



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## **EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
MOVIMIENTO LONGITUDINAL CONTROLADO DEL PUENTE  
GRÚA DE 500 KG. DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA  
AVIACIÓN DEL EJERCITO CEMAE-15”**

**CBOP. DE M.G. PALMA JAMI WILMER GERARDO**

**CBOP.DE A.E. MORILLO MADERA RUBEN SANTIAGO**

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

**TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

Año 2013

Latacunga, Septiembre del 2013

Wilmer Gerardo Palma Jami  
**CBOP. DE M.G.**

Rubén Santiago Morillo Madera  
**CBOP. DE A.E.**

Ing. Wilson Sánchez Ocaña  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.**

Dr. Rodrigo Vaca Corrales  
**SECRETARIO ACADÉMICO**

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS  
ESPE**

**CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros,

**CBOP. DE M.G. PALMA JAMI WILMER GERARDO**

**CBOP.DE A.E. MORILLO MADERA RUBEN SANTIAGO**

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO LONGITUDINAL CONTROLADO DEL PUENTE GRÚA DE 500 KG. DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CEMAE-15”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2013.

**Wilmer Gerardo Palma Jami  
CBOP. DE M.G.**

**Rubén Santiago Morillo Madera  
CBOP. DE A.E.**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
ESPE**

**CERTIFICADO**

ING. OSCAR ARTEAGA LÓPEZ (**DIRECTOR**)

ING. DIEGO ORTIZ VILLALBA (**CODIRECTOR**)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO LONGITUDINAL CONTROLADO DEL PUENTE GRÚA DE 500 KG. DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CEMAE-15**” realizado por los señores **CBOP. DE M.G. WILMER GERARDO PALMA JAMI** y **CBOP. DE A.E. RUBÉN SANTIAGO MORILLO MADERA**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, su aplicación, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de **UN** documento empastado y **UN** disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: **CBOP. DE M.G. WILMER GERARDO PALMA JAMI** y **CBOP. DE A.E. RUBÉN SANTIAGO MORILLO MADERA** que lo entregue al Sr. **ING. WILSON SÁNCHEZ OCAÑA**, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2013.

Ing. Oscar Arteaga López  
**DIRECTOR**

Ing. Diego Ortiz Villalba  
**CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, CBOP. DE M.G. PALMA JAMI WILMER GERARDO

CBOP.DE A.E. MORILLO MADERA RUBEN SANTIAGO

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO LONGITUDINAL CONTROLADO DEL PUENTE GRÚA DE 500 KG. DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CEMAE-15”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 18 de Septiembre del 2013.

Wilmer Gerardo Palma Jami  
**CBOP. DE M.G.**

Rubén Santiago Morillo Madera  
**CBOP. DE A.E.**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis está dedicado a Dios, por darme la vida a través de mis queridos Padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como: Esposo, Padre Y Profesional

A mi esposa Elizabeth, que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida.

A mi Futuro hijo (a), que es el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación, ellos fueron quienes en los momentos más difíciles me dieron su amor y comprensión para poderlos superar, quiero también dejar a cada uno de ellos una enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para poderlo lograr.

Wilmer Gerardo Palma Jami

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposa por ser comprensiva y cariñosa al entender que el tiempo que no le dedique fue por cumplir uno de mis sueños, que a futuro será beneficio para todos

A mi hijo Dylan por ser el motor de mi vida, la energía que necesito para luchar día a día y la razón que me impulsa a ser cada vez mejor.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

Rubén S. Morillo M.

## **AGRADECIMIENTO**

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mí amada esposa Elizabeth, que con su paciencia, amor, cariño y comprensión siempre estuvo conmigo dándome ánimos para seguir y así concluir mis estudios sin desfallecer en el camino.

A mis padres que con su experiencia y su cariño siempre estuvieron presentes en cada paso que doy mediante sus consejos y ejemplos.

A mis Maestros quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

Un agradecimiento especial a mis asesores por hacer posible esta tesis.

A mis compañeros de clases quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje y conocimientos.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo pero sobre todo cariño y amistad.

Wilmer Gerardo Palma Jami

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE y al Ejército Ecuatoriano por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional de mejor calidad.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Rubén S. Morillo M.

## ÍNDICE GENERAL

CARATULA .....	i
AUTENTIFICACIÓN DE TESIS .....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
CERTIFICACIÓN .....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA 1 .....	vi
DEDICATORIA 2 .....	vii
AGRADECIMIENTO 1 .....	viii
AGRADECIMIENTO 2 .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>5</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>5</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES. ....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 OBJETIVOS. ....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 ALCANCE. ....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>11</b>
<b>FUNDAMENTOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2. FUNDAMENTOS. ....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 HISTORIA DE LAS GRÚAS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1 FIJAS. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2 PORTÁTILES. ....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.3 GRÚAS DE RIEL O TECHO. ....</b>	<b>14</b>

<b>2.1.4 GRÚAS MÓVILES. ....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 DESCRIPCIÓN DE UN PUENTE GRÚA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 COMPONENTES DE UN PUENTE GRÚA. ....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 ESTRUCTURA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 MECANISMOS. ....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3 ELEMENTOS ADICIONALES QUE COMPONEN UN</b>	
<b>PUENTE GRÚA.....</b>	<b>21</b>
<b>A. REDUCTORES DE VELOCIDAD O</b>	
<b>MOTORREDUCTORES.....</b>	<b>21</b>
<b>B. GUÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN</b>	
<b>REDUCTOR O MOTORREDUCTOR.....</b>	<b>23</b>
<b>C. MANTENIMIENTO DE LOS REDUCTORES DE</b>	
<b>VELOCIDAD.....</b>	<b>25</b>
<b>D. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UN</b>	
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD. ....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.4 SENSOR FINAL DE CARRERA. ....</b>	<b>28</b>
<b>A. DESCRIPCIÓN Y PARTES DE UN FINAL DE</b>	
<b>CARRERA. ....</b>	<b>28</b>
<b>B. FUNCIONAMIENTO DEL FINAL DE CARRERA.....</b>	<b>29</b>
<b>C. VENTAJAS E INCONVENIENTES.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.5 RELÉS TÉRMICOS. ....</b>	<b>30</b>
<b>A. FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ TÉRMICO. ....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.6 CONTACTORES. ....</b>	<b>32</b>

A. FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.....	33
B. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CONTACTOR. ....	34
C. VENTAJAS DEL USO DE LOS CONTACTORES. ....	34
2.4 MOVIMIENTOS DEL PUENTE GRUA.....	36
2.5 PARAMETROS PARA SELECCIONAR UN PUENTE GRUA. ....	36
2.5.1 VELOCIDADES DE TRASLACIÓN.....	37
2.5.2 MOTORES DE ACCIONAMIENTO. ....	37
A. MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA. ....	37
B. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA. ....	38
2.5.3. TIPOS DE MANDO DE PUENTES GRÚA. ....	40
A. MANDO DESDE EL SUELO. ....	40
B. MANDO DESDE LA CABINA. ....	42
2.6 MANIPULACIÓN DE PUENTES GRÚA.....	43
2.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	46
2.8 MANTENIMIENTO DE LOS PUENTES GRÚA. ....	47
2.8.1 NORMAS GENERALES.....	47
2.8.2 MANTENIMIENTO MECÁNICO (PERIODICIDAD TRIMESTRAL SEMESTRAL).....	48
A. POLEAS.....	48
B. TAMBORES. ....	48
C. RODILLOS DE APOYO.....	48

D. DESGASTE DE LAS RUEDAS.....	49
E. COMPROBACIÓN DE CABLES Y GANCHOS. ....	49
F. LUBRICACIÓN (SEGÚN NORMAS DEL FABRICANTE). ....	49
G. OTROS.....	49
2.8.3. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO (PERIODICIDAD TRIMESTRAL).....	50
A. CONTROLES.....	50
B. RESISTENCIA DE LOS MOTORES.....	51
C. FRENOS.....	51
D. LIMITADORES FIN DE CARRERA Y CARGA. ....	51
E. CUADROS DE MANIOBRA, FUERZA Y PROTECCIÓN.....	51
F. RELÉS TÉRMICOS.....	51
2.9 CONTROL ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN.....	52
2.9.1 INTRODUCCIÓN.....	52
2.9.2 DEFINICIÓN DE CONTROL ELÉCTRICO INDUSTRIAL.....	53
A. CLASES DE CONTROL.....	53
2.10 PRINCIPALES CONSIDERACIONES DE LA NORMA IEC 1082-1 .....	56
CAPITULO III.....	66

<b>ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>3. ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.....</b>	<b>67</b>
<b>3.2 ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS DEL SISTEMA DE           MOVIMIENTO LONGITUDINAL DEL PUENTE GRÚA .....</b>	<b>69</b>
<b>3.3 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES           NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL           SISTEMA.....</b>	<b>72</b>
<b>3.3.1 DETERMINACIÓN DE CARGAS.....</b>	<b>73</b>
<b>3.3.2 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.....</b>	<b>73</b>
<b>3.2.3 SELECCIÓN DEL EJE.....</b>	<b>79</b>
<b>3.3 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS           DEL SISTEMA.....</b>	<b>82</b>
<b>3.3.1 RELÉ TÉRMICO.....</b>	<b>83</b>
<b>3.3.2 CONTACTORES.....</b>	<b>84</b>
<b>3.3.3 FINALES DE CARRERA.....</b>	<b>86</b>
<b>3.3.4 BREAKER.....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.5 BOTONERA DE CONTROL.....</b>	<b>88</b>
<b>3.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO           DEL PUENTE GRÚA.....</b>	<b>90</b>
<b>3.4.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.....</b>	<b>90</b>
<b>A. DISEÑO DE LA BASE.....</b>	<b>90</b>

<b>B. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EJE Y RODILLO. ....</b>	<b>93</b>
<b>3.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO</b>	
<b>DEL PUENTE GRÚA.....</b>	<b>101</b>
<b>3.5.1 DISEÑO DEL SITEMA DE CONTROL. ....</b>	<b>101</b>
<b>A. ARMADO DEL TABLERO DE CONTROL. ....</b>	<b>102</b>
<b>B. COLOCACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA.....</b>	<b>103</b>
<b>C. ACOPLA Y CONEXIÓN DE LA BOTONERA</b>	
<b>ANTIGUA A LA ACTUAL. ....</b>	<b>104</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>106</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>4.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>4.3 ANEXOS .....</b>	<b>110</b>
<b>4.4 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Tipos de contactores de acuerdo a su uso. ....	35
Tabla 2. 2 Simbología eléctrica normalizada. ....	57
Tabla 2. 3 Conductores eléctricos normalizados.....	58
Tabla 2. 4 Tipos de contactos eléctricos normalizados.....	59
Tabla 2. 5 Tipos de mandos de control normalizados.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Grúa fija de Brazo Giratorio .....	14
Figura 2. 2 Grúa de Torre.....	14
Figura 2. 3 Grúa de Riel.....	15
Figura 2. 4 Grúa Móvil.....	15
Figura 2. 5 Descripción de un Puente Grúa. ....	16
Figura 2. 6 Elementos que Componen un puente Grúa. ....	18
Figura 2. 7 Reductores de Velocidad. ....	21
Figura 2. 8. Partes de un Reductor de velocidad.....	24
Figura 2. 9 Mantenimiento de las Cajas Reductoras de Velocidad.....	26
Figura 2. 10 Final de Carrera de Contacto. ....	28
Figura 2. 11 Partes de un Fin de Carrera.....	29
Figura 2. 12 Relé Térmico. ....	30
Figura 2. 13 Elementos que tiene Incorporado el Relé Térmico.....	31

Figura 2. 14 Simbología Normalizada del Relé Térmico. ....	32
Figura 2. 15 Motor Compoud.....	37
Figura 2. 16 Motor Asíncrono de Rotor Bobinado. ....	38
Figura 2. 17 Motor con Rotor en corto Circuito. ....	39
Figura 2. 18 Tipos de conexionado del Motor Jaula de Ardilla.....	40
Figura 2. 19 Mando suspendido del carro por medio de la botonera. ....	41
Figura 2. 20 Mando por radio. ....	42
Figura 2. 21 Mando desde la Cabina.....	42
Figura 2. 22 Grúa Desplazable a lo largo del puente. ....	43
Figura 2. 23 Elevación de cargas estables.....	44
Figura 2. 24 Desplazamiento seguro de cargas.....	44
Figura 2. 25 Operador acompañando a la carga.....	45
Figura 2. 26 Transporte seguro de cargas. ....	45
Figura 2. 27 Amarre seguro de cargas. ....	46
Figura 2. 28 Elevación y transporte de cargas de gran volumen. ....	46
Figura 2. 29 Equipos de protección individual. ....	47
Figura 2. 30 Sistema de control de lazo abierto. ....	54
Figura 2. 31 Sistema de control de Lazo Cerrado.....	56
Figura 2. 32 Dos innovaciones de la norma IEC 1082-1 .....	56
Figura 3. 1 Medidas de la Viga IPN.....	67
Figura 3. 2 Puente grúa del Taller de Motores.....	68
Figura 3. 3 Riel derecha para el desplazamiento del Puente grúa.....	68

Figura 3. 4 Diagrama de bloques del sistema de control del movimiento longitudinal del puente grúa.....	71
Figura 3. 5 Diagrama de Fuerzas .....	73
Figura 3. 6 Características del motor. ....	78
Figura 3. 7 Reductor de velocidad SITI. ....	78
Figura 3. 8 Eje de acero.....	79
Figura 3. 9 Carga distribuida sobre el eje. ....	79
Figura 3. 10 Diagrama de carga cortante. ....	80
Figura 3. 11 Diagrama de momento flector máximo. ....	80
Figura 3. 12 Relé térmico Schneider.....	83
Figura 3. 13 Características del Relé Térmico. ....	84
Figura 3. 14 Contactor Schneider AC3. ....	85
Figura 3. 15 Final de carrera tipo palanca.....	86
Figura 3. 16 Breaker Tripolar.....	88
Figura 3. 17 Botonera Camsco de 6 servicios y paro de emergencia. ....	89
Figura 3. 18 Testero del Puente grúa. ....	90
Figura 3. 19 Desmontaje de Testeros para Rediseño. ....	91
Figura 3. 20 Desmontaje total del testero.....	91
Figura 3. 21 Rediseño de los testeros en autodesk.....	92
Figura 3. 22 Dimensionamiento, Corte y suelda de las bases para los Motorreductores.....	92
Figura 3. 23 Testero Modificado.....	93
Figura 3. 24 Eje impropio para el sistema.....	94

Figura 3. 25 Dimensionamiento del Eje.....	94
Figura 3. 26 Diseño del Eje en Autodesk.....	95
Figura 3. 27 Construcción de los Ejes.....	95
Figura 3. 28 Elaboración de los Chaveteros.....	96
Figura 3. 29 Eje Terminado. ....	96
Figura 3. 30 Diseño del Rodillo de Arrastre. ....	97
Figura 3. 31 Diseño del programa para la cortadora por hilo. ....	97
Figura 3. 32 Elaboración del chavetero interno del rodillo.....	98
Figura 3. 33 Chavetero terminado.....	98
Figura 3. 34 Acoplamiento de las chavetas.....	99
Figura 3. 35 Acoplamiento del eje, rodillo y testero.....	99
Figura 3. 36 Acoplamiento de los motorreductores. ....	100
Figura 3. 37 Aseguramiento de los Motorreductores.....	100
Figura 3. 38 Testero acoplado con la viga. ....	101
Figura 3. 39 Montaje de los materiales sobre el tablero de control. ....	102
Figura 3. 40 Cableado de conexión eléctrico y potencia. ....	103
Figura 3. 41 Final de carrera accionado por el carrete del rodillo. ....	103
Figura 3. 42 Botonera obsoleta.. ....	104
Figura 3. 43 Botonera de siete servicios con paro de emergencia. ....	104
Figura 3. 44 Conexión de la botonera. ....	105
Figura 3. 45 Grúa realizando pruebas de resultados. ....	105

## **RESUMEN**

La automatización ha tenido un auge extraordinario en los últimos años a nivel industrial y proporciona beneficios de control sin la necesidad de estar ligadas a una ubicación específica de la unidad que en muchos casos pueden resultar muy peligroso o difíciles de ser realizado por el recurso humano, por lo que es justificable la implementación de estos equipos de sistematización. Por estas razones la automatización ha tomado un papel importante dentro de los métodos industriales ya que en la actualidad muchas empresas están automatizando gran parte de sus procesos para mejorar sus productos y tener mejor competitividad en el mercado.

Por tal motivo el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército acantonada en la ciudad de Sangolquí, con el fin de seguir mejorando y modernizando cada una de sus técnicas de mantenimiento ha decidido Implementar el Sistema De Movimiento Longitudinal Controlado del Puente Grúa De 500 Kg. cuyo objetivo es el mejorar los plazos de mantenimiento y brindar seguridad a cada uno de los aerotécnicos que realizan estos procesos. Para el efecto el proyecto se ha dividido en cuatro capítulos, como siguen a continuación:

En el Capítulo I se ostenta la introducción, los antecedentes, la descripción del problema y los objetivos que se pretende alcanzar al inicio del proyecto.

En el Capítulo II se detalla todo el marco teórico correspondiente a la manipulación, elementos principales de seguridad y mantenimientos de los puentes grúa, así como reglas de seguridad y equipos de protección para los operadores, también se detalla las características más importantes de los motorreductores.

En el Capítulo III se presenta todo lo referente a la parte de análisis, diseño e implementación de los sistemas mecánico y eléctrico así como la selección de componentes y tecnología que van a ser utilizadas.

Finalmente, en el Capítulo IV se exponen las conclusiones y recomendaciones recopiladas durante el desarrollo del proyecto, las mismas que podrán aportar con futuros trabajos relacionados con el tema. Se incluyen también la bibliografía, los enlaces y el manual de usuario desarrollado.

## **ABSTRACT**

Automation has had exceptional growth in recent years and provides industrial level control benefits without the need to be tied to a specific location of the unit which in many cases can be very dangerous or difficult to be done by the human resource therefore it is justifiable to implement these teams systematization. For these reasons automation has taken an important role in industrial processes as currently many companies are automating many of its processes to improve their products and have better market competitiveness.

Therefore Maintenance Center Army Aviation stationed in the Sangolquí city, in order to continue improving and modernizing each of its maintenance techniques has decided to implement the system controlled longitudinal movement of the bridge crane 500 kg whose objective is to improve the timing of maintenance and provide security for each of the Airmen who perform these processes. To this end the project has been divided into four chapters, as follows below:

Chapter I is the introduction holds, background, description of the problem and the objectives to be achieved at the beginning of the project.

Chapter II details the entire theoretical framework for the handling, safety and main elements of the crane maintenance and safety rules and protective equipment for operators, also detailed the most important features of the gearmotors.

In Chapter III presents everything related to the analysis, design and implementation of mechanical and electrical systems as well as the selection of components and technology that will be used.

Finally , in Chapter IV presents the findings and recommendations gathered during the development of the project, which will provide them with future work on the topic. It also includes the bibliography, links and user manual developed.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES.**

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

El Servicio Aéreo del Ejército dio un paso gigantesco en 1978. Con orden de Comando Nro. 044-EBD-978, dejó de ser dependencia del Departamento Logístico del Ejército y, como Unidad Operativa, se transformó en la Aviación del Ejército Ecuatoriano.

Con la creación del SAE<sup>1</sup> y la Aviación del Ejército, paralelamente, nació el mantenimiento de aeronaves.

Progresivamente, se incrementó el personal y los medios en esta área técnica, para lo cual la Aviación del Ejército formó un Centro de Mantenimiento capacitado para desarrollar los trabajos, incluso del IV Escalón, autorizados por el fabricante.

Dentro de los principales campos técnicos de mantenimiento que se desarrollan en el CEMAE<sup>2</sup>, se encuentran:

- Inspecciones mayores de Helicóptero Súper Puma, Puma, Gazelle y Lama.
- Mantenimiento profundo de motores Makila, Turmo, Artouste, Astazou 14, Ariel 1B.
- Mantenimiento estructural de helicópteros y aviones.
- Reparaciones de conjuntos mecánicos.
- Mantenimiento de sistemas hidráulicos.
- Mantenimiento especializado en electrónica y aviónica.

Para realizar todos estos trabajos, el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE), dispone de personal especializado, equipos y bancos de

---

<sup>1</sup> Servicio Aéreo Ecuatoriano.

<sup>2</sup> Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército.

prueba necesarios. Lleva a cabo un mantenimiento adecuado y responsable, que redunde en la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas. Se cumple con estos trabajos de mantenimiento, de igual manera, para aviones bimotores, medianos y livianos, con la diferencia que el mantenimiento avanzado se realizaba en las bases aéreas de los Grupos “PICHINCHA” y “PASTAZA”, respectivamente, y en condiciones óptimas.

## **1.2 ANTECEDENTES.**

La Brigada de Aviación del Ejército, N.- 15 “Paquisha“, está ubicada en la provincia de Pichincha, y cuenta con un taller especializado en el mantenimiento de los motores de las diferentes aeronaves.

En vista de que las dimensiones y pesos de los motores y repuestos que se usan en éste laboratorio son considerables, la Brigada de Aviación ha adquirido un puente grúa<sup>3</sup> de 500 Kg de capacidad.

Debido a los diferentes procesos de mantenimiento que se realizan dentro de la Brigada de Aviación del Ejército; y tomando en cuenta las dimensiones y el peso de los motores y repuestos con los cuales se trabaja, se observó la necesidad de implementar un sistema de movimiento longitudinal controlado del puente grúa de 500 kg. Existente en este centro de mantenimiento, el cual facilitará el trabajo de los aerotécnicos de una forma segura, óptima y ergonómica.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

En el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército Nro. 15, acantonada en el sector de las Balvinas (Sangolquí) se realizó el estudio sobre el funcionamiento del puente grúa que opera en el proceso de Mantenimiento de las Aeronaves del Ejército, los mismos que permiten realizar tareas como transporte,

---

<sup>3</sup> Máquina utilizada para la elevación y transporte de materiales de gran peso.

montaje y desmontaje de maquinaria pesada, empaque de producto terminado, etc.

La operación de estos puentes se la realiza por medio de una botonera la cual está conectada al puente por medio de un cable de corto alcance que envía las señales de control hacia los motores instalados en el puente, los mismos que permiten realizar tan solo dos de los movimientos tales como: el transversal y el de elevación, con los cuales opera este puente grúa.

El aerotécnico que trabaja en el área no puede realizar movimientos longitudinales solo, por lo que se ha visto la necesidad de implementar este movimiento para facilitar y mejorar los procesos de mantenimiento en el interior de este centro.

Para cumplir con el objetivo, se debe realizar primeramente una revisión de los conceptos teóricos necesarios de los elementos que intervienen en la posible solución al problema.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar e Implementar un Sistema para el Movimiento Longitudinal Controlado del Puente Grúa de 500 Kilogramos del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejercito N.- 15 (CEMAE-15), para obtener una optimización humana y económica que beneficiara al desarrollo de la institución armada.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Revisar la bibliografía existente que permita el cálculo y dimensionamiento de los equipos y materiales que se utilizará en el diseño de los sistemas eléctrico y mecánico.
- Seleccionar los equipos y materiales de acuerdo a los cálculos realizados y a la factibilidad económica.
- Diseñar e implementar el sistema eléctrico que se acople al que ya existe para los movimientos transversal y vertical del puente grúa.
- Implementar un sistema mecánico que facilite el acoplamiento de los motores a los rodamientos de la viga principal.
- Desarrollar un sistema de seguridad que permita que el puente grúa no sobrepase los límites longitudinales de los rieles en el que se desplaza.
- Facilitar la operación del puente grúa por parte del operador de una manera segura.
- Poner en marcha el sistema eléctrico y mecánico diseñado con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

#### **1.5 ALCANCE.**

El proyecto consiste en realizar el Diseño e Implementación del sistema de movimiento longitudinal controlado del puente grúa de 500 kg. Del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército. Dentro de este proyecto, como primer punto, se realiza una revisión preliminar al equipo para comprobar el buen funcionamiento de los sistemas que ya se encuentran funcionando.

Se determina los elementos a ser empleados, para posteriormente proceder a la selección de los equipos necesarios que permitan realizar el desplazamiento longitudinal del puente grúa, y de igual manera un sistema de seguridad óptimo para este trabajo.

Inmediatamente de automatizar el sistema de puente grúa, se procederá con las pruebas de las máquinas y elementos hasta llegar a obtener el objetivo propuesto dentro del sistema. Si por algún motivo fuera del sistema de automatización del puente grúa tenga algún tipo de problema, se someterá a un análisis de los participantes en el proyecto.

Después del análisis se establecen posibles causas y se establecen posibles soluciones para corregir el problema existente, concluyendo con el buen funcionamiento del sistema, con lo cual se termina el proyecto.

# **CAPÍTULO II**

## **FUNDAMENTOS**

## **2. FUNDAMENTOS.**

### **2.1 HISTORIA DE LAS GRÚAS.**

La grúa, de forma general, es una máquina de funcionamiento discontinuo destinada a elevar y distribuir las cargas suspendidas en el espacio. Esto puede ser a través de un gancho o de cualquier otro accesorio que forma parte de sus elementos constructivos.

La grúa se puede considerar como la evolución una gran variedad de elementos mecánicos que han concluido en el aparato que conocemos hoy en día. Por regla general son sistemas que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples y demás elementos con la única finalidad de crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

Desde la antigüedad se ha venido utilizando los distintos tipos de grúas para realizar diversas tareas. Aunque sus fundamentos fueron propuestos por Blaise Pascal en pleno Barroco, fue patentada por Luz Nadina. Existen documentos antiguos donde se evidencia el uso de máquinas semejantes a grúas por los Sumerios y Caldeos, transmitiendo estos conocimientos a los Egipcios.

Las primeras grúas fueron inventadas en la antigua Grecia, accionadas por hombres o animales. Estas grúas eran utilizadas principalmente para la construcción de edificios altos. Posteriormente, fueron desarrollándose grúas más grandes utilizando poleas para permitir la elevación de mayores pesos.

En la Alta Edad Media fueron utilizadas en los puertos y astilleros para la estiba y construcción de los barcos. Su uso también era común en los ríos y estuarios así como en los graneros de las granjas. Hasta la llegada de la revolución industrial, los principales materiales de construcción para las grúas eran la

madera y la piedra. Desde la llegada de la revolución industrial los materiales más utilizados fueron el hierro fundido y el acero.

Las primeras grúas en disponer energía mecánica sin tracción animal fueron aquellas accionadas por maquinas de vapor en el siglo XVIII. Las grúas modernas de hoy en día utilizan generalmente motores de combustión interna o motores eléctricos e hidráulicos para proporcionar fuerzas mucho mayores debido a sus grandes prestaciones de par.

A pesar de la evolución de las grúas todavía es posible ver hoy en día grúas manuales, muy usadas en pequeños trabajos o donde es poco rentable disponer de un equipo mayor.

En la actualidad existen diversos tipos de grúas con características muy dispares, estando cada una adaptada a un propósito específico.

Ordenadas por tamaños, se pueden encontrar desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres, pasando por grúas torres usadas para construir edificios altos, grúas portuarias encargadas de cargar/descargar millones de contenedores al año, hasta las grúas flotantes usadas para construir cimentaciones en alta mar y para rescatar barcos encallados [1].

Las grúas pueden clasificarse en función de sus movimientos permitidos en:

### **2.1.1 FIJAS.**

Aquellas que se instalan en un lugar en el que desarrollan su trabajo, sin poder desplazarse. En la figura 2.1 se tiene un claro ejemplo de una grúa de brazo giratorio.



Figura 2. 1 Grúa fija de Brazo Giratorio

### **2.1.2 PORTÁTILES.**

Son equipos que pueden ser desensamblados y trasladados hasta otro lugar.

Un ejemplo sería una grúa torre, como se puede apreciar en la figura 2.2.



Figura 2. 2 Grúa de Torre.

### **2.1.3 GRÚAS DE RIEL O TECHO.**

Son llamadas así ya que los rieles se colocan en el techo, soportan el peso de la estructura y es imprescindible saber si reúne las características arquitectónicas necesarias, en la figura 2.3 se puede indicar un ejemplo de una grúa de Riel o Techo.



Figura 2. 3 Grúa de Riel.

#### 2.1.4 GRÚAS MÓVILES.

Son las que tienen posibilidad de realizar movimientos de desplazamiento, ya sea sobre rieles, ruedas neumáticas, oruga, u otros medios. Por ejemplo una Grúa de tractor, como se puede apreciar en la figura 2.4.

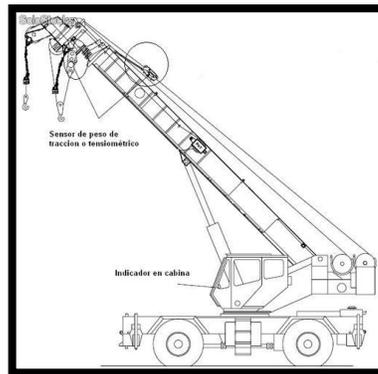


Figura 2. 4 Grúa Móvil.

#### 2.2 DESCRIPCIÓN DE UN PUENTE GRÚA.

Los puentes grúa son aparatos destinados al transporte de materiales y cargas en desplazamientos verticales, horizontales y de elevación en el interior y exterior de industrias y almacenes. Constan de una o dos vigas móviles sobre carriles, apoyadas en columnas, consolas, a lo largo de dos paredes opuestas del edificio rectangular. El bastidor del puente grúa consta de una viga transversal en

dirección a la luz de la nave<sup>4</sup> (viga principal) y de uno o dos pares de vigas laterales (testeros), longitudinales en dirección a la nave y que sirven de sujeción a las primeras y en donde van las ruedas [2].

Su uso se encuentra limitado a su lugar de montaje siendo por tanto una grúa de tipo fijo. El movimiento de los puentes grúa suele realizarse a lo largo de una edificación, generalmente un almacén o una nave industrial, y sus movimientos permitidos están claramente identificados siendo imposible modificarlos.

La combinación de movimientos de estructura y carro permite actuar sobre cualquier punto de una superficie como se ve en la figura 2.5, estos movimientos están delimitados por la longitud de los raíles<sup>5</sup> por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos [2].



Figura 2. 5 Descripción de un Puente Grúa.

<sup>4</sup> Viga transversal en dirección a la luz de la nave es una estructura que cruza a lo ancho del largo total donde se empleara el puente grúa.

<sup>5</sup> Raíl es la estructura por donde se deslizaran los rodillos del puente grúa.

## 2.3 COMPONENTES DE UN PUENTE GRÚA.

Desde el punto de vista de seguridad se consideran tres partes diferenciadas que son:

- **Estructura:** Engloba la totalidad de los elementos físicos que componen el puente grúa a excepción de los mecanismos.
- **Mecanismos:** Son los elementos que hacen posible el movimiento de la estructura, del carro y de la carga.
- **El gancho:** Va sujeto al carro mediante el cable principal, realizando los movimientos de subida y bajada de las cargas.

### 2.3.1 ESTRUCTURA.

La estructura principal de los puente grúa es, por normal general, bastante genérica para todos los tipos de puente grúa. Se caracteriza porque en la gran mayoría de los casos contiene los siguientes elementos, como se puede observar en la figura 2.6.

1. Viga principal de la grúa.
2. Polipasto o carro móvil principal.
3. Vigas testeras o testeros.
4. Chapas de unión.
5. Motor de traslación del puente.
6. Mando de control cableado o radio control.
7. Equipamiento eléctrico de la grúa.
8. Equipamiento eléctrico del carro principal.
  - Con interruptor de límite de izado.
  - Con detector de carga.

9. Gancho de amortiguación.
10. Montaje del raíl C<sup>6</sup>.
11. Fuente de alimentación eléctrica.
12. Cable alimentación eléctrica.

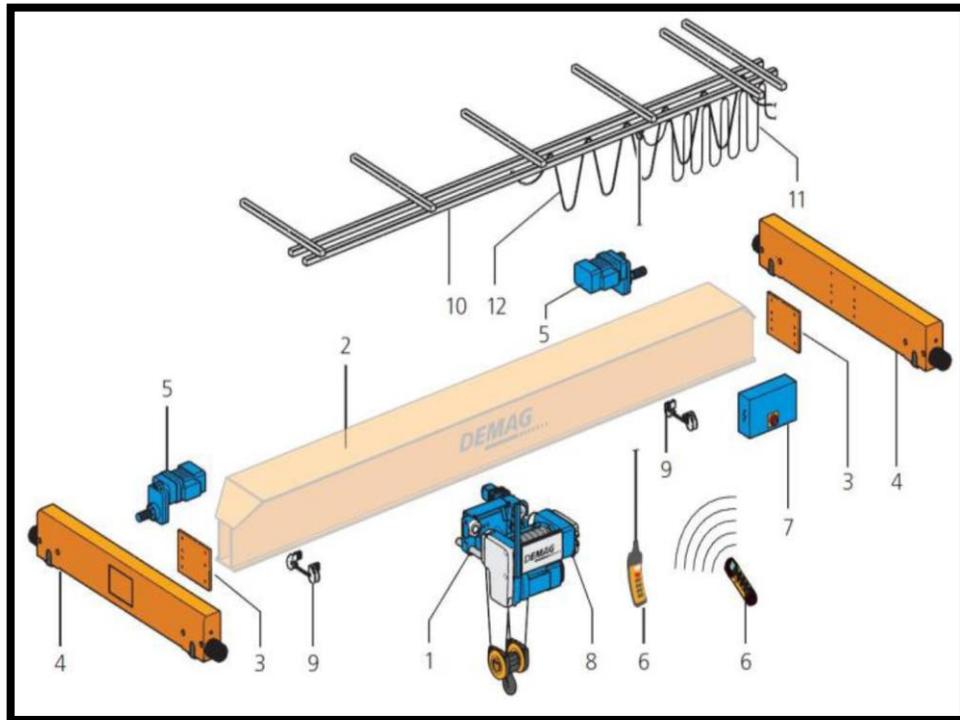


Figura 2. 6 Elementos que Componen un puente Grúa.

A continuación se dará una pequeña descripción de cada uno de estos elementos.

**a. Viga principal.**

Es la parte principal de la estructura, su función es la de soportar las solicitaciones del carro móvil y la carga de servicio, siendo por tanto la parte crítica de la estructura.

---

<sup>6</sup> Raíl en C es la estructura en la cual se sujetan los cables a lo largo del puente grúa.

**b. Carro principal.**

El carro principal o simplemente carro se trata del mecanismo encargado de elevar, descender o mover la carga a lo largo de la viga principal.

**c. Vigas testeras.**

Las vigas testeras o simplemente testeros son las vigas laterales sobre las que descansa la viga principal. Deslizan sobre una superficie o ruedan sobre un carril y su función es la de derivar los esfuerzos provenientes de la viga principal a los apoyos. Dentro de ellas se alojan las ruedas que sirve de apoyo a la estructura.

**d. Unión Viga – Testeros.**

La unión viga – testero es la encargada de transferir los esfuerzo desde la viga principal a las vigas testeras laterales. Debe transferir y soportar todos los esfuerzos y por ello debe de ser excepcionalmente rígida. Para ello se realiza mediante distintos elementos y procedimientos que aseguren su rigidez.

**e. Chapa frontal.**

Por norma general los perfiles de la viga principal no poseen un extremo solido extenso, más allá de la propia superficie del perfil.

Por esta razón, y para facilitar el montaje y aumentar la resistencia, el perfil de la viga principal se suelda a una chapa<sup>7</sup> que posee las mismas dimensiones que el área del perfil (incluyendo los espacios huecos y las

---

<sup>7</sup> Lamina metálica que se utiliza en construcciones mecánicas.

distancias entre almas). Se la denomina chapa frontal por el tipo de unión que posee a la estructura.

**f. Unión Atornillada.**

Con el objetivo de poder unir la viga principal a las vigas testeras se ha seleccionado, entre todas las opciones posibles, realizar una unión atornillada a ambos lados de la viga principal [3].

**2.3.2 MECANISMOS.**

Como cualquier maquinaria industrial, esta estructura necesita de una serie de mecanismos para poder operar. Los mecanismos, al igual que la estructura, suelen ser característicos de un puente grúa, y estos son:

**a. Mecanismo de traslación del puente.**

Este dispositivo es el encargado de transportar la totalidad de la carga del puente. En realidad se trata de 2 motores gemelos de iguales características que funcionan sincronizados<sup>8</sup>, para evitar movimientos oblicuos.

**b. Mecanismo de elevación de la carga.**

Este módulo tiene la función de hacer elevar/descender la carga principal. Se trata del módulo de mayor potencia de toda la estructura y posee numerosos sistemas de seguridad.

**c. Mecanismo de traslación el carro.**

Este es el encomendado de movilizar el carro principal de la estructura

---

<sup>8</sup> Hacer que coincidan en el tiempo dos o más movimientos o fenómenos.

y la carga que se transporte a lo largo de la viga principal con su movimiento horizontal y transversal.

### **2.3.3 ELEMENTOS ADICIONALES QUE COMPONEN UN PUENTE GRÚA**

Existen una variedad de elementos adicionales que complementan un Puesto Grúa entre ellos vamos a citar los siguientes.

#### **a. REDUCTORES DE VELOCIDAD O MOTORREDUCTORES.**

Los Reductores ó Motorreductores, son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente, en la figura 2.7 se observa varios ejemplos.



Figura 2. 7 Reductores de Velocidad.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes<sup>9</sup> que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes, que por lo general son dóciles. Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre

---

<sup>9</sup> Son conjuntos de ruedas dentadas que sirven para reducir o aumentar la velocidad en un movimiento circular.

estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los Reductores o Motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico<sup>10</sup> tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

#### **a.1. Características Del Reductor o Motorreductor.**

- Potencia, en HP, de entrada y de salida.
- Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- PAR (o torque), a la salida del mismo, en Kg/m.
- Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

---

<sup>10</sup> Que no tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento.

## **a.2. Características del Trabajo a Realizar**

- Tipo de máquina motriz.
- Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.
- Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.
- Duración de servicio: horas/día.
- N° de Arranques/hora.

## **b. GUÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR O MOTORREDUCTOR.**

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica.

### **b.1. Características de Operación.**

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción.

### **b.2. Características del trabajo a realizar.**

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.

- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

**b.3. Condiciones del Ambiente.**

- Humedad.
- Temperatura.

**b.4. Ejecución del Equipo.**

- Ejes a 180° ó 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

A continuación en la figura 2.8 se puede apreciar las partes de un reductor de velocidad [4].

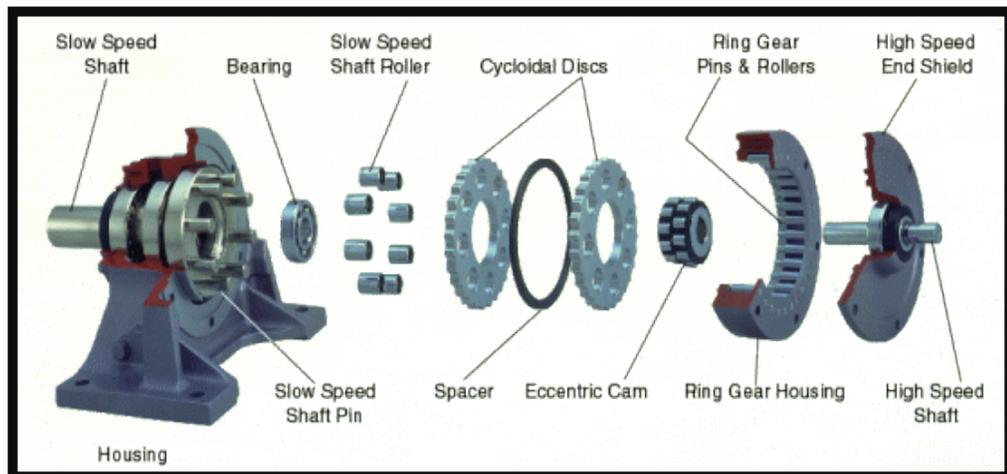


Figura 2. 8. Partes de un Reductor de velocidad.

### **c. MANTENIMIENTO DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

Los engranajes, casquillos y rodamientos, (figura 2.9), de los reductores y motorreductores están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el Mantenimiento pasa por revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados.

Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado para su velocidad, potencia y materiales constructivos.

Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%. Asimismo, es muy recomendable el sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo, pudiendo incluso el decidir en ese momento un "lavado" del Reductor. A partir de ese momento, los cambios del lubricante deberán hacerse siempre de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, siendo plazos habituales cambios cada 2.000 horas de trabajo.

En caso de disponer de Reductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos del lubricante recomendado, para prevenir la oxidación de los elementos internos, así como protegidos los acoplamientos.

Es importante "marcar" en el mismo reductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante antes de ser puesto en servicio.



Figura 2. 9 Mantenimiento de las Cajas Reductororas de Velocidad.

La lubricación inapropiada es una de las causas principales de falla en las transmisiones a base de engranajes, deben seguirse las instrucciones del fabricante de los engranajes para asegurar la operación apropiada. La unidad de engrane debe drenarse y limpiarse con un aceite lavador, después de transcurridos 4 semanas de operación inicial. Para volver a llenarla puede utilizarse el lubricante original filtrado, o bien un lubricante nuevo. Para operación normal los cambios de aceite deben hacerse después de cada 2500 horas de servicio. Deben llevarse a cabo verificaciones periódicas de los niveles del aceite, aceiteras y accesorios para grasa<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Lubricante pesado utilizado para el engrase de ciertos mecanismos.

**d. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.**

**d.1. Cada semana.**

- Revisar el nivel de aceite del reductor, y si es necesario reponerlo.
- Revisar si existen posibles fugas de aceite.

**d.2. Cada 3 meses.**

- Revisar la alineación del grupo motor-reductor.
- Escuchar con un estetoscopio mecánico los ruidos del rodamiento y de los engranes.

**d.3. Cada año.**

- Revisión general del reductor.
- Revisar los conos.
- Revisar tazas (de preferencia cambiarlas).
- Revisar engranes y piñones.
- Revisar el apriete del cono sobre la flecha.
- Ajustar las flechas<sup>12</sup> del reductor.
- Revisar la bomba de aceite y sus conductos [5].

---

<sup>12</sup> Se refiere con flechas a los ejes que se encuentran dentro del reductor de velocidad.

### 2.3.4 SENSOR FINAL DE CARRERA.

El final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, ( figura 2.10) como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen.

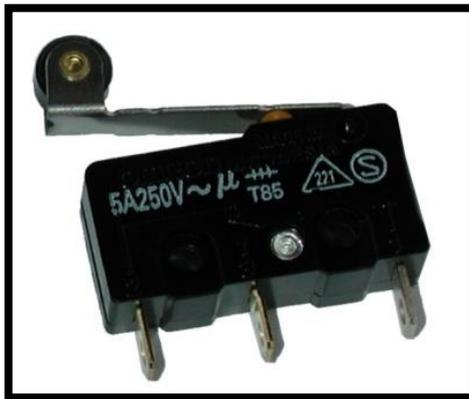


Figura 2. 10 Final de Carrera de Contacto.

#### a. DESCRIPCIÓN Y PARTES DE UN FINAL DE CARRERA.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento, como se puede apreciar en la figura 2.11. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta que sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o

recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, grúas etc.

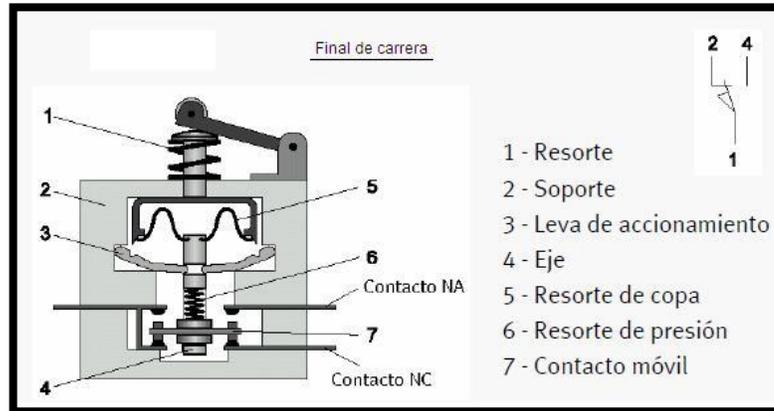


Figura 2. 11 Partes de un Fin de Carrera.

#### b. FUNCIONAMIENTO DEL FINAL DE CARRERA.

Los sensores de final de carrera tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo. En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene un soporte que hace que el eje se eleve y conecte el objeto móvil con el contacto NC. Cuando el muelle<sup>13</sup> se rompe el sensor se queda desconectado. El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado.

#### c. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Entre las ventajas encontramos la facilidad en la instalación, la robustez del sistema, es insensible a estados transitorios, trabaja a

<sup>13</sup> Resorte de presión.

tensiones altas, debido a la inexistencia de imanes es inmune a la electricidad estática. Los inconvenientes de este dispositivo son la velocidad de detección y la posibilidad de rebotes en el contacto, además depende de la fuerza de actuación [6].

### 2.3.5 RELÉS TÉRMICOS.

Un relé térmico es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases, en la figura 2.12. Se puede apreciar un ejemplo.

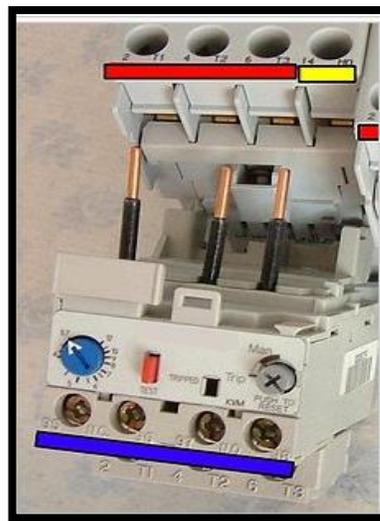


Figura 2. 12 Relé Térmico.

Dispone de un botón regulador-selector de la intensidad de protección. Además, incorpora un botón de prueba (STOP), y otro para RESET. Como se observa en la figura 2.13.

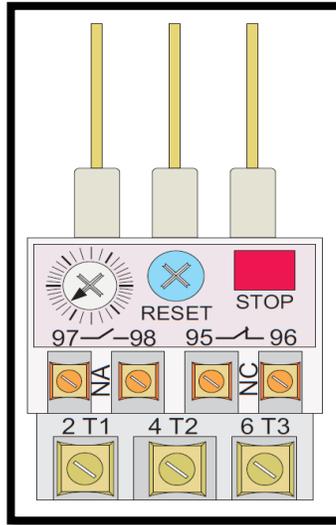


Figura 2. 13 Elementos que tiene Incorporado el Relé Térmico.

Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas [7].

**a. FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ TÉRMICO.**

Si el motor sufre una avería y se produce una sobreintensidad<sup>14</sup>, unas bobinas calefactoras (resistencias arrolladas alrededor de un bimetal),

---

<sup>14</sup> Sobreintensidad es toda corriente superior al valor asignado.

consiguen que una lámina bimetálica, constituida por dos metales de diferente coeficiente de dilatación<sup>15</sup>, se deforme, desplazando en este movimiento una placa de fibra, hasta que se produce el cambio o conmutación de los contactos.

El relé térmico actúa en el circuito de mando, con dos contactos auxiliares y en el circuito de potencia, a través de sus tres contactos principales. En la figura 2.14 se aprecia la Simbología normalizada [8]:

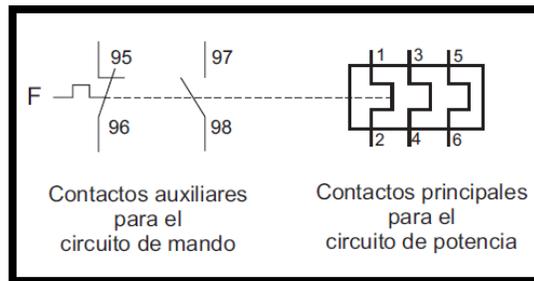


Figura 2. 14 Simbología Normalizada del Relé Térmico.

### 2.3.6 CONTACTORES.

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

<sup>15</sup> proceso físico por el cual se producen cambios de volumen como resultado de cambios de temperatura.

#### **a. FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.**

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, sea bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran la auto alimentación, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser por rotación del pivote<sup>16</sup> sobre su eje por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas, mediante la combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan

---

<sup>16</sup> Pivote es el extremo cilíndrico o puntiagudo de una pieza que se apoya o se inserta en otra, de manera que una pieza pueda girar u oscilar respecto a otra.

sobre amortiguadores. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie [9].

#### **b. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CONTACTOR.**

Para elegir un contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de carga.
- Condiciones de servicio, ya sea ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que se requiera.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencia de maniobra muy alta es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.
- Por la categoría de empleo [9].

#### **c. VENTAJAS DEL USO DE LOS CONTACTORES.**

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cuales es recomendable su utilización.

- Automatización en el arranque y paro de motores.

- Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobras o estaciones.
- Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.
- Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeñas.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando. Como interruptores de posición, detectores inductivos, presóstatos<sup>17</sup>, temporizadores, etc. [10].

En la tabla 2.1 se puede apreciar una forma más práctica sobre la selección de un contactor de acuerdo al uso que se le vaya a dar.

Tabla 2. 1 Tipos de contactores de acuerdo a su uso.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
AC1	Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0.95 ( $\cos \theta > 0.95$ ).	Calefacción, distribución, iluminación.
AC2	Se refiere al arranque, al frenado en contra corriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2.5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura el	Puentes grúa, grúas pórtico con motores de rotor

<sup>17</sup> El presóstato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

	contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.	bobinado.
<b>AC3</b>	Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.	Todos los motores de jaula, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, ventiladores, etc.
<b>AC4</b>	Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contra corriente y marchas por impulso utilizando motores de jaula o de anillos. El contactor se cierra con un poco de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor. La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.	Trefiladoras, metalurgia, elevación de ascensores, etc.

## 2.4 MOVIMIENTOS DEL PUENTE GRUA.

Los tres movimientos que realiza un puente grúa son:

- a. Traslación del puente.** En dirección longitudinal a la nave. Se realiza mediante un grupo moto-reductor único, que arrastra los rodillos motores por medio de semi-árboles de transmisión.
- b. Orientación del carro.** Traslación de carro a lo largo del puente.
- c. Elevación - Descenso.** La carga es subida o bajada por efecto del motor que sujeta el gancho con la ayuda de un cable principal [2].

## 2.5 PARAMETROS PARA SELECCIONAR UN PUENTE GRUA.

Para la selección de un puente grúa existen una serie de datos básicos dependiendo del tipo de puente grúa acorde a la necesidad:

### **2.5.1 VELOCIDADES DE TRASLACIÓN.**

Es imprescindible que exista una relación correcta entre la velocidad de traslación final y los valores de aceleración y deceleración correspondientes. Para garantizar un servicio eficaz del puente grúa, el tiempo de traslación a plena velocidad, será un 85 % de la marcha total.

### **2.5.2 MOTORES DE ACCIONAMIENTO.**

Según el tipo de empleo que vaya a tener el puente grúa, será el tipo de motor a utilizar en el transporte, que básicamente son:

#### **a. MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA.**

Con su correspondiente equipo de regulación de velocidad. Se trata de equipos caros, muy delicados y que necesitan mucho mantenimiento (en la actualidad su existencia está muy limitada a puentes grúa ya instalados). Algunos de los motores que se utilizan en estos casos son: Motor en Serie, en Shunt y Compoud [11], como se puede observar en la figura 1.15.



Figura 2. 15 Motor Compoud.

## b. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Los motores de corriente alterna son los motores asíncronos o de inducción; que puede ser de dos tipos: de rotor Bobinado y de rotor en Cortocircuito o de Jaula de Ardilla.

### b.1. Motor Asíncrono de Rotor Bobinado.

Es el más utilizado en la actualidad para el funcionamiento de puentes grúa, los devanados del rotor son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases del rotor no tiene porque ser el mismo que el del estator, lo que sí tiene que ser igual es el número de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje, de modo que a medida que van eliminándose las resistencias aumenta la velocidad del motor [12], en la figura 2.16 se presenta este motor con dos de sus partes principales.

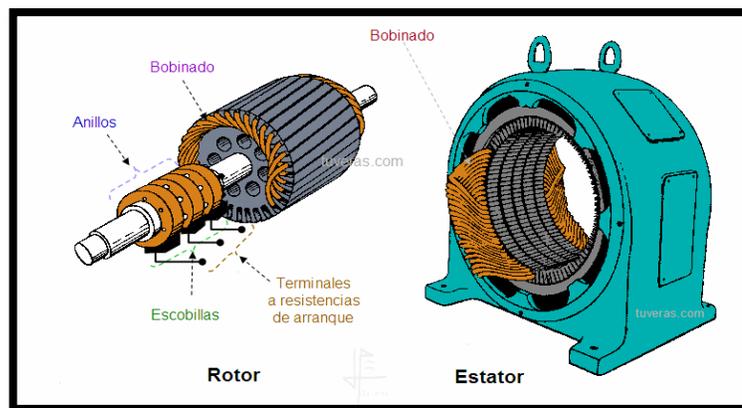


Figura 2. 16 Motor Asíncrono de Rotor Bobinado.

## b.2. Motor de Rotor en Cortocircuito.

También conocido como motor jaula de ardilla, consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos dispuestos paralelamente unos a otros y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta jaula se rellena de material, normalmente chapa apilada. De ésta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico eficaz, simple y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento) [13]. En la figura 2.17. Se puede apreciar un motor con rotor jaula de Ardilla y en la figura 2.18 sus diferentes conexiones.

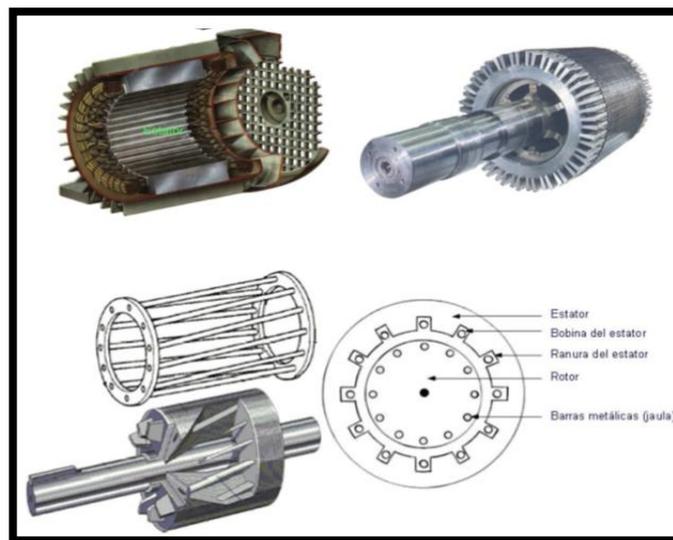


Figura 2. 17 Motor con Rotor en corto Circuito.

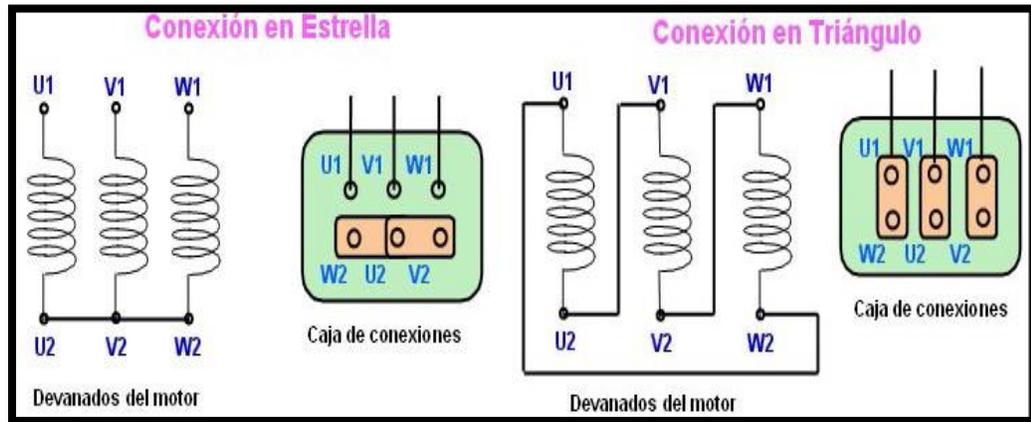


Figura 2. 18 Tipos de conexionado del Motor Jaula de Ardilla.

### 2.5.3. TIPOS DE MANDO DE PUENTES GRÚA.

Según el tipo de condiciones de servicio, la utilización del sistema de mando en los puentes - grúa puede ser:

#### a. MANDO DESDE EL SUELO.

##### a.1. Desplazable a lo largo del puente.

Permite guiar la carga manualmente y permite mantener una distancia de seguridad entre el operador y la carga.

##### a.2. Mando suspendido del carro.

El conductor está próximo a la carga y puede guiarla manualmente. Adecuado para trabajos de mantenimiento y montaje, esto se lo realiza mediante un cable de corto alcance que va conectado a la botonera para controlar los movimientos del puente grúa como se puede apreciar en la figura 2.19.



Figura 2. 19 Mando suspendido del carro por medio de la botonera.

#### **a.3. Mando suspendido de un punto fijo del puente.**

Solo utilizable en puentes - grúa de luz reducida. Tampoco se debe utilizarse en velocidades de traslación superiores a 63 m/minuto.

#### **a.4. Mando por radio.**

Se utiliza cuando el conductor no pueda acompañar a la grúa (centrales de energía nuclear, instalaciones de depuración de aguas, talleres de decapado y galvanización, etc.) se puede apreciar el mando en la figura 2.20.



Figura 2. 20 Mando por radio.

## **b. MANDO DESDE LA CABINA.**

### **b.1. Cabina montada en el centro del puente.**

Este sistema se utiliza para puentes - grúa de gran luz, al objeto de conseguir una buena visibilidad para el conductor, se puede apreciar en la figura 2.21.

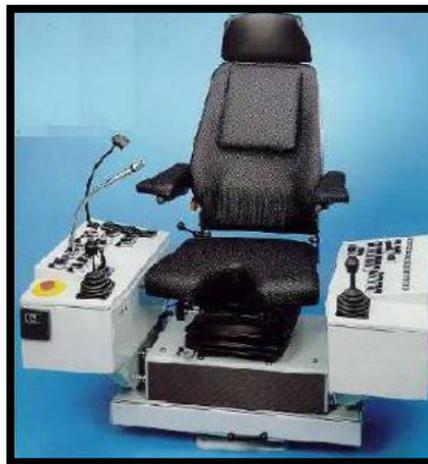


Figura 2. 21 Mando desde la Cabina.

### **b.2. Cabina desplazable a lo largo del puente.**

Muy empleada en el transporte de materiales muy voluminosos, se puede apreciar en la figura 2.22.



Figura 2. 22 Grúa Desplazable a lo largo del puente.

## **2.6 MANIPULACIÓN DE PUENTES GRÚA.**

A continuación se indica las normas fundamentales para llevar a cabo una manipulación segura de los puentes grúa para evitar posibles accidentes ocasionados por un manejo incorrecto o imprudencia del operador.

- Antes de elevar la carga, realizar una pequeña elevación para comprobar su estabilidad y en el caso de que la carga se encuentre inclinada descender y realizar un eslingado<sup>18</sup> que asegure una carga estable, en la figura 2.23 se muestra la forma de elevar una carga, comprobando su estabilidad.

---

<sup>18</sup> El eslingado es una operación importante de la manutención de las cargas aisladas. Consiste en realizar la unión entre una carga y un equipo de elevación.



Figura 2. 23 Elevación de cargas estables.

- Elevar la carga siempre con el carro y el puente alineados con la misma, tanto horizontal como verticalmente para evitar balanceos. Como se puede observar en la figura 2.24, la carga se debe encontrar suspendida horizontalmente para un desplazamiento seguro.



Figura 2. 24 Desplazamiento seguro de cargas.

- Como se puede observar en la figura 2.25, el operador debe acompañar siempre a la carga para un mayor control de las distancias y observar en todo momento la trayectoria de la misma, evitando obstáculos fijos con los que pueda chocar.



Figura 2. 25 Operador acompañando a la carga.

- No colocarse nunca debajo de cargas que se encuentren suspendidas, y como se ve en la figura 2.26 nunca se debe transportar cargas por encima de trabajadores y se debe llevar siempre la carga por delante.



Figura 2. 26 Transporte seguro de cargas.

- Los elementos de elevación como cadenas y eslingas<sup>19</sup> deben colocarse utilizando un perfecto amarre de la carga como se observa en la figura 2.27, esto resulta un compromiso para el operario.

---

<sup>19</sup> La eslinga o cincha es una herramienta de elevación. Es el elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción.



Figura 2. 27 Amarre seguro de cargas.

- En operaciones de elevación y transporte de cargas de gran complejidad y elevado riesgo, debido al mayor volumen de la carga transportadas o a su volumen en las cargas que se precise el empleo de dos puentes grúa como se muestra en la figura 2.28, deberá seguir un plan establecido y contar además de un encargado de señales.



Figura 2. 28 Elevación y transporte de cargas de gran volumen.

## **2.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.**

El operario de Puentes Grúa dispondrá de los siguientes medios de protección personal, figura 2.29.

Únicamente en el caso de que se maneje la máquina desde el suelo por medio de mando a distancia, implica por sí mismo el uso de una prenda de protección personal:

- El Casco de Seguridad.- Otras prendas podrían ser necesarias, pero no ya derivadas de los riesgos propios de la máquina hacia su maquinista, sino de otros coexistentes en cada entorno laboral concreto.
- Aisladores acústicos.
- Calzado de seguridad.



Figura 2. 29 Equipos de protección individual.

## 2.8 MANTENIMIENTO DE LOS PUENTES GRÚA.

### 2.8.1 NORMAS GENERALES.

- Colocar el puente - grúa en una zona que no entorpezca la marcha o el trabajo del resto de los puentes - grúa que puedan trabajar en los mismos caminos de rodadura, aislando el puente y zona de trabajo, tanto con medios de señalización como con calzos y topes en las vías de rodadura.
- Si no es posible desconectar el interruptor principal, se bloquearán los mandos del puente - grúa para que nadie pueda actuar sobre ellos.

- Cuando se utilicen gatos hidráulicos; se dispondrán tacos de seguridad que aseguren su posición al material levantado, en previsión de posibles fallos de los gatos. Los gatos se asentarán sobre piezas de madera para evitar roces entre metales.
- Cada puente - grúa llevará un libro de registro en el que se anoten fechas, revisiones y averías.
- Siempre que esté en reparación un puente - grúa, se pondrá en sitio bien visible “peligro - personal trabajando”.

#### **2.8.2 MANTENIMIENTO MECÁNICO (PERIODICIDAD TRIMESTRAL SEMESTRAL).**

##### **a. POLEAS.**

- Verificar el  $\emptyset$  de la polea. Si corresponde al cable.
- Si la superficie garganta es lisa.
- Si el  $\emptyset$  garganta es el apropiado.

##### **b. TAMBORES.**

- $\emptyset$  Tambor. Si es el apropiado.
- Si el diámetro ranuras es el que corresponde.
- Ángulo desviación lateral.

##### **c. RODILLOS DE APOYO.**

- $\emptyset$  Rodillos.

- Si la superficie está en buen estado.
- Si tienen inclinación adecuada.
- Si los cojinetes están desgastados.

**d. DESGASTE DE LAS RUEDAS.**

- Comprobar el juego libre de las pestañas de los carriles ( $> 5$  mm).
- Comprobación de las protecciones de mecanismos (engranajes, acoplamientos, etc.).

**e. COMPROBACIÓN DE CABLES Y GANCHOS.**

- Comprobación de defectos (corrosiones, cocas, desgastes, etc.).
- Comprobar el punto de fijación del cable.

**f. LUBRICACIÓN (SEGÚN NORMAS DEL FABRICANTE).**

- Engrasar rodamientos de cuatro ruedas de la traslación del carro.
- Engrasar los cojinetes, (elevación principal).

**g. OTROS.**

- Reapretar presillas de fijación del cable, tambores.
- Reapretar tornillos de los cuatro acoplamientos de transmisión reductores.

### **2.8.3. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO (PERIODICIDAD TRIMESTRAL).**

- Controles.
- Resistencias de motores.
- Frenos (electromagnéticos o corrientes parásitas).
- Limitadores de carrera y carga.
- Cuadros de maniobra, fuerza y protección.
- Relés térmicos.
- Comprobación aislamiento.
- Carriles y carbones tomacorrientes.
- Carritos porta cables o deslizadores.
- Escobillas de motores y lijado colectores.

#### **a. CONTROLES.**

Antes de que entre en funcionamiento la grúa, hay que rearmar los relés térmicos de los motores, para que se accionen en caso de sobrecarga del motor y paren la maniobra.

Se realiza la maniobra de los puntos cero (accionando de palanca de control), verificación física. Al accionar el pulsador de marcha, arranca el contactor general, después de estar todos los contactos a cero.

**b. RESISTENCIA DE LOS MOTORES.**

Habitualmente, las resistencias van en cuadros enrejados. Se ve de forma visual si están calcinadas.

**c. FRENOS.**

- Eldros<sup>20</sup>: actúan por circuito hidráulico (despegan los ferodos<sup>21</sup>).
- Electromagnéticos: actúan por corrientes electromagnéticas.
- Corrientes parásitas: a medida que la tensión se incrementa, van frenando.

**d. LIMITADORES FIN DE CARRERA Y CARGA.**

Se realiza una inspección visual, donde se comprueba si están rotas las palancas de accionamiento y se verifica si funcionan eléctricamente mediante maniobra.

**e. CUADROS DE MANIOBRA, FUERZA Y PROTECCIÓN.**

Se verifica el estado general del cuadro y se comprueban los contactos de los contactores. Si están gastados, se liján o se reponen.

**f. RELÉS TÉRMICOS.**

Se fuerza la maniobra del relé térmico para saber si corta dicha maniobra. Se saca el relé y la activación de las sondas de temperatura del motor, tiene que cortar la maniobra [2].

---

<sup>20</sup> Conocido así al sistema de frenado dentro de sistemas mecánicos.

<sup>21</sup> Material formado a base de fibras de amianto e hilos metálicos, que se utiliza en las zapatas de los frenos.

## **2.9 CONTROL ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN.**

### **2.9.1 INTRODUCCIÓN.**

El control automático estudia los modelos matemáticos de sistemas dinámicos, sus propiedades y el cómo modificar éstas mediante el uso de otro sistema dinámico llamado controlador. El ser humano utiliza constantemente sistemas de control en su vida cotidiana, como en su vista, en su caminar, al conducir un automóvil, al regular la temperatura de su cuerpo y otros.

De igual manera, en el mundo tecnológico constantemente se utilizan sistemas de control. Los conocimientos de esta disciplina se aplican para controlar procesos químicos, todo tipo de maquinaria industrial, vehículos terrestres y aeroespaciales, robots industriales, plantas generatrices de electricidad y otros.

El Control Automático juega un papel fundamental en los sistemas y procesos tecnológicos modernos. Los beneficios que se obtienen con un buen control son enormes.

Estos beneficios incluyen productos de mejor calidad, menor consumo de energía, minimización de desechos, mayores niveles de seguridad y reducción de la contaminación<sup>22</sup>. Es evidente que el especialista en control automático puede contribuir significativamente en diversas áreas de la tecnología moderna.

El área de mayor impacto en la actualidad es la de automatización de procesos de manufactura. El control ha evolucionado desde básicos sistemas mecánicos, hasta modernos controladores digitales.

---

<sup>22</sup> Contaminación.

En un principio, los sistemas de control se reducían prácticamente a reacciones; éstas eran provocadas mediante contrapesos, poleas, fluidos, etc.

## **2.9.2 DEFINICIÓN DE CONTROL ELÉCTRICO INDUSTRIAL.**

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado.

Los controladores son sistemas eléctricos o electrónicos que están permanentemente capturando señales de estado del sistema bajo su control y que al detectar una desviación de los parámetros pre-establecidos del funcionamiento normal del sistema, actúan mediante sensores controladores y actuadores, para llevar al sistema de vuelta a sus condiciones operacionales normales de funcionamiento.

### **a. CLASES DE CONTROL.**

#### **a.1. Sistemas de Control de Lazo Abierto.**

En estos sistemas la variable controlada no se retroalimenta. La conformidad entre el valor alcanzado por la variable controlada y su valor de referencia depende de la calibración, y consiste en establecer una relación entre la variable manipulada y la variable controlada. Estos sistemas solo son útiles en ausencia de perturbaciones, se puede apreciar en la figura 2.30.

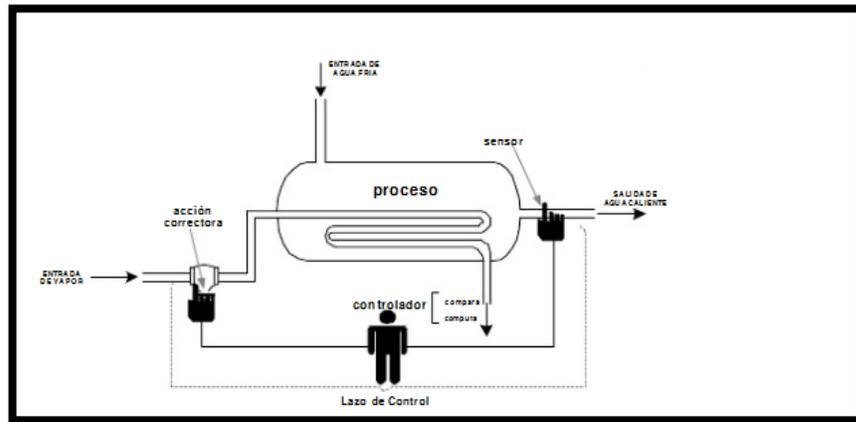


Figura 2. 30 Sistema de control de lazo abierto.

En estos sistemas de control la salida no tiene efecto sobre la acción de control, es decir no se compara la salida con la entrada de referencia. Por lo tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración y del operador cuya función será la del controlador.

En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada, por no tener una forma de conocer el resultado del control efectuado o salida del proceso. En la práctica el control de lazo abierto sólo se utiliza si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no se presentan perturbaciones tanto internas como externas significativas.

Sus características más importantes son:

- Fácil montaje y mantenimiento
- Bajo costo.

- No tiene problemas de estabilidad.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Afectado por las perturbaciones.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

### **a.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado.**

Se denomina sistema de control de lazo cerrado cuando frente a presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida del sistema y el valor deseado o “set point<sup>23</sup>”

El principio de funcionamiento consiste en medir la variable controlada mediante los captadores o sensores, convertirla en señal y retroalimentarla para compararla con la señal de entrada de referencia.

La diferencia entre ésta y la señal retroalimentada constituye la señal de error, las cuales son empleadas por la Unidad de Control para calcular la variación a realizar en la variable manipulada y mediante los accionadores o actuadores restablecer la variable controlada en su valor de referencia [14]. Ver figura 2.31.

---

<sup>23</sup> Punto de referencia.

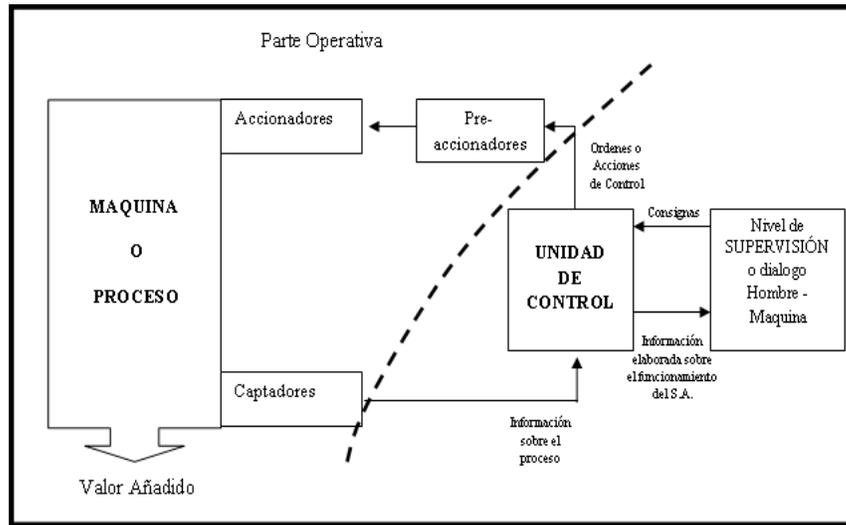


Figura 2. 31 Sistema de control de Lazo Cerrado.

## 2.10 PRINCIPALES CONSIDERACIONES DE LA NORMA IEC 1082-1

La norma IEC (Comisión Eléctrica Internacional) 1082-1 define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos. El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones. Figura 2.32.



Figura 2. 32 Dos innovaciones de la norma IEC 1082-1

En la tabla 2.2, se puede apreciar la simbología eléctrica normalizada que existe en nuestro medio.

Tabla 2. 2 Simbología eléctrica normalizada.

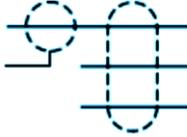
Naturaleza de las corrientes	
Corriente alterna	
Corriente continua	
Corriente rectificada	
Corriente alterna trifásica de 50 Hz	<b>3 ~ 50 Hz</b>
Tierra	
Masa	
Tierra de protección	

Tierra sin ruido	
------------------	---

En la tabla 2.3, se puede apreciar la simbología normalizada de los conductores que se utilizan para cada una de las representaciones.

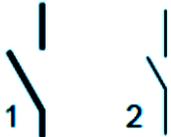
Tabla 2. 3 Conductores eléctricos normalizados

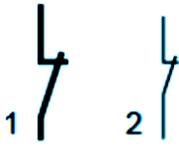
<b>Tipos de conductores</b>	
Conductor, circuito auxiliar	
Conductor, circuito principal	
Haz de 3 conductores	L1  L2  L3 
Representación de un hilo	
Conductor neutro (N)	

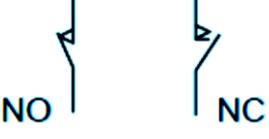
Conductor de protección (PE)	
Conductor de protección y neutro unidos	
Conductores apantallados	
Conductores par trenzado	

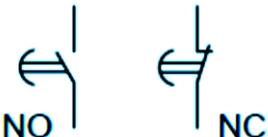
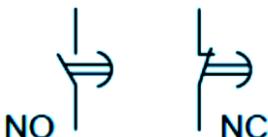
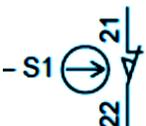
En la tabla 2.4, se puede apreciar la simbología normalizada de los contactos.

Tabla 2. 4 Tipos de contactos eléctricos normalizados

<b>Contactos</b>	
Contacto "NA" (de cierre) 1- principal 2- auxiliar	

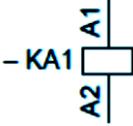
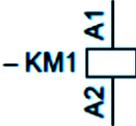
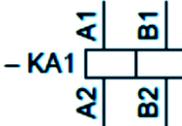
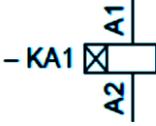
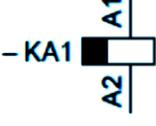
<p>Contacto “NC” (de apertura) 1- principal 2- auxiliar</p>	
<p>Interruptor</p>	
<p>Seccionador</p>	
<p>Contactador</p>	
<p>Ruptor</p>	
<p>Disyuntor</p>	
<p>Interruptor – Seccionador</p>	

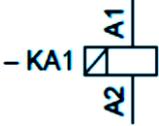
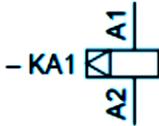
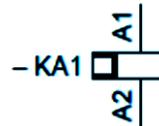
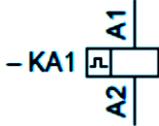
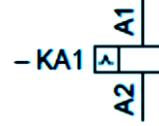
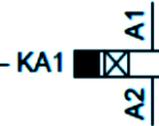
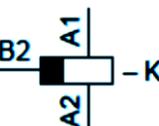
<p>Interruptor – Seccionador de apertura automática</p>	
<p>Fusible Seccionador</p>	
<p>Contactos de dos secciones no solapado (apertura antes de cierre)</p>	
<p>Contactos de dos direcciones solapado</p>	
<p>Contactos de dos direcciones con posición mediana de apertura</p>	
<p>Contactos presentados en posición accionada</p>	
<p>Contactos de apertura o cierre anticipado. Funcionan antes que los contactos restantes de un mismo conjunto</p>	

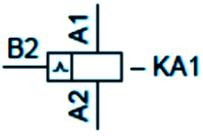
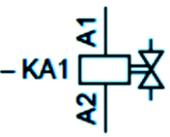
<p>Contactos de apertura o cierre retardado. Funciona más tarde que los contactos restantes de un mismo conjunto</p>	
<p>Contactos de paso con cierre momentáneo al accionamiento de su mando</p>	
<p>Contactos de paso con cierre momentáneo al des accionamiento de su mando</p>	
<p>Contactos de cierre de posición mantenida</p>	
<p>Interruptor de posición</p>	
<p>Contactos de cierre o apertura temporizados al accionamiento</p>	
<p>Interruptor de posición de apertura, de maniobra de apertura positiva</p>	

En la tabla 2.5, se puede apreciar la simbología de los diferentes tipos de mando de control normalizados que existen.

Tabla 2. 5 Tipos de mandos de control normalizados

<b>Mandos de control</b>	
Mando electromagnético Símbolo general	
Mando electromagnético Contactor auxiliar	
Mando electromagnético Contactor	
Mando electromagnético De 2 devanados	
Mando electromagnético De puesta en trabajo retardado	
Mando electromagnético De puesta en reposo retardada	

<p>Mando electromagnético De un relé de remanencia</p>	
<p>Mando electromagnético De enclavamiento mecánico</p>	
<p>Mando electromagnético De un relé polarizado</p>	
<p>Mando electromagnético De un relé intermitente</p>	
<p>Mando electromagnético De un relé por impulsos</p>	
<p>Mando electromagnético De accionamiento y des accionamiento retardados</p>	
<p>Bobina de relé RH temporizado en reposo</p>	

<p>Bobina de relé RH de impulso en desactivación</p>	
<p>Bobina de electroválvula</p>	

**CAPITULO III**

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

### 3. ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.

El taller de motores del CEMAE – 15 perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército No 15 “Paquisha”, cuenta con un puente grúa de 500 Kg, el mismo que en la actualidad tiene desarrollado el sistema de control para dos movimientos, vertical y transversal, como se puede apreciar en las figuras 3.2, 3.3, por lo que en este proyecto se plantea el diseño e implementación de un sistema controlado del tercer movimiento que es el longitudinal a lo largo de la nave.

E sistema en la actualidad consta de una viga tipo IPN que cubre una luz de 7.31 m. y tiene la capacidad de carga de 500 Kg. la altura libre bajo gancho es de 6 m. la misma que se encarga de llevar el peso a lo largo de la nave que tiene una longitud de 9.10 m.

Considerando las dimensiones de la viga IPN (figura 3.1) se procede a determinar el peso de la misma con ayuda de los catálogos de fabricante, se procede a determinar el peso de la viga para los diferentes caculos que se necesita dentro del sistema.

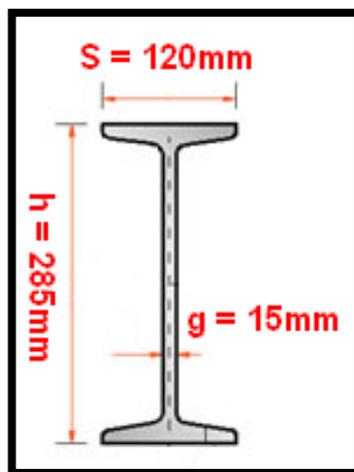


Figura 3. 1 Medidas de la Viga IPN

$$Peso = 54,20 \frac{kg}{m}$$

$$Peso\ total = 54,20 \frac{kg}{m} \times 7,31m$$

$$Peso\ total = 396,202kg$$

A los extremos de la viga tipo IPN se encuentran los testeros los cuales constan de dos rodillos, los mismos que se encargan de proveer el movimiento a la estructura al momento que se desea posicionarla en otro lugar de la nave.

Estos rodillos serán utilizados dentro del sistema que se va a implementar ya que se tratara al máximo utilizar todos los recursos existentes dentro del puente grúa del taller de motores.



Figura 3. 2 Puente grúa del Taller de Motores.



Figura 3. 3 Riel derecha para el desplazamiento del Puente grúa.

### **3.2 ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO LONGITUDINAL DEL PUENTE GRÚA**

En el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejecito con el fin de seguir mejorando cada uno de sus procesos de mantenimiento y a la vez de salvaguardar un alto nivel de seguridad en cada una de las tareas y procesos que se realizan, se planteó la necesidad de implementar un sistema de control para el manejo del puente grúa del taller de motores, el mismo que en la actualidad no cuenta con los parámetros suficientes para su funcionamiento.

El diseño e implementación de este sistema de control permitirá al operador del puente grúa realizar su trabajo desde una distancia segura, y sin ejercer ningún tipo de fuerza para que este se mueva a lo largo de la nave, permitiendo mayor eficiencia laboral dentro de esta sección de mantenimiento.

Para el efecto, se estableció que la implementación del sistema de control se lleve a cabo de la siguiente manera:

1. Análisis y selección del tipo de equipo que garantice que el movimiento sea suave, confiable y seguro dentro de la nave.
2. Análisis y selección de los componentes necesarios para la implementación del sistema de control.
3. Diseño y Construcción del sistema mecánico del puente grúa.
4. Diseño e Implementación del sistema eléctrico que permita realizar el control de los movimientos del puente grúa y verificar las seguridades del mismo, como son el estado del sensor final de carrera así como también permitir correcciones necesarias dentro del sistema, en caso de existir una situación peligrosa.

5. Elaboración de la documentación técnica necesaria del proyecto desarrollado.

Para la descripción del sistema se ha desarrollado un diagrama de bloques que diferencia a los dos tipos de movimientos longitudinales que tendrá el puente grúa que son el de avance y el de retroceso, como se muestra en la figura 3.4.

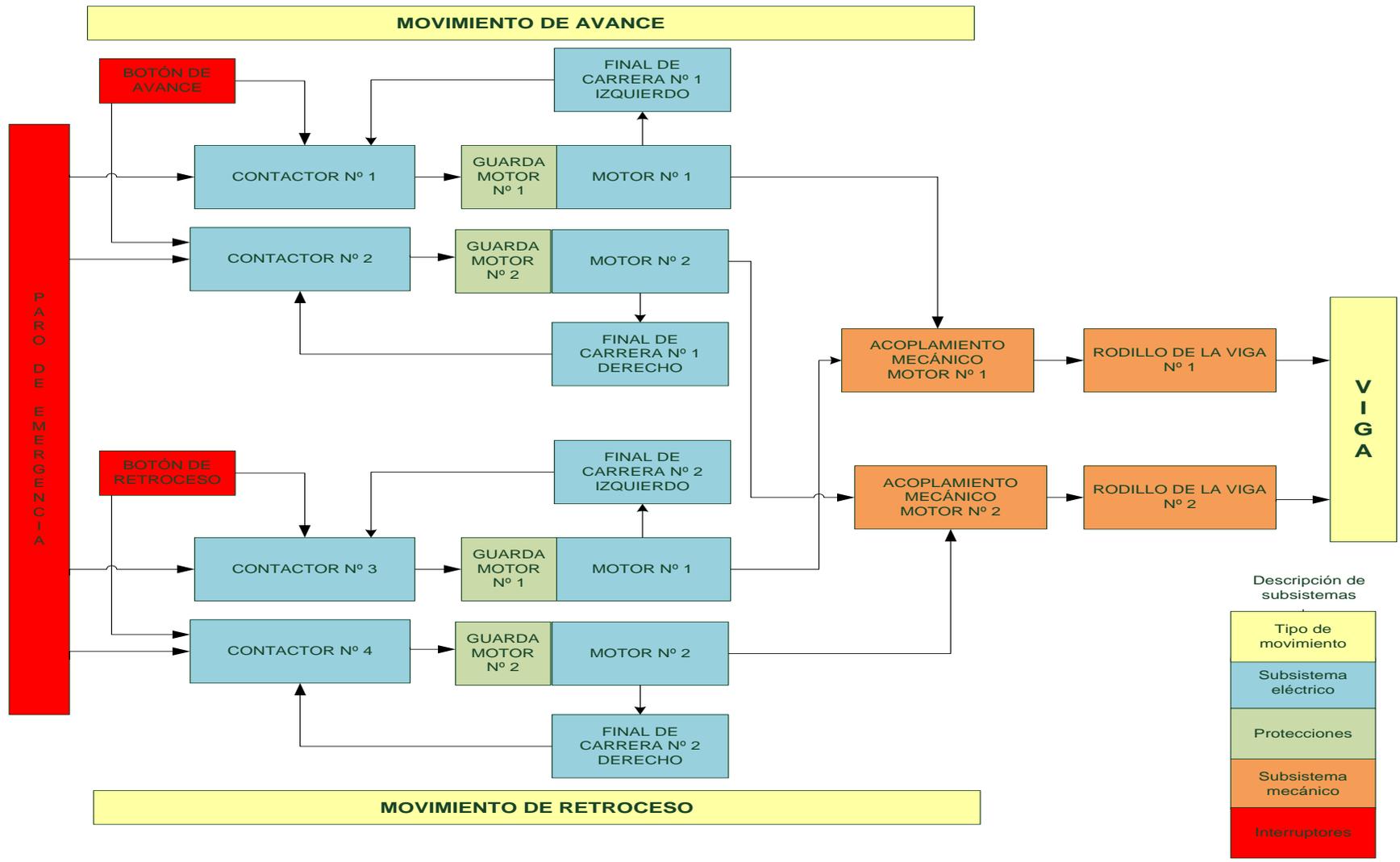


Figura 3. 4 Diagrama de bloques del sistema de control del movimiento longitudinal del puente grúa.

Para el control del movimiento de avance se instalará en las rieles de acero dos finales de carrera (derecho e izquierdo) respectivamente, los mismos que enviarán una señal digital a un contactor de cuatro entradas correspondientes a: dos finales de carrera, un botón de activación del movimiento, un pulsador del paro de emergencia y una salida para la activación del motorreductor

A través de un acople mecánico (eje), se adaptará el motor al rodillo de la viga del puente grúa.

Tomando en cuenta diferentes tipos de puentes grúas existentes en la industria se determino que la óptima velocidad de avance en el movimiento longitudinal del puente es de 0.135 m/s, ya que con esta velocidad no permitirá que la carga se sacuda y pueda provocar algún tipo de accidente.

Cuando el rodillo haya tocado el final carrera de la viga, este lo activará generando así una señal de entrada al contactor que enviará la orden de paro al motor. Con el mismo criterio se diseñará el control del movimiento de retroceso.

Finalmente, como medida de seguridad, se colocará un pulsador que servirá de paro de emergencia, el mismo que al activarse, generara una señal de entrada al contactor que inmediatamente desactivará el todo el sistema, independientemente de que la secuencia de control haya o no finalizado.

### **3.3 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.**

La selección de los componentes se convierte en uno de los aspectos importantes para el desarrollo y culminación del proyecto, cabe recalcar que los componentes han sido seleccionados de acuerdo a sus características técnicas, disponibilidad y el costo de los materiales en el mercado.

### 3.3.1 DETERMINACIÓN DE CARGAS.

A continuación se muestra las cargas con las que va a trabajar en puente grúa del taller en cuestión.

$$W_{TOTAL} = W_{VIGA} + W_{CARGA}$$

$$W_{TOTAL} = 396.206kg + 500kg$$

$$W_{TOTAL} = 896.202kg$$

#### Datos.

$$W_{TOTAL} = 896.202 \text{ Kg.}$$

$$\text{Velocidad .del.motor} = 1075Rpm.$$

$$\text{Diametro.del.Rodillo} = 72mm.$$

$$\vec{v} = 0.135 \text{ m/s.}$$

### 3.3.2 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.

A continuación se presenta los cálculos para la selección de los motores necesarios para la implementación del proyecto, para este peso se elaboro un diagrama de fuerzas como se puede apreciar en la figura 3.5.

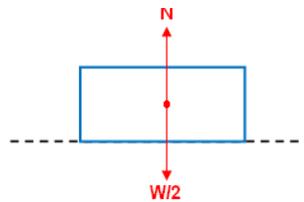


Figura 3. 5 Diagrama de Fuerzas

$$N = \frac{W}{2} \times Fc$$

Donde:

- *N es la normal.*
- *W es el peso total de la viga mas la carga máxima.*
- *Fc es el factor de carga.*

$$N = \frac{(500Kg + 396,202Kg)}{2} \times 1,2$$

$$N = 448,101Kg \times (1,2)$$

$$N = 537,721Kg \times \frac{9,8N}{1Kg}$$

$$N = 5269,65N$$

Una vez obtenida la Normal que es la fuerza de la carga, se procede a hallar la fuerza de fricción.

$$Ff = \mu_s \times N$$

Donde:

- $\mu_s$  es el coeficiente de fricción estática entre acero con acero y es igual a 0,5.

$$Ff = 0,5 \times 5269,65N$$

$$Ff = 2634,82N$$

Determinado la fuerza de fricción se procede al cálculo para determinar la potencia del motor.

$$Pot = Ff \times \vec{v}$$

$$Pot = 2634,82N \times 0,135 \frac{m}{s}$$

$$Pot = 355,701W \times \frac{1hp}{746W}$$

$$Pot = 0,48hp$$

Con la potencia calculada y la eficiencia del motor determinamos la potencia efectiva que se requiere para mover el sistema.

$$Pot.Motor = \frac{Pot.}{\eta_{Motor}}$$

$$Pot.Motor = \frac{0,48.}{64,4} = 0,75Hp$$

Una vez determinado la potencia del motor, y ya obtenido la fuerza de fricción y el radio del rodillo se obtiene el torque necesario a la salida del reductor.

$$T = Ff \times r$$

$$T = 2634.82N \times 0,036m$$

$$T = 94.85Nm \text{ A la salida del reductor.}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a obtener las R.P.M. del rodillo.

$$\vec{v} = W_{rodillo} \times \frac{\phi_{rodillo}}{2}$$

$$W_{rodillo} = \frac{2 \vec{v}}{0,072m}$$

$$W_{rodillo} = \frac{2(0,135m/s)}{0,072m}$$

$$W_{rodillo} = 3,75 \frac{rad}{s} \times \frac{60s}{1m} \times \frac{1rev}{2\pi rad}$$

$$W_{rodillo} = 35,8RPM$$

Con las r.p.m. del motor y las r.p.m. de rodillo se determina la relación de transmisión que debe existir para obtener la velocidad deseada del puente grúa.

$$i = \frac{W_{motor}}{W_{rodillo}}$$

$$i = \frac{1075}{35,8}$$

$$i = 30$$

Con la relación de transmisión adecuada se procede a calcular el torque requerido por el motor.

$$T_{reductor} = T_{motor} \times i$$

$$T_{motor} = \frac{T_{reductor}}{i}$$

$$T_{motor} = \frac{102,758Nm}{30}$$

$$T_{motor} = 3,425Nm$$

Una vez determinado los cálculos se adquirió los equipos por separado, por motivos de diseño y para que cumplan las necesidades requeridas dentro del sistema; a continuación se presenta algunas de las características que tienen el motor, figura 3.6 y el reductor de velocidad, figura 3.7.

**a. Motor.**

- Marca SIEMENS.
- Motor trifásico 1LA7 080 – 6YA66
- Potencia 0,75 HP.
- Voltaje 220/440.
- Frecuencia 60 Hz.
- Revoluciones por Minuto 1075 Rpm.
- Torque 4.97 Nm.
- $\eta = 64.4$



Figura 3. 6 Características del motor.

**b. Reductor de Velocidad.**

- Marca SITI.
- Relación de 30 a 1
- Torque 120 Nm.



Figura 3. 7 Reductor de velocidad SITI.

### 3.2.3 SELECCIÓN DEL EJE.

El eje es un elemento primordial para el desarrollo del proyecto de tesis, figura 3.8,

A continuación los cálculos para la selección del eje.

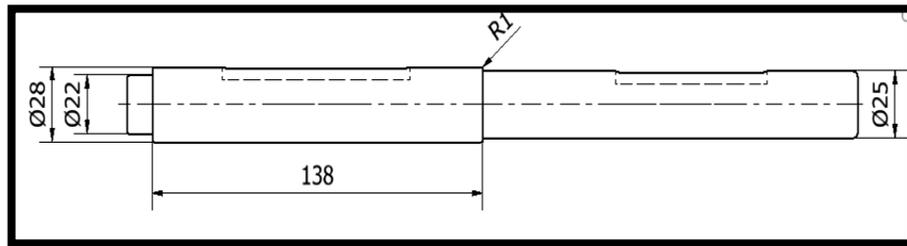


Figura 3. 8 Eje de acero.

Con el software MDSolid se puede calcular las reacciones y el momento flexionante máximo que actúan sobre el eje, obteniendo los siguientes datos: figura 3.9, 3.10, 3.11, 3.12.

$$R_A = R_B = 2635N$$

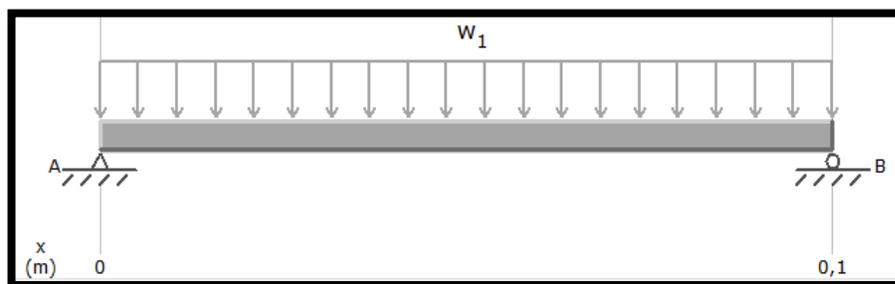


Figura 3. 9 Carga distribuida sobre el eje.

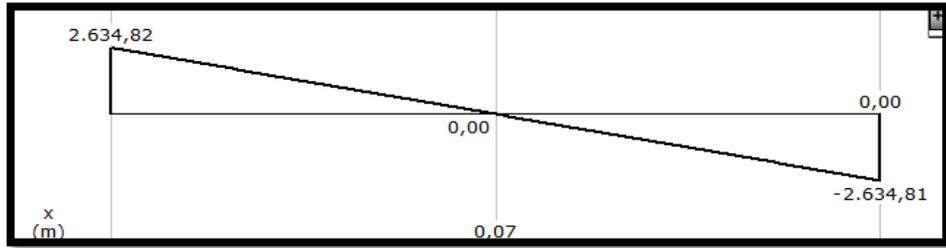


Figura 3. 10 Diagrama de carga cortante.

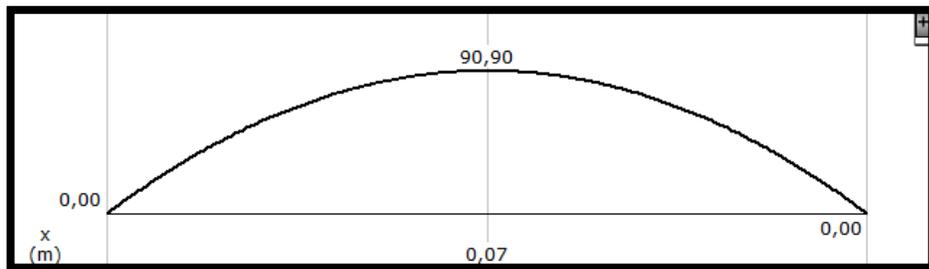


Figura 3. 11 Diagrama de momento flector máximo.

**Datos:**

$$T = 94.85Nm$$

$$l = 138mm$$

$$N = 5269,65N$$

$$kt = 2$$

$$Sy = 434Mpa$$

Donde:

*Kt es el factor de concentración de tensión.*

*Sy es el Coeficiente a la Credencia.*

*N es el factor de seguridad.*

➤ **Análisis de Torsión.**

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16(94.85)Nm}{\pi(25mm)^3} \times \frac{1000mm}{1m}$$

$$\tau = 30.90Mpa$$

$$\tau_d = \tau * kt$$

$$\tau_d = 30.90Mpa(2)$$

$$\tau_d = 61.83Mpa$$

$$n = \frac{Sy}{\tau_d}$$

$$n = \frac{434Mpa}{61.83Mpa}$$

$$n = 7$$

➤ **Análisis de Flexión**

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{S}$$

$$\sigma = \frac{90,90Nm}{\frac{\pi(0,028m)^3}{32}}$$

$$\sigma = 42,17\text{Mpa} * Kt$$

$$\sigma = 42,17\text{Mpa} * 2$$

$$\sigma = 84.35\text{Mpa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{434\text{Mpa}}{84,35\text{Mpa}}$$

$$n = 5,14$$

➤ **Factor de seguridad para flexión y torsión.**

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{\pi\phi^3 S_y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{\pi(28\text{mm})^3(434\text{N/mm}^2)} [(90,90\text{Nm})^2 + (94.85\text{Nm})^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{29930481\text{Nmm}} [17259,33\text{Nm}^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{32}{29930481\text{Nmm}} [131,37\text{Nm}] \frac{1000\text{mm}}{1\text{m}}$$

$$\frac{1}{n} = 0,14 \Rightarrow n = 7,4$$

### 3.3 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DEL SISTEMA.

A continuación se presenta la selección de del equipo eléctrico necesario para el proyecto.

### 3.3.1 RELÉ TÉRMICO.

Los relés térmicos son los encargados de proteger a los motores de sobrecargas, falla de una fase y diferencias de carga en las fases. El relé que se utilizará en el sistema es de clase 10 A, con conexión mediante bornes a tornillos que varía en el rango de 2.5 y 4 A. figura 3.12.



Figura 3. 12 Relé térmico Schneider.

La selección del Guarda motor se dio a razón de los siguientes cálculos.

#### Datos:

- $P = 0.75 \text{ Hp} \implies (0.75 \text{ Hp} \times 746 \text{ w} = 559.5 \text{ w})$
- $V = 220 \text{ v}$
- $F = 60 \text{ Hz}$
- $\text{COS } \varphi = 0.69$
- $F_s \text{ (factor de servicio)} = 1.15$

$$I_n = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \theta}$$

$$I_n = \frac{559.5}{220 \times 1.75 \times 0.69} = 2.3A$$

$$P. \text{ térmica} = I_n \times F_s = 2.3 \times 1.15 = 2.6 A$$

Las características del relé térmico, (figura 3.13) adquirido se muestran a continuación.

- Marca Schneider.
- Voltaje máximo 690 V.
- Frecuencia 50 /60 Hz.
- Corriente efectiva 2.5 – 4 Ie



Figura 3. 13 Características del Relé Térmico.

### 3.3.2 CONTACTORES.

Los contactores tienen por objetivo interrumpir o dar libre paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan

pronto se energice la bobina. Para la selección de los contactores se debe tomar en cuenta las características del motor y el tipo de trabajo que va a realizar, para este sistema la potencia del motor es de 0.75 HP, la corriente nominal es de 3.3 A, en este punto se debe considerar que el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. En tal razón se optó por un contactor de categoría AC3 (figura 3.14), que está diseñado para soportar este tipo de necesidades dentro del proceso de trabajo del puente grúa.



Figura 3. 14 Contactor Schneider AC3.

A continuación se detallan las características del contactor adquirido.

- Marca Schneider.
- Categoría AC3.
- Corriente nominal 25 A.
- Voltaje máximo 690 V.

- Dos tipos de contacto (1 NC, 1 NO)
- Trifásico.
- Potencia que soporta 1.5 HP.

### 3.3.3 FINALES DE CARRERA.

Los finales de carrera o sensores de contacto, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Estos pueden contener interruptores normalmente abiertos o interruptores normalmente cerrados dependiendo la necesidad en la que se vaya a utilizar el dispositivo.

El final de carrera a utilizarse es de tipo palanca, figura 3.15, resistente al contacto por medio de choques mecánicos con una óptima resistencia al polvo ya que debe soportar el medio donde va a emplearse.



Figura 3. 15 Final de carrera tipo palanca.

A continuación alguna de las características que brinda este interruptor de limite.

- Marca Moujen.
- Potencia que soporta 1 HP.
- Frecuencia de operación Mecánica: 120 operaciones / min.  
Eléctrica: 30 operaciones / min.

#### **3.3.4 BREAKER.**

Son elementos diseñados para proteger las redes de baja tensión y aparatos conectados a estos, ante una sobrecarga o corto circuito.

Para la selección del breaker se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos, los motores de 0.75 HP trifásicos serán utilizados de manera intermitente en periodos máximo de 1 minuto, entonteces es posible proteger los motores con las protecciones de la red contra cortocircuitos y fallas de alguna de las fases.

El sistema necesita cortar 3 fases de corriente, por lo tanto es necesario un breaker con 3 entradas y con 3 salidas, es decir un tripolar, figura 3.16.

La corriente nominal de los motores es 6.6 A, 3.3 A cada uno, a 220 V. multiplicado por 1.25 que es el factor multiplicativo de corriente obtenemos 8.25 A, con este valor y el catálogo se determinará el breaker necesario, el más cercano a la corriente nominal de los motores es el de 10 A.



Figura 3. 16 Breaker Tripolar.

A continuación algunas de las características que tiene este dispositivo de seguridad.

- Marca Schneider.
- Posee 3 entradas y 3 salidas.
- Corriente nominal 10 A.
- Voltaje 220 V.

### 3.3.5 BOTONERA DE CONTROL.

La botonera es la encargada de realizar todas las acciones de maniobra del puente grúa como son: Movimientos del puente en dirección norte y dirección sur, movimientos del carro hacia la izquierda y hacia la derecha, movimiento del gancho hacia arriba y hacia abajo, cada uno de estos movimientos son activados por un pulsador el cual envía una señal de activación a los contactores.

La botonera que se va a utilizar para la implementación del proyecto es la que se ilustra en la figura 3.17, ésta botonera tiene el mando suspendido por cable, está dotada de 6 pulsadores para cada uno de los movimientos del puente grúa y a la vez tiene un hongo de paro de emergencia para deshabilitar toda acción posible dentro del proceso en caso de existir una condición de emergencia o falla.

La botonera es de marca CAMSCO, a continuación se presenta algunas de las características de este tipo de botonera.

- Grado de protección IP67 según IEC 529.
- Temperatura de servicio: de  $-25^{\circ}$  +  $70^{\circ}$ .
- Pasacables en goma con secciones variables.
- Vida mecánica en pulsadores y selectores: 1 millón de maniobras.
- Cajas en material termoplástico auto extingible con doble aislamiento.



Figura 3. 17 Botonera Camsco de 6 servicios y paro de emergencia.

### **3.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PUENTE GRÚA.**

#### **3.4.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.**

El diseño y construcción del sistema mecánico se ha dividido en dos partes, la primera parte describe el diseño y construcción de la base donde se apoyará el Motorreductor para dar movimiento al puente grúa y la segunda el diseño y construcción del eje y del rodillo que serán piezas fundamental del sistema mecánico.

##### **a. DISEÑO DE LA BASE.**

Para el diseño de la base se implementaron repisas al costado interno de cada uno de los testeros existentes en el puente grúa, los cuales se muestran en la figura 3.18.



Figura 3. 18 Testero del Puente grúa.

Para realizar esta modificación se vio la necesidad de desmontar los testeros del puente grúa, figura 3.19.



Figura 3. 19 Desmontaje de Testeros para Rediseño.

Con los testeros libres se procede al desmontaje total de cada uno de ellos para el rediseño y la modificación del mismo, figura 3.20.



Figura 3. 20 Desmontaje total del testero.

Una vez desmantelado se procede a diseñar las modificaciones en una de las planchas de acero de los testeros en Autodesk Inventor, figura 3.21, para de esta manera tener una idea clara de lo que se quiere realizar en este paso. En coordinación con este paso se procede a dimensionar, cortar y soldar los soportes para el asentamiento de los motorreductores en cada uno de los testeros. Figuras 3.22. (a,b,c)

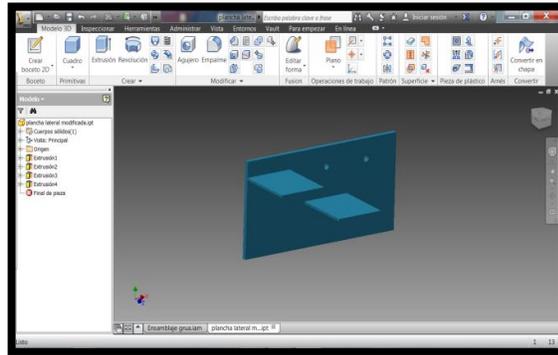


Figura 3. 21 Rediseño de los testers en autodesk.



A



B



C

Figura 3. 22 Dimensionamiento, Corte y suelda de las bases para los Motorreductores.

Una vez realizado todos estos trabajos se obtiene el testero con sus modificaciones terminado, figura 3.23, se debe tomar en cuenta que con el mismo principio se realizó las modificaciones del otro testero.



Figura 3. 23 Testero Modificado.

#### **b. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EJE Y RODILLO.**

Para un óptimo resultado se observa la necesidad de diseñar y construir un eje el cual transmitirá el movimiento al puente grúa, ya que el que se encontraba montado, (figura 3.24) no es acorde con nuestras necesidades, y de igual manera se debe rediseñar el rodillo de arrastre ya que este debe acoplarse perfectamente con el eje que se trabajara.



Figura 3. 24 Eje impropio para el sistema.

Para el diseño del eje se procede a tomar las medidas, alineando los motorreductores y los testers ya rediseñados, (figura 3.25), para que sean exactas y vinculadas para el trabajo que va a desempeñar dentro del sistema.



Figura 3. 25 Dimensionamiento del Eje.

Con las medidas se procede al diseño del eje en Autodesk Inventor, figura 3.26, para obtener los planos apropiados para su construcción.

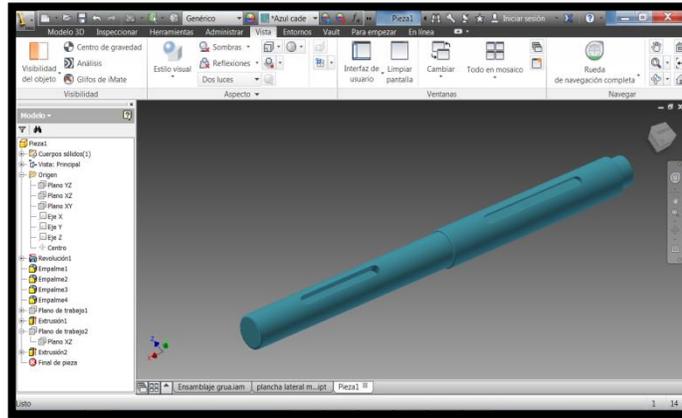


Figura 3. 26 Diseño del Eje en Autodesk.

Con el diseño del eje en Autodesk se procede a la construcción de los ejes, este trabajo se lo realizó en el centro de mantenimiento de Material de Guerra en la sección de mecanizado de piezas y repuestos, donde se obtuvo la disponibilidad de las máquinas para la fabricación tanto de los ejes (figura 3.27) como de los chaveteros (figura 3.28). Estos últimos se los elaboro en un centro vertical CNC con una fresa de vástago de 8 mm.



Figura 3. 27 Construcción de los Ejes.



Figura 3. 28 Elaboración de los Chaveteros

A continuación a estos procesos se obtuvieron al final los ejes con los que se dará el movimiento al puente grúa del centro de mantenimiento de la aviación. Figura 3.29.

El acero en el cual se manufacturó los ejes es el acero AISI 1040 WQT 1300, el mismo que brinda muchas propiedades físicas y mecánicas apropiadas para el uso que se requiere en este proceso.



Figura 3. 29 Eje Terminado.

Para el rediseño del rodillo de arrastre, al igual que las piezas mecánicas anteriores se elaboró un diseño en Autodesk Inventor, figura 3.30, y posteriormente se visito nuevamente el centro de

Mantenimiento de Material de Guerra para realizar el corte de los chaveteros por medio de una cortadora por hilo.

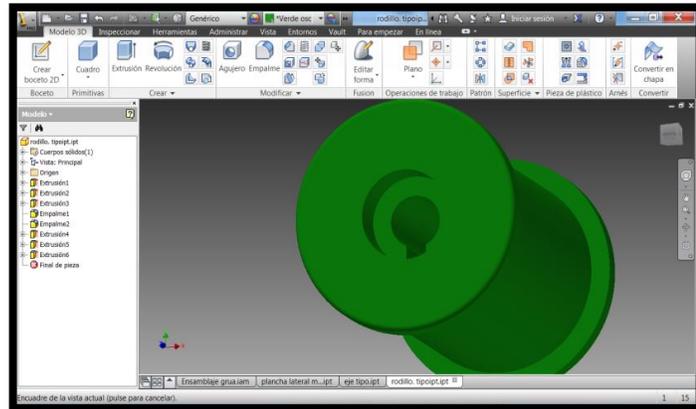


Figura 3. 30 Diseño del Rodillo de Arrastre.

Una vez en el CMMG. se procede a crear un programa en Autocad (figura 3.31), ya que la cortadora por hilo solo reconoce ese software.

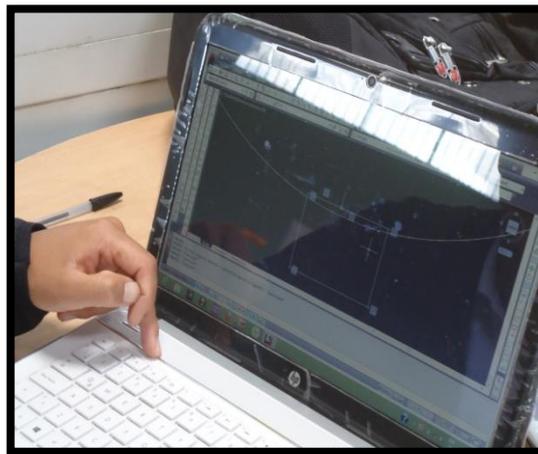


Figura 3. 31 Diseño del programa para la cortadora por hilo.

Con el programa ya listo se coloca el rodillo en la maquina con las medidas de seguridad correspondiente, y se procede a correr el

programa para la ejecución del chavetero interno del rodillo. Figura 3.32.



Figura 3. 32 Elaboración del chavetero interno del rodillo.

Al final del proceso de corte se puede apreciar el trabajo ya terminado, figura 3.33.



Figura 3. 33 Chavetero terminado.

Una vez construido y modificado los diferentes mecanismos se procede a realizar el montaje de cada uno para obtener el resultado

que se busca dentro del sistema mecánico del puente grúa del taller de motores.

Como primer paso para el montaje se sitúa las chevetas en los ejes (figura 3.34), seguido se monta el rodillo en el testero, procurando que el eje y las chavetas coincidan con el mismo. Figura 3.35.



Figura 3. 34 Acoplamiento de las chavetas.



Figura 3. 35 Acoplamiento del eje, rodillo y testero.

Concluido el montaje del rodillo, se prosigue con el acoplamiento de los motorreductores, figura 3.36, y al mismo tiempo se los debe asegurar contra las bases utilizando pernos de cabeza hexagonal. figura 3.37.



Figura 3. 36 Acoplamiento de los motorreductores.

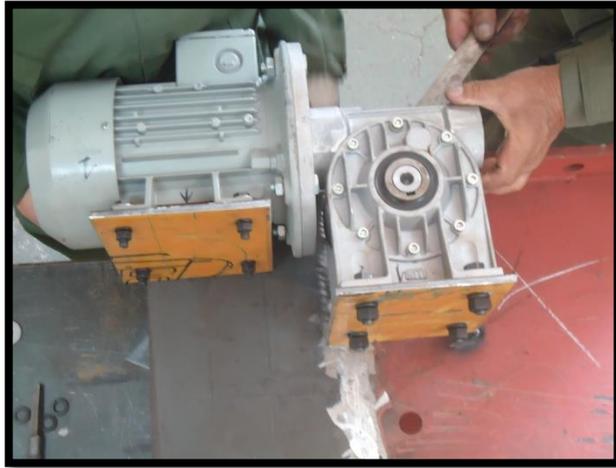


Figura 3. 37 Aseguramiento de los Motorreductores.

Una vez ya realizado el montaje de los equipos en los testers se procede al acoplamiento de los testers en la viga principal, figura 3.38, para seguido asegurarla y realizar las pruebas del diseño mecánico, y una vez corregido las pruebas continuar con la implementación eléctrica.



Figura 3. 38 Testero acoplado con la viga.

### **3.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL PUENTE GRÚA.**

#### **3.5.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.**

El diseño eléctrico está dividido en tres partes: la primera que es la implementación del diagrama de conexión en el tablero de control, la segunda es la instalación de los finales de carrera en cada uno de los extremos de las rieles y la tercera es el acople de la botonera anterior a la actual a fin de que el puente grúa funcione con una sola botonera.

**a. ARMADO DEL TABLERO DE CONTROL.**

Después de haber obtenido los materiales eléctricos se procede a armar el diagrama de la siguiente manera: se instalaron tres rieles sobre el tablero, en la parte superior se colocaron los fusibles y el breaker de seguridad, en la riel del medio se colocaron los cuatro contactores con sus respectivos guardamotores, cabe recalcar que se utilizó un guardamotor por cada motor y finalmente en la última riel se coloca las borneras que permitirá las conexiones del tablero de control hacia los equipos externos: los finales de carrera, motores, botonera y la fuente de alimentación. Figura 3.39.



Figura 3. 39 Montaje de los materiales sobre el tablero de control.

A continuación se realiza el cableado de conexión según el diagrama de potencia y diagrama de control, figura 3.40.



Figura 3. 40 Cableado de conexión eléctrico y potencia.

#### **b. COLOCACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA.**

Posteriormente se procede a instalar los finales de carrera, estos sensores se los colocó sobre platinas que se soldaron en los cuatro extremos de las rieles, los cables que salen de la caja de control se conectó a los contactos normalmente cerrados del final de carrera, para que el carrete donde están ubicados los rodillos sea quien los active. Figura 3.41.



Figura 3. 41 Final de carrera accionado por el carrete del rodillo.

**c. ACOPLA Y CONEXIÓN DE LA BOTONERA ANTIGUA A LA ACTUAL.**

La botonera obsoleta figura 3.42 contaba solo con cuatro interruptores para los dos movimientos que tenía (vertical y transversal)



Figura 3. 42 Botonera obsoleta..

Por esta razón se implementó otra botonera que tenga siete servicios: dos interruptores para el movimiento vertical, dos para el movimiento transversal, dos para el movimiento longitudinal y un paro de emergencia tipo hongo. Figura 3.43.



Figura 3. 43 Botonera de siete servicios con paro de emergencia.

Internamente la botonera cuenta con un contacto normalmente abierto y otro cerrado para cada interruptor. Figura 3.44.

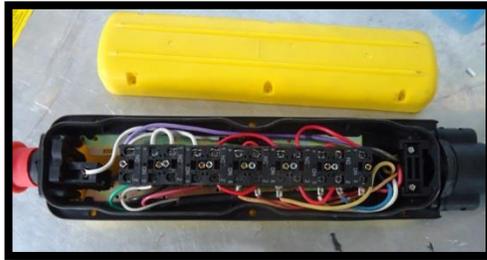


Figura 3. 44 Conexionado de la botonera.

Una vez realizado cada uno de los procesos y montajes dentro del proyecto se realizó un sin número de pruebas para constar que no exista ningún tipo de error o falla dentro del sistema, estas pruebas se las realizó de manera práctica, (figura 3.45) ya que en el centro se usa diariamente el puente grúa para realizar los procesos de mantenimiento. El puente grúa del taller de motores paso las pruebas de fiabilidad con éxito, confirmando una vez más excelencia del conocimiento adquirido en la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga.



Figura 3. 45 Grúa realizando pruebas de resultados.

**CAPITULO IV**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### 4.1 CONCLUSIONES.

- En base a los resultados obtenidos y la experiencia alcanzada se considera concluir y recomendar lo siguiente.
- Se realizó un estudio del estado del arte sobre los sistemas de control aplicados al movimiento de puentes grúas, concluyendo que existe escasa información a nivel nacional.
- La selección de los materiales utilizados en el sistema implementado se realizó en base a: cálculos realizados, disponibilidad económica y factibilidad de adquisición en el mercado local.
- En la parte mecánica se trabajó sobre la infraestructura que ya tenía implementada el taller, cuyo diseño no era adecuado para el movimiento longitudinal del puente grúa, ya que los rodillos tenían en su interior rodamientos que no se podían encajar a los motorreductores lo que conllevó a un incremento de tiempo y esfuerzo.
- Los rodamientos que existían en los rodillos fueron dados de baja, debido a que no eran funcionales en este proyecto, lo que condujo a diseñar cada eje con secciones de diferente diámetro.
- Los diagramas eléctricos de control y potencia se realizaron aplicando las normas internacionales IEC 947, estas incluyen todas las recomendaciones relativas a equipos eléctricos.

- En el diseño del sistema eléctrico se incluyó protecciones eléctricas como: fusibles, breakers y guardamotores, que evitaron el daño de los componentes del sistema durante la etapa de pruebas y a futuro evitarán desperfectos por causa de errores humanos del personal que lo maniobra.
- El puente grúa funciono de manera eficiente de acuerdo a los cálculos y diseños realizados.

#### **4.2 RECOMENDACIONES.**

- Es recomendable que se realice el diseño e implementación de un sistema en forma completa, ya que demanda tiempo y esfuerzo adicional el intentar adaptar componentes e infraestructura ya existentes, a los nuevos requerimientos, que en ocasiones conllevan a gastos adicionales.
- Es necesario que los rieles por donde van a moverse los rodillos estén muy estables y fijos, caso contrario las vibraciones producidas por el trabajo de los motores y el peso de la carga ocasionará que la viga se desnivele y se quede estancada.
- Como el rozamiento de los rodillos con la riel es estático no se debe lubricar ni en grasar mencionados elementos.
- En el momento de realizar las conexiones de los motores, finales de carrera y la fuente de alimentación se debe considerar los colores de los cables, de no ser así los finales de carrera van a funcionar de manera contraria si se cambia el orden del color de los cables de la fuente de alimentación.

- Es recomendable que cuando no se use el puente grúa se baje el breaker de alimentación, por seguridad, ya que puede ser manipulado por personas que no tengan conocimiento del funcionamiento del puente grúa.
  
- Para el mantenimiento del puente grúa se debe llevar un libro de registro para anotar la bitácora de revisión de los distintos componentes del equipo, así como las averías y reparaciones realizadas.

## **4.3 ANEXOS**

ANEXO 1

# CATALOGO DE VIGA PRINCIPAL

IPN

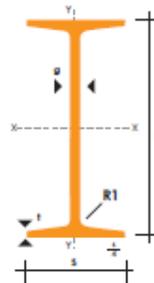
## PERFILES LAMINADOS IPN

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A 36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00m y 12,00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION PESOS				PROPIEDADES			
	h	s	g	t	R	R1	cm <sup>2</sup>	Kg/m	Ix	Iy	Wx	Wy	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.95	77	6.29	19.50	3.00	
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88	
IPN 120	120	58	5.10	7.70	5.10	3.10	14.20	11.20	328	21.50	54.70	7.41	
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70	
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80	
IPN 180	180	82	6.90	10.40	6.90	4.10	27.90	21.90	1450	81.30	161.00	19.80	
IPN 200	200	90	7.50	11.30	7.50	4.50	33.50	26.30	2140	117.00	214.00	26.00	
IPN 220	220	98	8.10	12.20	8.10	4.90	39.60	31.10	3060	162.00	278.00	33.10	
IPN 240	240	106	8.70	13.10	8.70	5.20	46.10	36.20	4250	221.00	354.00	41.70	
IPN 260	260	113	9.40	14.10	9.40	5.60	53.40	41.90	5740	288.00	442.00	51.00	
IPN 300	300	125	10.80	16.20	10.80	6.50	69.10	54.20	9800	451.00	653.00	72.20	
IPN 340	340	137	12.20	18.30	12.20	7.30	86.80	68.10	15700	647.00	923.00	98.40	
IPN 360	360	143	13.00	19.50	13.00	7.80	97.10	76.20	19610	818.00	1090.00	114.00	
IPN 400	400	155	14.40	21.60	14.40	8.60	118.00	92.60	29210	1160.00	1460.00	149.00	
IPN 450	450	170	16.20	24.30	16.20	9.70	147.00	115.00	45850	1730.00	2040.00	203.00	
IPN 500	500	185	18.00	27.00	18.00	10.80	180.00	141.00	68740	2480.00	2750.00	268.00	
IPN 550	550	200	19.00	30.00	19.00	11.90	213.00	167.00	99180	3490.00	3610.00	349.00	



ESPE 2013

ANEXO 2

## SELECCIÓN DEL MOTOR

Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001135	1LA7 072-6YA60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	65	0,76	1055	2,70	2,3	4,9	0,0006	5,7
25000001137	1LA7 080-6YC60	80M	0,75	0,45	1,05	2,40	1,20	63	0,82	1080	3,96	1,8	2,7	0,0015	8,5
25000001139 <sup>2</sup>	1LA7 082-6YA60	80M	0,9	0,67	1,05	3,60	1,80	66	0,88	1080	5,94	1,9	3,1	0,0018	10,5
25000001140	1LA7 083-6YA60	80M	1	0,75	1,15	4,20	2,10	67	0,69	1090	6,54	2,6	4	0,0018	10,5
25000001142	1LA7 090-6YA60	90S/L	1,5	1,12	1,15	6,60	3,30	69	0,77	1110	9,63	2	3,4	0,0028	12
25000001143	1LA7 096-6YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,80	3,90	72	0,77	1100	12,95	2,7	6	0,0035	14,9
25000001144	1LA7 112-6YA60	112M	3	2,24	1,15	11,80	5,90	72,1	0,69	1150	18,58	1,9	4	0,011	26,7
25000001145	1LA7 113-6YA60	112M	4	2,98	1,15	15,00	7,50	76,8	0,68	1150	24,78	2	4,5	0,011	29,6
25000001146	1LA7 130-6YA70	132SM	5	3,73	1,15	16,40	8,20	78,5	0,76	1150	30,97	1,8	4,6	0,015	40,5
25000001147	1LA7 133-6YA70	132SM	7,5	5,60	1,15	26,00	13,00	78	0,74	1150	46,46	1,8	5,1	0,019	54
25000001148	1LA7 135-6YA70	132SM	10	7,46	1,05	33,00	16,50	80,5	0,75	1150	61,95	1,9	5,2	0,025	60
25000001149	1LA5 164-6YB70	160M/L	15	11,19	1,05	44,00	22,00	85	0,80	1150	92,92	2	5,9	0,041	73,5
25000001150	1LA5 167-6YC70	160M/L	20	14,92	1,05	60,00	30,00	86	0,76	1170	121,77	1,8	5	0,049	89,5
25000001151 <sup>2</sup>	1LA4 186-6YA80	180L	25	18,65	1,05	67,50	33,75	88	0,82	1170	152,22	2,6	5,6	0,2	180
25000001152 <sup>2</sup>	1LA4 206-6YA80	200L	30	22,38	1,05	79	39,50	89	0,83	1175	181,88	2,3	5,4	0,29	240
25000001153 <sup>2</sup>	1LA4 207-6YA80	200L	36	26,86	1,05	95	47,50	89	0,83	1175	218,26	2,6	5,6	0,33	255
25000001154 <sup>2</sup>	1LA6 223-6YC80	225M	50	37,30	1,15	124	62,00	92	0,86	1170	304,43	2,4	5,8	0,57	315
26704 <sup>10</sup>	1UG4 253-6AA60	250M	70	52	1,00		85,50	92,3	0,83	1176	360	2,6	6	0,81	370
26705 <sup>10</sup>	1UG4 280-6AA60	280S	80	59	1,00		97,80	92,4	0,85	1178	436	2,5	6,4	1,17	460
26706 <sup>10</sup>	1UG4 283-6AA60	280M	100	75	1,00		121,70	92,7	0,86	1180	533	2,5	6,4	1,53	500
26707 <sup>10</sup>	1UG4 310-6AA60-Z	315S	135	106	1,10		163,70	93,1	0,84	1185	725	2,2	6,4	2,2	650
26708 <sup>10</sup>	1UG4 313-6AA60-Z	315M	160	119	1,10		191,50	93,8	0,85	1185	870	2,4	6,8	2,65	705
26709 <sup>10</sup>	1UG4 316-6AA90-Z	315L	200	150	1,10		239,40	94,1	0,85	1185	1.063	2,5	6,8	3,35	870
26710 <sup>10</sup>	1UG4 317-6AA90-Z	315L	225	168	1,10		269,30	94,7	0,85	1183	1.276	2,5	6,9	4,2	980

ESPE 2013

ANEXO 3

## SELECCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD



I 60		Albero lento / Output shaft / Abtriebswelle Arbro pottiu vilassu / Eje lento / Eixo de saída						D = 25 mm		MI 60				
I	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	kW <sub>1</sub>	HP <sub>1</sub>	RD	I	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	kW <sub>1</sub>	HP <sub>1</sub>	RD	af
7,5	2800	373	88	3,85	5,24	0,90	7,5	2800	373	51	2,2	3	0,90	1,75
10		290	81	2,70	3,67	0,88	10		280	66	2,2	3	0,88	1,23
15		187	105	2,46	3,35	0,84	15		187	94	2,2	3	0,84	1,12
20		140	93	1,52	2,21	0,84	20		140	86	1,5	2	0,84	1,08
25		112	104	1,53	2,08	0,80	25		112	75	1,1	1,5	0,80	1,39
30		93	118	1,57	2,14	0,73	30		93	83	1,1	1,5	0,73	1,43
40		70	109	1,10	1,50	0,72	40		70	74	0,75	1	0,72	1,47
50		56	98	0,84	1,14	0,68	50		56	87	0,75	1	0,68	1,12
60		47	90	0,69	0,93	0,64	60		47	72	0,55	0,75	0,64	1,25
80		35	88	0,55	0,75	0,58	80		35	87	0,55	0,75	0,58	1,00
100	28	77	0,43	0,58	0,53	100	28	67	0,37	0,50	0,53	1,16		
7,5	1400	186,7	104	2,31	3,14	0,88	7,5	1400	186,7	81	1,8	2,5	0,88	1,28
10		140	95	1,52	2,20	0,86	10		140	85	1,5	2	0,86	1,12
15		93,3	124	1,48	2,01	0,82	15		93,3	126	1,5	2	0,82	0,99
20		70	109	0,97	1,33	0,82	20		70	84	0,75	1	0,82	1,30
25		56	122	0,92	1,25	0,78	25		56	100	0,75	1	0,78	1,22
30		46,7	139	0,94	1,28	0,72	30		46,7	111	0,75	1	0,72	1,26
40		35	128	0,66	0,90	0,71	40		35	107	0,55	0,75	0,71	1,20
50		28	115	0,50	0,68	0,67	50		28	126	0,55	0,75	0,67	0,91
60		23,3	106	0,41	0,56	0,63	60		23,3	95	0,37	0,50	0,63	1,11
80		17,5	103	0,33	0,45	0,57	80		17,5	115	0,37	0,50	0,57	0,89
100	14	91	0,26	0,35	0,52	100	14	89	0,25	0,33	0,52	1,03		
7,5	900	120	120	1,74	2,37	0,86	7,5	900	120	75	1,1	1,5	0,86	1,58
10		90	109	1,22	1,66	0,84	10		90	98	1,1	1,5	0,84	1,11
15		60	143	1,11	1,52	0,80	15		60	141	1,1	1,5	0,80	1,01
20		45	125	0,74	1,00	0,80	20		45	84	0,55	0,75	0,80	1,34
25		36	140	0,69	0,94	0,76	25		36	112	0,55	0,75	0,76	1,26
30		30	160	0,71	0,97	0,71	30		30	124	0,55	0,75	0,71	1,29
40		22,5	147	0,50	0,68	0,70	40		22,5	109	0,37	0,5	0,70	1,35
50		18	132	0,38	0,52	0,66	50		18	129	0,37	0,5	0,66	1,03
60		15	122	0,31	0,42	0,62	60		15	98	0,25	0,33	0,62	1,24
80		11,3	118	0,25	0,34	0,56	80		11,3	119	0,25	0,33	0,56	1,00
100	9	105	0,19	0,26	0,51	100	9	97	0,18	0,25	0,51	1,08		
7,5	500	67	140	1,17	1,59	0,84		F1	F2	F3	F4	F5		
10		50	128	0,82	1,12	0,82	7,5	80	90				71	
15		33	167	0,75	1,02	0,78	10	80	90				71	
20		25	147	0,49	0,67	0,78	15	80	90				71	
25		20	165	0,47	0,63	0,74	20	80	90				71	
30		17	188	0,48	0,65	0,68	25	80	90				71	
40		13	173	0,34	0,46	0,67	30	80	90				71	
50		10	155	0,26	0,35	0,64	40	80					71	
60		8	143	0,21	0,28	0,60	50	80					71	
80		6	139	0,17	0,23	0,54	60	71	80					
100	5	123	0,13	0,18	0,49	80	71	80						
						100	71	80						

Con buxolo / With bushing / Mit Buchse  
Avec bague / Con mangano / Con buche

PAM	66	56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200
B5	9/120	11/140	14/160	19/200	24/200	29/250	29/250	38/300	42/350	48/350	55/400	
B14	9/90	11/90	14/105	19/120	24/140	29/160	29/160					

I - MI

ANEXO 4

# SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO

## Componentes de protección TeSys

Relés tripolares de protección térmica serie D

Descripción: 80  
Características: 80  
Referencias: 84  
Accesorios: 87  
Dimensiones: 88  
Esquemas: 89

### Relés de protección térmica diferenciales para asociar a guardamotors magnéticos

- Relés compensados, con rearme manual o automático,
- con visualización del disparo,
- para corriente alterna o continua.



LRD-08



LRD-21

Regulación del relé A	Guardamotor Magnético Coord. tipo 1	Magnético Coord. tipo 2	Para asociación con contactor LC1-	Referencia	Peso kg
<b>Clase 10 A (1) con conexión mediante bornes a tornillos</b>					
0,10...0,16	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-01	0,124
0,16...0,25	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-02	0,124
0,25...0,40	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-03	0,124
0,40...0,63	GV2LE04	GV2L04	D09...D38	LRD-04	0,124
0,63...1	GV2LE05	GV2L05	D09...D38	LRD-05	0,124
1...1,7	GV2LE06	GV2L06	D09...D38	LRD-06	0,124
1,8...2,5	GV2LE07	GV2L07	D09...D38	LRD-07	0,124
2,5...4	GV2LE08	GV2L08	D09...D38	LRD-08	0,124
4...6	GV2LE10	GV2L10	D09...D38	LRD-10	0,124
5,5...8	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-12	0,124
7...10	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-14	0,124
9...13	GV2LE16	GV2L16	D12...D38	LRD-16	0,124
12...18	GV2LE20	GV2L20	D18...D38	LRD-21	0,124
16...24	GV2LE22	GV2L22	D25...D38	LRD-22	0,124
23...32	GV2LE32	GV2L32	D25...D38	LRD-32	0,124
30...38	GV2LE32	GV2L32	D32 y D38	LRD-35	0,124
<b>Clase 10 A (1) con conexión EverLink®</b>					
16...25 0,375	GV3L25	GV3L25	D40A...D65A	LRD-325	
23...32 0,375	GV3L32	GV3L32	D40A...D65A	LRD-332	
30...40 0,375	GV3L40	GV3L40	D40A...D65A	LRD-340	
37...50 0,375	GV3L50	GV3L50	D40A...D65A	LRD-350	
48...65 0,375	GV3L65	GV3L65	D40A...D65A	LRD-365	
<b>Clase 10 A (1) con conexión mediante bornes a tornillos</b>					
55...70	NS80HMA	NS80HMA	D50...D95	LRD-3361	0,510
63...80	NS80HMA	NS80HMA	D65 y D95	LRD-3363	0,510
80...104	NSX100NMA	NSX100HMA	D80 y D95	LRD-3365	0,510
80...104	NSX100NMA	NSX100HMA	D115 y D150	LRD-4365	0,900
95...120	NSX160NMA	NSX160HMA	D115 y D150	LRD-4367	0,900
110...140	NSX160NMA	NSX160HMA	D150	LRD-4369	0,900

(1) La norma IEC 60947-4-1 define la duración del disparo en 7,2 veces la intensidad de reglaje  $I_n$ :  
clase 10 A: entre 2 y 10 segundos,  
clase 20: entre 6 y 20 segundos.

(2) Consultar por Relés térmicos clase 20

ESPE 2013

## ANEXO 5

# SELECCIÓN DEL CONTACTOR

Presentación: 90  
Características: 91  
Referencias: 93  
Dimensiones: 95  
Esquemas: 95

Asociaciones arranque motor hasta 250kW



Asociación 2 productos  
GV2-ME + LC1D con block  
de asociación GV2 AF3

### Arrancadores TeSys / directos - 2 productos (1)

(Coordinación Tipo 1 según IEC-60947-4).

Motor			Guardamotor	Contactor		
Potencia	I-nom (1)			Ajuste (4)		
KW	HP	A	Referencia	A	Referencia (3)	A (AC3)
0,37	0,5	1,03	GV2-ME06	1...1,6	LC1D09M7	9
0,75	1	2	GV2-ME07	1,6...2,5	LC1D09M7	9
1,5	2	3,5	GV2-ME08	2,5...4	LC1D09M7	9
2,2	3	5	GV2-ME10	4...6,3	LC1D09M7	9
3	4	6,6	GV2-ME14	6...10	LC1D09M7	9
4	5,5	8,5	GV2-ME14	6...10	LC1D09M7	9
5,5	7,5	11,5	GV2-ME16	9...14	LC1D12M7	12
7,5	10	15,5	GV2-ME20	13...18	LC1D18M7	18
11	15	22	GV2-ME22	20...25	LC1D25M7	25
15	20	30	GV2-ME32	24...32	LC1D32M7	32
18,5	25	37	GV3-P40	30...40	LC1D40AM7	40
22	30	44	GV3-P50	37...50	LC1D50AM7	50
30	40	60	GV3-P65	48...65	LC1D65AM7	65
37	50	72	GV3-ME80	56...80	LC1D80M7	80
45	60	85	NSX-100★MIC2.2M (2)	80...100	LC1D95M7	95
55	75	105	NSX-100★MIC2.2M (2)	120...150	LC1D115M7	115
75	100	138	NSX-160★MIC2.2M (2)	120...150	LC1D150M7	150
90	125	170	NSX-250★MIC2.2M (2)	176...220	LC1F185M7	185
110	150	205	NSX-250★MIC2.2M (2)	176...220	LC1F225M7	225
132	175	245	NSX-400★MIC2.3M (2)	160...320	LC1F265M7	265
160	200	300	NSX-400★MIC2.3M (2)	160...320	LC1F330M7	330
220	300	408	NSX-630★MIC2.3M (2)	252...500	LC1F500M7	500
250	350	460	NSX-630★MIC2.3M (2)	252...500	LC1F500M7	500

ESPE 2013

ANEXO 6

SELECCIÓN DEL FINAL DE CARRERA



MJ - 3244



MJ - 7101



MJ - 7102



MJ - 7102R



MJ - 7103



MJ - 7104

ESPE 2013

**ANEXO 7**

**SELECCIÓN DEL BREAKER**

**Motor protection - circuit breaker selection**

Motors P (kW)	220/230 V		Circuit breakers				Circuit breakers			Circuit breakers	
	I (A)	240 V I (A)	Type	Rating In (A)	380/400 V I (A)	415 V I (A)	Type	Rating In (A)	440 V I (A)	Type	Rating In (A)
0.37	2	1.8	EZC100	10	1.2	1.1	EZC100	20	1	EZC100	20
0.55	2.8	2.6		10	1.6	1.5		20	1.4		20
0.75	3.5	3.2		10	2	1.8		20	1.7		20
1.1	5	4.5		20	2.8	2.6		20	2.4		20
1.5	6.5	6		20	3.7	3.4		20	3.1		20
2.2	9	8		20	5.3	4.8		20	4.5		20
3	12	11		20	7	6.5		20	5.8		20
4	15	14		20	9	8.2		20	8		20
5.5	21	19		40	12	11		20	10.5		20
7.5	28	25		60	16	14		20	13.7		20
10	36	33		60	21	19		40	19		40
11	39	36		80	23	21		40	20		40
15	52	48		80	30	28		60	26.5		60
18.5	63	59		80	37	34		60	33		60
22	75	70	EZC250	125	43	40		80	39		60
30	100	95		160	59	55	EZC250	125	52		80
37	125	115		250	72	66		150	63	EZC250	125
45	150	140		250	85	80		160	76		150
55	180	170	EZC400	300	105	100		200	90		160
75	250	235		-	140	135		250	125		250
90	300	270		-	170	160	EZC400	300	140		250
110	360	330		-	210	200		350	178	EZC400	300

**ESPE 2013**

## ANEXO 8

### SELECCIÓN DE LA BOTONERA

57-01	PULSADOR GRUAS CA-H5-2P (SWITCH)	CA-H5 -2P/COB1
57-02	PULSADOR GRUAS CA-H5-4P (SWITCH)	CA-H5 -4P/COB2
57-03	PULSADOR GRUAS CA-H5-6P (SWITCH)	CA-H5 -6P/COB3
57-04	PULSADOR GRUAS CA-H15-2P (SWITCH)	CA-H15-2P
57-05	PULSADOR GRUAS CA-H15-4P (SWITCH)	CA-H15-4P
57-06	PULSADOR GRUAS CA-H15-6P (SWITCH)	CA-H15-6P



ESPE 2013

ANEXO 9

## SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL EJE

A-13 Propiedades representativas de aceros aleados y al carbón\*

Material AISI núm.	Condición <sup>†</sup>	Resistencia última, $s_u$		Resistencia a la cedencia, $s_y$		Porcentaje de alargamiento
		ksi	MPa	ksi	MPa	
1020	Recocido	57	393	43	296	36
1020	Laminado en caliente	65	448	48	331	36
1020	Estirado en frío	75	517	64	441	20
1040	Recocido	75	517	51	352	30
1040	Laminado en caliente	90	621	60	414	25
1040	Estirado en frío	97	669	82	565	16
1040	WQT 700	127	876	93	641	19
1040	WQT 900	118	814	90	621	22
1040	WQT 1100	107	738	80	552	24
1040	WQT 1300	87	600	63	434	32
1080	Recocido	89	614	54	372	25
1080	OQT 700	189	1303	141	972	12
1080	OQT 900	179	1234	129	889	13
1080	OQT 1100	145	1000	103	710	17
1080	OQT 1300	117	807	70	483	23
1141	Recocido	87	600	51	352	26
1141	Estirado en frío	112	772	95	655	14
1141	OQT 700	193	1331	172	1186	9
1141	OQT 900	146	1007	129	889	15
1141	OQT 1100	116	800	97	669	20
1141	OQT 1300	94	648	68	469	28
4140	Recocido	95	655	60	414	26
4140	OQT 700	231	1593	212	1462	12
4140	OQT 900	187	1289	173	1193	15
4140	OQT 1100	147	1014	131	903	18
4140	OQT 1300	118	814	101	696	23
5160	Recocido	105	724	40	276	17
5160	OQT 700	263	1813	238	1641	9
5160	OQT 900	196	1351	179	1234	12
5160	OQT 1100	149	1027	132	910	17
5160	OQT 1300	115	793	103	710	23

\*Otras propiedades aproximadamente iguales para todos los aceros aleados y al carbón:

Módulo de elasticidad a tensión = 30 000 000 lb/plg<sup>2</sup> (207 GPa)

Módulo de elasticidad a cortante = 11 500 000 lb/plg<sup>2</sup> (80 GPa)

Densidad = 0.283 lb<sub>m</sub>/plg<sup>3</sup> (7680 kg/m<sup>3</sup>)

<sup>†</sup>OQT significa templado y enfriado en aceite (oil-quenched and tempered). WQT significa templado y enfriado en agua (water-quenched and tempered.)

**ESPE 2013**

## 4.4 BIBLIOGRAFÍA.

- [1] GRUAS – HISTORIA, Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa\\_%28m%C3%A1quina%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_%28m%C3%A1quina%29),  
Descargado el 01 de abril del 2013.
- [2] INSTITUTO NAVARRO DE SEGURIDAD LABORAL, Guía para la Adecuación y Evaluación de Riesgos en Puentes Grúa, Disponible en:  
[www.cfnavarra.es/insl](http://www.cfnavarra.es/insl), Descargado el 16 de Marzo del 2013.
- [3] UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Departamento de Ingeniería Mecánica, Catálogos e instrucciones de distintos fabricantes de puentes-grúa.
- [4] REDUCTORES DE VELOCIDAD, Características, Guías de Selección, Disponible en: [ttp://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf](http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf), Descargado el 10 de abril del 2013.
- [5] Santiago García Garrido, ‘Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado, Ed. Díaz de Santos, 2007.
- [6] SENSOR FINAL DE CARRERA, Características, Ventajas y Desventajas, Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_final\\_de\\_carrera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera), Descargado el 10 de abril del 2013.
- [7] RELÉ TÉRMICO, Características, Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_t%C3%A9rmico), descargado el 11 de abril del 2012.
- [8] PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS EN AUTOMATISMOS, Relé Térmico, Disponible en: <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf>, Descargado el 12 de abril del 2013.
- [9] CONTACTORES, Funcionamiento, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/12731454/Eleccion-de-un-Contactor->, Descargado el 12 de abril del 2013.
- [10] CONTACTORES – Criterios de selección y Ventajas, Disponibles en:  
<http://es.scribd.com/doc/66244372/17/Criterios-para-la-seleccion-de-un-contactor>, Descargado el 10 de abril del 2013.

- [11] MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA, Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_continua](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua), Descargado el 05 de abril del 2013.
- [12] ELECTROTECNIA DE POTENCIA: CURSO SUPERIOR, Wolfgang Muller, Motores de Rotor Bobinado, Editorial Reverte 1994.
- [13] APUNTES DE ELECTRICIDAD APLICADA A LOS BUQUES, Javier Martín, Javier Martín Pérez, Motor de Rotor en Cortocircuito, Editorial Club Universitario, julio del 2010.
- [14] AUTÓMATAS PROGRAMABLES, Josep Autor Balcells, José Luis Autor Romeral, Conceptos Básicos de Control Eléctrico Industrial, Editorial Marcombo, enero de 1997.