda conductora del lado norte

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.3 Eje de transmisión

El eje de transmisión del puente grúa se encuentra segmentado y acoplado por medio de bridas, tiene una dimensión de 10 metros de largo y 0,05 metros de diámetro, el cual presenta mal funcionamiento debido al desgaste del chavetero y chaveta alojados en el lado sur del eje y también está cubierto completamente de polvo. Ver la figura 11-3.



**Figura 11-3.** Eje de transmisión de movimiento

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En el lado norte del eje el chavetero con su respectiva chaveta se encuentran en buen estado de funcionamiento a diferencia del lado sur, en la figura 12-3 se observa que en el lado sur del eje existe desgaste en los bordes del chavetero que impide tener buena transmisión de movimiento, debido a que no hay un buen contacto rígido entre el chavetero y la chaveta.



**Figura 12-3.** Chavetero del lado sur del eje

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 13-3 se observa que la chaveta del lado sur presenta desgaste en los bordes de su superficie rectangular por lo que genera mala transmisión de movimiento del eje mecánico hacia la rueda conductora de aquel lado.



**Figura 13-3.** Chaveta del lado sur del eje

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.3.2.4 Rodamientos

El puente grúa está conformado por ocho rodamientos rígidos de bolas con su respectiva chumacera, además tienen acceso a la inyección de lubricante mediante un grasero, estos elementos se encuentran en buen estado de funcionamiento, pero presentan polución en la chumacera.



**Figura 14-3.** Rodamiento de bolas

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 1-3 se observan las especificaciones técnicas de los rodamientos de bolas rígidas que conforman el sistema mecánico del activo físico, las mismas que serán utilizadas posteriormente en el próximo capítulo para determinar el tipo de lubricante, la cantidad y la frecuencia de la relubricación de los rodamientos mecánicos.

**Tabla 1-3.** Especificación técnica del rodamiento de bolas

<b>RODAMIENTO DE BOLAS</b>	
Serie:	6210-2Z
Marca:	SKF
Diámetro interior:	50 mm
Diámetro exterior:	90 mm
Ancho:	20 mm
Carga:	37,1 kN
Masa:	0,47 kg

**Fuente:** SKF Explorer, 2020

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.5 Poleas

El sistema mecánico está conformado por dos pares de poleas de acero de construcción que son accionadas por el funcionamiento del motorreductor para transmitir el movimiento hacia otros elementos mecánicos. En la figura 15-3 se observa que las dos poleas mecánicas de la transmisión del movimiento longitudinal se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento y también están cubiertas de polvo.



**Figura 15-3.** Conjunto de poleas del movimiento longitudinal

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 16-3 se observa que las dos poleas mecánicas de la transmisión del movimiento transversal se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento y también están cubiertas de polvo.



**Figura 16-3.** Conjunto de poleas del movimiento transversal

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.6 *Correas*

El sistema mecánico está constituido de dos pares de correas para la transmisión de los movimientos del puente grúa. En la figura 17-3 se observa que las dos correas B-76ZSG de la

transmisión del movimiento longitudinal presentan desgaste y deterioro, lo cual provoca mala transmisión de este movimiento.



**Figura 17-3.** Conjunto de correas B-76ZSG

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 18-3 se observa que las dos correas B-96ZSG de la transmisión del movimiento transversal presentan desgaste y deterioro, lo cual provoca mala transmisión de este movimiento.

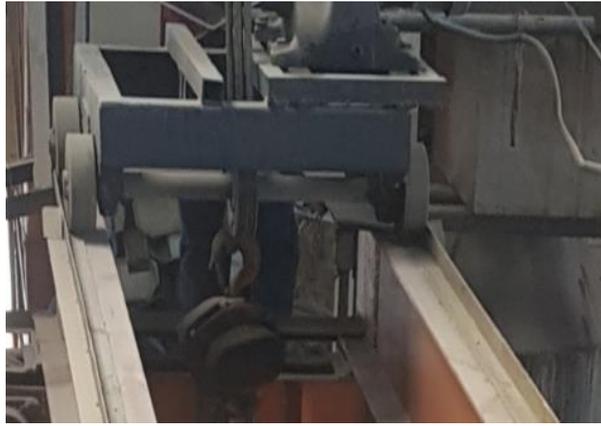


**Figura 18-3.** Conjunto de correas B-96ZSG

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.7 Carro metálico

El sistema mecánico consta de una estructura metálica conformada por el carro del movimiento longitudinal, que a su vez aloja a otros elementos mecánicos que intervienen en la transmisión del movimiento, además presenta polución en todas sus partes y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie. Ver la figura 19-3.

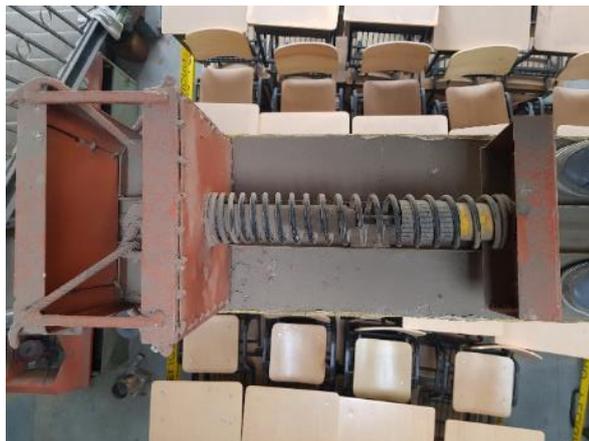


**Figura 19-3.** Carro metálico del movimiento longitudinal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.3.2.8 *Resorte mecánico*

En los extremos de cada carril existe un conjunto mecánico conformado por un amortiguador y un resorte helicoidal que sirven como soporte para apaciguar el impacto del puente grúa y evitar el desbordamiento del mismo. En la figura 20-3 se observa que el amortiguador del lado noroeste se encuentra en buen estado de funcionamiento para apaciguar el impacto del puente grúa, también presenta polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie debido al contexto operacional del activo físico y al período de tiempo que ha pasado sin ser aplicado ninguna actividad de mantenimiento.



**Figura 20-3.** Amortiguador del lado noroeste

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 21-3 se observa que el resorte helicoidal del lado noreste del conjunto mecánico se encuentra en buen estado de funcionamiento para apaciguar el impacto del puente grúa, también

presenta polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie debido al contexto operacional del activo físico y al período de tiempo que ha pasado sin ser aplicado ninguna actividad de mantenimiento.



**Figura 21-3.** Resorte del lado noroeste

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 22-3 se observa que el amortiguador del lado suroeste se encuentra en buen estado de funcionamiento para apaciguar el impacto del puente grúa, también presenta polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie debido al contexto operacional del activo físico y al período de tiempo que ha pasado sin ser aplicado ninguna actividad de mantenimiento.



**Figura 22-3.** Amortiguador del lado suroeste

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 23-3 se observa que el resorte helicoidal del lado sureste se encuentra en buen estado de funcionamiento para apaciguar el impacto del puente grúa, también presenta polución y pérdida de recubrimiento de pintura en la superficie debido al contexto operacional del activo físico y al período de tiempo que ha pasado sin ser aplicado ninguna actividad de mantenimiento.



**Figura 23-3.** Resorte del lado suroeste

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### **3.4 Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico del puente grúa está conformado por un breaker trifásico, dos relés térmicos bimetalicos, cuatro contactores, borneras, una botonera, cuatro finales de carrera, dos motores asincrónicos trifásicos jaula de ardilla y conductores eléctricos, los mismos que tienen como función proteger las instalaciones eléctricas ante sobrecorrientes y sobrecargas, además se encargan de mantener y controlar el suministro de la energía eléctrica al puente grúa para que éste cumpla con los requerimientos que el usuario requiera.

#### **3.4.1 *Falla funcional del sistema eléctrico***

El sistema eléctrico del puente grúa no suministra la energía adecuada para el funcionamiento del mismo.

#### **3.4.2 *Inspección del sistema eléctrico para determinar los modos de fallo***

##### **3.4.2.1 *Breaker trifásico***

El breaker trifásico del sistema eléctrico se encuentra dentro de una caja térmica aislado y presenta buenas condiciones de funcionamiento previniendo daños en las instalaciones eléctricas del puente grúa ante sobrecargas y sobrecorrientes, pero también tiene presencia de polución en el interruptor que indica el accionamiento del mismo y manchas de pintura en la superficie de la caja térmica lo cual afecta estéticamente a las instalaciones. Ver la figura 24-3.



**Figura 24-3.** Breaker trifásico

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.2 *Relé térmico bimetálico*

Este elemento de protección de los motorreductores se encuentra con presencia de polvo y sus terminales flojos, lo cual no permite que su funcionamiento sea el adecuado para el arranque de los motorreductores. Ver la figura 25-3.



**Figura 25-3.** Relé térmico bimetálico

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.3 *Pulsador*

Este elemento electromecánico presenta buen funcionamiento en el accionamiento manual de sus contactos normalmente abierto y normalmente cerrado para permitir o no el paso de la corriente eléctrica a los demás dispositivos del sistema, además presenta polución en la superficie. Ver la figura 26-3.

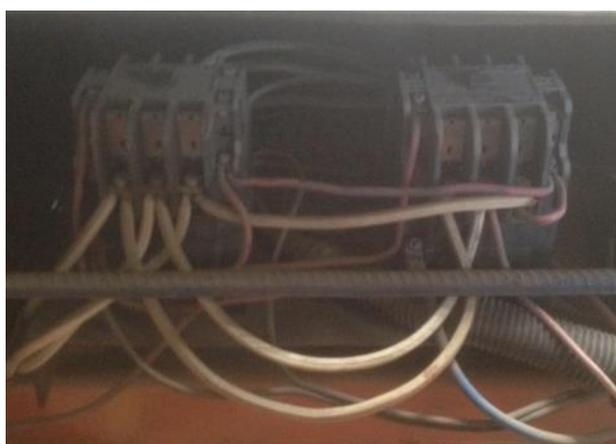


**Figura 26-3.** Pulsador eléctrico

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.4 *Contactores electromagnéticos*

El sistema eléctrico está conformado de cuatro contactores que se encuentran en malas condiciones de funcionamiento debido a la deficiente protección contra el alto nivel de polución que existe en el Taller de Fundición y por consecuencia sus contactos mecánicos principales se quedan unidos después de abrir el circuito de mando correspondiente a cada uno de los contactores. Ver la figura 27-3.



**Figura 27-3.** Contactores electromagnéticos

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 2-3 se observan las especificaciones técnicas de la placa de los contactores electromagnéticos que conforman el sistema eléctrico del activo físico, la cual detalla las características más importantes que serán utilizadas posteriormente en el próximo capítulo para

determinar el calibre del conductor que se necesita para que las instalaciones eléctricas funcionen de manera adecuada.

**Tabla 2-3.** Datos técnicos de los contactores electromagnéticos

CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO	
Marca:	KASUGA E.W.
Potencia:	5,5 HP
Frecuencia:	60 Hz
Tensión:	220 V
Corriente:	27 A

Fuente: KASUGA E.W., 2020

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.5 *Borneras*

Estos elementos permiten la unión de conductores para conectar eléctricamente el circuito, las mismas se encuentran en mal estado, debido a que los tornillos están aislados y los contactos presentan oxidación, esto ha provocado que los conductores eléctricos no tengan buen ajuste y que pierdan su contacto fácilmente, lo cual impide el paso de la corriente entre los dispositivos de las instalaciones eléctricas, además presentan deterioro y polución en la superficie. Ver la figura 28-3.



**Figura 28-3.** Borneras de unión

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.6 *Interruptores de posición*

El circuito de mando del sistema eléctrico del puente grúa está conformado por cuatro interruptores de posición o finales de carrera, instalados a los extremos de cada carril para detectar

el paso de las ruedas que se conectan directamente con sus contactos normalmente abierto y normalmente cerrado, a través de los mismos permite o interrumpe el funcionamiento del activo físico para brindar seguridad, los mismos se encuentran en mal estado con presencia de óxido en sus contactos y alta presencia de polución en la superficie. Ver la figura 29-3.



**Figura 29-3.** Interruptor de posición

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.7 Botonera

Este dispositivo auxiliar de mando directo se encuentra en mal estado, con el paso de los años sin haber realizado ninguna actividad de mantenimiento ha provocado que las partes metálicas de sus contactos internos se oxiden, lo que impide manipular de manera fácil, segura y eficiente los sentidos de movimiento del puente grúa. Ver la figura 30-3.



**Figura 30-3.** Botonera

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.4.2.8 Motorreductores

El sistema eléctrico del puente grúa está conformado por dos motorreductores, en la figura 31-3 se observa que el motorreductor del movimiento longitudinal presenta pérdida de fase en su alimentación, también al entrar en funcionamiento emite ruido debido a daños en sus rodamientos internos, además el empaque del acoplamiento presenta deterioro, la carcasa está cubierta de polución y presenta pérdida de recubrimiento de pintura.



**Figura 31-3.** Motorreductor del movimiento longitudinal

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 32-3 se observa que el motorreductor del movimiento transversal presenta buenas condiciones de funcionamiento para producir la potencia necesaria a los elementos mecánicos que se encargan de la transmisión de movimiento para mover las ruedas del activo físico sobre los carriles, además la carcasa está cubierta de polución y presenta pérdida de recubrimiento de pintura.



**Figura 32-3.** Motorreductor del movimiento transversal

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 3-3 se observan los datos técnicos de las placas de los motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos que conforman parte del sistema eléctrico del activo físico, los mismos que detallan las características más importantes y que serán utilizados posteriormente en el próximo capítulo para determinar el calibre del conductor que se necesita para que las instalaciones eléctricas funcionen de manera adecuada.

**Tabla 3-3.** Datos técnicos de los motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos

<b>MOTOR ASINCRÓNICO JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICO</b>			
<b>MOVIMIENTO LONGITUDINAL</b>		<b>MOVIMIENTO TRANSVERSAL</b>	
Modelo:	GT-1011516-N08	Modelo:	MBL 132 MA-6
Marca:	US MOTORS	Marca:	ASEA
Potencia:	2 HP	Potencia:	5,5 HP
Velocidad:	1720 rpm	Velocidad:	1140 rpm
Frecuencia:	60 Hz	Frecuencia:	60 Hz
Tensión:	220 V	Tensión:	220 V
Corriente:	3,1 A	Corriente:	15 A

**Fuente:** U. S. Motors, ASEA, 2020

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.9 Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos que forman parte del sistema eléctrico del puente grúa se encuentran con polución y con mala estética en la distribución de los conductores, además los conductores utilizados en los contactores electromagnéticos están mal seleccionados. Ver la figura 33-3.



**Figura 33-3.** Conductores eléctricos

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 3.4.2.10 Luces piloto

El conjunto de señalización del estado de funcionamiento del puente grúa está conformado por cuatro lámparas testigo y una lámpara licuadora, todas son de color verde y se encuentran en buenas condiciones para indicar el estado de funcionamiento. Ver la figura 34-3.



**Figura 34-3.** Lámparas testigo y licuadora

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 3.5 Modos de fallos del puente grúa

En la tabla 4-3 se indican los modos de fallos que se determinaron mediante las inspecciones de los diferentes sistemas que conforman el activo físico para posteriormente realizar la restauración de las condiciones óptimas de su funcionamiento.

**Tabla 4-3.** Modos de fallos de los sistemas, equipo y elementos del puente grúa

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS					
SISTEMA, EQUIPO Y ELEMENTO		FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO
Puente grúa	1	Transportar carga	A	No transporta carga	1 Deterioro del sistema estructural
					2 Deterioro del sistema mecánico
					3 Deterioro del sistema eléctrico
Sistema estructural	1	Soportar el peso propio e impuesto del puente grúa y mantener alineado durante los movimientos	A	No mantiene alineado al puente grúa en los movimientos	1 Ausencia del ángulo guía del riel del lado sur del puente grúa
Sistema mecánico	1	Generar y transmitir movimiento	A	No transmite movimiento	1 Ausencia de mecanizado de la rueda conducida del lado sur del puente grúa
					2 Ausencia de mecanizado de la rueda conductora del lado sur del puente grúa

					3	Desgaste del chavetero del eje de transmisión como también de su respectiva chaveta del lado sur del puente grúa
					4	Las correas de transmisión del puente grúa se encuentran desgastadas y en malas condiciones de funcionamiento
Sistema eléctrico	1	Mantener y controlar el suministro de energía eléctrica al puente grúa	A	No suministra la energía eléctrica adecuada al puente grúa	1	El relé térmico bimetálico presenta polución y sus terminales se encuentran flojos
					2	Los contactores electromagnéticos se encuentran con una alta polución en sus componentes
					3	Las borneras se encuentran aisladas
					4	La botonera se encuentra con presencia de óxidos

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS DE LA RESTAURACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE GRÚA

#### 4.1 Sistema estructural

##### 4.1.1 *Columnas y vigas de hormigón armado*

En la estructura de hormigón armado sobre la cual está instalado el activo físico se han realizado las siguientes actividades como la limpieza de la superficie de las diez columnas y de las dos vigas, utilizando una escoba para retirar el polvo, además se ha realizado la limpieza y el ajuste de los tornillos de los tomacorrientes que se alojan en las columnas. Ver la figura 1-4.



**Figura 1-4.** Columnas y vigas de hormigón armado

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

##### 4.1.2 *Vigas metálicas principales y auxiliares*

En la estructura metálica del activo físico se han realizado actividades de mantenimiento como es la limpieza de la superficie de las vigas principales y de la viga auxiliar, utilizando una escoba a fin de retirar el polvo para posteriormente pintar toda la estructura metálica utilizando pintura de esmalte color tomate para mejorar sus condiciones de funcionamiento, además se ha realizado la limpieza y el ajuste de los tornillos de los cajetines metálicos que se alojan sobre la viga auxiliar. Ver la figura 2-4.



**Figura 2-4.** Vigas principales y auxiliar de metal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.1.3 Rieles guías**

En la figura 3-4 se observa que en el riel guía del lado sur del puente grúa se han realizado LAS actividades de soldadura de un ángulo recto metálico de 25 mm de ancho y 3 mm de espesor en el interior del riel mediante la técnica SMAW, también el pulido de los residuos de los puntos de soldadura del ángulo y la limpieza de la superficie para que las ruedas se desplacen con facilidad sobre el riel.



**Figura 3-4.** Riel guía del lado sur

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 4-4 se observa que en el riel guía del lado norte del puente grúa se ha realizado la actividad de limpieza de la superficie utilizando una escoba.



**Figura 4-4.** Riel guía del lado norte

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

## **4.2 Sistema mecánico**

### **4.2.1 *Ruedas conducidas***

En la figura 5-4 se observa que mediante la tercerización se ha desarrollado la actividad del mecanizado adecuado de la rueda conducida del lado sur del activo físico para que se desplace correctamente sobre el riel guía y así desempeñe su funcionamiento de manera adecuada durante su recorrido.



**Figura 5-4.** Rueda conducida del lado sur

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 6-4 se observa que se ha realizado la limpieza de la rueda conducida del lado norte del puente grúa utilizando una brocha para retirar el polvo y facilitar su desplazamiento sobre el riel guía.



**Figura 6-4.** Rueda conducida del lado norte

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.2.2 *Ruedas conductoras*

En la figura 7-4 se observa que mediante tercerización se ha desarrollado la actividad del mecanizado adecuado de la rueda conductora del lado sur del puente grúa para que se desplace correctamente sobre el riel guía.



**Figura 7-4.** Rueda conductora del lado sur

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 8-4 se observa que se ha realizado la limpieza de la rueda conductora del lado norte del puente grúa utilizando una brocha para retirar el polvo y facilitar su desplazamiento sobre el riel guía.

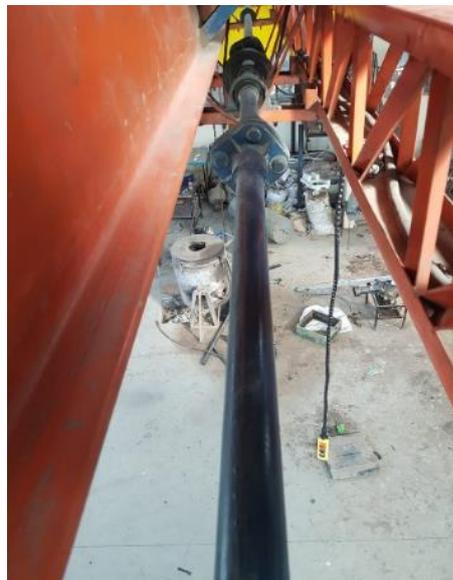


**Figura 8-4.** Rueda conductora del lado norte

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.2.3** *Eje de transmisión*

En el eje de transmisión del activo físico se han desarrollado dos actividades para la restauración de su funcionamiento, en la figura 9-4 se observa que se ha realizado la actividad de limpieza de la superficie del eje mecánico.



**Figura 9-4.** Eje de transmisión

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 10-4 se observa que mediante tercerización se ha realizado la actividad del mecanizado adecuado del chavetero y chaveta del lado sur del puente grúa para garantizar buena transmisión de movimiento.



**Figura 10-4.** Chavetero y chaveta del lado sur del eje

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.2.4 *Rodamientos*

Se ha determinado el tipo de lubricante, la frecuencia y la cantidad con la cual se deben lubricar adecuadamente los rodamientos existentes en el sistema mecánico del puente grúa.

##### 4.2.4.1 *Selección del lubricante*

##### 4.2.4.2 *Cálculo del factor de velocidad medio*

El factor de velocidad medio se determina mediante la siguiente fórmula:

$$FV = dm * n \quad (1)$$

Dónde,

FV: Factor de velocidad medio [adimensional]

dm: Diámetro medio [mm]

n: Velocidad [rpm]

El diámetro medio de un rodamiento se determina mediante la siguiente fórmula:

$$dm = \frac{D + d}{2} \quad (2)$$

Dónde,

dm: Diámetro medio [mm]

D: Diámetro exterior del rodamiento [mm]

d: Diámetro interior del rodamiento [mm]

En la tabla 1-4 se indica la selección del tipo de lubricante mediante el valor del factor de velocidad medio del rodamiento con un valor de 79800 a fin de establecer si se debe usar grasa o aceite para la lubricación de los rodamientos del sistema mecánico del puente grúa.

**Tabla 1-4.** Selección del lubricante según el cálculo del factor de velocidad medio

LUBRICANTE DE LOS RODAMIENTOS	
FACTOR DE VELOCIDAD MEDIO	NLGI
FV < 200000	Usar grasa
FV > 200000	Usar aceite

**Fuente:** Bhushan Bharat, 2000

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 2-4 se indica las especificaciones del grado de consistencia del lubricante según el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes, recomienda usar grasa a base de litio para rodamientos de bolas por lo que se ha seleccionado una grasa de tipo de consistencia NLGI-2 con aditivos EP.

**Tabla 2-4.** Grados NLGI de penetración bajo condiciones determinadas

INSTITUTO NACIONAL DE GRASAS LUBRICANTES			
CONSISTENCIA	PENETRACIÓN	ASPECTO	APLICACIONES
000	445 a 475	Muy ligera	Engranajes
00	400 a 430	Muy ligera	Engranajes y sistemas centralizados
0	355 a 385	Suave	Cojinetes y sistemas centralizados
1	310 a 340	Suave	Cojinetes y sistemas centralizados
2	265 a 295	Creмосa	Cojinetes
3	220 a 250	Casi sólida	Cojinetes
4	175 a 205	Dura	Cojinetes lisos
5	130 a 160	Muy dura	Cojinetes lisos
6	85 a 115	Muy dura	Cojinetes lisos

**Fuente:** Instituto Nacional de Grasas Lubricantes, 2014

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.2.4.3 Cálculo de la cantidad de lubricante

La cantidad de lubricante se determina mediante la siguiente fórmula:

$$GP = 0,005 * D * B \quad (3)$$

Dónde,

GP: Cantidad de lubricante [g]

D: Diámetro externo del rodamiento [mm]

B: Ancho del rodamiento [mm]

La cantidad que se debe aplicar en cada rodamiento es de 9 gramos, es decir inyectar 9 pulsos con el graseo en la alimentación de la chumacera.

#### 4.2.4.4 Cálculo de la frecuencia de lubricación

La frecuencia para realizar la relubricación se determina mediante la siguiente fórmula:

$$t = k \left( \frac{14 * 10^6}{n * \sqrt{d}} - 4d \right) \quad (4)$$

Dónde,

t: Frecuencia de lubricación [h]

k: Constante de rodamiento de bolas [adimensional]

d: Diámetro interno del rodamiento [mm]

n: Velocidad [rpm]

El tiempo que se ha determinado para la relubricación de los rodamientos de bolas se llevará a cabo con una frecuencia de 15368 horas, pero se debe tomar en cuenta el contexto operacional del activo físico. El criterio de reajuste del período de relubricación de SKF indica que si existe alta contaminación se reduce un 50 %, si la temperatura es mayor a 70 °C se reduce un 50 %.

En la figura 11-4 se observa que se ha realizado la limpieza de la chumacera que conforman la parte estructural externa de los rodamientos.



**Figura 11-4.** Chumacera de los rodamientos

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 12-4 se observa que se ha realizado la actividad de lubricación de los rodamientos utilizando un graseo para garantizar que la cantidad de lubricante que se inyecta en la chumacera del rodamiento sea el necesario.



**Figura 12-4.** Relubricación de los rodamientos

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.2.5 Poleas

En la figura 13-4 se observa que se ha realizado la limpieza del conjunto de poleas de la transmisión del movimiento longitudinal utilizando una brocha y una franela.



**Figura 13-4.** Conjunto de poleas del movimiento longitudinal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 14-4 se observa que se ha realizado la limpieza del conjunto de poleas de la transmisión del movimiento transversal del sistema mecánico, utilizando una brocha y una franela.



**Figura 14-4.** Conjunto de poleas del movimiento transversal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.2.6**    *Correas*

En la figura 15-4 se observa que se ha realizado el cambio de las dos correas B-76ZSG de la transmisión del movimiento longitudinal del activo físico para garantizar la transmisión adecuada del movimiento a los demás elementos mecánicos, es muy importante realizar el tensado correcto de las mismas, no pueden estar blandas, ni muy tensas para que desempeñen su funcionamiento de manera eficiente.



**Figura 15-4.** Conjunto de correas B-76ZSG

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 16-4 se observa el cambio de las dos correas B-96ZSG de la transmisión del movimiento transversal del activo físico para garantizar la transmisión adecuada del movimiento a los demás elementos mecánicos, es muy importante realizar el tensado correcto de las mismas, no pueden estar blandas, ni muy tensas para que desempeñen su funcionamiento de manera eficiente.



**Figura 16-4.** Conjunto de correas B-96ZSG

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.2.7** *Carro metálico del movimiento longitudinal*

En la estructura metálica del carro longitudinal se han realizado las actividades de mantenimiento como la limpieza del mismo utilizando una brocha y un cepillo de metal para retirar el polvo y el desprendimiento de la pintura, también se ha pintado la estructura utilizando pintura de esmalte de color azul para mejorar sus condiciones de estética. Ver la figura 17-4.



**Figura 17-4.** Carro metálico del movimiento longitudinal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.2.8** *Resorte mecánico*

En la figura 18-4 se observa que se ha realizado la limpieza del amortiguador hidráulico del lado noroeste del puente grúa utilizando una brocha y una franela, a fin de retirar el polvo de toda la superficie para que el mismo desempeñe su funcionamiento de manera adecuada al mitigar el impacto del activo físico.



**Figura 18-4.** Amortiguador hidráulico del lado noroeste

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 19-4 se observa que se ha realizado la limpieza del resorte helicoidal del lado noreste del puente grúa utilizando una brocha y una franela, a fin de retirar el polvo de toda la superficie para que el mismo desempeñe su funcionamiento de manera adecuada al momento de mitigar el impacto del activo físico, así brinda estabilidad y seguridad.



**Figura 19-4.** Resorte helicoidal del lado noroeste

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 20-4 se observa que se ha realizado la limpieza del amortiguador hidráulica del lado suroeste del puente grúa utilizando una brocha y una franela, a fin de retirar el polvo de toda la superficie para que el mismo desempeñe su funcionamiento de manera adecuada al momento de mitigar el impacto del activo físico, así brinda estabilidad y seguridad.



**Figura 20-4.** Amortiguador hidráulico del lado suroeste

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 21-4 se observa que se ha realizado la limpieza del resorte helicoidal del lado sureste del puente grúa utilizando una brocha y franela, a fin de retirar el polvo de toda la superficie para que el mismo desempeñe su funcionamiento de manera adecuada al momento de mitigar el impacto del activo físico, así brinda estabilidad y seguridad.



**Figura 21-4.** Resorte helicoidal del lado suroeste

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 4.3 Sistema eléctrico

#### 4.3.1 Breaker trifásico

En el breaker trifásico se ha realizado la limpieza total de sus partes, utilizando un lubricante dieléctrico y una brocha. Ver la figura 22-4.



**Figura 22-4.** Breaker trifásico

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.2 Relé térmico bimetálico

En los relés térmicos bimetálicos se ha realizado la limpieza de sus componentes utilizando un lubricante dieléctrico y una brocha. Ver la figura 23-4.



**Figura 23-4.** Relé térmico bimetálico

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 4.3.3 *Pulsador*

En el pulsador se ha realizado la limpieza de los contactos físicos y de la superficie utilizando un lubricante dieléctrico y una brocha. Ver la figura 24-4.



**Figura 24-4.** Pulsador eléctrico

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

### 4.3.4 *Contactores electromagnéticos*

En estos elementos que conforman parte del circuito eléctrico de mando se ha realizado la limpieza integral de todos sus componentes, utilizando un lubricante dieléctrico y una brocha. Ver la figura 25-4.



**Figura 25-4.** Contactores eléctricos

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.5 *Borneras*

Se ha realizado el cambio de las borneras para permitir la unión de los conductores eléctricos que pueda circular la corriente eléctrica por todo el circuito y evitar conductores flojos debido a tornillos aislados. Ver la figura 26-4.



**Figura 26-4.** Borneras plásticas de unión

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.6 *Interruptores de posición*

Se ha realizado el cambio de los cuatro finales de carrera para garantizar el óptimo funcionamiento al momento de accionar sus contactos normalmente abierto y normalmente cerrado, a fin de brindar seguridad operacional y del activo físico. Ver la figura 27-4.



**Figura 27-4.** Interruptor de posición

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.7 Botonera

Se ha realizado la sustitución de la botonera por una de cuatro botones y adicional un botón de seguridad, el mismo que sirve para realizar paros de emergencia y así incrementar la seguridad de funcionamiento tanto para el operador como para el personal que se encuentre cerca del puente grúa. Ver la figura 28-4.



**Figura 28-4.** Botonera eléctrica

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.8 *Motorreductores*

En la figura 29-4 se observa que en el motorreductor del movimiento longitudinal mediante tercerización se ha realizado el cambio de dos rodamientos internos modelos 6202-2Z y 6204-2Z y se ha diseñado cuatro tornillos de 200 mm de largo y 8 mm de diámetro para fijar la carcasa del motor, también se ha diseñado un empaque para el acoplamiento motor-reductor que no permita el ingreso de polvo a su interior, se ha realizado la limpieza utilizando una brocha para posteriormente pintar su carcasa utilizando pintura esmalte color azul.



**Figura 29-4.** Motorreductor del movimiento longitudinal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 30-4 se observa que en el motorreductor del movimiento transversal se ha realizado la limpieza superficial utilizando una brocha para posteriormente pintar su carcasa utilizando pintura esmalte color azul.



**Figura 30-4.** Motorreductor del movimiento transversal

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.8.1 Selección del lubricante para los reductores de velocidad

Para la lubricación de los reductores de velocidad se han tomado en cuenta las especificaciones del fabricante que indica que se requiere un aceite GL7, por lo cual se ha realizado la investigación correspondiente y el Departamento Técnico de Ingenieros de Lubricación según en el artículo científico de tema “aceites para engranajes” indica que el aceite GL7 tiene su equivalencia a un aceite ISO 460. Ver la tabla 3-4.

**Tabla 3-4.** Lubricación para los reductores de velocidad

<b>LUBRICACIÓN DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD</b>		
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	<b>TIPO DE ACEITE</b>	<b>CANTIDAD (GALONES)</b>
Movimiento longitudinal	ISO 460	1 GAL
Movimiento transversal	ISO 460	2 GAL

Fuente: Departamento Técnico de Ingenieros de Lubricación, 2019

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.9 Conductores eléctricos

Para el desarrollo del mantenimiento mejorativo de las instalaciones eléctricas se ha realizado la toma de datos técnicos de las placas que presentan los equipos eléctricos en este caso los motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos y los contactores electromagnéticos, los datos que se requieren son: el rendimiento, la frecuencia, la tensión, la corriente y la potencia que serán utilizados para realizar los cálculos respectivos para la selección de los conductores eléctricos.

##### 4.3.9.1 Selección de la carga

Se debe determinar el valor de la corriente nominal que circula por los motores eléctricos a plena carga, para ello se toma en cuenta que los motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos que conforman los sistemas del puente grúa no cuenta con una compensación de energía reactiva y por este motivo su rendimiento y factor de potencia se lo debe extraer de las placas técnicas de los equipos eléctricos mencionados.

Debido a la antigüedad y al ambiente en el que se encuentra expuesto el activo físico con alta presencia de polución algunos datos de la placa técnica de los motores eléctricos no se pueden visualizar, por lo cual, el factor de potencia y el rendimiento de cada uno de los motores se obtuvieron de la tabla 4-4.

**Tabla 4-4.** Rendimiento de motores según el factor de potencia

<b>MOTOR ASINCRÓNICO JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICO</b>		
<b>POTENCIA NOMINAL (kW)</b>	<b>FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>
<1	0,5	-----
1 a 4	0,7	0,7
5 a 50	0,8	0,8
>50	0,9	0,9

Fuente: Marek Lukaszczyk, 2012

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

Los datos técnicos que se demanda de los motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos se observan en la siguiente tabla 5-4, los mismos que serán utilizados para determinar el calibre del conductor que se requiere para las instalaciones eléctricas de los motores con los demás equipos del sistema eléctrico a fin que el puente grúa funcione de manera adecuada sin presentar sobrecalentamiento o sobrecarga en el sistema eléctrico.

**Tabla 5-4.** Datos técnicos de los motores eléctricos

<b>DATOS TÉCNICOS DE MOTORES ASINCRÓNICOS JAULA DE ARDILLA</b>						
<b>MOTOR</b>	<b>POTENCIA NOMINAL</b>		<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>NÚMERO DE FASES</b>	<b>FP</b>	<b>RENDIMIENTO</b>
	<b>HP</b>	<b>k W</b>				
Movimiento longitudinal	5,5	4	220	3	0,7	0,7
Movimiento transversal	2	1,5	220	3	0,7	0,7

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.9.2 Selección de los conductores eléctricos

Cuando se instala un equipo eléctrico esta tiene una carga la cual nunca se utiliza o se consume en su totalidad, por lo cual se debe tomar en cuenta la carga total conectada en el sistema, el factor de demanda es determinado acorde a la potencia nominal de cada uno de los equipos eléctricos que conforman dicho sistema, para este fin el factor de demanda se ha obtenido de la tabla 6-4. (Alejandra, 2017, p.56 )

**Tabla 6-4.** Factor de demanda según la carga instalada

<b>FACTOR DE DEMANDA DE LA CARGA INSTALADA</b>	
<b>CARGA ELÉCTRICA (kW)</b>	<b>FACTOR DE DEMANDA (Fp)</b>
Hasta 2,7	1
Hasta 3,8	0,95
Hasta 7,2	0,9
Hasta 12	0,85
Hasta 20	0,8

Fuente: Marek Lukaszczyk, 2012

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

El factor de demanda sirve para determinar la carga que realmente se utiliza, para motores trifásicos se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_n * n * \cos \varphi} * F \quad (5)$$

Dónde,

In: Corriente nominal

Pn: Potencia nominal

Fp: Factor de potencia

Vn: Tensión nominal

cos φ: Relación entre la potencia aparente y la activa

n: Velocidad

En la tabla 7-4 se observa los resultados de los cálculos del calibre de conductores de los motores trifásicos que se debe implementar en el circuito de potencia de los motores del puente grúa.

**Tabla 7-4.** Calibre de los conductores eléctricos de los motores

<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LOS MOTORES</b>		
<b>MOTOR</b>	<b>INTENSIDAD NOMINAL (A)</b>	<b>CABLE TRIPOLAR TW-THHN PARA 90°C</b>
Movimiento longitudinal	19,28	12
Movimiento transversal	8,03	16

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 8-4 se observa el resultado de la selección del calibre del conductor de los contactores que será utilizado en la implementación del circuito de mando de acuerdo a la corriente eléctrica de la placa técnica de los contactores a utilizar.

**Tabla 8-4.** Calibre de los conductores eléctricos de los contactores

<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LOS CONTACTORES</b>		
<b>EQUIPO</b>	<b>INTENSIDAD NOMINAL (A)</b>	<b>CABLE TRIPOLAR TW-THHN PARA 90°C</b>
Contactor electromagnético	27	10

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la figura 31-4 se observa que se han realizado actividades de mantenimiento tales como el cambio de las líneas de acero galvanizado a lo largo y ancho de los carriles del activo físico, ya que alojan a los conductores de las instalaciones eléctricas de los movimientos longitudinal y transversal, también se han colocado espirales y anillos en los conductores eléctricos para mejorar la estética de las instalaciones eléctricas, además garantiza la seguridad operacional del activo físico.



**Figura 31-4.** Conductores eléctricos

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.3.10** *Luces piloto*

En la figura 32-4 se observa que se ha realizado actividades de mantenimiento tales como el ajuste de los tornillos flojos de los terminales de las conexiones que indican el estado de funcionamiento del puente grúa y también la limpieza superficial de las cuatro lámparas testigo y de la licuadora, utilizando una franela para retirar el polvo.



**Figura 32-4.** Luces piloto

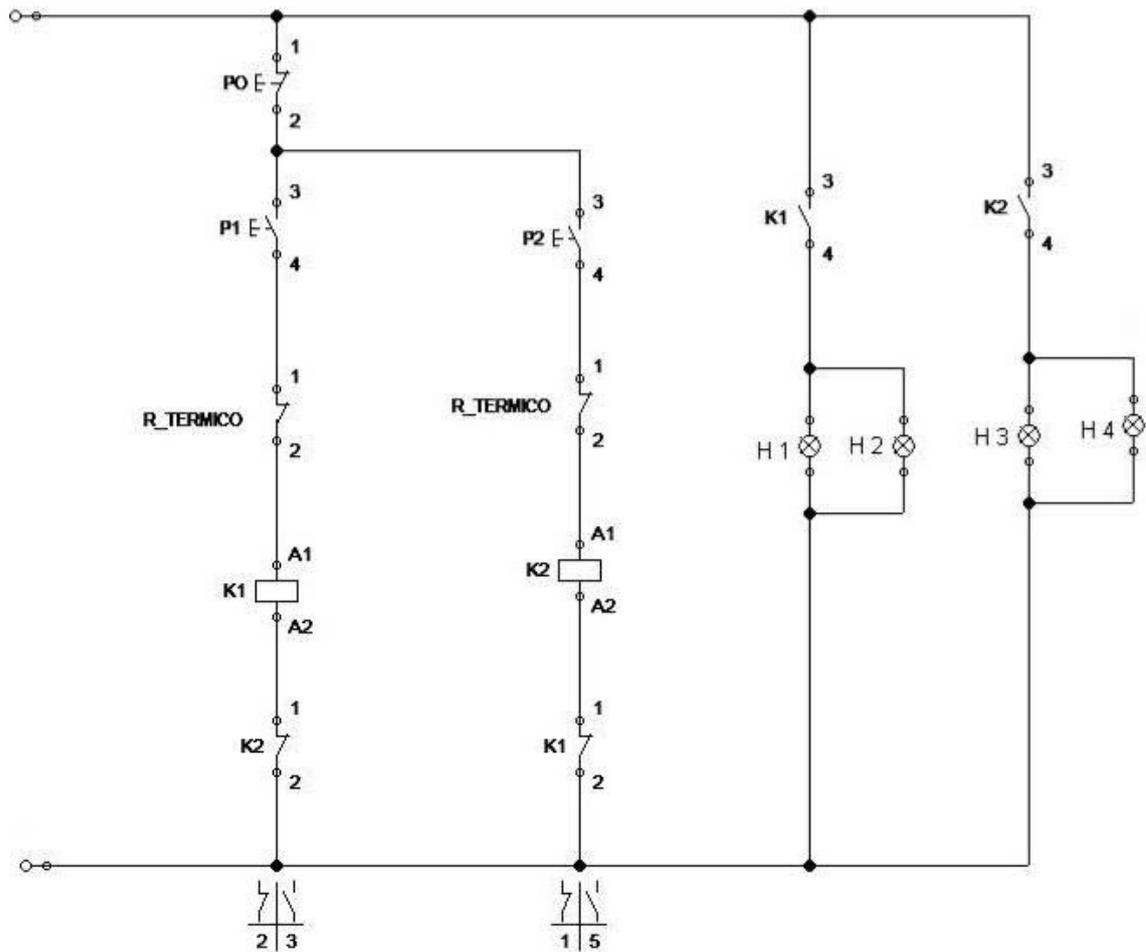
**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

Después de haber realizado las actividades de mantenimiento a cada uno de los elementos del sistema eléctrico y verificar su correcto funcionamiento se ha optado por seguir utilizando los elementos que presentaron buenas condiciones de funcionamiento y los elementos en malas condiciones fueron cambiados por elementos nuevos y para mejorar el sistema eléctrico se ha rediseñado los circuitos de mando y de potencia para los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos.

#### **4.3.11 Rediseño del circuito de mando de los motores eléctricos**

El circuito de mando que se debe incorporar al sistema eléctrico del puente grúa es exactamente igual para los dos motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos, se ha realizado el diseño y la simulación del circuito en el programa CADe\_SIMU, este circuito debe permitir el arranque directo y la inversión de giro de cada uno de los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos que forman parte del puente grúa.

El circuito de mando del motor trifásico asíncrono jaula de ardilla del movimiento longitudinal funciona de la siguiente manera, al pulsar P1 se autoexcita el contactor K1 provocando el arranque del motor en sentido horario y al quitar la presión de P1 el contactor queda sin autoexcitación y por ende el motor se detiene; al presionar P2 el contactor K2 se auto-excita y provoca el arranque del motor en sentido antihorario, de igual manera al quitar la presión de P2 el contactor K2 queda sin la autoexcitación provocando que el motor se detenga; en ambos casos antes mencionados los contactos normalmente cerrados del relé térmico se abran en caso de existir una sobrecarga con el fin de proteger al motor. En la figura 33-4 se observa el circuito de mando de los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos con todos sus componentes eléctricos.



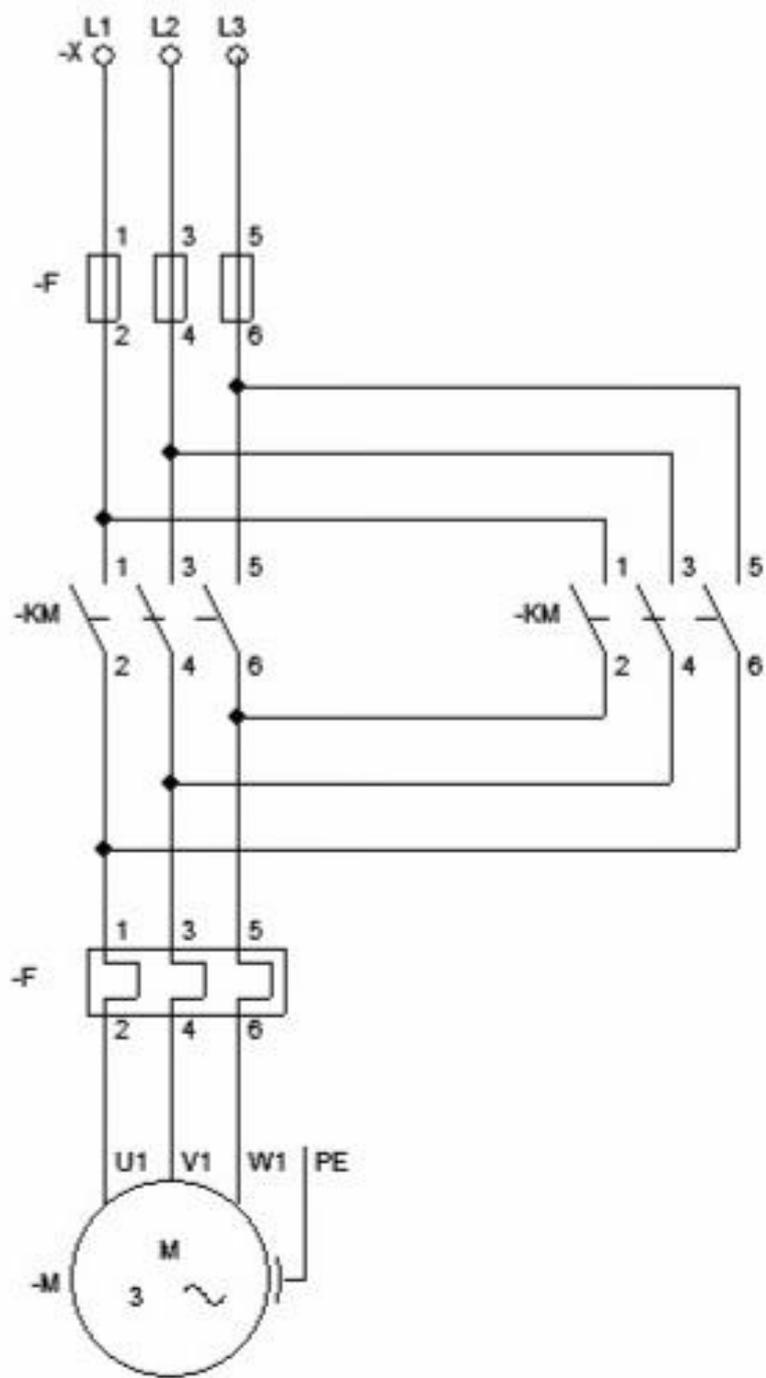
**Figura 33-4.** Circuito de mando de los MAJA 3F del puente grúa

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.3.12 Rediseño del circuito de potencia de los motores eléctricos

El circuito de potencia que se debe incorporar al sistema eléctrico del puente grúa es exactamente igual para los dos motores eléctricos, se ha realizado el diseño y la simulación del circuito en el programa CADe\_SIMU, cabe recalcar que este circuito debe alimentar eléctricamente a los motores trifásicos asíncronos jaula de ardilla y a sus elementos que forman parte del sistema eléctrico del puente grúa como son: breakers, botoneras, contactores, finales de carrera y relés térmicos, los mismos que se deben encontrar interconectados tanto en el circuito de mando como en el circuito de potencia del puente grúa.

En la figura 34-4 se observa el diagrama del circuito de potencia para el motor asíncrono jaula de ardilla trifásico del movimiento longitudinal como para el motor asíncrono jaula de ardilla trifásico del movimiento transversal.



**Figura 34-4.** Circuito de potencia de los MAJA 3F del puente grúa

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### 4.4 Pruebas

Después de realizar las actividades de restauración de las condiciones de funcionamiento óptimos del puente grúa se debe poner a prueba su eficiencia de funcionamiento en vacío y con carga, con el fin de garantizar el funcionamiento correcto.

#### **4.4.1 Pruebas en vacío**

Las pruebas de funcionamiento del puente grúa en vacío se ha realizado a sus movimientos longitudinal y transversal por lo largo y ancho de las dimensiones de sus rieles guía, de igual forma el movimiento vertical hasta el alcance máximo de la longitud de la cadena, se verifica que el funcionamiento sea el correcto y que los elementos de los sistemas no presenten algún tipo de problema.

#### **4.4.2 Pruebas con carga**

Las pruebas de funcionamiento del puente grúa con carga se ha realizado un recorrido de sus movimientos longitudinal y transversal por largo y ancho de las dimensiones de sus rieles guía, de igual forma el movimiento vertical a través de la cadena elevando una carga de aproximadamente dos toneladas, se verifica que el funcionamiento sea el correcto y que los diferentes elementos de los sistemas que conforman el puente grúa no presenten algún tipo de problema debido a la carga.

## **4.5 Mantenimiento autónomo del puente grúa**

Es una de las principales medidas que requieren los activos físicos para mantener su buen estado de funcionamiento y sobre todo que el equipo conserve los distintos parámetros de seguridad y operación.

El desarrollo de la implementación del mantenimiento autónomo se basa en la técnica de gestión japonesa conocida como la metodología de mejora o de las 5S que son seiri (clasificación), seiton (orden), seiso (limpieza), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (mantener la disciplina), además el reajuste y la lubricación de elementos, las mismas que se cumplen en etapas de aplicación del mantenimiento autónomo en el puente grúa.

## **4.6 Etapas del mantenimiento autónomo**

### **4.6.1 *Clasificar***

En esta etapa se deben clasificar los objetos necesarios o de uso con más frecuencia y eliminar los objetos innecesarios o inútiles del Taller de Fundición ya que es el espacio de trabajo del puente grúa.

### **4.6.2 *Ordenar***

En esta etapa se debe organizar de forma eficiente el espacio de trabajo del puente grúa, cada objeto tiene y está en su lugar, así se puede encontrar fácilmente los objetos y evitar accidentes del personal encargado y de los estudiantes.

### **4.6.3 *Limpieza***

En esta etapa se debe realizar la limpieza general del puente grúa, en la cual se debe ocupar los implementos de seguridad personal tales como arnés, línea de vida, guantes, overol, gafas, zapatos punta de acero, con el fin de preservar la integridad del personal que intervenga en el activo físico, también es indispensable que el puente grúa no esté sometido a ninguna carga mecánica y cortar la presencia de energía eléctrica.

El medio en donde se encuentra instalado el puente grúa tiene un alto grado de polución por lo cual esta etapa del mantenimiento autónomo es de vital importancia, la limpieza que se debe realizar al equipo debe ser minuciosa en todos los sistemas que forman parte del activo físico,

cabe recalcar que en la tarea de limpieza se incorpora la actividad de inspección visual de los posibles modos de fallos y los fallos ya existentes en el puente grúa.

El orden lógico que se debe llevar a cabo para realizar la limpieza es el siguiente:

1. Cortar la energía eléctrica del puente grúa
2. Instalación de los elementos de seguridad ocupacional.
3. Limpieza del sistema estructural del puente grúa.
4. Limpieza del sistema mecánico del puente grúa.
5. Limpieza del sistema eléctrico del puente grúa.

#### **4.6.4 Estandarizar**

En esta etapa se debe tomar medidas contra anomalías que se pueden presentar, las actividades encaminadas a eliminar todo modo de fallos que haya sido posible visualizar en el desarrollo de la limpieza del puente grúa.

Durante la restauración del funcionamiento del puente grúa se consiguió presenciar el alto índice de posición que existe en el taller de fundición, por tal motivo este es uno de los tantos parámetros que debe ser controlado por el personal que opera el puente grúa.

Las labores de limpieza que permiten detectar posibles modos de fallos o fallos existentes en el activo físico, se las debe realizar en un período de seis meses calendario.

#### **4.6.5 Disciplina**

En la etapa final se debe tener compromiso por parte del personal encargado del Taller de Fundición y del puente grúa de asegurar que se estén cumpliendo las anteriores etapas correctamente y que hay que seguir mejorando las condiciones de trabajo del puente grúa.

#### **4.6.6 Lubricación**

Con la implementación del mantenimiento autónomo también tenemos la lubricación, es considerado uno de los factores más importantes para el buen funcionamiento del puente grúa, por lo cual en este apartado se utilizará el tipo de lubricante y la cantidad de las mismas ya seleccionado en el capítulo anterior.

#### 4.6.7 Reajustes

El reajuste de elementos es una actividad esencial que se requiere en los distintos sistemas que forman parte del puente grúa, por tal motivo se plantea que esta actividad sea realizada de manera periódica.

##### 4.6.7.1 Reajuste del sistema mecánico

El sistema mecánico que se encuentra compuesto por distintos elementos y estos a la vez acoplados por medio de pernos que requieren de un reajuste periódico en el cual se pueda garantizar el correcto funcionamiento y así brindar la seguridad adecuada del funcionamiento.

##### 4.6.7.2 Reajuste del sistema eléctrico

El reajuste eléctrico tiene un alto grado de impacto en el buen funcionamiento seguro del puente grúa, por lo cual en este apartado se mencionará todas las herramientas que deben ser utilizadas para realizar el reajuste en los distintos elementos que forman parte del sistema eléctrico.

#### 4.7 Plan de ejecución del mantenimiento autónomo del puente grúa

En la tabla 1-5 se detallan las actividades generales de mantenimiento autónomo que deben ser realizadas por el personal encargado del taller de fundición de la ESPOCH en el cual se encuentra el puente grúa.

**Tabla 9-4.** Plan de mantenimiento autónomo del puente grúa

PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
ACTIVIDADES	FRECUENCIA
Limpieza general del puente grúa.	6 meses
Reajuste de los elementos del sistema mecánico.	6 meses
Reajuste de los elementos del sistema eléctrico.	6 meses
Lubricación de rodamientos.	6 meses
Análisis de viscosidad del lubricante de los reductores.	60 meses

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

#### **4.8 Cronograma de actividades**

En la tabla 1-6 se observa el cronograma de las actividades en las que se ha realizado la restauración de las condiciones óptimas del funcionamiento del puente grúa, con sus respectivas fechas y tiempos de ejecución.

**Tabla 10-4.** Cronograma de actividades para la restauración del funcionamiento del puente grúa

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>																		
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA DE FINALIZACIÓN</b>	<b>NOVIEMBRE</b>				<b>DICIEMBRE</b>				<b>ENERO</b>				<b>FEBRERO</b>			
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Pruebas de funcionamiento.	04/11/2019	08/11/2019	■															
Instalación de la línea de vida.	11/11/2019	15/11/2019		■														
Extracción del motorreductor y carro del movimiento longitudinal.	18/11/2019	22/11/2019			■													
Elevación de la estructura del puente grúa sobre apoyos de madera.	25/11/2019	29/11/2019				■												
Pruebas de dinámica de las ruedas conductoras y conducidas.	02/12/2019	06/12/2019					■											
Extracción del deje de transmisión y rueda conductora del puente grúa.	02/12/2019	13/12/2019					■	■										
Extracción de la rueda conducida.	16/12/2019	20/12/2019							■									
Tercerización del mecanizado de la rueda y elaboración de una nueva chaveta y chavetera del eje de transmisión.	23/12/2019	27/12/2019								■								
Elaboración e instalación de un nuevo empaque para el motorreductor del carro del movimiento longitudinal.	06/01/2020	10/01/2020									■							

Cambio de rodamientos del motor trifásico del carro del movimiento longitudinal.	06/01/2020	10/01/2020																	
Tercerización en la construcción de nuevos tornillos de sujeción de la carcasa del motor trifásico del carro del movimiento longitudinal.	06/01/2020	10/01/2020																	
Cambio de correas de transmisión de los movimientos transversal y longitudinal.	13/01/2020	17/01/2020																	
Instalación de un riel para el carro del movimiento transversal para una de las vigas testeras.	13/01/2020	17/01/2020																	
Instalación del deje de transmisión y ruedas conductora y conducida.	20/01/2020	31/01/2020																	
Instalación del motorreductor y del carro del movimiento longitudinal.	27/01/2020	31/01/2020																	
Alineación de poleas de los motores reductores del puente grúa.	03/02/2020	07/02/2020																	
Lubricación de rodamientos de las chumaceras existentes en el puente grúa.	03/02/2020	07/02/2020																	
Rediseño de los circuitos eléctricos del puente grúa.	10/02/2020	14/02/2020																	
Instalación del nuevo sistema eléctrico.	17/02/2020	21/02/2020																	



1	unidad	Limpiador de contactos ABRO EC533	3,19	3,19		
100	unidad	Amarra DEX T6 negro 15 cm X 3,2 mm 1U TP	0,02	2,60		
30	unidad	Amarra 15 cm T6 blanca DEXSON	0,09	2,68	2,68	3,00
12	unidad	Armella N° 4	0,29	3,47	3,47	3,89
1	unidad	Botonera colgante amarilla 4 pulsadores C-A4813	38,93	38,93	38,93	43,60
2	unidad	Finales de carrera SERIE LL-D	14,12	28,25	28,25	32,10
<b>FACTURA TOTAL</b>						<b>170,11</b>

Realizado por: Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 3-6 se observan los costos que se ha utilizado para el desarrollo favorable de la restauración de las condiciones óptimas del sistema mecánico del puente grúa.

**Tabla 12-4.** Costos de los elementos del sistema mecánico del puente grúa

<b>COSTOS MECÁNICOS</b>						
<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR UNITARIO (\$)</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>	<b>TOTAL (\$)</b>	<b>TOTAL + IVA (\$)</b>
2	Unidad	Correa B-76 ZSG	7,14	14,29	14,29	16
2	Unidad	Correa B-96 ZSG	9,3	18,6	20,76	23,6
1	Unidad	Grasa Base litio de alto rendimiento	2,16	2,16		
1	Unidad	Papel victoria (empaque)	2	2	5,36	6
1	Unidad	Silicona Gris	3,36	3,36		
1	Juego	Extractores	5,2	5,2	7,57	8,48

1	Unidad	Broca pro 1/8 X 2	2,37	2,37		
22	Metros	Cabo	0,51	11,26	11,26	12,8
1	Unidad	Rodamiento rígido de bolas 6203-2Z	3,13	3,13	3,13	3,51
3	Metros	Alambre galvanizado N° 10	1,25	3,75	3,75	4,2
2	Unidad	Pintura	2,5	5	5	5,6
18	Unidad	Armella N° 4	0,29	5,2	5,2	5,83
4	Unidad	Pernos 5/8 x 8 pulgadas	2,2	8,8	8,8	10
4	Unidad	Ángulo recto 5/8 x 1 ¼	4,4	17,6	17,6	20
FACTURA TOTAL						116,02

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 4-6 se observan los costos en servicios de tercerización que se ha utilizado para el desarrollo favorable de la restauración de las condiciones óptimas del puente grúa.

**Tabla 13-4.** Costos de los servicios de tercerización para elementos del puente grúa

<b>COSTOS DE SERVICIOS ADQUIRIDOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Cambio de los rodamientos del rotor del MAJA 3F movimiento longitudinal	70
Rectificado de polea y eje	50
Mecanizado del chavetero y la chaveta	30
Transporte del eje a mecánica	20
Alquiler de retroexcavadora	24
Extracción pernos rotos y rectificación de rosca	15
Alquiler de andamios	21
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>230</b>

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

En la tabla 5-6 se detallan los costos directos e indirectos y el costo total que llevo a cabo la restauración de las condiciones óptimas del puente grúa.

**Tabla 14-4.** Costo total del trabajo de integración curricular

<b>COSTO DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>			
<b>COSTOS DIRECTOS (\$)</b>		<b>COSTOS INDIRECTOS (\$)</b>	
Sistema eléctrico	170,11	Impresiones y Empastado	100,00
Sistema mecánico	116,02	Gastos de transporte	70,00
Servicio	230,00	Gastos extras	40,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>726,13</b>

**Realizado por:** Alvarez D, Barahona J, 2020

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de las diferentes técnicas de mantenimiento mejorativo llevadas a cabo en el activo físico permitieron la restauración eficaz de los parámetros de funcionamiento de los distintos elementos que conforman los sistemas del puente grúa.

Se determinó que la práctica del mantenimiento mejorativo en el activo físico denominado puente grúa, ha sido el adecuado para obtener con éxito la restauración de las condiciones de funcionamiento del mismo en el marco de su capacidad requerida de dos toneladas.

El diseño y la implementación de los circuitos de mando y de potencia de los motores eléctricos del puente grúa tuvieron alto impacto en el funcionamiento correcto, sobre todo al garantizar la seguridad y operación de este activo.

Mediante las pruebas de funcionamiento en vacío y con carga, se verificó el óptimo funcionamiento de los movimientos del puente grúa.

## **RECOMENDACIONES**

Para intervenciones futuras, aplicar las distintas actividades relacionadas con el mantenimiento mejorativo tomando en cuenta todos los parámetros de funcionamiento, el contexto operacional y sobre todo la capacidad de carga del puente grúa sujeto a la restauración.

Las autoridades de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH deben adquirir el equipo de protección personal para las próximas intervenciones en el puente grúa, con las cuales se pueda garantizar una correcta y eficaz intervención de mantenimiento.

Realizar pruebas de funcionamiento en vacío y con carga, sin sobrepasar su capacidad de fábrica, lo cual garantiza el funcionamiento correcto de todos los sentidos de movimiento del puente grúa en el marco de su desplazamiento.

Ejecutar de manera responsable el plan de mantenimiento autónomo en su totalidad, debido a que el mismo garantiza el funcionamiento adecuado y sobre todo la seguridad operacional del puente grúa.

## GLOSARIO

**Avería:** Estado de un elemento caracterizado por la inaptitud de realizar una función requerida, excluyendo la inaptitud durante el mantenimiento preventivo o por otras acciones planificadas, o debido a la falta de recursos externos. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 14)

**Fallo por desgaste:** Fallo cuya probabilidad de aparición aumenta con el tiempo de funcionamiento o con el número de operaciones del elemento y con las tensiones asociadas a la que ha estado sometido. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 13)

**Fiabilidad intrínseca:** Fiabilidad de un elemento determinado por el diseño y la fábrica bajo condiciones de operación esperadas, asumiendo que no se lleva a cabo ninguna tarea de mantenimiento preventivo, excepto el mantenimiento de rutina. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 9)

**Mantenibilidad:** Capacidad de un elemento bajo condiciones de utilización dadas, de ser preservado o ser devuelto a un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones dadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 9)

**Mantenimiento correctivo:** Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en el que pueda realizar una función requerida. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 17)

**Mantenimiento preventivo:** Mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 17)

**Modo de fallo:** Manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 13)

**Verificación de la función:** Acción que se realiza después de las acciones de mantenimiento para verificar que el elemento puede realizar la función requerida. (Asociación española de normalización y certificación, 2018, p. 19)

## BIBLIOGRAFÍA

**ALEJANDRA, Q.** Mantenimiento mejorativo del sistema eléctrico domiciliario e industrial en las instalaciones de la piscina de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante el estudio de eficiencia energética. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2017. p. 56.

**ALTAMIRANO, R., & SAÑAY, A.** Diseño, construcción, montaje y pruebas de un puente de grúa. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Mecánica. Riobamba-Ecuador. 1990. p.1.

**ÁLVAREZ, J; ed al.** *Introducción al análisis de circuitos eléctricos*. Oviedo-España: Ediuno. 2007. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=L00nvc3kAFYC&pg=PA9&dq=circuito+electronico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiw4bXpIHoAhVCiOAKHQ3RBu4Q6AEIPDAC#v=onepage&q=circuitoelectronico&f=false>

**BUDYNAS, R., & NISBETT, J.** *Diseño en Ingeniería mecánica de Shingley*. 8ª ed. México: McGraw-Hill. 2008. p. 500.

**CASALS, P., & BOSCH, R.** *Maquinas Eléctricas, aplicaciones de Ingeniería Eléctrica a Instalaciones Navales y Marinas*. Barcelona-España. 2005. pp. 55-56.

**CASTRO, J. & CEVALLOS, J.** Calculo, diseño y construcción de un puente grua de una tonelada para el Taller de la Carrera de Mecánica Naval. Eloy Alfaro, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Naval. Manta-Ecuador. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/1028/1/ULEAM-IMN-0002.pdf>

**CORTÉS, J.** *Seguridad e higiene en el trabajo*. Madrid-España. 9ª ed. 2007ª. [Consulta: 23 abril 2020]. Disponible en: [https://books.com.ec/books?id=y9IE1LsvwwQC&pg=PA82&dq=seguridad+definicion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiwppzv\\_\\_oAhVOZN8KHWMPAHUQ6AEIMAB#v=onepage&q=seguridad definicion&f=false](https://books.com.ec/books?id=y9IE1LsvwwQC&pg=PA82&dq=seguridad+definicion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiwppzv__oAhVOZN8KHWMPAHUQ6AEIMAB#v=onepage&q=seguridad definicion&f=false)

**CORTÉS, J.** *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Madrid-España. 9ª ed. 2007b. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=pjoYI7cYVVUC&pg=PA331&dq=importancia+de+un+puente+grua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGkqueoHoAhXQN8KHac2CjsQ6AEIKDAA#v=onepage&q=importanciadeunpuentegrúa&f=false>

**CORTIZO, J; et al.** *Elementos de máquinas*. Oviedo-España. 2003. [Consulta: 29 abril 2020]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LD5jNSKwqhoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=chavetero+y+chaveta+&ots=iI0kcDYudV&sig=uyHqvXpFxTnAkQd1UJX949wmVUE#v=onepage&q=chaveteroychaveta&f=false>

**FINK, D; et al.** *Manual práctico electricidad ingenieros*. Barcelona-España. 8ª ed. 1981. p. 18.

**JEFFUS, L. & PIQUER, J.** *Soldadura, principios y aplicaciones*. Madrid-España. 5ª ed. 2009. [Consulta: 22 abril 2020]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rHynAxzh0iEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=soldadura+normas&ots=bwOTbreTeT&sig=BOWtdI4vmX9W1DM\\_dAxFgxolzv8#v=onepage&q=soldadura+normas&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rHynAxzh0iEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=soldadura+normas&ots=bwOTbreTeT&sig=BOWtdI4vmX9W1DM_dAxFgxolzv8#v=onepage&q=soldadura+normas&f=false)

**LARRODÉ, E. & MIRAVETE, A.** *Grúas*. Zaragoza-España. 1996. [Consulta: 28 febrero 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=&pg=PA317&dq=puente+grua&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiiqM\\_QfTnAhVIU98KHc6sAIoQ6AEIKDAA#v=onepage&q=puente+grua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=&pg=PA317&dq=puente+grua&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiiqM_QfTnAhVIU98KHc6sAIoQ6AEIKDAA#v=onepage&q=puente+grua&f=false)

**LEÓN, M.** *DPT: diccionario políglota del tren*. Madrid-España. 2000. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=W6TRwFNf71cC&pg=PA261&dq=definición+de+final+de+carrera+electrico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjpvz2of\\_nAWmV98KHZyyCk0Q6wEICzAA#v=onepage&q=definición+de+final+de+carreraelectrico&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=W6TRwFNf71cC&pg=PA261&dq=definición+de+final+de+carrera+electrico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjpvz2of_nAWmV98KHZyyCk0Q6wEICzAA#v=onepage&q=definición+de+final+de+carreraelectrico&f=false)

**MARRÓN, G.** *Experiencias concretas de innovación y aprendizaje tecnológico en la empresa*. México: Juan Quintanilla. 1997. p. 47.

**MOUBRAY, J.** *Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II*. Madrid-España. 2ª ed. 2000.

**NTP 736.** *Grúas tipo puente, generalidades*.

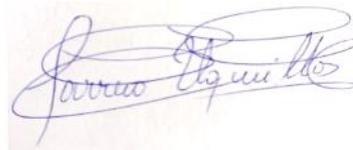
**RODRÍGUEZ, J; ed al.** *Automatismos industriales*. Madrid-España. 2014. [Consulta: 4 mayo 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=R9\\_7CAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=R9_7CAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false)

**SÁNCHEZ, F; ed al.** *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España. 2ª ed. 2007. pp. 48-49.

**UNE-EN 13306.** *Terminología de mantenimiento*.

**VILORIA, J.** *Automatismos y cuadros eléctricos*. Madrid-España. 8ª ed. 2000. p. 79.p. 192.

**WILDI, T.** *Maquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México. 6ª ed. 2007. [Consulta: 26 abril 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ehxKXip1j6EC&pg=PA263&dq=motores+electricos+y+generadores++trifasico+asincrono+jaula+de+ardilla&hl=es&sa=X&ve0ahUKEwj0pJirx4bAhUGTN8KHTyQDhQQ6AEIJAA#v=onepage&q=motoreselectricosygeneradorestrifasicoasincrono>



02-09-2020

0261-DBRAI-UPT-2020

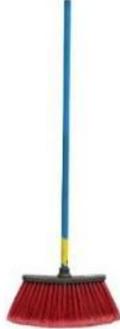
## ANEXOS

### Anexo A. Elementos de seguridad personal.

ELEMENTOS	GRÁFICOS
Línea de vida	
Casco	
Arnés	
Guantes de cuero	
Zapatos de punta de acero	

Overol	
--------	---

**Anexo B.** Implementos para la limpieza del puente grúa.

ELEMENTOS	GRÁFICOS
Escalera	
Escoba	
Franela	
Brocha	

**Anexo C.** Herramientas para la intervención del puente grúa.

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>GRÁFICOS</b>
Llave pico de loro	
Llave de boca	
Racha y dados	
Palanca de fuerza y extensiones	

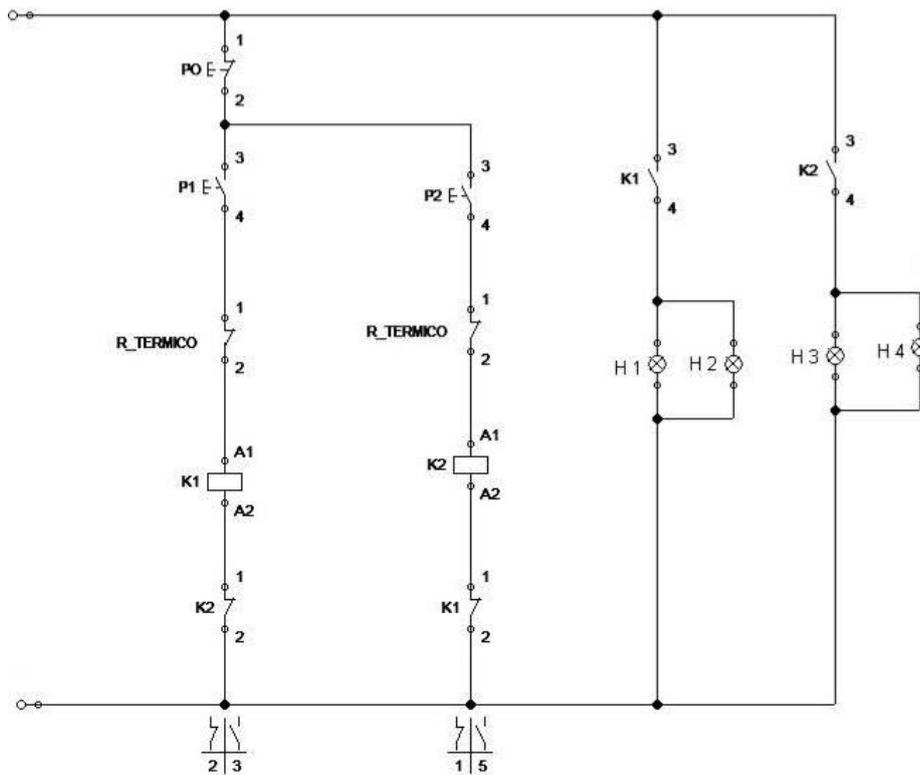
**ANEXO D.** HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS DE REAJUSTE PARA EL PUENTE GRÚA.

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>GRÁFICOS</b>
Pinza	

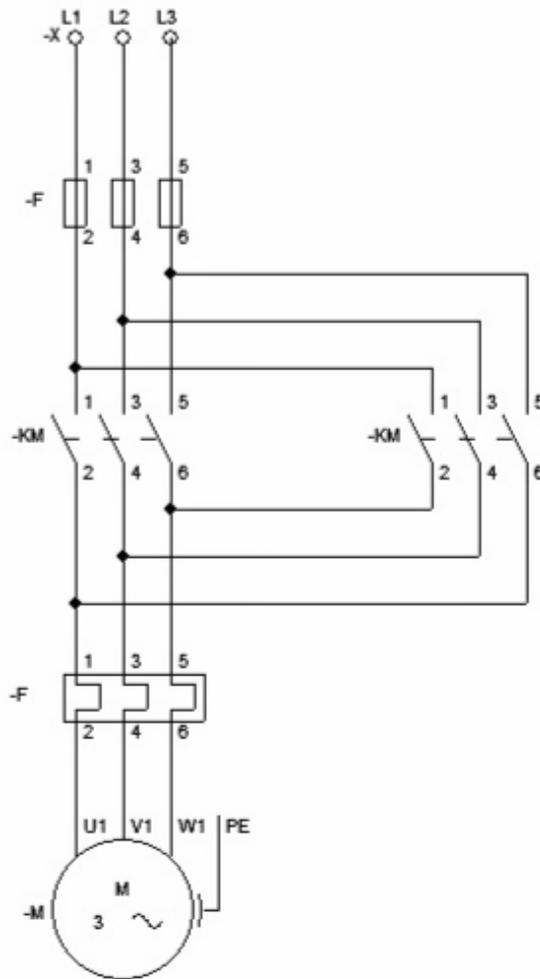
<p>Alicate</p>	
<p>Destornillador plano (3 mm)</p>	
<p>Destornillador estrella</p>	

**Anexo E.** Circuitos eléctricos del puente grúa.

Circuito de mando



Circuito de potencia



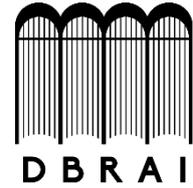
**Anexo F.** Registro del plan de mantenimiento autónomo.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	FECHA DE EJECUCION ANTERIOR	FECHA DE EJECUCION ACTUAL	REALIZADO
Limpieza general del puente grúa.	6 meses			
Reajuste de los elementos del sistema mecánico.	6 meses			

Reajuste de los elementos del sistema eléctrico.	6 meses			
Lubricación de rodamientos.	6 meses			
Análisis de viscosidad del lubricante de los reductores.	60 meses			
Firmas de responsabilidad:				
<p>_____</p> <p><b>DOCENTE ENCARGADO DEL TALLER DE FUNDICIÓN</b></p> <p>_____</p> <p><b>DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA</b></p>				



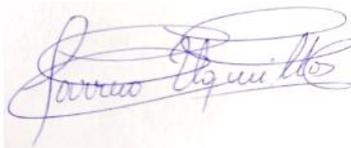
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 02 / 09 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Diego Fernando Alvarez Monta Jaime Eduardo Barahona Martínez
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería de Mantenimiento
<b>Título a optar:</b> Ingeniero De Mantenimiento
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA
 
02-09-2020
0261-DBRAI-UPT-2020

