



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: Ingeniería Eléctrica

**Proyecto Final previa a la obtención del Título de:
Ingeniero Eléctrico**

TEMA:

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN
GRÚAS DEL PUERTO DE GUAYAQUIL**

Autores:

Carlos Armando Barrera Merchán

Ricardo Andrés Villegas Rivera

Tutor:

Ing. Nino Vega

Guayaquil, 18de febrero del 2013

A U T O R Í A

Las ideas y contenidos desarrollados y expuestos en el presente proyecto, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....
Carlos Armando Barrera Merchán

.....
Ricardo Andrés Villegas Rivera

Guayaquil, 18 febrero del 2013

DEDICATORIA

Este Proyecto se resume en constancia, esmero, trabajo y amor por esta carrera.

No pude haber llegado a la meta sin la ayuda de mis Padres y mi hija Melanie que en todo momento estuvieron prestos a ayudarme, y de manera especial a nuestro Tutor el Ing. Nino Vega.

Agradezco a Dios por haberme dado salud y las fuerzas necesarias para llegar a la culminación de mi carrera, de manera especial a todas las personas que me apoyaron en su momento.

Ricardo

A mis padres los cuales fueron los pilares fundamentales de mi formación como profesional, especialmente a mi madre, gracias a su lucha, dedicación y apoyo incondicionallograron darme la fortaleza y ánimos para cumplir mis metas. A mi esposa Tania y mis 2 hijos las personitas más importantes en mi vida.

Carlos

A G R A D E C I M I E N T O

A la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, que nos permitió formarnos como profesionales, crecer como personas con valores éticos y morales bien dotados para obtener un Título Académico. De manera muy especial al Ing. Nino Vega, por su total colaboración en este trabajo. Además nuestra gratitud sincera para nuestros compañeros de trabajo (CONTECON ICTSI) que de manera desinteresada ayudaron en el desarrollo del presente trabajo. A nuestros amigos cercanos los cuales aportaron con su granito de arena.

Ricardo Villegas R

Carlos Barrera M.

CONTENIDO

AUTORÍA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

CONTENIDO

RESUMEN O ABSTRACT

IMPORTANCIA DEL PROYECTO

OBJETIVOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

MARCO TEÓRICO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FOTOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

1._ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS GRÚAS.

2._PARTESYDESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTODE LAS GRÚAS.

3._DISEÑO DEL SISTEMA DEL CONTROL DEL PROYECTO

4._IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5._ANALISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍAS

RESUMEN O ABSTRACT

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

AÑO	ALUMNO/ S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2013	CARLOS ARMANDO BARRERA MERCHÁN RICARDO ANDRÉS VILLEGAS RIVERA	ING. NINO VEGA	“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN GRÚAS DEL PUERTO DE GUAYAQUIL”

Actualmente en **ICTSI,(International Containers Terminal Inc.)**, es la empresa que está a cargo del manejo y operaciones de Contenedores multipropósito del Puerto Libertador Simón Bolívar en Ecuador, la cual cuenta con 8 grúas RTG de patio.

Cabe mencionar que para los Movimientos de Contenedores en los Patios se utilizan Grúas móviles **RTG, (Rubber Tired Gantry)** en la cual se propone el, **“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN GRÚAS DEL PUERTO DE GUAYAQUIL”**.

El objetivo del proyecto es bajar el costo del consumo implementando un sistema de ahorro en las Grúas, para lo cual se realiza un estudio del año 2009 y 2010 con respecto a los movimientos y costos generados. Se implementó para ello un sistema que a través de un mini PLC Logo, el mismo que detectará la producción de la Grúa y el momento más óptimo para inicializar el sistema de ahorro. El control de ahorro se podrá monitorear desde cualquier ubicación del puerto, utilizando un enlace móvil con los permisos correspondientes.

El sistema que se implementó en las Grúas (RTG) permitirá obtener una utilidad costo beneficio por trabajo que realice la máquina en cada contenedor movilizado.

El Proyecto desarrollado con ello representa un ahorro energético en la producción de la empresa, incentivando la investigación para otros procesos de optimización contribuyendo al desarrollo del país empleando mano de obra nacional.

JUSTIFICACIÓN

“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN GRÚAS DEL PUERTO DE GUAYAQUIL”

IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El puerto Marítimo Libertador Simón Bolívar de la ciudad de Guayaquil concesionado por la empresa CONTECON GUAYAQUIL SA., dispone de 8 grúas RTG-Rubber Tyred Gantry (Grúas de Patio) con una capacidad de carga máxima de 41 toneladas.

Actualmente estos equipos han llegado a su grado máximo de utilización con un promedio de 22.5 horas al día.

Estas grúas están equipadas con un grupo electrógeno compuesto por un motor de combustión QSX15-G9NR2 CUMMINS y un generador Newage Stamford de 750KVA que entrega 480VAC y 902.1 A. de corriente máxima para dar el suministro energético a todos los sistemas de la grúa RTG.

La principal función de estos equipos es el movimiento de carga y descarga de contenedores en los camiones a módulos de almacenaje.

La forma de operación y planificación de las máquinas en esta área ,ocasionan una gran desventaja al generarse gran cantidad de tiempos no operativos entre movimientos incluso superiores al 50%, esto es ocasionado por una mala cultura en la operación, por lo cual se ve reflejado en un enorme desperdicio de consumo de energía con grúa encendida.

La importancia del tema radica, en diseñar un sistema que permita optimizar el consumo de energía en las diferentes maquinarias y equipos que forman parte de esta área y a su vez, esta información centralizarla en una PC con software específico para esta función, logrando con esto mayor eficiencia y control de los equipos en tiempo real.

OBJETIVOS

a) Objetivo General

Implementar un sistema que permita optimizar y registrar el consumo de energía de las grúas del Puerto, mediante la adquisición de registros de consumo de energía cuando está realizando movimientos de acuerdo a sus tiempos de trabajo requeridos para obtener una utilidad costo beneficio por trabajo que realice la máquina (RTG) por cada movimiento de contenedor reflejando un ahorro.

b) Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de control que regule mediante procesos, el consumo de energía en la máquina RTG en momentos que no está trabajando.
- Plantear las modificaciones en el software del PLC original de la máquina RTG, para adquirir la información necesaria del sistema.
- Diseñar el software para monitoreo de funciones específicas del equipo.
- Realizar un análisis de las posibles causas y soluciones para los problemas que registre el sistema de operación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el Puerto Marítimo de la ciudad de Guayaquil operan 8 máquinas RTG-Rubber Tyred Gantry (Grúas de Patio), las mismas que trabajan veinti y tres horas al día, los 365 días del año, donde cada máquina consta de un operador a turno de 8 horas.

Existen momentos en los cuales las máquinas permanecen encendidas sin realizar movimiento alguno, esto es debido a que los operadores no poseen un grado de responsabilidad con los equipos. Debido a que conectaban cargas no adecuadas, ocasionando un desperdicio de energía ya que las máquinas no están realizando trabajo alguno con contenedor y tienen todo el sistema eléctrico funcionando al 100%, esta deficiencia de tener la Grúa encendida produce un deterioro y desgaste de los equipos.

El control del mantenimiento se lo lleva bajo un registro de uso de horas de encendido de los diferentes sistemas por ejemplo si un equipo está encendido y no está realizando ningún trabajo el contador de horas de ese equipo estará funcionando e indicando que físicamente el equipo se esté utilizando, por consiguiente, se tendría que dar un mantenimiento previo, este mantenimiento implica parada de máquina, tiempo de horas –hombre, repuesto a utilizarse etc. Siendo así los mantenimientos más continuos.

La reparación de los diferentes equipos tiene un costo elevado, a estos se le suma el costo de máquina parada y el costo de horas-hombre.

Es por esta razón que se propone el proyecto de “Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema que permita Optimizar el Ahorro de Energía en el Puerto de Guayaquil”, el cual beneficiará significativamente a la empresa.

Marco Teórico

Las grúas del Puerto de Guayaquil (RTG) tienen un área de operación que está considerada dentro de los módulos (patios), en las cuales estas máquinas realizan el mismo procedimiento.

- Embarque de contenedores del patio a los camiones
- Desembarque desde los camiones a los patios
- Trasteo de contenedores
- Sistema de pesaje de contenedores

La infraestructura de estas máquinas está diseñada para poder permitir levantar contenedores pesados de hasta 41 toneladas. Actualmente en ICTSI, (International Containers Terminal Inc.), es la empresa que está a cargo del manejo y operaciones de contenedores del Puerto Libertador Simón Bolívar en Guayaquil, la misma que cuenta con 8 grúas RTG (Rubber Tyred Gantry) de patio.

Para el desarrollo del Proyecto se analizó y reconoció todos los componentes de los sistemas de control y fuerza de la máquina, entre los principales sistemas los mencionamos a continuación:

Sistema del Hoist: Es la que se encarga de levantar el contenedor en forma vertical

Sistema del Trolley: Es la que se encarga de mover la carga en forma horizontal

Sistema del Gantry: Mueve toda la máquina de un bloque a otro.

Sistema del Spreader: Es el que coge el contenedor a través de unas rampas o twistlocks.

Sistema Trim y Skew: Se lo utiliza para poder centrar el Spreader con la carga.

Después de identificar todos los sistemas de la máquina se procedió a analizar el software original de fábrica de ZPMC (Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co.), para reconocer las variables y marcas que controlaban los movimientos de la grúa. De esta manera poder realizar nuevos bloques de Ingeniería dentro del Programa original constituyéndose parte del Sistema de Ahorro de Combustible.

Se utilizó el PLC existente en la Grúa y se desarrolló nuevos segmentos de programación. El PLC trabaja en base al principio de lectura cíclica donde a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, tomarán decisiones de procesos actuando sobre los accionadores de la instalación.

Para la creación del Circuito de Control del Sistema de Ahorro se vio la necesidad de implementarlo con un Mini PLC Logo el cual permite solucionar las aplicaciones cotidianas con mayores ventajas y menos gastos, en las técnicas de instalaciones en edificios y en la construcción de máquinas y aparatos. El Mini Plc -Logo, recibe señales del Plc, el cual comanda la desenergización de la Grúa.

El Mini PLC Logo fué instalado en el Cuarto del Operador, el cual mediante bloques de lógica combinatoria nos entregan como resultado las salidas Digitales de Control On, Control off, Relantín las mismas que las mencionamos acontinuación:

Control On: Máquina encendida con 1800 rpm(máxima.)

Control Off: Maquina encendida con 750 rpm.

Relantín: Máquina en proceso de baja de revoluciones.

Debido a la falta de cultura de las operadores de grúas en los equipos,se ha creído conveniente desarrollar un sistema de monitoreo(SCADA) Proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control de Supervisión y Adquisición de Datos). Este sistema permite supervisar y controlar varios procesos a distancia por medio de variables, proporcionando comunicación con los diferentes dispositivos (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado, el cual permitirá censar los movimientos de la máquina o grupo de máquinas con la finalidad de tener mejor control sobre cada movimiento.

Para el Proceso de monitoreo se ha numerado a cada tipo movimiento y se define de la siguiente manera:

Control On y Gantry (5),Control On Hoist y Trolley (4), Control On y Trolley(3), Control On y Hoist(2), Control On (1), Control Off(0), Grúa Apagada(-1)

El Sistema de monitoreo fue desarrollado con el Software VCM con aplicación de Visual C+, el cual fue instalado en la PC de cada grúa ,este censa los movimientos y los guarda en una base de datos ubicada en el Servidor Principal del Puerto.

En el Patio de maniobras de contenedores existe la Red inalámbrica donde cada grúa consta de una antena que envía datos al servidor principal del Puerto, este servidor se alimenta de toda la información referente a los twistlocks o movimientos que realiza la máquina en cada turno de operador por día, para luego ser analizada.

El Sistema de monitoreo podrá ser administrado por el Jefe de mantenimiento, el mismo que analizará el reporte generado por el Software, obteniendo como resultado:

El total de horas muestreadas por pérdidas

El total de las horas de la máquina encendida sin ningún movimiento

Porcentaje del total de las horas de la máquina encendida sin ningún movimiento

El total de galones gastados con la máquina encendida sin movimiento

El total de dólares desperdiciados en 24 horas y una proyección en un año de trabajo.

Además el software genera un gráfico en tiempo real reflejando los diferentes movimientos con y sin contenedor de la grúa, así de esta manera poder tener mejor control sobre los movimientos que realizan los operadores.

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN O ABSTRACT.....	6
IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	7
OBJETIVOS.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
MARCO TEÓRICO.....	10
ESQUEMA CAPITULAR.....	12

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS GRÚAS.....	18
1.0._ Historias de las Grúas.....	18
1.1._ Tipos de Grúas.....	19
1.2._ Grúas RTG.....	19
1.2.1._ Características de la RTG.....	20
1.3._ Grúas STS.....	21
1.3.1._ Características de la Grúa STS.....	23
1.4._ Grúas VLG.....	24
1.4.1._ Características de la Grúa VLG.....	25
1.5._ Grúas Torres.....	25

CAPÍTULO 2

PARTES Y DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA GRÚA...	27
2.0._ Generalidades.....	27
2.1._ Introducción de la Capacidad de Apilamiento de los Contenedores.....	27
2.2._ Descripción de las partes.....	28
2.2.1._ Sistema del Hoist.....	31
2.2.2._ Sistema Gantry.....	34
2.2.3._ Sistema Trolley.....	37
2.2.4._ Sistema del Antisway.....	40
2.2.5._ Sistema Trim y Skew.....	41
2.2.6._ Cabina del Operador.....	43
2.2.7._ Cuarto Eléctrico.....	44
2.2.8._ Spreader.....	45
2.2.9._ Unidad de Potencia.....	46

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL PROYECTO.....	47
3.1._ Situación Actual al 2010.....	47
3.1.1._ Descripción de los valores de los consumos y movimientos del 2009...	48
3.1.2._ Descripción de los valores de los consumos y movimientos del 2010...	48
3.2._ Diseño del Proyecto.....	51
3.2.1._ Funcionamiento de los Sistemas Hoist Trolley y Gantry.....	52
3.2.1.1._ Descripción de los sistemas de funcionamiento.....	53
3.2.1.2._ Descripción del Diagrama Esquemático de los Sistemas a controlar....	54
3.2.2._ Análisis de los planos eléctricos del sistema.....	54
3.2.3._ Segmentos de programación.....	58
3.2.3.1._ Descripción de las variables de la línea de programación.....	59
3.2.4._ Reingeniería del Proyecto.....	63
3.2.4.1._ Diseño de segmentos de programación del PLC.....	63
3.2.4.2._ Descripción del desarrollo del proceso.....	65
3.2.4.3._ Elaboración de Planos Eléctricos.....	70
3.2.4.4._ Diagrama de Control en Logo.....	71
3.2.4.5._ Diagrama de la Programación en Logo.....	72
3.2.4.6._ Descripción de conexión en Logo.....	73
3.2.4.7._ Componentes utilizados.....	73
3.3._ Presupuesto.....	76

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	77
4.1._ Instalación y Funcionamiento del Mini Plc Logo.....	77
4.1.2._ Pruebas de Funcionamiento del sistema.....	79
4.1.2.1._ Etapa 1._ Grúa en Control Off.....	79
4.1.2.2._ Etapa 2._ Grúa en Control On.....	81
4.1.2.3._ Etapa 3._ Grúa en Relantín.....	82
4.1.2.4._ Etapa 4._ Grúa en Apagada.....	83
4.1.2.5._ Etapa 5._ Grúa en Proceso de Arranque.....	84
4.2._ Programa de Monitoreo.....	85
4.2.1._ Introducción.....	85
4.2.2._ Descripción de los procesos.....	85
4.2.3._ Desarrollo de la Programación.....	86
4.2.4._ Visualización a través del sistema de monitoreo.....	89
4.2.5._ Descripción del reporte realizado por el sistema.....	89
4.2.6._ Verificación del Funcionamiento del Proyecto.....	92
4.2.6.1._ Verificación de los Equipos Instalados.....	93
4.2.6.2._ Verificación del Sistema de Monitoreo.....	93
4.3._ Análisis de los valores obtenidos.....	94
4.3.1._ Introducción.....	94

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO..... 98

5.1._ Costos y Beneficios..... 98

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.1.....	19
Foto 2.1.....	27
Foto 2.2.....	29
Foto 2.3.....	30
Foto 2.4.....	31
Foto 2.5.....	32
Foto 2.6.....	32
Foto 2.7.....	33
Foto 2.8.....	34
Foto 2.9.....	35
Foto 2.10.....	35
Foto 2.11.....	36
Foto 2.12.....	36
Foto 2.13.....	38
Foto 2.14.....	38
Foto 2.15.....	40
Foto 2.16.....	40
Foto 2.17.....	41
Foto 2.18.....	42
Foto 2.19.....	42
Foto 2.20.....	43
Foto 2.21.....	43
Foto 2.22.....	44
Foto 2.23.....	44
Foto 2.24.....	44
Foto 2.25.....	46
Foto 2.26.....	46
Foto 3.1.....	73
Foto 4.1.....	77
Foto 4.2.....	77
Foto 4.3.....	77
Foto 4.4.....	78
Foto 4.5.....	78

Foto 4.6.....	78
Foto 4.7.....	79
Foto 4.8.....	92
Foto 4.9.....	92
Foto 4.10.....	93
Foto 4.11.....	93
Foto 4.12.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.....	21
Figura 1.2.....	21
Figura 1.3.....	22
Figura 1.4.....	23
Figura 1.5.....	24
Figura 1.6.....	25
Figura 1.7.....	26
Figura 1.8.....	26
Figura 2.1.....	28
Figura 2.2.....	33
Figura 2.3.....	37
Figura 2.4.....	39
Figura 2.5.....	41
Figura 2.6.....	45
Figura 2.7.....	45
Figura 3.1.....	47
Figura 3.2.....	52
Figura 3.3.....	53
Figura 3.4.....	54
Figura 3.5.....	55
Figura 3.6.....	56
Figura 3.7.....	57
Figura 3.8.....	58
Figura 3.9.....	59
Figura 3.10.....	60
Figura 3.11.....	61
Figura 3.12.....	62
Figura 3.13.....	63
Figura 3.14	64
Figura 3.15	65
Figura 3.16.....	66
Figura 3.17.....	67

Figura 3.18.....	68
Figura 3.19.....	69
Figura 3.20.....	69
Figura 3.21.....	70
Figura 3.22.....	71
Figura 3.23.....	72
Figura 3.24.....	74
Figura 3.25.....	75
Figura 3.26.....	75
Figura 4.1.....	80
Figura 4.2.....	81
Figura 4.3.....	82
Figura 4.4.....	83
Figura 4.5.....	84
Figura 4.6.....	85
Figura 4.7.....	86
Figura 4.8.....	87
Figura 4.9.....	87
Figura 4.10.....	88
Figura 4.11.....	88
Figura 4.12.....	89
Figura 4.13.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.....	34
Tabla 2.2.....	34
Tabla 2.3.....	36
Tabla 2.4.....	36
Tabla 2.5.....	39
Tabla 2.6.....	39
Tabla 3.1.....	48
Tabla 3.2.....	48
Tabla 3.3.....	64
Tabla 3.4.....	74
Tabla 3.5.....	76
Tabla 4.1.....	95
Tabla 4.2.....	96
Tabla 4.3.....	97
Tabla 4.4.....	97

Tabla 5.1.....	98
Tabla 5.2.....	98
Tabla 5.3.....	99
Tabla 5.4.....	99
Tabla 5.5.....	100
Tabla 5.6.....	100
Tabla 5.7.....	101
Tabla 5.8.....	101

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1.....	49
Gráfico 3.2.....	49
Gráfico 3.3.....	50

Gráfico 4.1.....	90
Gráfico 4.2.....	95
Gráfico 4.3.....	95
Gráfico 4.4.....	95
Gráfico 5.1.....	124
Gráfico 5.2.....	126
Gráfico 5.3.....	127
Gráfico 5.4.....	127
Gráfico 5.5.....	128

CONCLUSIONES.....	102
--------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA.....	103
--------------------------	------------

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS GRÚAS

1.0. Historia de las Grúas

Una grúa es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.

Por regla general son ingenios que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc. para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

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. Algunas de ellas fueron construidas ancladas a torres de piedra para dar estabilidad adicional. Las primeras grúas se construyeron de madera, pero desde la llegada de la revolución industrial los materiales más utilizados son el hierro fundido y el acero.

La primera energía mecánica fue proporcionada por máquinas de vapor en el siglo XVIII. Las grúas modernas utilizan generalmente los motores de combustión interna o los sistemas de motor eléctrico e hidráulicos para proporcionar fuerzas mucho mayores, aunque las grúas manuales todavía se utilizan en los pequeños trabajos o donde es poco rentable disponer de energía.

Existen muchos tipos de grúas diferentes, cada una adaptada a un propósito específico. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres, grúas torres, usadas para construir edificios altos, hasta las grúas flotantes, usadas para construir aparejos de aceite y para rescatar barcos encallados.

Los primeros vestigios del uso de las grúas aparecen en la Antigua Grecia alrededor del siglo VI. Se trata de marcas de pinzas de hierro en los bloques de piedra de los templos. Se evidencia en estas marcas su propósito para la elevación ya que están realizadas en el centro de gravedad o en pares equidistantes de un punto sobre el centro de gravedad de los bloques.

La introducción del torno y la polea pronto conduce a un reemplazo extenso de rampas como los medios principales del movimiento vertical. Por los siguientes doscientos años, los edificios griegos contemplan un manejo de los pesos más livianos, pues la nueva técnica de elevación permitió la carga de muchas piedras más pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes. Contrastando con el período arcaico y su tendencia a los tamaños de bloque cada vez mayores, los templos griegos de la edad clásica como el Parthenon ofrecieron invariable cantidad de bloques de piedra que podían ser usados para cargar no menos de 15-20 toneladas.^[1]

¹<http://es.wikipedia.org/>

1.1._Tipos de Grúas

Foto 1.1:Imagen Panorámica de la Grúa Pórtico Rubber Tyred Gantry



Fuente: Elaboración Autores

1.2._Grúas RTG

La grúa RTG (RubberTyredGantry) es un componente imprescindible para una explotación rentable de las terminales de contenedores. Se trata de un elemento seguro, y eficiente. Su sencillo manejo y la disminución en los tiempos de movimiento hacen de estas grúas un elemento esencial en terminales que pretendan competir por mantenerse en la vanguardia de las nuevas tecnologías como se muestra en la foto 1.1. Se trata de una grúa pórtico móvil sobre neumáticos de caucho que se desplaza a través de pistas de rodadura. Todas las operaciones de la RTG se controlan desde la cabina del operador sujeta al carro, que se mueve solidariamente con el mismo y con la carga, proporcionando al operador una buena visión de las operaciones en todo momento.

El sistema de traslación de la máquina está diseñado para trabajar sin carga, para obtener así la máxima rentabilidad del mecanismo de elevación. De esta manera, los movimientos verticales de los contenedores se llevan a cabo mediante la RTG, y serán los camiones de la terminal los encargados de realizar los desplazamientos horizontales. Para aumentar la productividad de la grúa se establece la posibilidad de cambiar de pista de rodadura girando las ruedas de la RTG 90° desplazándose hasta una pista paralela. Esto permite que una misma RTG pueda dar servicio a más de una pista de rodadura.[2]

²www.temporaldns.com/

Otra de las principales ventajas de la RTG frente a otros tipos de grúas portacontenedores es su gran autonomía. Toda la energía necesaria para la RTG se produce en un generador movido por un motor diesel, lo que evita la necesidad de conexiones mediante cables o raíles blindados. El accionamiento diesel eléctrico con su alto grado de eficiencia y su excepcional fiabilidad contribuye a confirmar el avance tecnológico alcanzado con esta grúa. Para aumentar la seguridad y evitar posibles accidentes entre grúas que trabajen en una misma pista de rodadura se incluye la posibilidad de instalar un sistema de detección de proximidad entre grúas, para impedir eventuales colisiones.

Las grúas RTG, de forma coordinada con los sistemas de control que posee la terminal, también permiten realizar un auto guiado de las mismas sin necesidad de intervención del operario, utilizando métodos de localización como el GPS o mediante balizas colocadas de forma estratégica a lo largo de la terminal.[2]

1.2.1_Características

Las principales características de las Grúas RTG se mencionan a continuación:

- Spreader telescópico que maneja contenedores de 20', 40' y 45'. Posibilidad de incluir la opción de elevar dos contenedores de 20' de forma simultánea.
- Capacidad de apilamiento desde 4 alturas hasta 6 alturas de contenedores. Véase Figura 1.1.
- Apilamiento de contenedores en una misma zona desde 6 hasta 8 líneas. Véase Figura 1.2.
- La máxima carga a elevar puede variar entre las 40 y 60 Toneladas.
- El control y monitorización completa de la grúa se realiza mediante un PLC general en sala eléctrica. El Sistema de Diagnóstico de Fallos efectúa una protección completa de la grúa.
- Dos multi-paneles equipados con pantalla táctil a color proporcionan el control y monitorización, tanto en el armario eléctrico como en la cabina del operario de la grúa.
- Los motores de los movimientos de la grúa son de corriente alterna trifásicos controlados, cada uno de ellos, por un inversor. Los inversores se controlan digitalmente mediante PLC. Esto proporciona alta precisión a los motores.
- Dos monitores de video dentro de la cabina permitirán observar las imágenes captadas por las cámaras instaladas para proporcionar al operario de la grúa un mayor control del aparato. Las cámaras permitirán una mejor visualización de la operación con contenedores y de la traslación del pórtico.
- Sistema único de prevención del balanceo que evita realmente el balanceo de la viga en lugar de sólo amortiguar el balanceo existente.
- Posicionamiento horizontal de precisión de la viga (la viga puede desplazarse hasta 300 mm en la dirección de movimiento del carro sin mover el puente).
- Dieciséis ruedas del puente con una carga baja de las ruedas permiten reducir considerablemente los costes de la obra civil del área de contenedores.
- El giro de las ruedas con la maquinaria de desplazamiento de la grúa elimina los mecanismos hidráulicos independientes de giro de las ruedas, que exigen un mantenimiento muy alto. [3]

Figura 1.1:Apilamiento desde 4 hasta 6 alturas de contenedor



Fuente:<http://www.nauticexpo.es>

Figura 1.2:Apilamiento desde 6 hasta 8 líneas de contenedores



Fuente:<https://www.tps.cl/>

1.3._Grúas STS

La grúa STS (ShiptoShore) es una grúa pórtico montada sobre carriles, diseñada para realizar las maniobras de carga y descarga de contenedores desde un barco a muelle y viceversa. Su importancia radica en la fiabilidad y rapidez en la ejecución de la operación. Véase figura 1.3. El tipo y tamaño de la grúa estarán condicionados por las características del barco y del muelle donde se espera que atraque, en relación a las mareas máximas y mínimas equinocciales.[4]

4<http://www.slideshare.net/>

Figura 1.3: Panorámica de la Grúa STS



Fuente: <http://siglobal.ogr/>

La clave de este tipo de grúas está definida por:

- **Precisión.** Absoluto control en la manipulación de la mercancía.
- **Velocidad.** Rapidez para cargar y descargar.
- **Sencillez.** En el control de manejo de los contenedores.

La grúa estará preparada para realizar las siguientes operaciones:

- Trasbordo de contenedores desde la cubierta o bodega del barco al muelle y viceversa.
- Desplazarse a lo largo de su camino de rodadura con la pluma elevada o bajada.
- Desplazar el carro con o sin carga
- Elevar o descender la pluma estando detenidos los demás movimientos
- Adaptar el tamaño del spreader a las distintas medidas.[4]

La estructura principal de estas grúas está básicamente formada por vigas tipo cajón en chapa de acero con un espesor mínimo de 8 mm.

Se utiliza para la pluma un sistema con doble viga cajón que nos aporta un comportamiento óptimo en las operaciones, además de facilitar el acceso al carro

La grúa STS tiene sistema de control eléctrico con alimentación externa y tiristores de potencia para elevación, pluma y carro y por medio de inversores de frecuencia en el pórtico. Existe control de los siguientes parámetros entre otros: protección contra los cortocircuitos; previsión contra la condensación de humedad en paneles de control eléctrico y motores de CC de los movimientos; previsión contra exceso de temperatura; protección térmica de los motores principales; protección contra las anomalías en la red de alimentación.

⁴<http://www.slideshare.net/>

Todas las funciones secuenciales de control y de enclavamiento de los movimientos y de los motores de CA son realizados un PLC.

Todas las operaciones se controlan desde la cabina de control la cual está unida al carro, y se mueve solidariamente con él mismo y con la carga, proporcionando al operador una buena visión de la carga en todo momento. Este elemento está equipado de manera que garantice igualmente al operador un confort adecuado debido a su diseño ergonómico. El sillón del gruista es ajustable y proporciona acceso a todos los controles de mando de grúa y spreader sin necesidad de levantarse, por medio de dos pupitres de mando situados ambos lados del sillón. Todo ello garantiza el manejo y control total de la grúa STS y que se consiga mediante un único operario. Véase Figura 1.4.

Además existe un circuito cerrado de video que mediante un conjunto de cámaras garantizan la máxima visibilidad del operario con monitores en la propia cabina.

La cabina de control, la caseta de maquinaria, así como a todas las partes que precisen del servicio de mantenimiento periódico, están dotadas con accesos seguros según las normas de seguridad vigentes.[4]

Figura 1.4: Imagen de la Grúa STS (Ship to shore)



Fuente:<http://siglobal.ogr/>

1.3.1._Características

- Estructura rígida
- Sistema de accionamiento de control de frecuencia de CA y PLC.
- Toda la maquinaria es electromecánica
- El acceso para el mantenimiento es muy sencillo
- Sistema de control activo de la carga que incluye sistemas de prevención de balanceo y de posicionamiento horizontal preciso
- Diagnóstico de fallos remoto

Todas estas características combinadas mejoran notablemente la productividad de la grúa STS, haciendo el control sobre la carga más robusto y confiable.

⁴<http://www.slideshare.net/oskarmd/tipos-de-gras-presentation>.

1.4_Grúas VLG

Figura 1.5: Imagen de la Grúa VLG



Fuente:<http://skyscrapercity.com>

Las grúas VLG (VesselLiftGantry) permiten el varado de embarcaciones para su reparación o el regreso de las mismas al agua tras las reparaciones. Véase Figura 1.5. Este tipo de grúas son ideales para puertos con gran movimiento ya que permiten realizar las maniobras de forma rápida y eficiente con la máxima seguridad.

Las VLG son grúas pórtico que se desplazan sobre neumáticos. Estas grúas no necesitan de pistas de rodadura específicas gracias a las características de sus neumáticos, lo cual evita la necesidad de realizar obra civil para su desplazamiento en la zona portuaria. Las ruedas frontales de la grúa giran 90°, permitiendo giros en círculo o maniobrar de forma sencilla los desplazamientos del pórtico. Se contempla la posibilidad de 2 ó 4 ruedas directrices. El método de elevación consiste en la colocación bajo la embarcación de eslingas, que se sujetan en ambos extremos por un mecanismo encargado de subir o bajar las mismas. La elevación se controla mediante sistemas independientes proporcionando un posicionamiento más preciso del barco sobre las eslingas, mejorándose así la distribución de cargas. Los mecanismos de elevación se pueden manejar por separado o de forma simultánea. Células de carga en cada eslinga proporcionan un sistema de pesaje electrónico visualizándose este peso mediante un display LCD.

Velocidades progresivas en todos los movimientos evitan brusquedades y balanceos en las manipulaciones. Este funcionamiento provoca un aumento de la precisión y una significativa mejora en la seguridad. La energía necesaria para alimentar los consumos de la VLG se produce en un generador movido por un motor diesel. Este sistema de suministro aumenta la autonomía de la grúa evitando la necesidad de conexiones mediante cables. Todos los controles de la grúa se encuentran situados en el lado diesel de la misma y proporcionan un cómodo manejo facilitando el trabajo del operario. Se ha estudiado un sistema de controles que facilita al máximo el manejo del mismo.[4]

4<http://www.slideshare.net/oskarmd/tipos-de-gras-presentation>

1.4.1._Características:

- Diseño y fabricación de Grúas VLG que soportan cargas máximas variables que se adaptan a las necesidades de la carga.
- Permiten transportar embarcaciones con mangas máximas variables.
- Opción de dos o cuatro ruedas directrices.
- Las células de carga incluidas en la grúa proporcionan un control de sobrecarga automático.

1.5._Grúas Torres

Figura 1.6: Imagen de las Grúas Torres



Fuente:<http://entredesa.com>

Es un aparato de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir las cargas mediante un gancho suspendido de un cable, desplazándose por un carro a lo largo de una pluma. La grúa es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa. La grúa torre suele ser de instalación temporal, y está concebida para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos. Se utiliza sobretodo en las obras de construcción. Véase Figura 1.6.

Está constituida esencialmente por una torre metálica, con un brazo horizontal giratorio, y los motores de orientación, elevación y distribución o traslación de la carga. La torre de la grúa puede empotrarse en el suelo, inmovilizada sin ruedas o bien desplazarse sobre vías rectas o curvas. Véase Figura 1.7 Las operaciones de montaje deben ser realizadas por personal especializado. De tal manera las operaciones de mantenimiento y conservación se realizarán de acuerdo con las normas dadas por el fabricante.

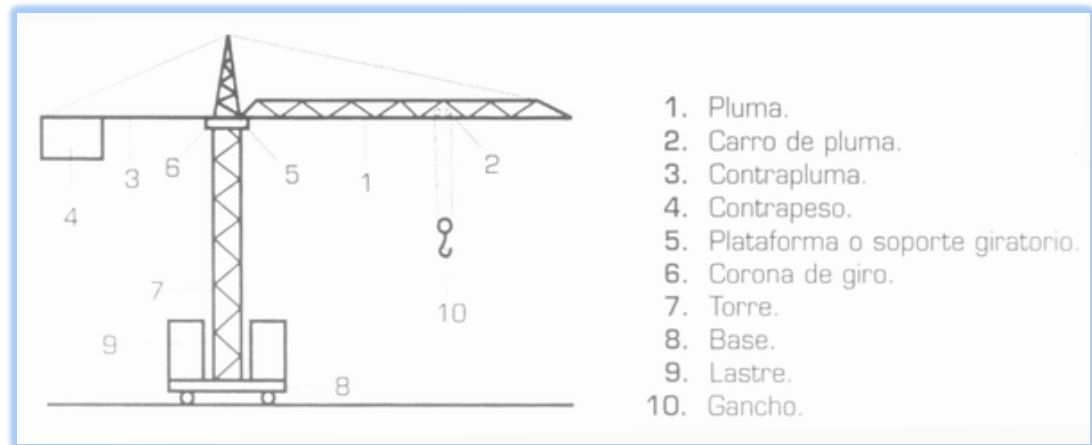
La grúa se compone de tres partes cabeza con brazos, torre desmontable y base. La primera, cabeza con brazos, esta dimensionada de acuerdo a la influencia de las características de cargas y alcances. La segunda, torre desmontable, esta dimensionada principalmente por la influencia de la característica de altura. [4]

4<http://www.slideshare.net/oskarmd/tipos-de-gras-presentation>

La tercera está afectada por la influencia de las dos anteriores y tiene como misión principal la estabilidad durante la carga como cuando no está funcionando la grúa.

Para este punto también habrá que tener en cuenta la posibilidad de movilidad de la grúa.

Figura 1.7: Imagen de las Partes de las Grúas Torres



Fuente:<http://aliciadiazcobo.wordpress.com>

Figura 1.8: Imagen de la Grúa Torre



Fuente:www.tecnodealer.com.ar/

Motores:

- La grúa más genérica está formada por cuatro motores eléctricos:
- Motor de elevación: permite el movimiento vertical de la carga.
- Motor de distribución: da el movimiento del carro a lo largo de la pluma.
- Motor de orientación: permite el giro de 360°, en el plano horizontal, de la estructura superior de la grúa. Véase figura 1.8
- Motor de translación: desplazamiento de la grúa, en su conjunto, sobre carriles. Para realizar este movimiento es necesario que la grúa este en reposo. [4]

4<http://www.slideshare.net/oskarmd/tipos-de-gras-presentation>

CAPÍTULO 2

PARTES Y DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA GRÚA RTG

2.0._ Generalidades

Foto 2.1: Vista Panorámica de la Grúa Pórtico Rubber Tyred Gantry



Fuente: Elaboración Autores

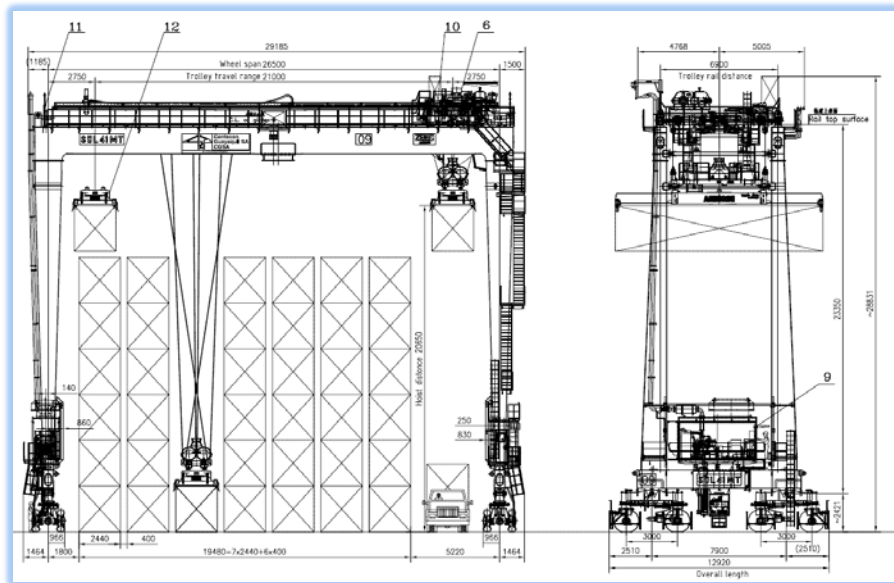
2.1._ Introducción

El propósito de una grúa sobre neumáticos es el transporte de contenedores en los patios y la manipulación de la carga general. La grúa puede moverse en línea recta en el patio lentamente con una baja potencia del motor diésel, también posee un sistema de giro de la rueda a 90 grados y permite la facilidad de movimiento de un bloque a otro. Véase foto 2.1.

Está equipada con diferentes tipos de sistemas para ser capaz de manipular contenedores estándar de 20' y 40' en cualquier lado dentro del mismo bloque. La grúa tiene un sistema de giro para facilitar la localización del contenedor cuando no esté colocado en una forma correcta con respecto a los otros contenedores.

Es capaz de pasar a través de 7 filas de contenedores de alto de acuerdo a su diseño. Véase figura 2.1.

Figura 2.1: _Vista Frontal y Lateral de la Grúa RTG.



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

2.2._ Descripción de las Partes

La grúa consta de diferentes sistemas que se utilizan para los movimientos de contenedores, estos son:

2.2.1._ SISTEMA HOIST

2.2.2._ SISTEMA GANTRY

2.2.3._SISTEMA TROLLEY

2.2.4._ ANTISWAY

2.2.5._ TRIM Y SKEW

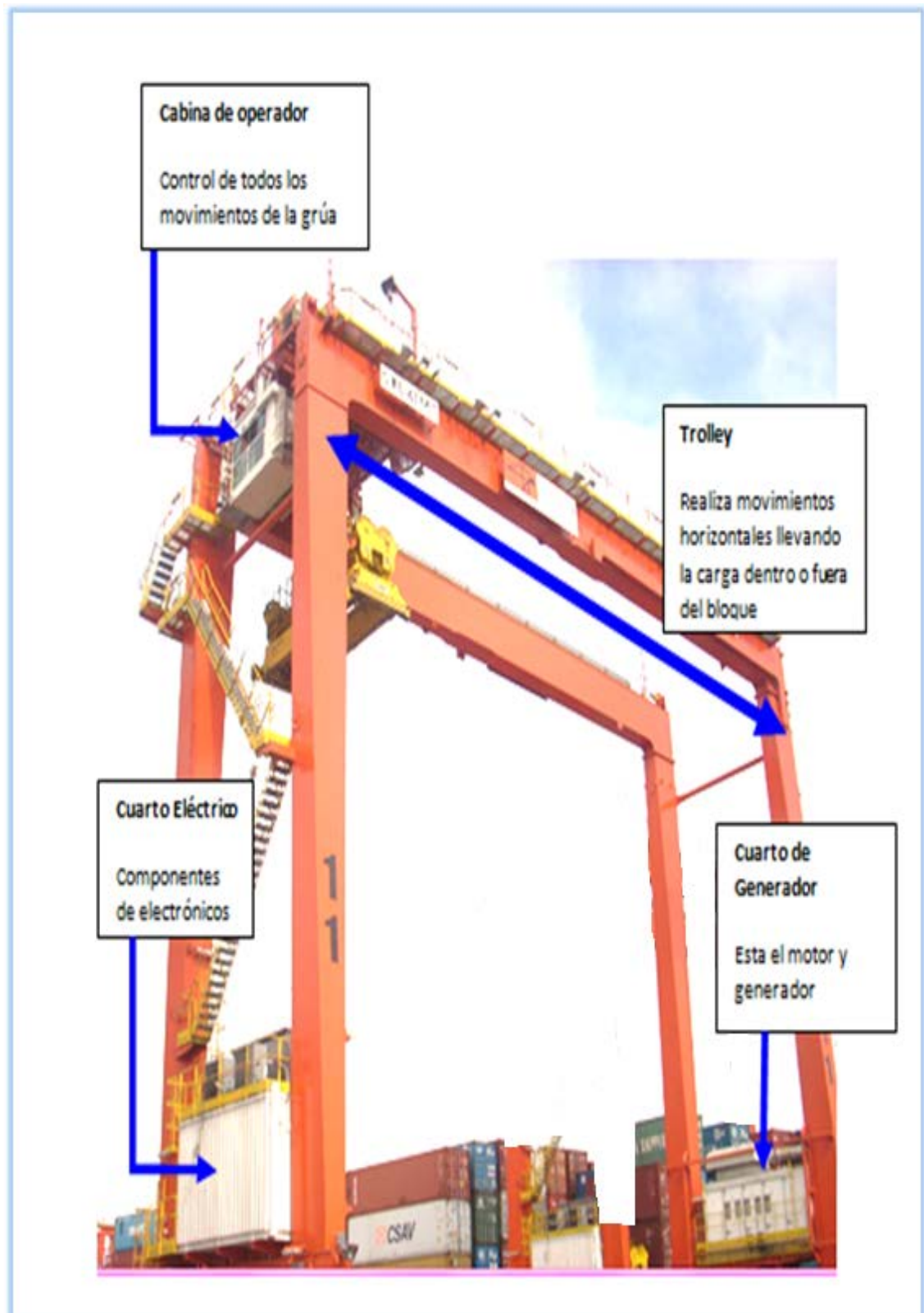
2.2.6._ CABINA DEL OPERADOR

2.2.7._CUARTO ELÉCTRICO

2.2.8._SPREADER

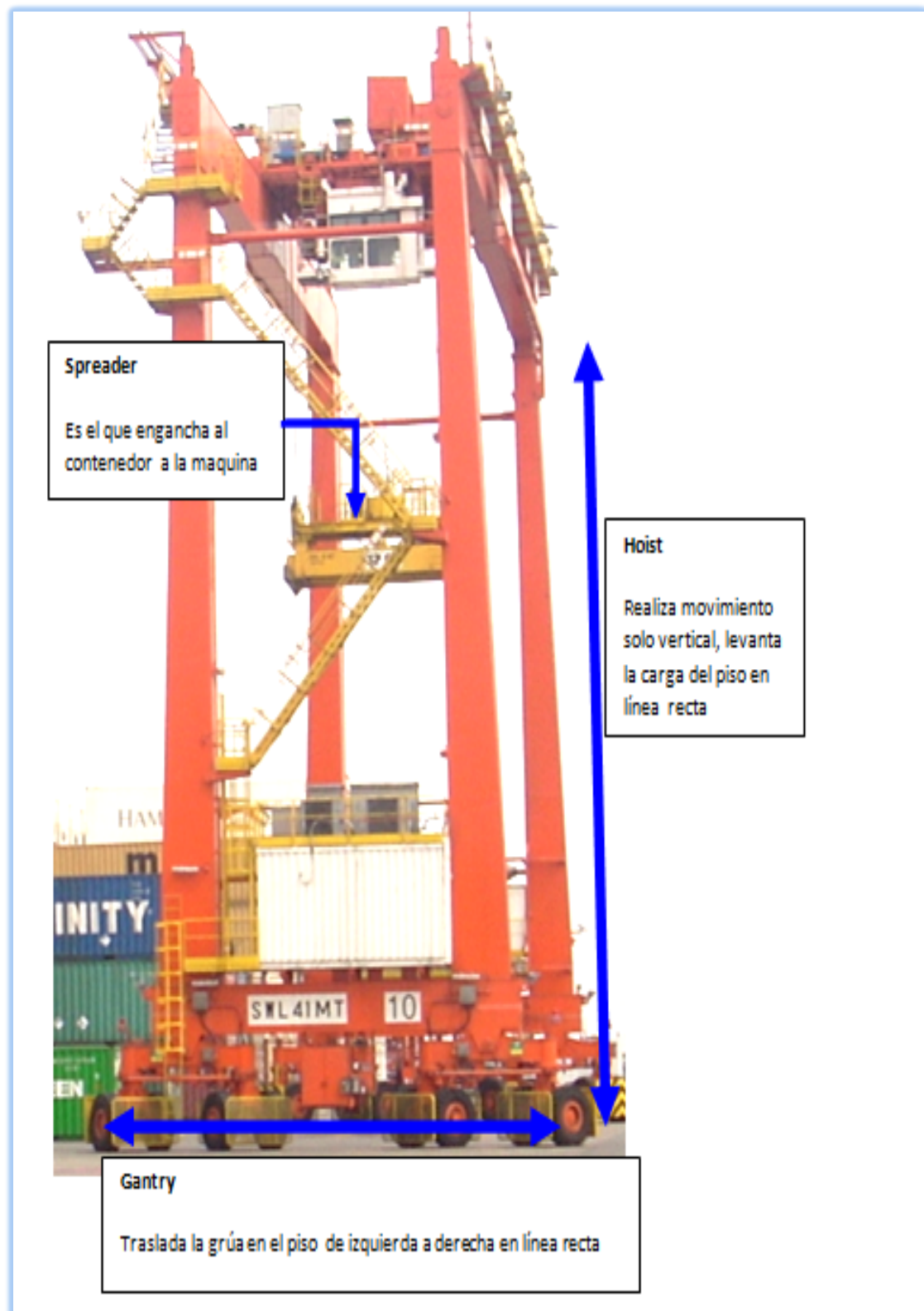
2.2.9._ UNIDAD DE POTENCIA

Foto 2.2: Vista Frontal de la Grúa RTG



Fuente: Elaboración Autores

Foto 2.3: Vista Lateral de la Grúa RTG

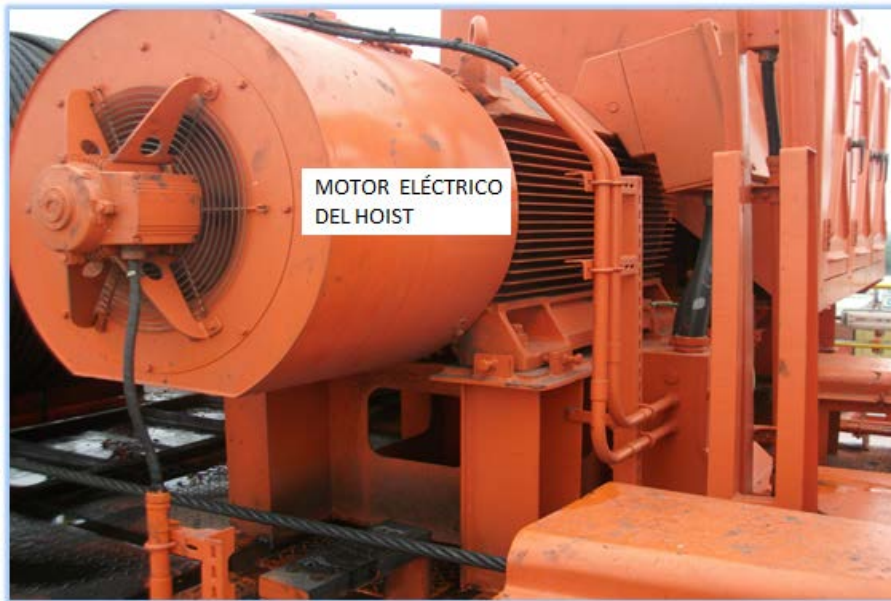


Fuente: Elaboración Autores

2.2.1._SISTEMA DEL HOIST

Este sistema es el que tiene mayor demanda; la velocidad de elevación se ajusta automáticamente dependiendo de la carga levantada. La potencia constante se utiliza para la elevación principal de la carga. Véase Foto 2.4.

Foto 2.4_ Vista del Motor del Sistema Hoist ,ubicado en la Plataforma móvil.



Fuente: Elaboración Autores

El Sistema de Hoist consta de un dispositivo de protección contra la sobrecarga y protección de sobre velocidad, al momento del levante, esto está situado en la parte trasera del motor. La protección de sobre velocidad se activa cuando la velocidad del motor alcanza 115% de su velocidad nominal.

El límite de protección está provisto en el otro extremo del tambor. Este dispositivo proporciona las siguientes protecciones:

- 1) Detener el movimiento en el extremo superior
- 2) Detener al final el movimiento en la parte inferior;
- 3) Disminuir la velocidad antes de llegar a extremos superior e inferior de elevación.

Esto es para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente al momento de levantar la carga que está cogiendo la grúa en ese instante. Todos los movimientos lo realiza un operador desde la cabina de mando a través de las palancas de control (Joystick). La Palanca joystick envía información al PLC y este a su vez al variador el cual comanda al motor eléctrico y direcciona el sentido de giro y la velocidad a la que debe de realizar el movimiento. Véase Foto 2.5.

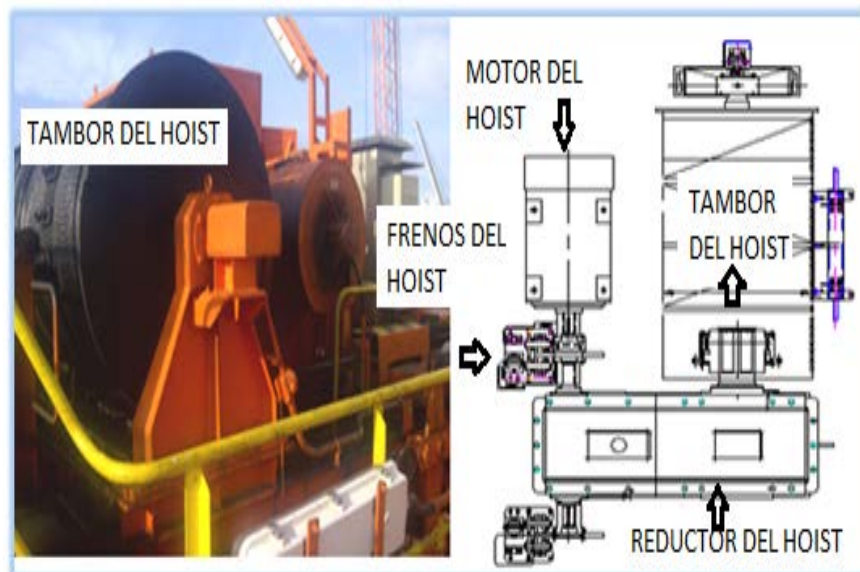
Foto 2.5: Vista del Cuarto del Operador con sus Joystick y consola.



Fuente:Elaboración Autores

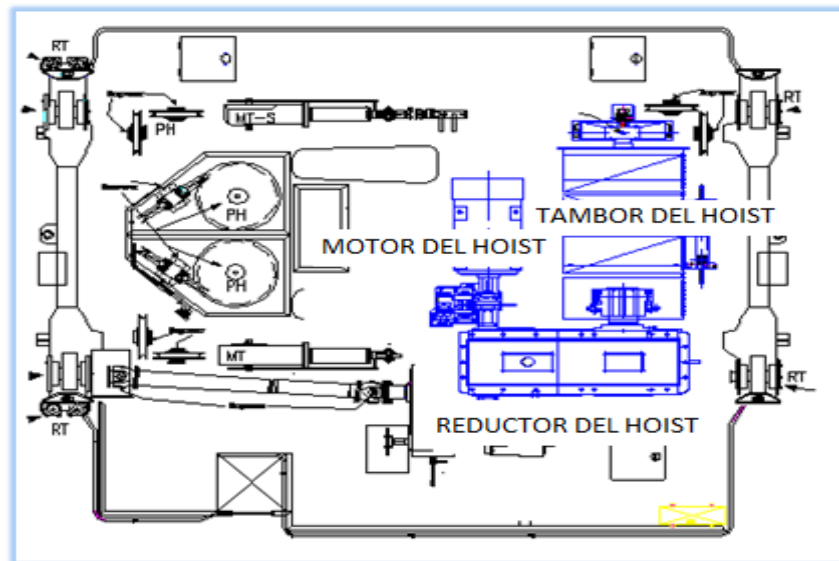
El sistema del Hoist por su gran fuerza de levante posee una caja reductora y a la salida del eje de transmisión un tambor en donde se enrollará el cable de acero, esto es para facilitar el proceso de subida o bajada, una vez finalizado el movimiento y el motor esta sin energía se activan los frenos los cuales no permiten girar el tambor. Véase Foto 2.6.

Foto 2.6_ Vista del Sistema Hoist ubicado en la Plataforma, tambor y motor



Fuente: Elaboración Autores

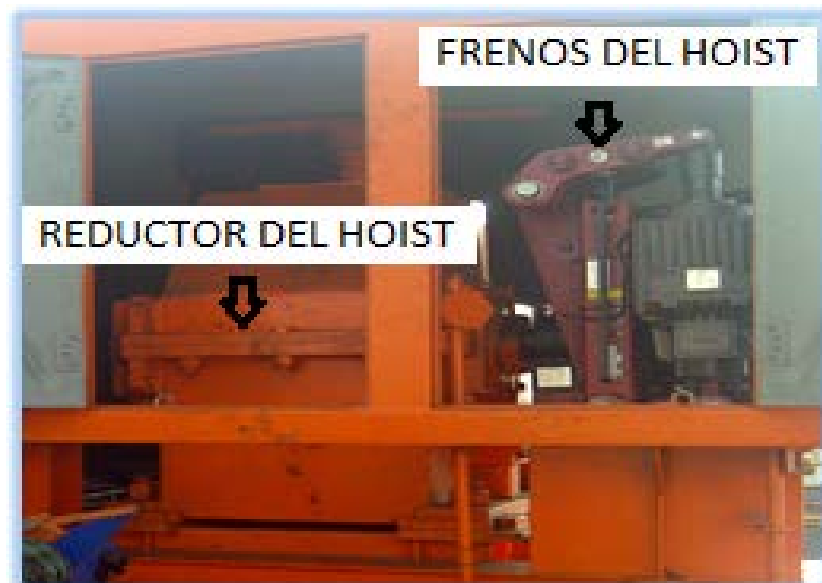
Figura 2.2: Vista Superior del Sistema Hoist



Fuente:Elaboración Autores

El mecanismo de accionamiento de la elevación principal está instalada en la parte derecha de carro y consta de un motor, un acoplamiento de engranajes de velocidad alta en una caja reductor, un barril de baja velocidad de transmisión, dos frenos entre el acoplamiento reductor y el motor, tacómetro de protección de exceso de velocidad, protección de límite de parada, etc. Véase Figura 2.2.

Foto 2.7: Vista Lateral de la Caja Reductora



Fuente:Elaboración Autores

En la foto 2.7 se puede apreciar la caja reductora de velocidad y los frenos del sistema Hoist, los mismos que constituyen la parada de la elevación de la grúa.

Tabla2.1: Datos Técnicos del Sistema Hoist

Datos de placa del Sistema Hoist	
Capacidad de carga(Bajo Spreader)	41 Ton.
Elevación con carga completa	25 m / min
velocidad sin carga	60 m / min
La velocidad lineal de plena carga	50 m / min
Modelo Motor	1PQ8 35. Siemens
Potencia	160 KW
Revoluciones del motor	707/1696 rpm
Voltaje	440 V

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Tabla2.2: Datos Técnicos del Reductor del Sistema Hoist

Datos de Placa del Reductor del Sistema Hoist	
Modelo Freno	ED121 / 6 Bubenzer
Modelo de propulsor	SB28-630x30-ED121 / 6
Par de frenado Brake	4100 N/m (cada freno)

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

En las tablas 2.1 y 2.2 se mencionan los datos de Placa más relevantes de los parámetros eléctricos del Sistema Hoist.

2.2.2._Sistema Gantry

Foto 2.8: Vista Lateral del Sistema Gantry



Fuente: Elaboración Autores

La composición del mecanismo del Gantry consta de 16 ruedas de goma infladas, divididos en 4 grupos, ocho de los neumáticos son impulsados y puestos en cada esquina de la grúa. Las otras ocho ruedas están inactivas. Cada conjunto está equipado con un dispositivo hidráulico. A través de este sistema cada rueda con neumático puede girar alrededor de 90 grados y 16 grados en su propio centro. Véase Figura 2.8 y 2.9.

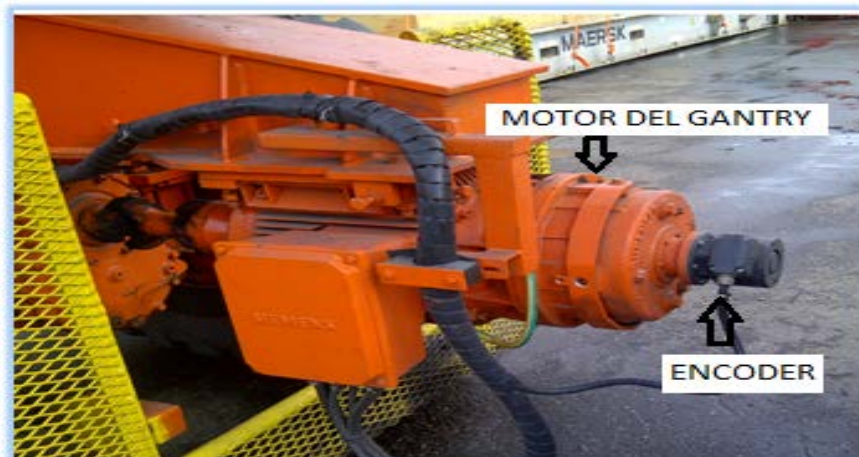
Foto 2.9: Vista del Motor del Sistema Gantry



Fuente: Elaboración Autores

El mecanismo de desplazamiento cuenta con 4 motores horizontales montados con disco de frenos. Véase foto 2.10

Foto 2.10: Vista del Motor, Reductor y Encoder del Sistema Gantry



Fuente: Elaboración Autores

Estos son comandados por el operador a través de las palancas que se encuentran en la cabina, la velocidad de cada motor es detectada por un encoder incremental en el cual los datos obtenidos son analizados por el programa del PLC y este a su vez a los 4 variadores los mismos que comandan independientemente a los motores eléctricos.

Tabla2.3: Datos Técnicos del Reductor del Sistema Gantry

Datos Técnicos del Sist. Gantry	
La aceleración sin carga	90 m / min
Motor	208 de Siemens
Potencia del motor	30 kW
Revoluciones del motor	1350 rpm
Voltaje	440 V

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Tabla2.4: Datos Técnicos del Reductor del Sistema Gantry

Datos Técnicos del Reductor Gantry	
El modelo del reductor	KESSLER
La potencia de entrada	30 Kw

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Además las Grúas RTG tienen medidas de seguridad, tales como equipo de alarmas “Sirena” (Ver Foto 2.11), al momento de moverse, sensores de anticollisión que detienen el movimiento si la grúa se choca con una estructura. Adicionalmente presenta botonera de paros de emergencia y paros de bloqueo de movimiento de traslado en caso de un imprevisto. Véase Foto 2.12.

Foto 2.11: Sirena de la Grúa



Fuente: Elaboración Autores

Foto 2.12: Parada de Emergencia

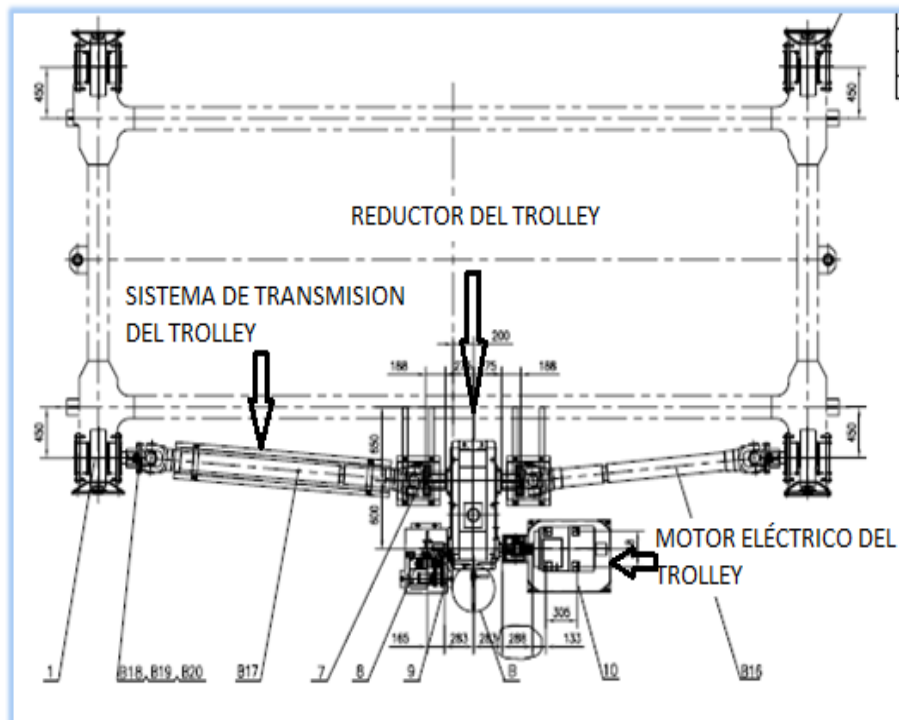


Fuente: Elaboración Autores

2.2.3._SISTEMA DEL TROLLEY

Este sistema posee dos velocidades esto es controlado a través de palancas que se encuentran en la cabina del operador, el cual envían información al PLC y este a su vez al variador, en la parte media de la grúa el Trolley puede ir al 100% de su velocidad en esta parte el operador puede controlar el movimiento de acuerdo a la operación, por seguridad las partes finales siempre irán con una velocidad del 25% , ya sea que el operador tenga toda la palanca activada en su totalidad. Para poder frenar el motor eléctrico tiene que detener su giro, una vez estático el motor los frenos se cerrarán asegurando el movimiento, el sentido de giro del motor es controlado por un encoder incremental el cual censa la velocidad a la que está el motor, garantiza precisión en cualquier condiciones de trabajo, la detección de la activación de los frenos se lo realiza a través de un sensor inductivo que está ubicado cerca del motor. (Véase figura 2.3.)

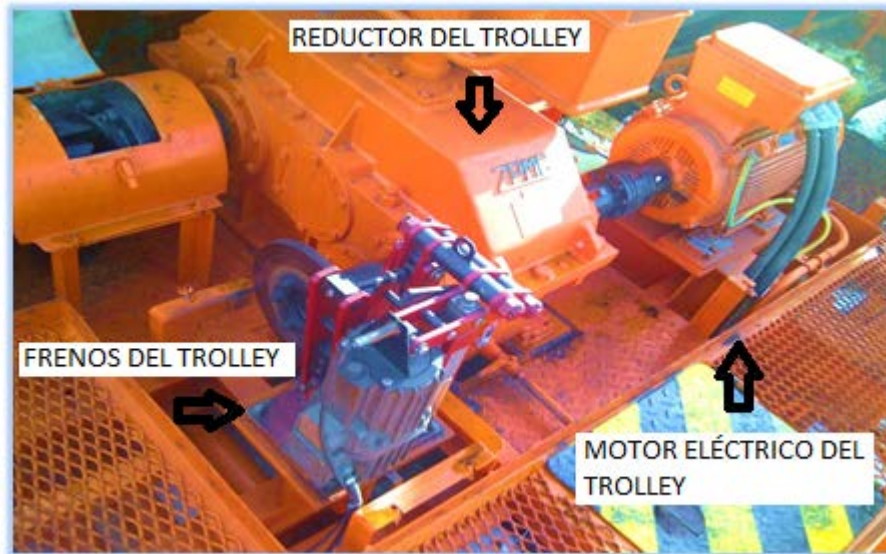
Figuras 2.3: Imagen del Sistema de Trolley de la Grúa



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Este sistema incluye un motor eléctrico unido con un reductor a través de acoplamientos. Los reductores, a su vez impulsan las ruedas mediante un eje universal para propulsar el trolley en el riel. El sistema de movimiento consta de soportes en las ruedas, ejes, cojinetes sellados, etc. La mayor parte de la fuerza la absorbe el reductor. Véase Foto 2.13.

Foto 2.13: Imagen de los Frenos de la Grúa Sistema Trolley



Fuente: Elaboración Autores

Posee unas protecciones como limitadores tanto en el desplazamiento hacia delante y hacia atrás estos se encuentran al final. Sensores imantados los cuales dan un rango de la porción en la que el Trolley está trabajando.

Si las protecciones llegaran a fallar, el sistema consta de paragolpes de poliuretano que están montados en ambos extremos de la viga principal para proteger el carro. Véase Figura 2.14.

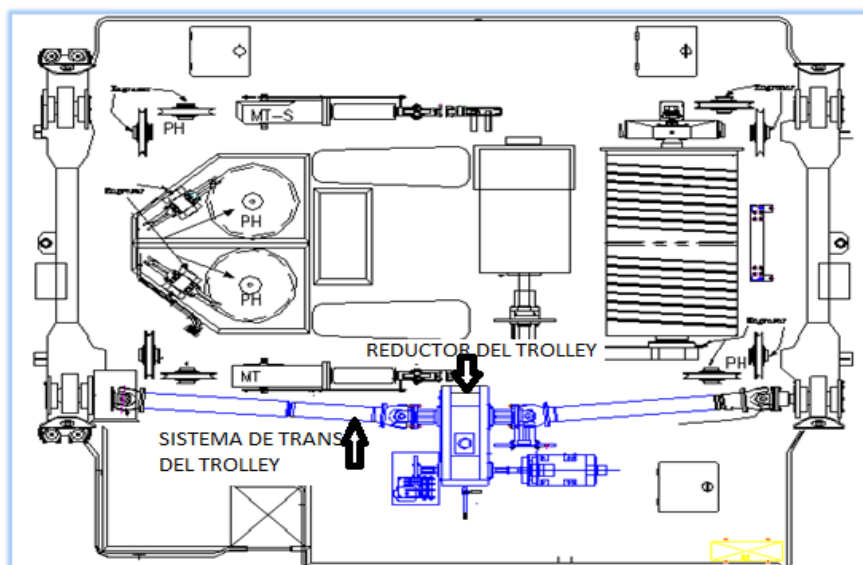
Foto 2.14: Imagen de los Paragolpes en el riel de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

La ubicación de este sistema trolley se encuentra en el centro de la plataforma. Véase Figura 2.4. Y sus principales datos técnicos se muestran en las tablas 2.5 y 2.6.

Figuras 2.4: Plataforma que muestra con azul el Sistema de Trolley de la Grúa.



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Tabla2.5: Datos Técnicos del Reductor del Sistema Trolley

Datos Técnicos del Sist. Trolley	
Velocidad	70 m / min
Modelo	1LG4-207 de Siemens
Potencia	30 KW
Revoluciones del motor	1750 rpm
Voltaje	440 V

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

Tabla2.6: Datos Técnicos del Reductor del Sistema Trolley

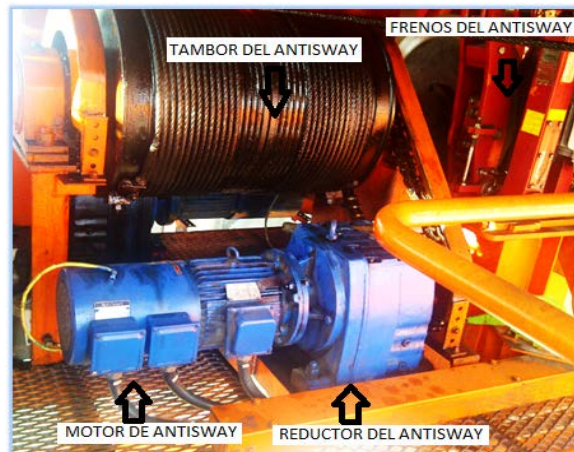
Datos Técnicos del Reductor Trolley	
Entrada de energía	30 kW
Freno Modelo	SB8.11-315X20-ED30/5-L Bubenzer
Par de frenado	354 N.m

Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

2.2.4._Sistema del Antisway

Este sistema se lo utiliza para detener el balanceo de la carga cuando se está trasladando por el Trolley de una posición a otra dentro del mismo bloque, consta de 4 motores cada uno con su respectiva caja reductora y dos frenos los cuales se activan cuando la carga está dirigiéndose hacia abajo. Los tambores se encuentran unidos por un sistema especial de rache, estos son independientemente cuando recoge el cable, pero al girar al otro sentido los tambores giran a la misma velocidad, los motores tiende a recoger el cable ya sea que el movimiento este hacia bajo, los motores son comandados por 4 variadores, el cual recibe la señal de arranque y una señal para un solo sentido de giro. Véase Foto 2.15.

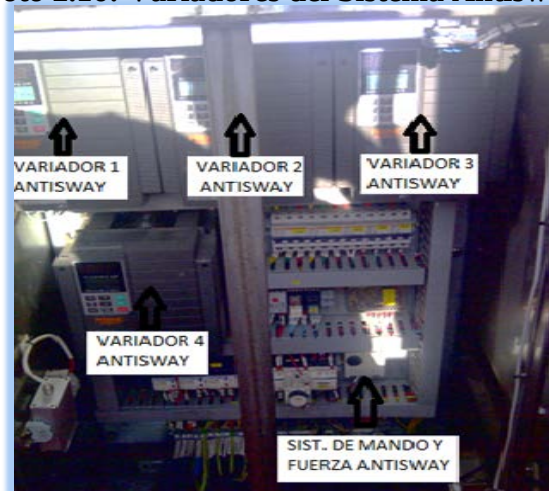
Foto 2.15: Tambor y Motor del Sistema Antisway



Fuente: Elaboración Autores

Los variadores se encuentran situados en la plataforma del Trolley dentro de un panel que comanda solo el sistema del Antisway, el PLC envía una señal al los variadores apenas la grúa enciende los sistemas operativos y coloca al variador en funcionamiento, esto activa a los motores en un solo sentido de giro. Véase Foto 2.16

Foto 2.16: Variadores del Sistema Antisway

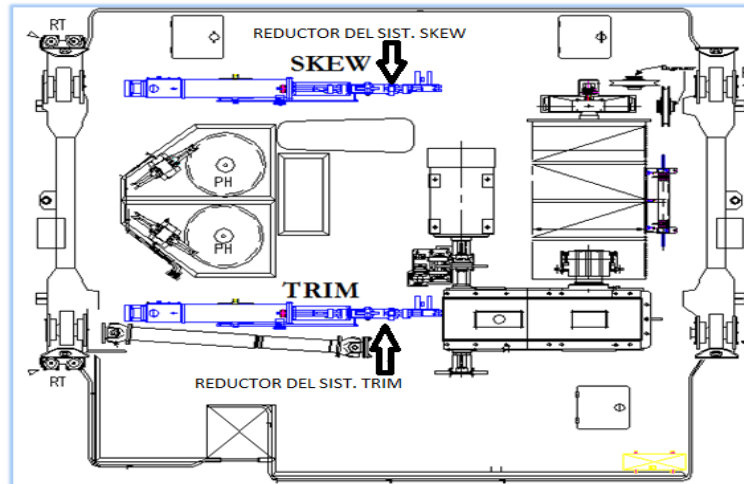


Fuente: Elaboración Autores

2.2.5_Sistema Trim y Skew

Estos se encuentran en la parte central de la plataforma del trolley y se lo utiliza para poder coger la carga cuando está mal ubicada en el bloque, el operador puede controlar los movimientos a través de unas palancas que se encuentran cerca del asiento en la cabina. Véase figura 2.5.

Figura 2.5: Vista Superior del Sistema Trim y Skew



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

El operador direcciona el movimiento del spreader para asentarlo en el contenedor de acuerdo a su necesidad si este necesita que el spreader gire un poco acciona el sistema del Skew el cual le permitirá girar ± 5 grados esto es posible por un propulsor de los 2 que se encuentran en la plataforma se activa y se encarga de recoger 2 cables que se encuentran unidos a través de un pivote el cual facilita el jale de un lado y la anchura del otro lo cual permite que el spreader gire un lado a otro. Véase foto 2.17.

Foto 2.17: Imagen del Reductor del Trim de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

El Spreader se mueve hacia arriba o hacia abajo, para poder activar los dos propulsores que se encuentran en la plataforma .Estos pueden recoger el cable un poco de un extremo y aflojar en el otro extremo el cual da un efecto de inclinación del spreader este sistema se lo utiliza para asentar de un lado el spreader en el contenedor .Véase Foto 2.18.

La grúa tiene una iluminación y señalización de equipos para operar en la noche.

Foto 2.18: Imagen de los rieles y Spreader de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

Para la intercomunicación entre el operador y el controlador la grúa consta de teléfonos de comunicación interna en la parte inferior y superior de la grúa, un sistema de megafonía y altavoz de radio. Véase foto 2.19.

Foto 2.19: Sistema de Comunicación Interna



Fuente: Elaboración Autores

2.2.6._ Cabina del operador

La cabina ofrece una excelente vista general, es lo suficientemente amplia. El asiento está situado en la parte delantera central de la cabina.

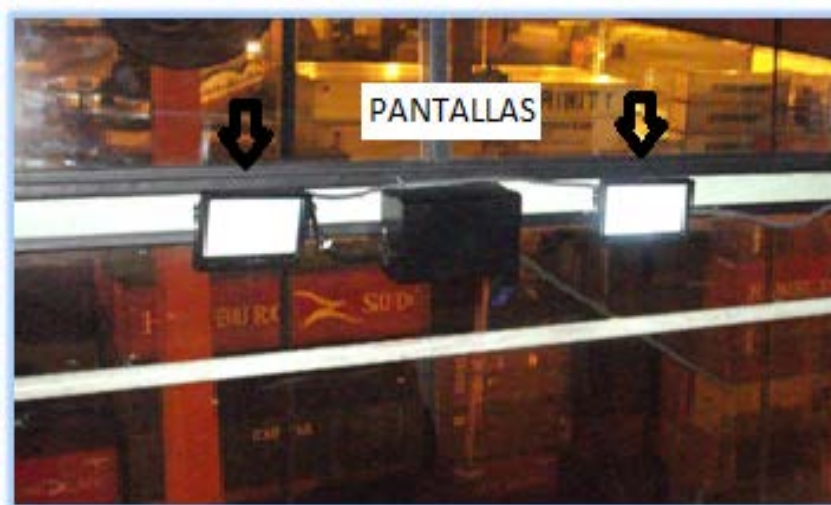
Foto 2.20: Cabina del Operador de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

La consola de control se encuentra en el lado izquierdo y derecho, posee varios instrumentos eléctricos tales como: el indicador de velocidad del viento, el indicador de carga y todos los instrumentos de operación, en la parte superior tiene una pantalla de video que visualiza la parte posterior de la grúa al momento de trasladarse, de igual forma posee un sistema de comunicación por medio de teléfonos y altavoces los cuales se encuentra en la partes inferiores del Gantry. Véase Fotos 2.20 y 2.21

Foto 2.21: Imagen de las pantallas de video de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

2.2.7._Cuarto Eléctrico

En el cuarto eléctrico está la parte de control y fuerza de la grúa como por ejemplo los variadores de los motores del Hoist, Trolley, Gantry. Véase Fotos 2.22 y 2.23.

Foto 2.22: Cuarto Eléctrico

Foto 2.23: Variadores del Hoist



Fuente: Elaboración Autores

Fuente: Elaboración Autores

También posee la parte de automatización con un PLC S7 400 el cual maneja toda la información de la grúa. Desde el cuarto eléctrico se puede monitorear la grúa vía on line a través del PLC.

El procesador de comunicaciones permite un intercambio de datos entre sus autómatas uordenadores mediante acoplamiento punto a punto. Véase Foto 2.24.

Foto 2.24: Imagen del PLC S7-400



Fuente: Elaboración Autores

2.2.8._Spreader

Está diseñado para cierto grupo de carga instalado en la grúa para la manipulación de contenedores, El spreader posee cuatro twistlocks situados en sus esquinas, destinados a sujetar el contenedor para hizarlo. Véase Figura 2.6.

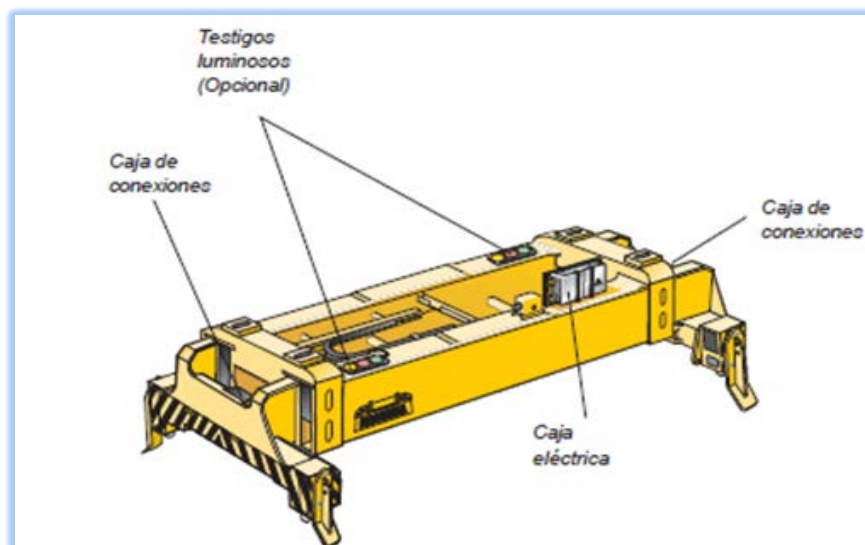
Figura 2.6: Imagen del Spreader



Fuente: es.wikipedia.com

El Spreader posee una caja eléctrica principal que está montada sobre amortiguadores de goma, la misma que se encuentra protegida, ya que está a la intemperie, las luces de señalización que está en la parte superior indican el estado del funcionamiento del Spreader. Véase Figura 2.7.

Figura 2.7: Spreader y sus Partes



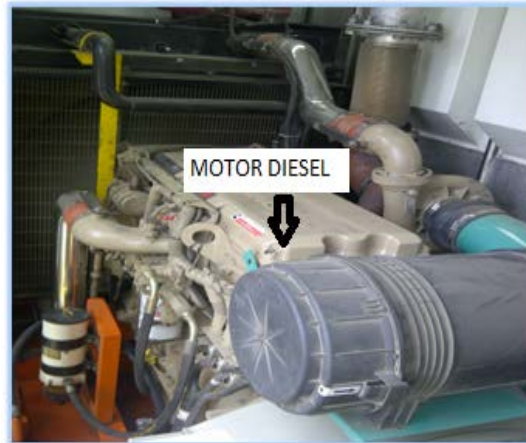
Fuente: es.wikipedia.com

2.2.9._ La unidad de potencia

La unidad de poder de la Grúa consiste de un motor diésel, QSX15 G9 por Cummins y un generador HCI634G1 marca STAMFORD.

La potencia del motor diésel es de 680 HP, y la del generador tiene una potencia de 820KVA. El motor diésel y el generador da energía alterna través de un rectificador que suministra potencia a la grúa para cada movimiento. Véase Foto 2.25.

Foto 2.25: Imagen del Motor a diésel QSX15 G9 Cummins



Fuente: Elaboración Autores

El motor puede encenderse, acelerar y detenerse desde los controles que se encuentran desde la casa de máquina o cabina del operador. El tiempo de arranque no excederá 30 segundos, el cual entra en una etapa de baja revoluciones hasta que culmine el tiempo de encendido, una vez alcanzado esta etapa revolucionará hasta llegar a 1800rpm y el generador entra a trabajar. El motor posee protección de sensor de calor, presión baja de aceite y arranque frecuente, etc.

Foto 2.26: Tablero de control de presión, aceite, frecuencia.



Fuente: Elaboración Autores

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL PROYECTO

Para el alcance de este proyecto se considera las siguientes etapas:

- 1._Situación actual al 2010
- 2._Diseño del Proyecto

3.1_Situación actual al 2010

Con la implementación de 8 grúas RTG al puerto de Guayaquil se incrementa la producción y movimiento de contenedores, por este motivo las grúas demandan estar encendidas las 24h del día. Véase Figura 3.0

Figura3.1:Máquinas RTG llegando al Puerto de Guayaquil



Fuente: <http://www.cgsa.com.ec/>

Para analizar la situación que se tenía hasta el 2010, se recabaron los valores de consumo de combustible y movimientos, de esta forma se pudo observar el comportamiento que se tenía con respecto a la eficiencia de la grúa, ya que permanecían encendidas sin realizar movimientos algunos.

3.1.1._Descripción de los valores de los consumos y movimientos del 2009

En la tabla 3.1 se observa el consumo de diésel desde el mes de marzo hasta diciembre, el cual tiene un costo de \$229679.2, esto implica que el índice promedio de litros por movimientos es elevado (2.36 liter/mov), obtenido un costo de \$0.51 por movimiento que realiza, siendo este valor no rentable.

Tabla 3.1: Tabla de Datos de Consumos y Movimientos del 2009

Año 2009	Twistlock	Diésel	COSTO POR MOV/LITRO	Diésel	Diésel	Diésel
	(TLC) No	(liter/mov)		(liter)	Galones	Costo \$
ENERO						
FEBRERO						
MARZO	22244	4.19	0,91	93212	24624	20191.5
ABRIL	35794	2.59	0,56	92742	24500	20089.8
MAYO	44150	2.25	0,49	99204	26207	21489.5
JUNIO	38527	2.40	0,52	92307	24385	19995.5
JULIO	51278	2.04	0,44	104583	27628	22654.7
AGOSTO	55724	2.06	0,45	114839	30337	24876.4
SEPTIEMBRE	56741	2.09	0,45	118309	31254	25628.0
OCTUBRE	58829	2.09	0,45	122927	32474	26628.3
NOVIEMBRE	55318	2.06	0,45	114021	30121	24699.2
DICIEMBRE	60269	1.79	0,39	108145	28569	23426.3
PROMEDIO		2.36	0.51		28010	
TOTAL DE MOVIMIENTOS	478874					229679.2

Fuente: Elaboración Autores

3.1.2._Descripción de los valores de los consumos y movimientos del 2010

En la tabla 3.2 se observa el consumo de diésel, donde su costo se encuentra en \$296578.40esto implica que el índice promedio de litros por movimientos continua elevado (1.86 liter/mov), obtenido un costo de \$0.41 por movimiento que realiza, siendo este valor no rentable.

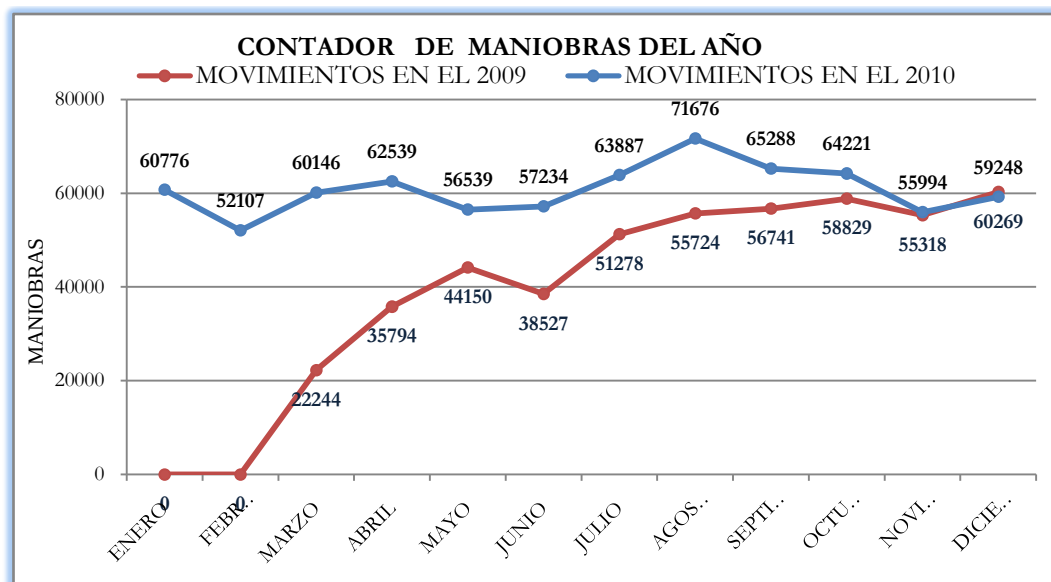
Tabla 3.2: Tabla de Datos de Consumos y Movimientos del 2010

Año 2010	Twistlock	Diésel	COSTO POR MOV/LITRO	Diésel	Diésel	Diésel
	(TLC) No	(liter/m)		(liter)	Galones	Costo \$
ENERO	60776	1.85	0,40	112607	29748	24392.96
FEBRERO	52107	1.93	0,42	100357	26511	21739.38
MARZO	60146	1.89	0,41	113429	29965	24570.91
ABRIL	62539	1.84	0,40	114780	30321	24863.54
MAYO	56539	1.94	0,42	109572	28946	23735.43
JUNIO	57234	1.91	0,41	109398	28900	23697.71
JULIO	63887	1.92	0,42	122679	32408	26574.76
AGOSTO	71676	1.81	0,39	130066	34360	28174.80
SEPTIEMBRE	65288	1.82	0,39	118534	31313	25676.79
OCTUBRE	64221	1.88	0,41	120928	31946	26195.38
NOVIEMBRE	55994	1.93	0,42	107811	28480	23354.00
DICIEMBRE	59248	1.84	0,40	108960	28784	23602.75
PROMEDIO		1.88	0.41		30140	
TOTAL DE MOVIMIENTOS	729655					296578.40

Fuente:ElaboraciónAutores

En el gráfico 3.1 se realiza una comparación de los movimientos obtenidos de las tablas 3.1 y 3.2, en el cual se observa que el 2010 se realizó más movimientos que el 2009.

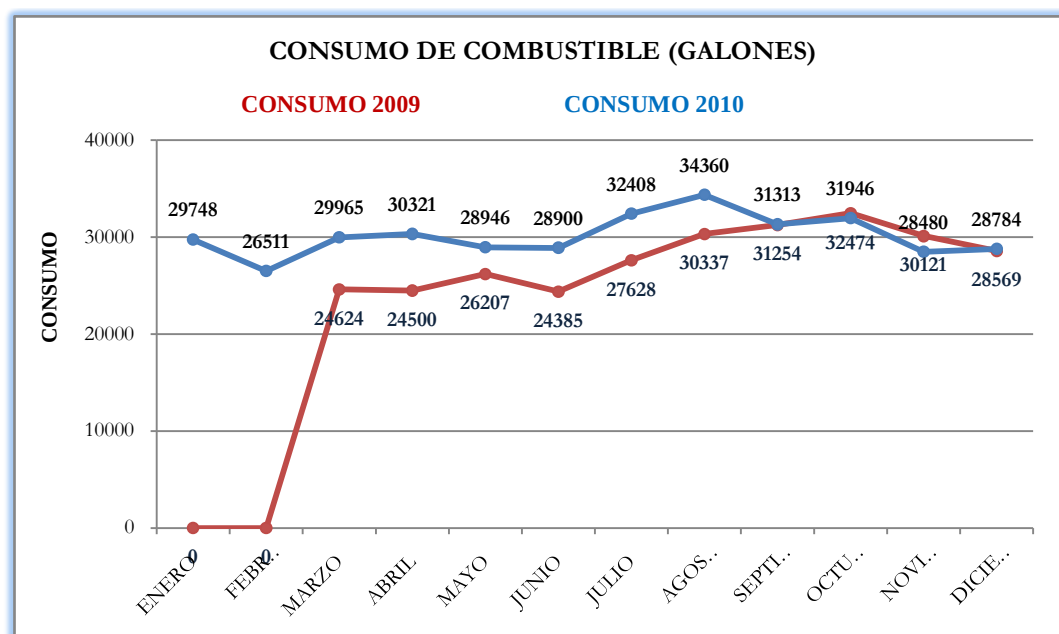
Gráfico 3.1: Comparativo de Movimientos de Grúas entre los años 2009 y 2010



Fuente: Elaboración Autores

En el gráfico 3.2 se realiza una comparación de los consumos obtenidos de las tablas 3.1 y 3.2, en el cual se observa que el consumo del combustible del 2010 es mayor que el 2009 Véase .Gráfico 3.2

Gráfico 3.2: Cuadro de Datos de Consumo de Combustible del Año 2009 y 2010



Fuente: Elaboración Autores

En el Gráfico 3.3 se realiza una comparación del consumo de litros por movimiento registrados hasta el 2010, en donde se observa que el índice de litros/mov no se está dentro de los márgenes establecidos de 1.6 litros por movimientos para una mejor rentabilidad.

Gráfico 3.3: Cuadro de Consumo de Combustible de Litros por Movimiento del año 2009 y 2010.



Fuente: Elaboración Autores

De acuerdo a las metas impuestas de 1.60, la empresa tiene la necesidad de reducir el costo de litros por movimiento, que de acuerdo a los datos obtenidos de la tabla 3.1 y 3.2, en los cuales se observa que los índices de litros por movimientos se encuentran elevados.

A continuación se muestra tablas de conversiones y la fórmula para poder obtener el costo por movimiento.

Tabla 3.3: Datos de Conversiones

1galón = 3.78541 litro
1 litro =0.26417 galones
Costo de galón de diésel = 0.82 centavos
Costo de litro de diésel = 0.21662 centavos
Total de Galones = (Total de Litros) * 0.26417galones

Fuente: Elaboración Autores

Tabla 3.4: Fórmula para rentabilidad de movimientos

Litros por movimientos $((\text{liter}/\text{m}) = \frac{\text{diesel (liter)}}{\text{twistlocks (movimiento)}}$
Costo del litro por movimiento = Litros por movimiento $\left(\frac{\text{liter}}{\text{m}}\right) * \text{Costo de litro de diesel.}$
Total del costo diesel = total de galones * 0.82 centavos el galón
Costo del litro por movimiento = $1.60(\text{liter}/\text{m}) * 0.21662 \text{ centavos}$
Costo del litro por movimiento = 0.35 centavos

Fuente: Elaboración Autores

Por este motivo se necesita la optimización del sistema, el cual permita obtener el 1.60 litros por movimiento de carga realizada con respecto a otros puertos internacionales de propiedad de la empresa.

Se realiza un diseño para poder reducir el costo del consumo ya que las grúas permanecían encendidas las 24 horas con o sin trabajo.

3.2._Diseño del Proyecto

Para el diseño de este proyecto se considera los siguientes aspectos a mejorar:

- Elevado consumo de combustible e índice de litros por movimientos.
- Manipulación inadecuada por parte del personal (operador) que maneja la máquina, ocasionado un aumento del consumo de combustible.
- Incorrecto funcionamiento del sistema de energía alterna del ups cuando la grúa se encontraba en estado de ralentí (750 rpm)

Para obtener los objetivos planteados en el presente proyecto se realizarán las siguientes etapas:

3.2.1._Funcionamiento de los Sistemas del Hoist, Trolley, Gantry.

3.2.2._Revisión de Planos Eléctricos del Sistema

3.2.3._Análisis de los segmentos de programación para determinar las diferentes señales.

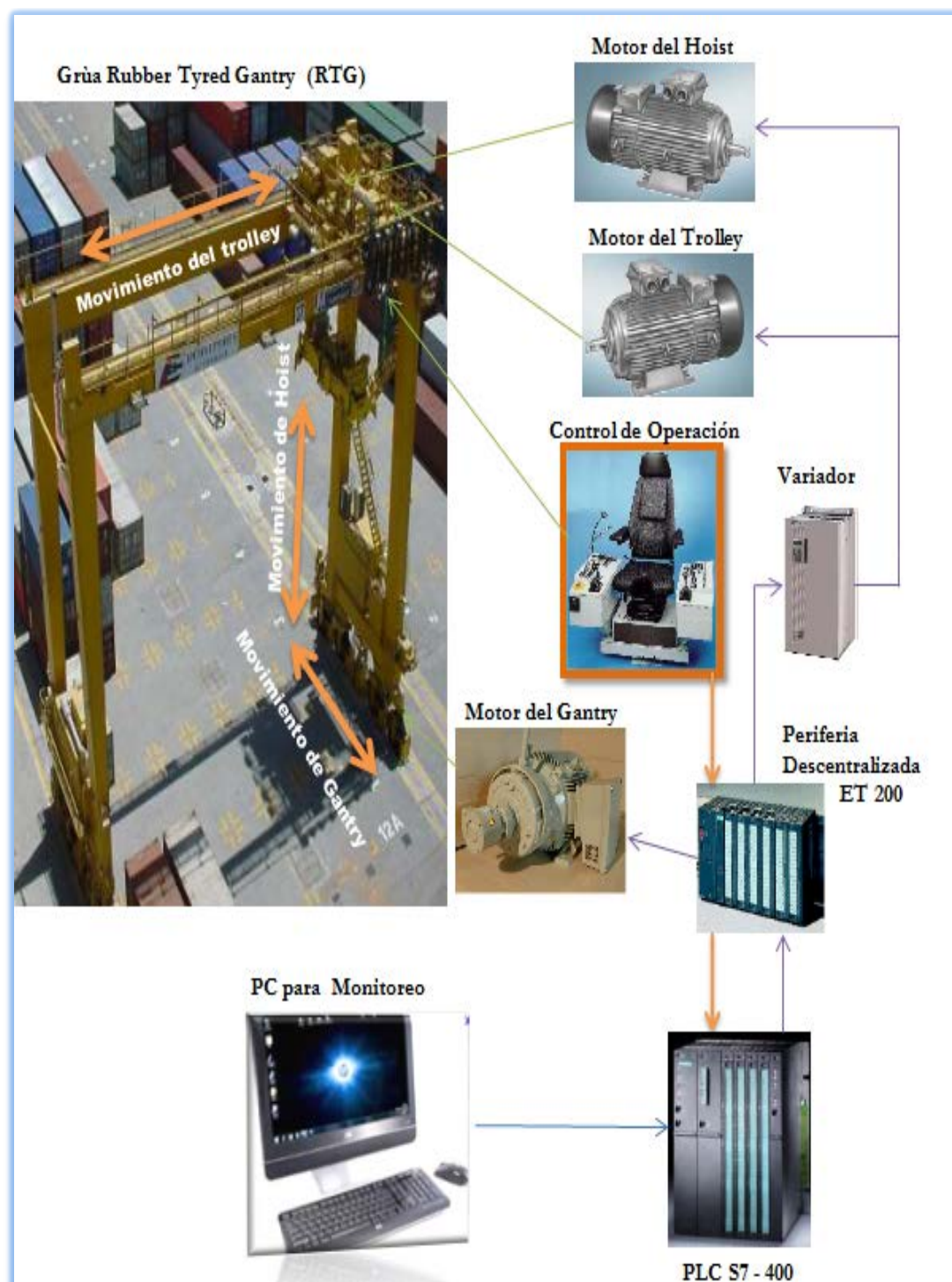
3.2.4._Se realizará una reingeniería del Proyecto con la implementación de nuevos segmentos de programación en el PLC y el Mini PLC Logo, además se crearán nuevos planos eléctricos

A continuación se detallan el desarrollo de cada uno de las etapas del presente proyecto.

3.2.1._Funcionamiento de los Sistemas del Hoist, Trolley, Gantry

En la figura 3.2 se observa la ubicación de los sistemas utilizados como hoist, trolley y gantry que son fundamentales en el desarrollo del proyecto.

Figuras 3.2: Diagrama Estructural de Operación de la Grúa.



Fuente: Elaboración Autores

3.2.1.1._Descripción de los sistemas de funcionamiento.

A continuación se detalla los sistemas a utilizar:

El sistema del Hoist._Es el que permite realizar movimientos en forma vertical a través de un motor, los movimientos son detectados por microswitch, sensores inductivos y señales de estados de los variadores, que funcionan cuando registran cambios, estas señales ingresan al PLC.

El sistema del Trolley._Es el que permite realizar los movimientos en forma horizontal, y lo provoca un motor, los movimientos son detectados por microswitch, sensores inductivos y señales de estados de los variadores que funcionan cuando registran algún cambio, estas señales ingresan al PLC.

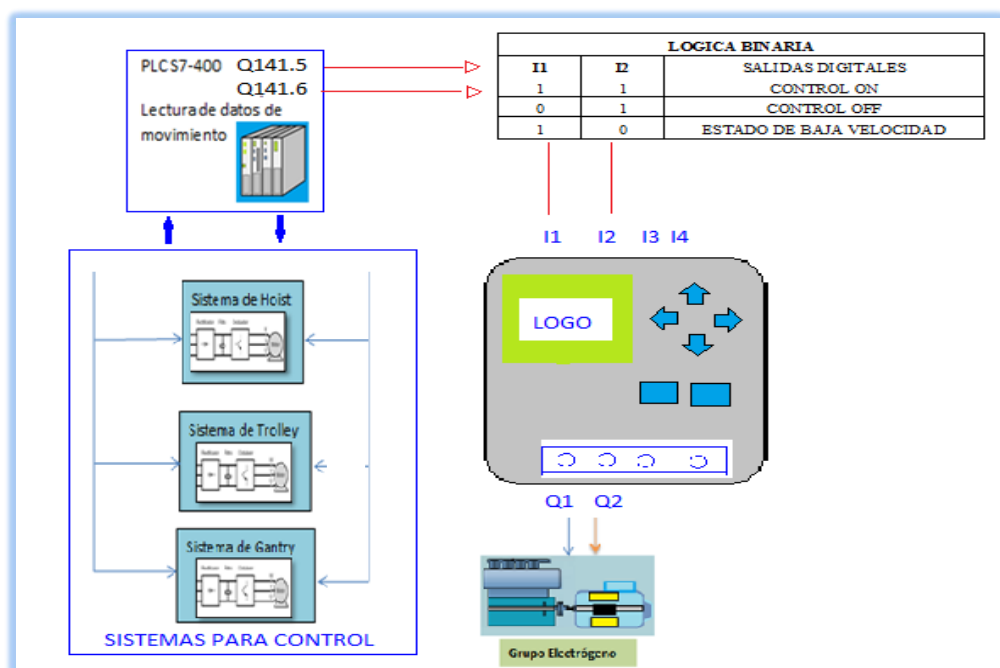
Sistema del Gantry._Es el que permite realizar el traslado de la grúa en forma horizontal impulsados por 4 motores, los movimientos son detectados por microswitch, sensores inductivos, señales de estados de los variadores, que funcionan cuando registran algún cambio, estas señales ingresan al PLC.

Todos estos sistemas son manipulados por el control de operaciones (operador), el cual envía información al PLC de los movimientos que realiza a través del estado de las palancas.

Al comprender el funcionamiento del sistema, se requiere realizar un proceso de apagado de acuerdo a las condiciones de trabajo para evitar el consumo exagerado de diésel.

A continuación se desarrolla un diagrama esquemático del funcionamiento de los sistemas con las modificaciones a realizar. Véase figura 3.3.

Figuras 3.3: Diagrama Mejorado para el Diseño del Proyecto



Fuente: Elaboración Autores

3.2.1.2._Descripción del Diagrama Esquemático de los Sistemas a Controlar

El Control de Operaciones en condiciones normales de trabajo determina los movimientos de los sistemas del hoist, trolley, gantry. Esta información es enviada al PLC, la misma que es tratada y retroalimentada hacia el control de operaciones, si no hubiera movimientos de los sistemas por parte de los controles tales como: sensores inductivos que detectan las diferentes señales los cuales enviarán los datos al PLC para saber que está en funcionamiento, entonces el PLC dará la orden de activar el sistema de ahorro (véase figura 3.3), el cual ingresará al MiniPLC LOGO en forma binaria para desactivar el grupo electrógeno a través del control del sistema implementado.

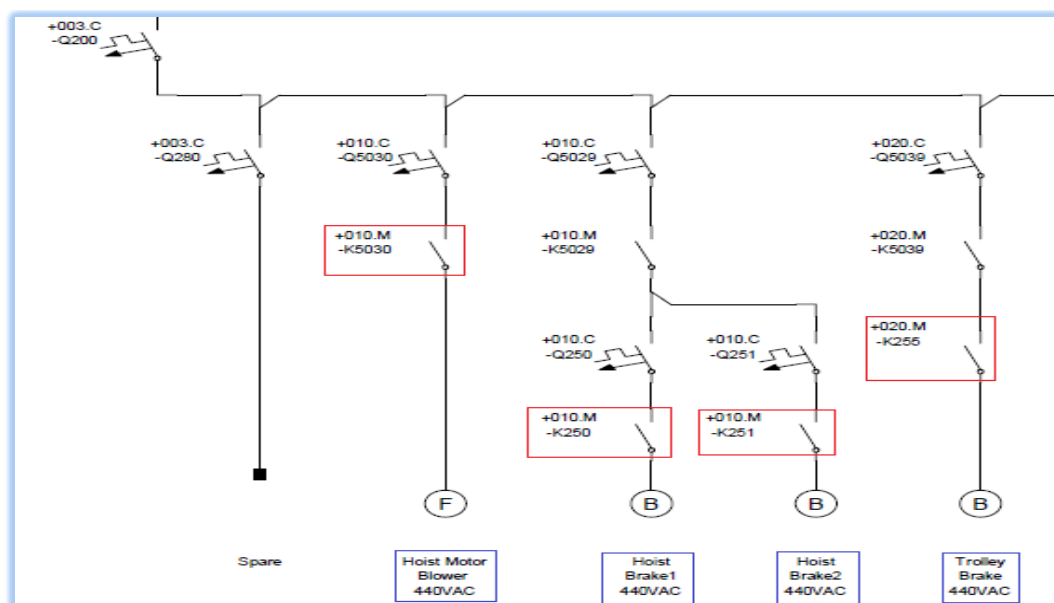
3.2.2._Análisis de Planos Eléctricos del Sistema.

Se realiza la verificación de los planos eléctricos de los sistemas de la grúa utilizados para el proyecto los mismos que se detallan a continuación:

Sistema del Hoist. Para este sistema se analiza las señales de activación del contacto k5030 (véase figura 3.4) el cual energiza el ventilador del motor, las señales de liberación de los frenos son provenientes de los contactos k250 y k251 (véase figura 3.4), estos se activan cuando realiza movimiento el motor del hoist.

Sistema del Trolley. Para este sistema se analiza la señal del contacto k255 (véase figura 3.4), esta se activa cuando el freno del motor se abre, además se analiza otras señales, por ejemplo, señal de estado proveniente del variador (variable M366.4 véase figura 3.11) que se encuentra en el cuarto eléctrico, señales de los microswitch que se encuentran en la palanca de mando del control de operación. Véase figura 3.4.

Figuras 3.4: Diagrama Unifilar de Conexiones de los Sistema de Hoist y Trolley



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

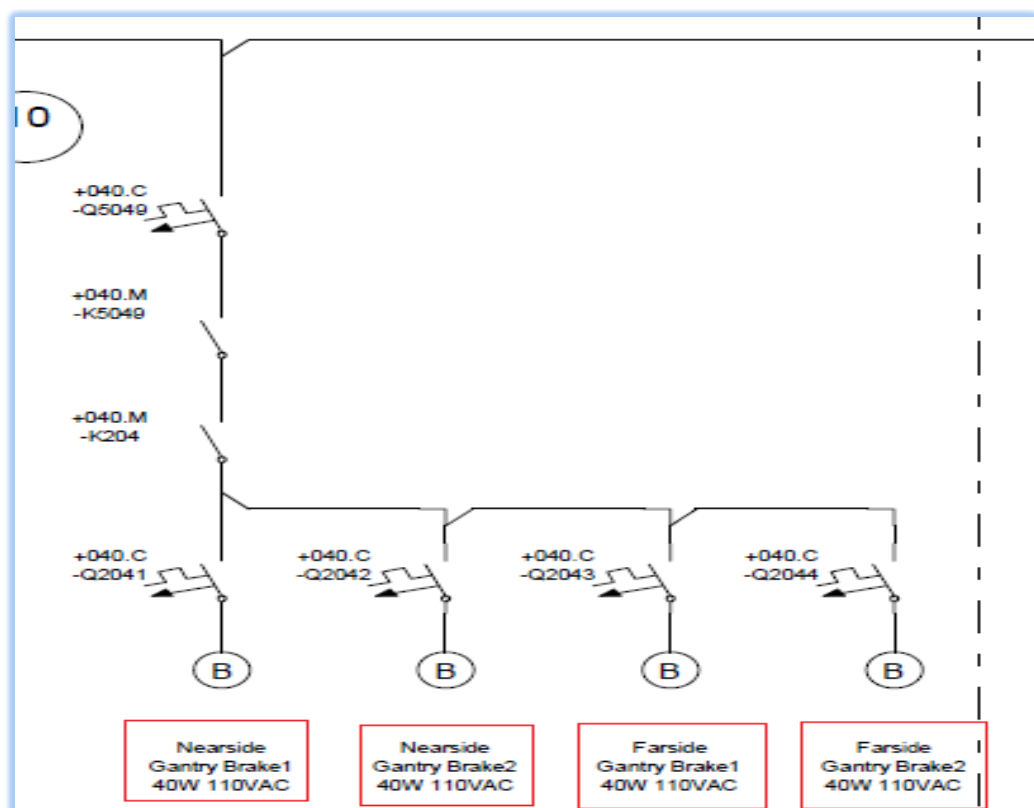
Para la activación de los contactores del sistema del hoist se necesitan las señales

provenientes de las salidas del PLC, por ejemplo para el proyecto se analizó las salidas Q100.0 que es la activación del contactor principal, las salidas Q100.4 y Q100.7 del PLC conforman la activación de los contactores de los frenos del motor Véase figura 3.6

En el sistema del trolley se analiza las señales Q100.1 de activación del contactor principal y la Q100.6 de energización del contactor del freno. Véase figura 3.4

En el sistema eléctrico del gantry se analiza la activación de los contactos k5049 y k204 los que energizan los frenos de los motores cuando entran en funcionamiento. Véase figura 3.5.

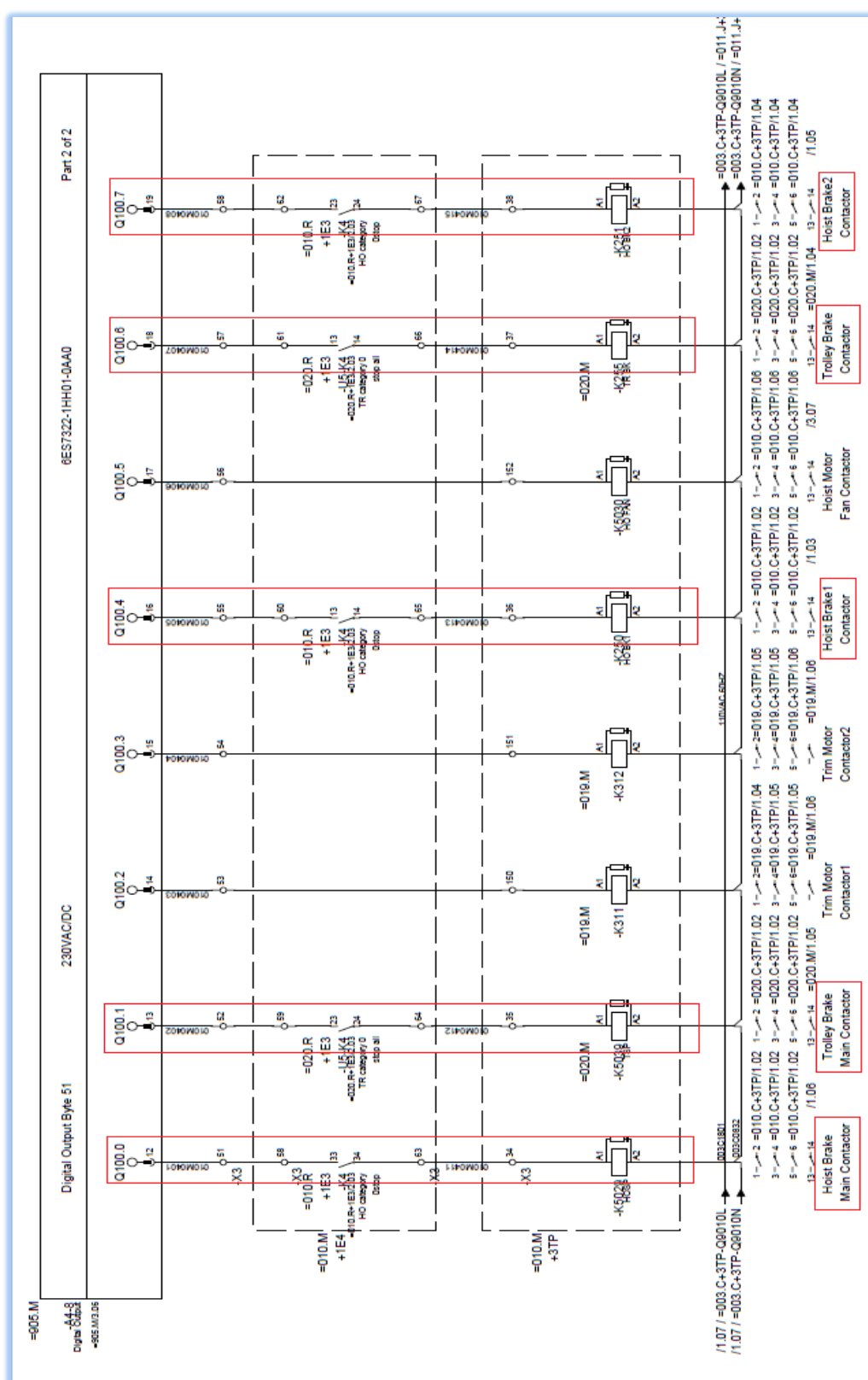
Figura 3.5: Diagrama Unifilar del Sistema Gantry



Fuente: Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

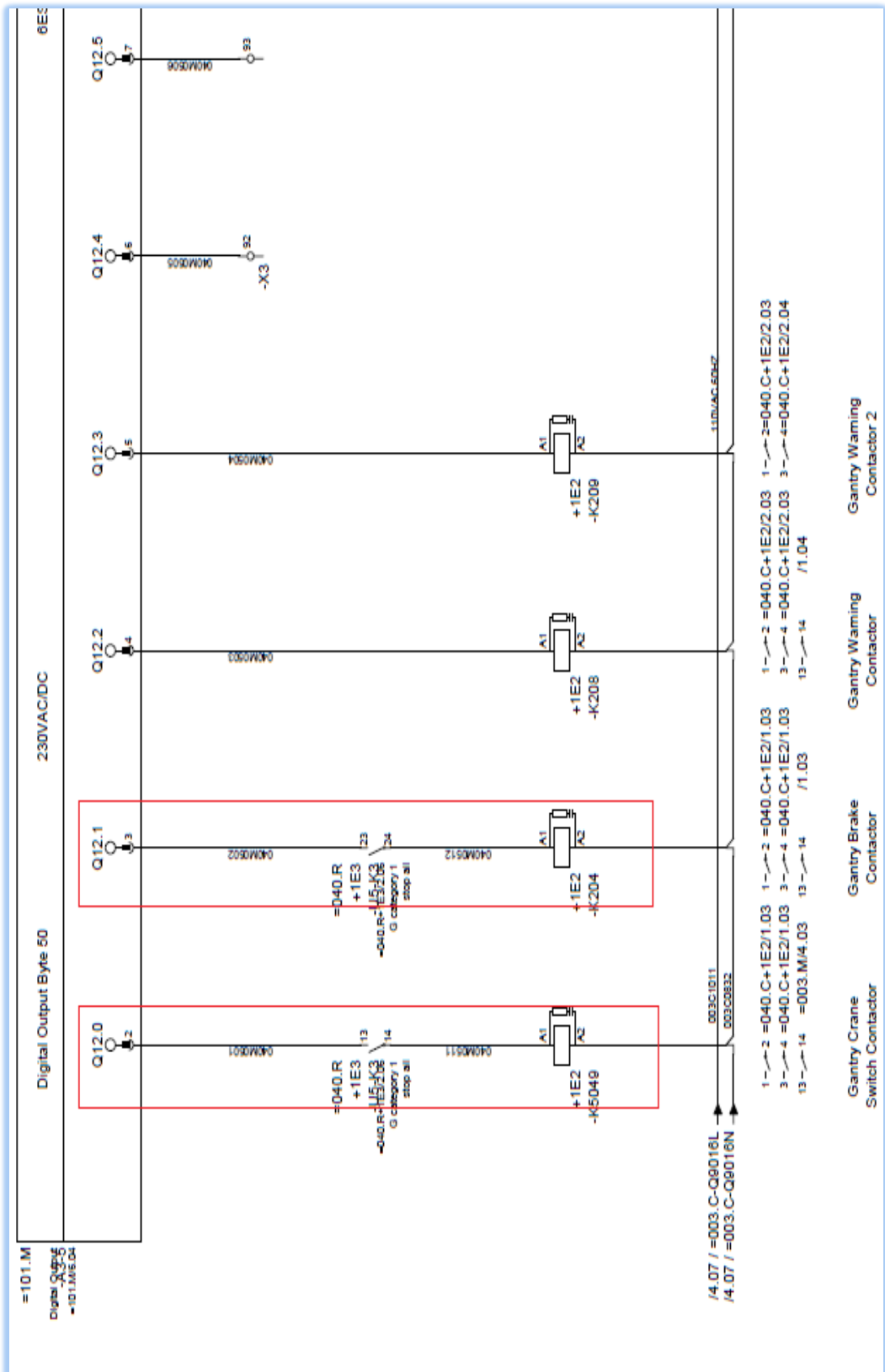
Para la activación de los contactores del sistema del gantry(ver figura 3.5), se necesitan las señales provenientes de las salidas del PLC, por ejemplo para el proyecto se analizó las salidas Q12.0 que es la activación del contactor principal y la salida Q12.1comanda la activación de los frenos.

Figura 3.6:Diagrama de Control de Señales del PLC del Hoist y Trolley



Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG de ZPMC 2009

Figura 3.7:Diagrama de Control de Señales del Sistema Gantry

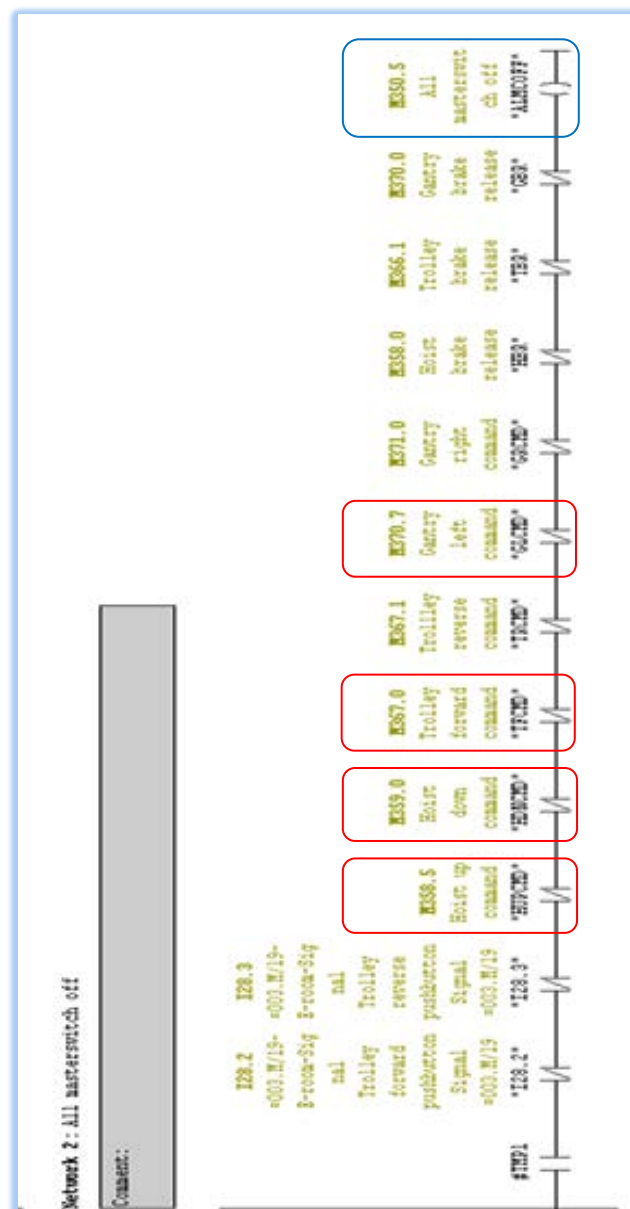


Fuente: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

3.2.3._Análisis de los Segmentos de Programación

De acuerdo a los planos eléctricos de los sistemas hoist, trolley y gantry, se analiza las salidas del PLC que accionan los diferentes contactores vistos en la figura 3.5-3.6-3.7, se analizará los segmentos de programación en el PLC para utilizarlos en el proyecto tales como: activación del hoist up (indica el movimiento hacia arriba), el hoist down (indica el movimiento hacia abajo), trolley forward (indica el movimiento hacia delante), trolley reverse (indica el movimiento hacia atrás), gantry left (indica que la grúa se mueve hacia la izquierda), gantry right (se mueve hacia la derecha), estos comandos son activados de acuerdo a las condiciones de trabajo de la grúa, si la grúa no está trabajando las señales permanecen inactivas, y la marca **ALMCOFF** (M350.5 Véase figura 3.8), está activa la variable e indica que la grúa no está realizando movimientos.

Figura 3.8: Línea de Programación del PLC

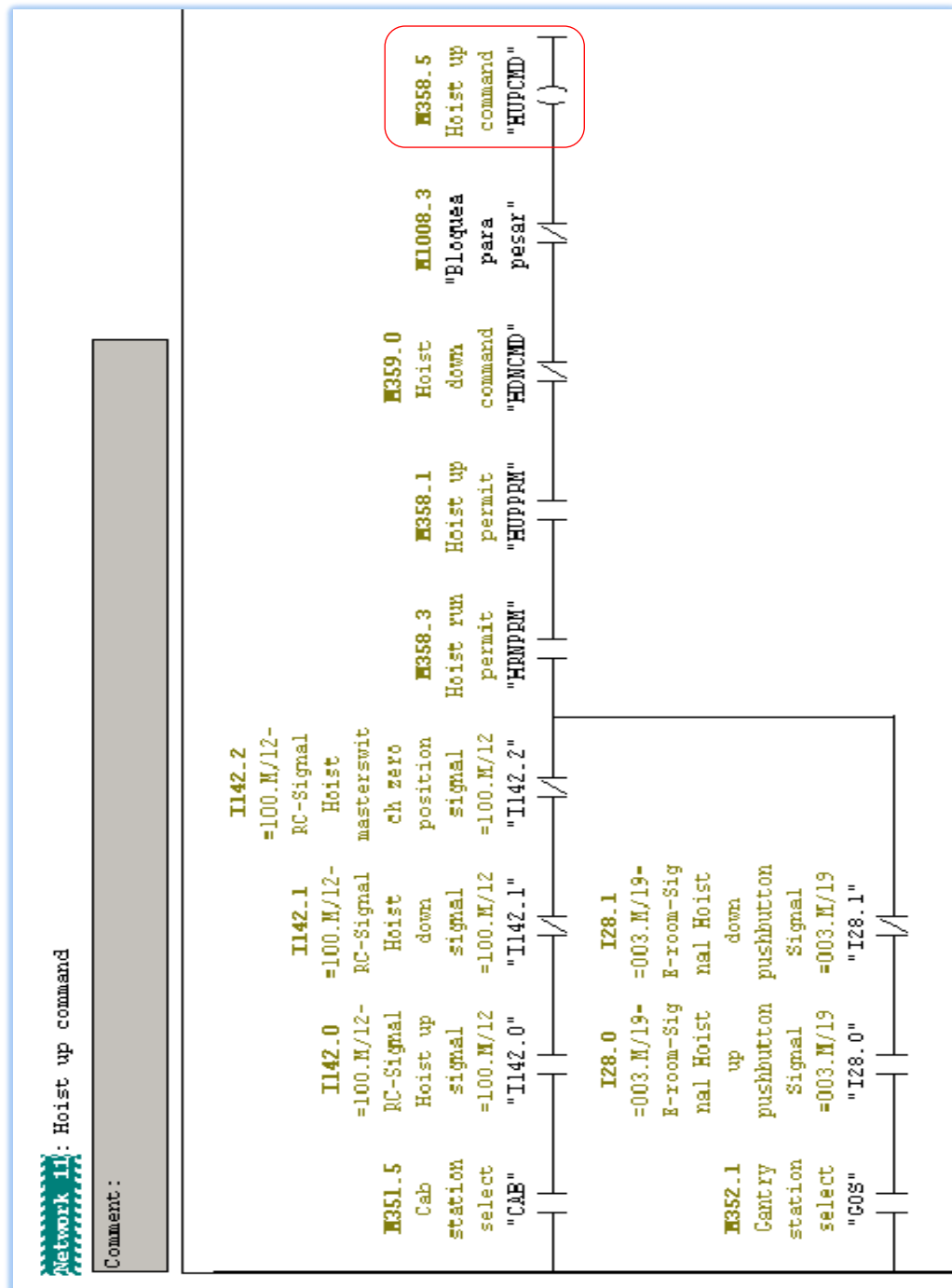


Fuente: Elaboración Autores

3.2.3.1._Descripción de las Variables de la Línea de Programación

La variable hoist up (M358.5), se activa en condiciones de trabajo, por ejemplo las entradas I142.0 , I142.1, I142.2 son provenientes de los microswitch que se encuentran en las palancas de control. Para que el hoist up se active la I142.0 debe estar energizada y la I142.1, I142.2 deben estar inactivas. Vease Figura3.9.

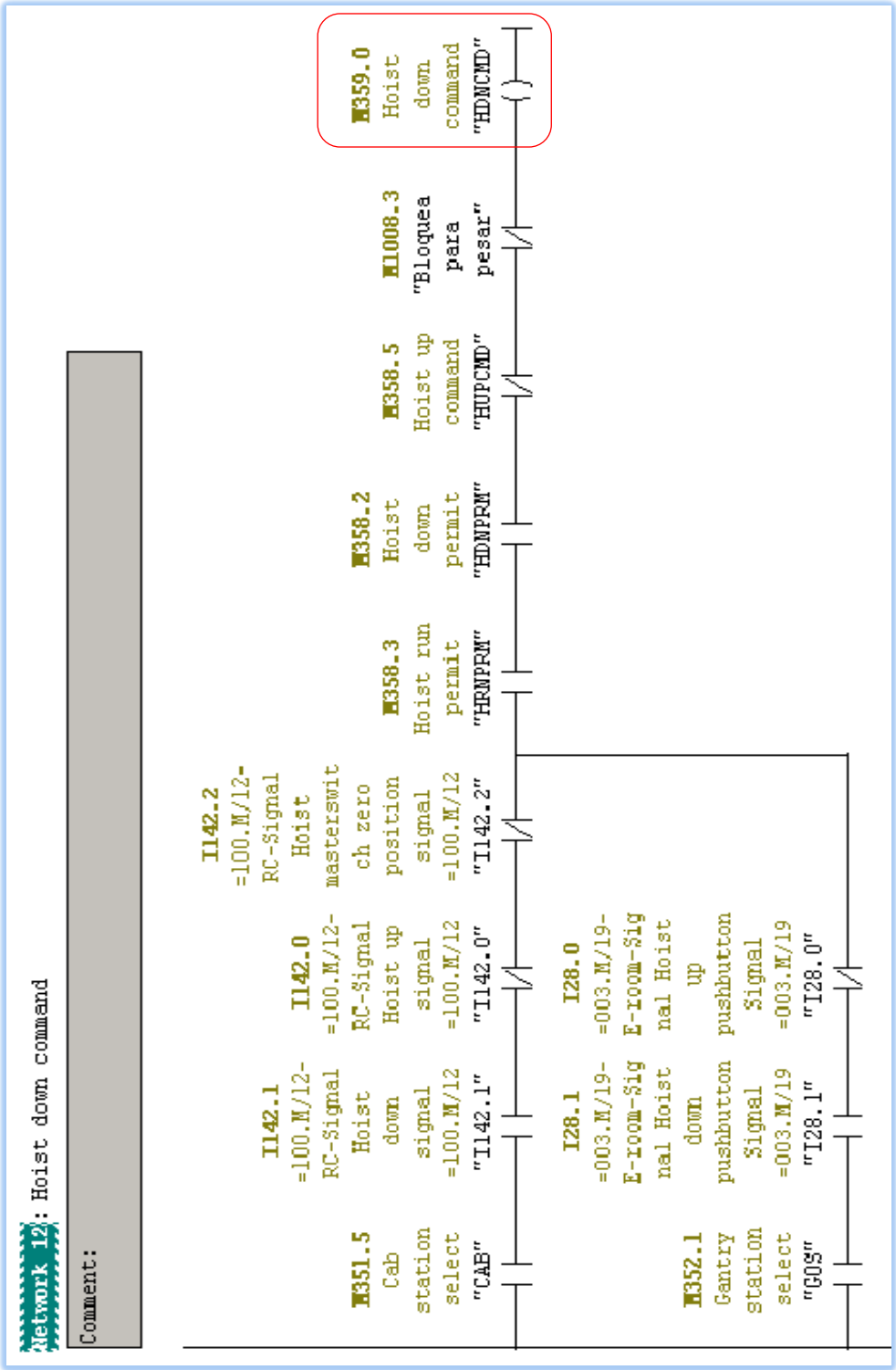
Figura 3.9: Línea de Programación del Hoist Up del PLC



Fuente: Elaboración Autores

La marca hoist down (M359.0) se activa cuando la I142.1 se acciona y la I142.0 - I142.1 están desactivadas. Estas señales se encuentran ubicadas en la palanca del operador .Véase figura 3.10

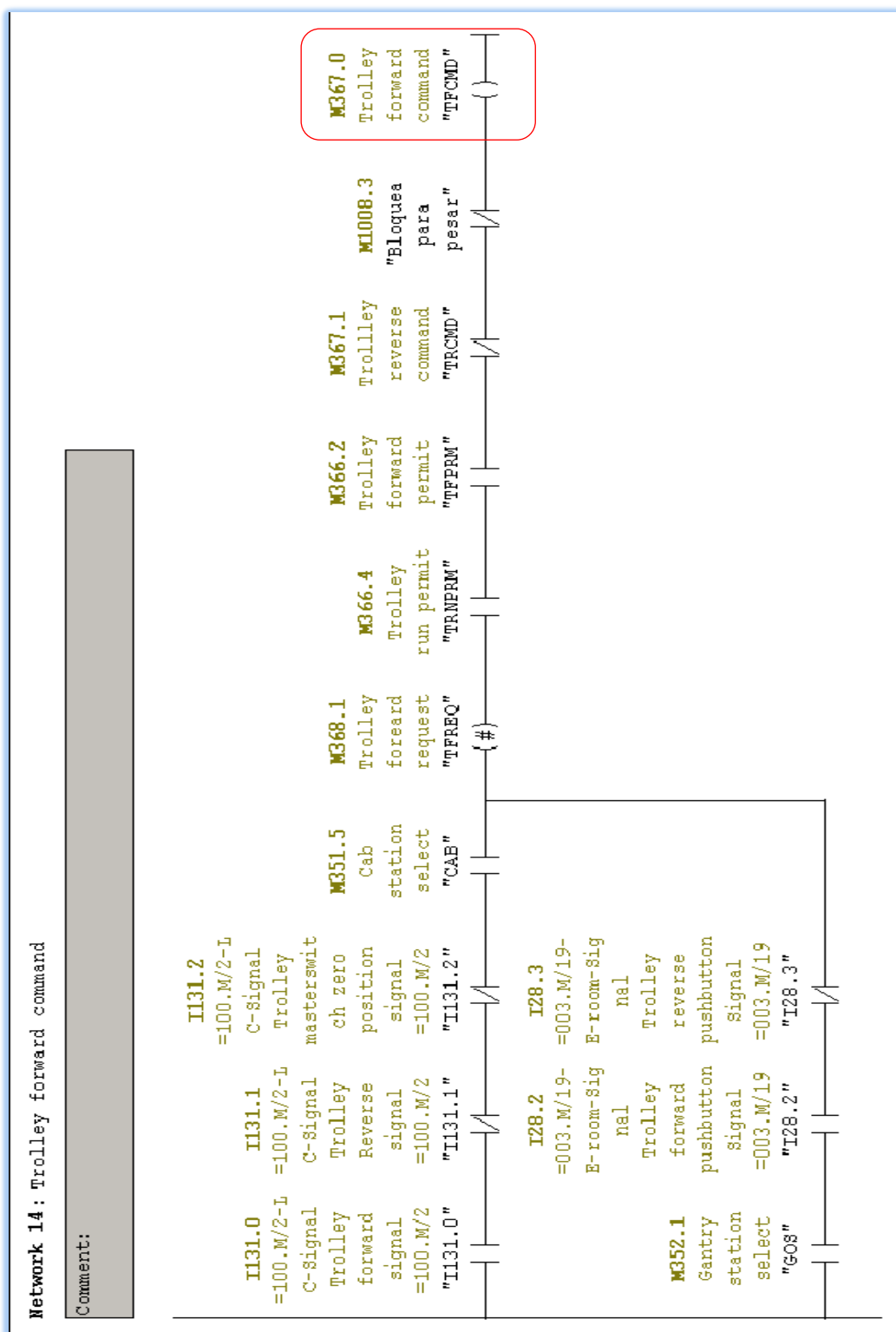
Figura 3.10:Línea de Programación del Hoist Up del PLC



Fuente: Elaboración Autores

La marca trolley forward (M367.0) funciona cuando se activa la señal I131.0, esta entrada es direccionada por el microswitch que se encuentra en la palanca de mando. Véase figura 3.11.

Figura 3.11: Línea de Análisis de Programación del Trolley Forward



Fuente: Elaboración Autores

Figura 3.12: Línea de Programación del Gantry Left del PLC



Culminado el análisis del PLC se puede observar que las señales de activación para los diferentes movimientos se envían desde los controles de mando de acuerdo a las condiciones del programa ya establecidos.

3.2.4._Se realizará una reingeniería del proyecto con la implementación de nuevos segmentos de programación en el PLC y el Logo, además se crearán nuevos planos eléctricos.

Se procederá a desarrollar de manera ordenada la Reingeniería del Proceso de ahorro de combustibles en las Grúas de Patio RTG, los cuales serán mencionados a continuación.

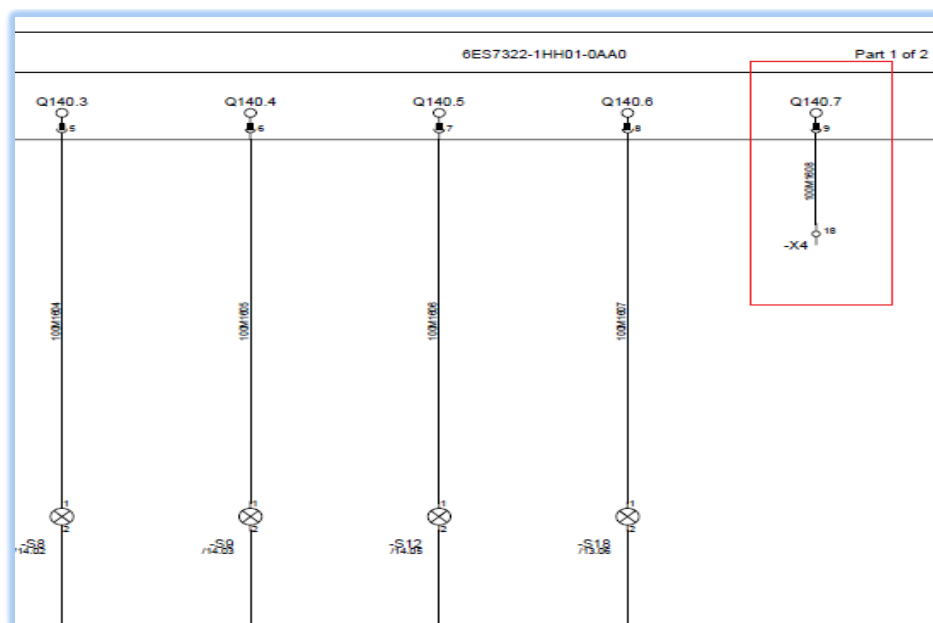
3.2.4.1._Diseño de Segmentos de Programación del PLC a controlar al LOGO

Para la implementación del programa en el PLC se utiliza la variable del programa “ALMCOFF”(M350.5), esta variable sólo funciona cuando la grúa no realiza movimientos y nos dará la indicación para que el sistema de ahorro de combustible entre en funcionamiento.

La activación de esta variable, depende de la palanca de control que envía información al PLC. Esta palanca se encuentra en la cabina de operaciones.

Se diseñará un circuito que utilizará las salidas Q141.5 y Q141.6 del PLC (véase figura 3.16 y 3.17) las cuales ingresarán al Mini PLC Logo.

Figura 3.13: Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009



Fuente: Elaboración Autores

En el Mini PLC LOGO se creará un programa, en el cual se observará en la pantalla los diferentes estados de funcionamiento de la grúa tales como: Control On, Control Off, Relatin, en base a las salidas del PLC.

Las señales del PLC que ingresan a las entradas del LOGO obedecen a una tabla delógica binaria (véase tabla 3.3). Esta lógicabinaria fue diseñada para poder detectar los estados en que se encuentra la grúa ya que en el programa del LOGO se creará condiciones de trabajo para mostrar en la pantalla el estado en que se encuentra la grúa.

A continuación se detalla las señales que enviará el PLC al logo para reconocer el estado de funcionamiento de la grúa.

Cuando las dos entradas estan en 1 - 1 obtendremos el mensaje de Control On
 Cuando las dos entradas estan en 0 – 1 obtendremos el mensaje de Control Off
 Cuando las dos entradas estan en 1 – 0 obtendremos el mensaje de Relantin

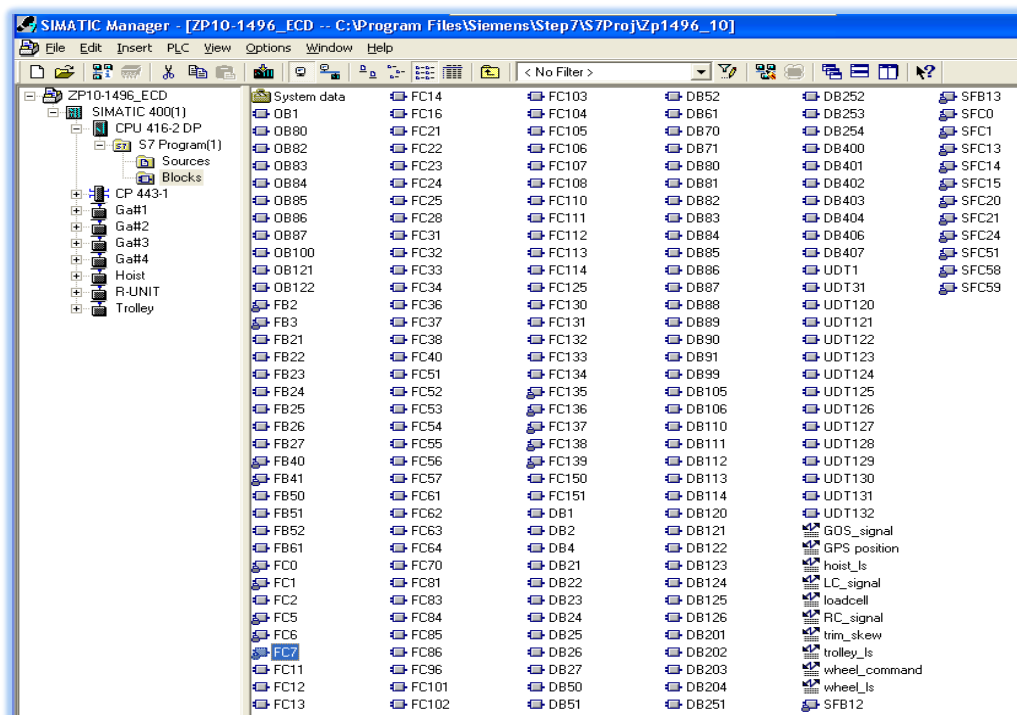
Tabla 3.3: Lógica Binaria

LOGICA BINARIA		
I1	I2	SALIDAS DIGITALES
1	1	CONTROL ON
0	1	CONTROL OFF
1	0	REANTIN (750RPM)

Fuente: Elaboración Autores

En la figura 3.14, se muestra la ubicación del bloque de función FC23, en el cual se realizó la restructuración de los segmentos de funcionamiento del sistema.

Figura 3.14: Creación de Segmentos de Programación.



Fuente: Elaboración Autores

En el network 3 (véase figura 3.16) se considera dos condiciones de trabajo diferentes:

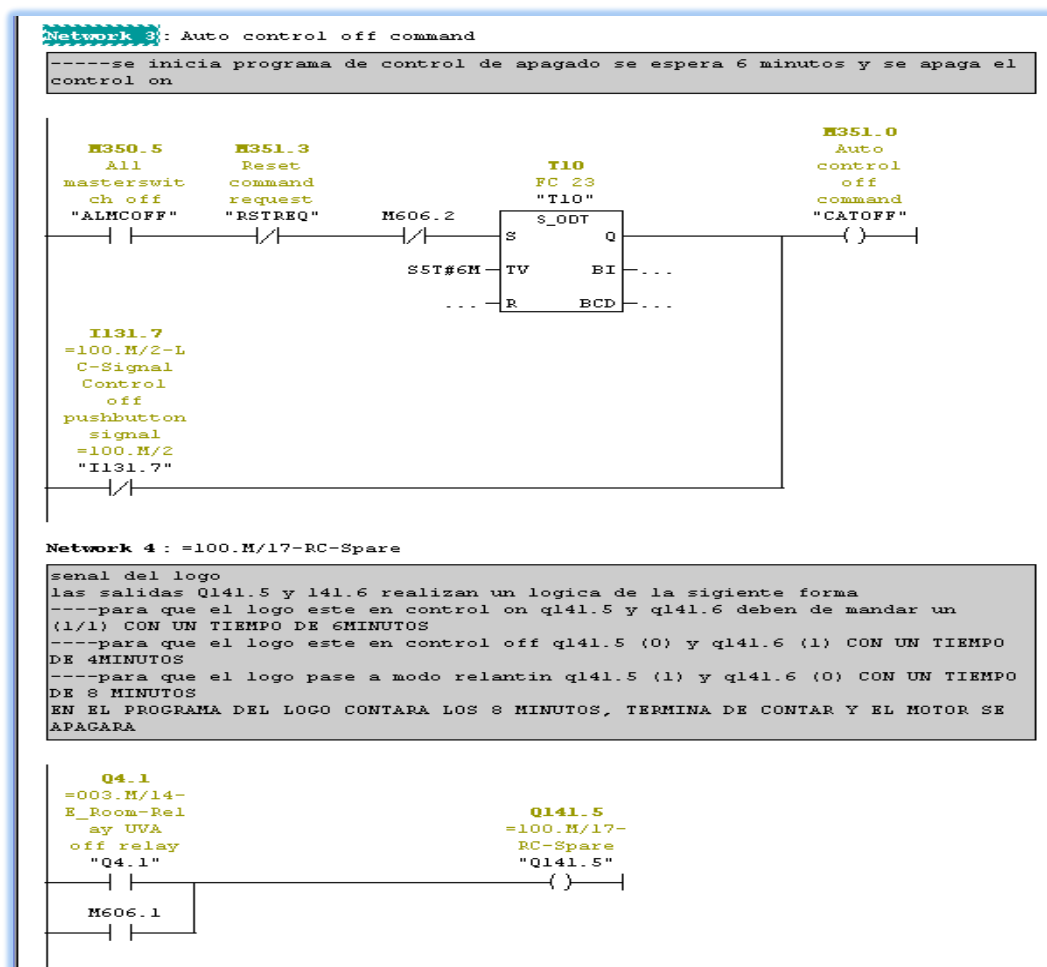
1.-Si la variable ALMCOFF que se encuentra en el network 2 se desactiva por que los movimientos son constantes, entonces el timer (T10) que se encuentra en el network 3 se interrumpirá antes de llegar a 6 minutos, impidiendo activar la variable CATOFF por lo cual el proceso no continuará (véase Figura 3.16).

En estas condiciones de trabajo las salidas Q141.5 y Q141.6 estarán activadas, obteniendo una la lógica binaria de 1-1 (véase tabla 3.3), el cual indica que la máquina está en estado activo y en la pantalla del LOGO se mostrará el mensaje deControl On.

2.- Si la variable ALMCOFF que se encuentra en el network 2 se mantiene activa porque no hay movimientos, entonces el timer (T10) que se encuentra en el network 3 contará hasta llegar a 6 minutos, activando la variable CATOFF (véase figura 3.16.), (CATOFF desactiva los controles de fuerza y mantiene encendidos los controles básicos).

En estas condiciones de trabajo las salidas Q141.5 y Q141.6 (véase figuras 3.16 y 3.17) darán una la lógica binaria de 0-1 (véase tabla 3.3), el cual indica que la máquina está en estado inactivo mientras en la pantalla del LOGO se mostrará el mensaje de Control Off.

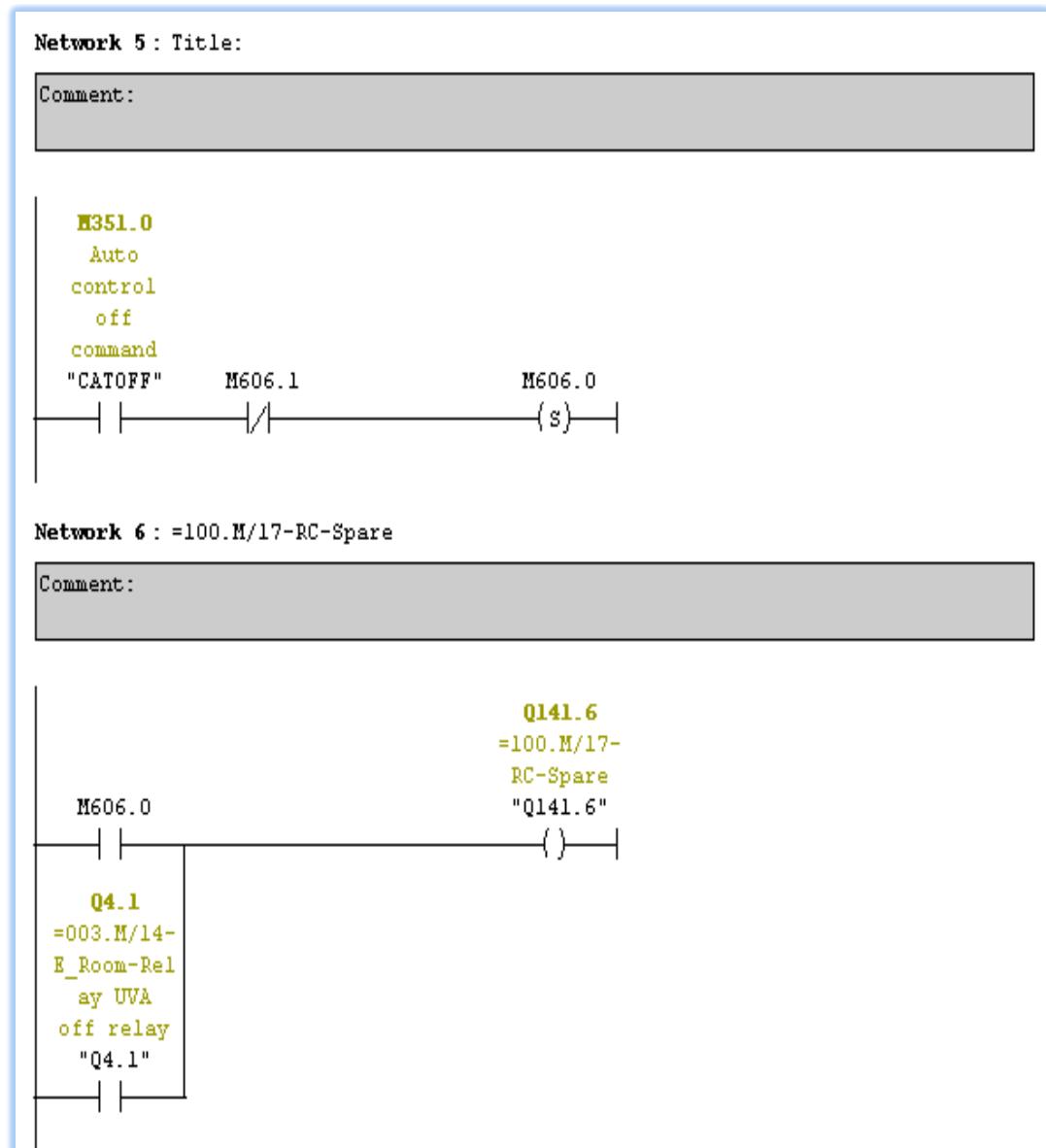
Figuras 3.16: Segmentos de Programación en PLC, Network 3



Fuente: Elaboración Autores

En la figura 3.16 se encuentra el network 4, donde se observa la salida Q141.5 mientras que la figura 3.17 se encuentra el network 6 con la salida Q141.6. Estas salidas se utilizan para realizar una la lógica binaria (véase tabla 3.3) que ingresarán al LOGO.

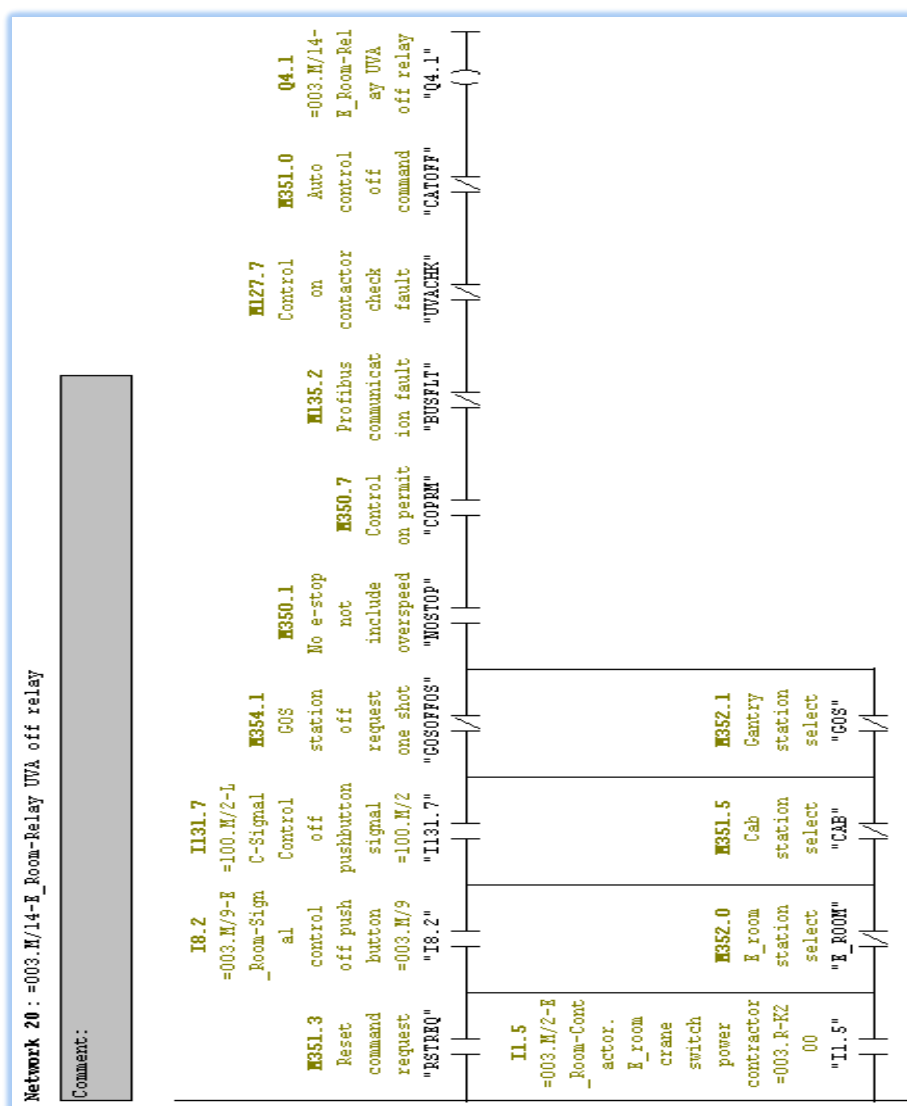
Figuras 3.17: Segmentos de Programación en PLC, Network 5 y6



Fuente: Elaboración Autores

Para la activación de la salida Q4.1 que se encuentra en el network 20 (véase figura 3.18) que comanda la salida Q141.5 (véase figura 3.16), debe de cumplir ciertas condiciones tales como: que la variable **Catoff** no debe estar activada, la comunicación de vía profibus no debe de estar en falla.

Figuras 3.18: Segmentos de Programación en PLC network 20

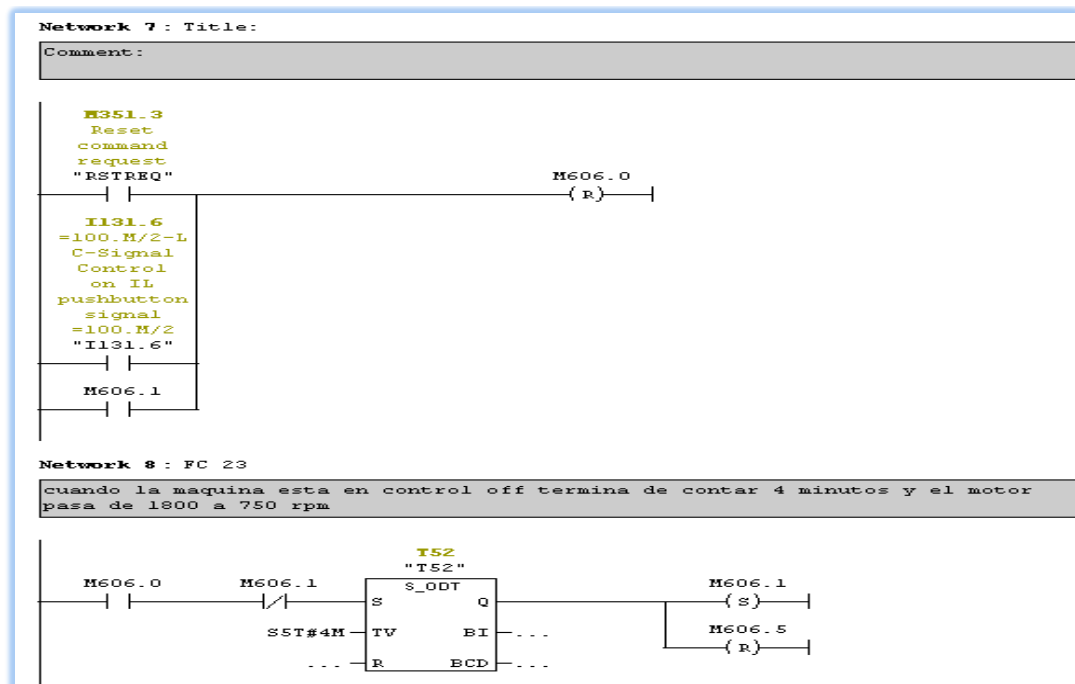


Fuente: Elaboración Autores

Cuando la salida Q141.5 esta desactivada y la Q141.6 está activa, el timer (T52) que está en el network 8 (véase figura 3.19), comienza a contar un tiempo de 4 minutos, para luego mandar a energizar la variable M606.1 el cual activará la salida Q141.5 (véase figura 3.16) y desactivará la salida Q141.6 (véase figura 3.17), donde conllevará a una lógica de 1-0. Estas señales ingresarán al LOGO para poder disminuir las RPM del motor, a través de la salida comandada por el programa creado internamente, el mismo que contará un tiempo de 8 minutos. Además se muestra en la pantalla del LOGO el mensaje de relantín. Si este proceso de conteo de 8 minutos no es suspendido, entonces se enviará una señal al motor para que se apague.

En el network 7 de la figura 3.19 se puede apreciar el sistema de reseteo a través de la variable M606.0, el cual se activa cuando se presiona el pulsante que se encuentra en la cabina del operador de reset (M351.3), impidiendo que el motor se apague aumentando sus revoluciones a 1800rpm y cambie del estado de relantín a control off.

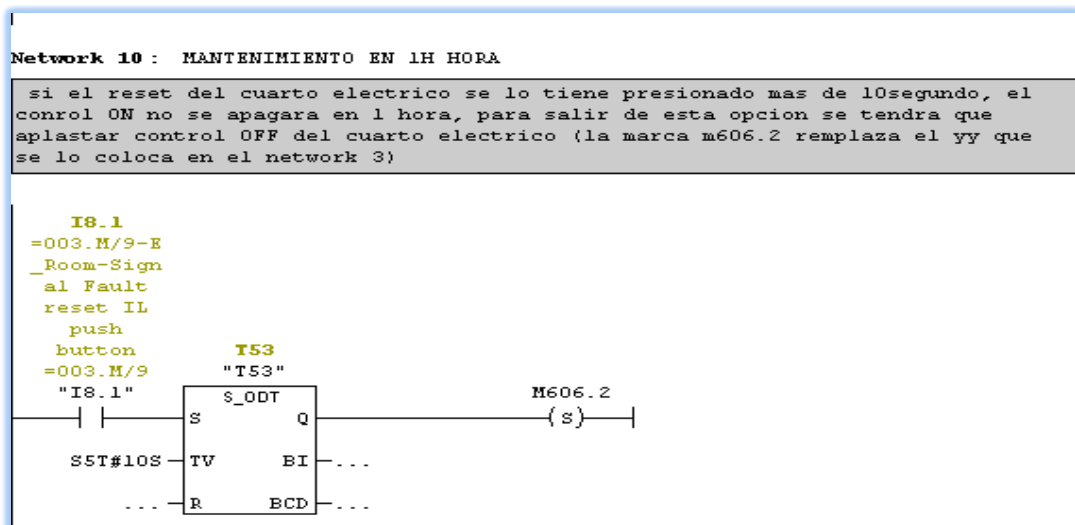
Figuras 3.19: Segmentos de Programación en PLC, Network 7 y 8



Fuente: Elaboración Autores

Para poder realizar los mantenimientos se creó en el network 10 y 11, los mismos que son una opción de deshabilitar el sistema para facilitar al técnico poder mantener la grúa encendida sin realizar movimientos por un periodo de 1 hora, para lo cual tiene que presionarse el pulsante de reset (I8.1) que se encuentra en el cuarto eléctrico durante 10 segundos (el pulsante utilizado reset, sirve para resetear fallas en cualquier momento, por este motivo se lo tiene que tener presionado el tiempo de 10 segundos, para que funcione el modo de mantenimiento). (Véase figura 3.20).

Figuras 3.20: Segmentos de Programación en PLC, Network 9 y 10

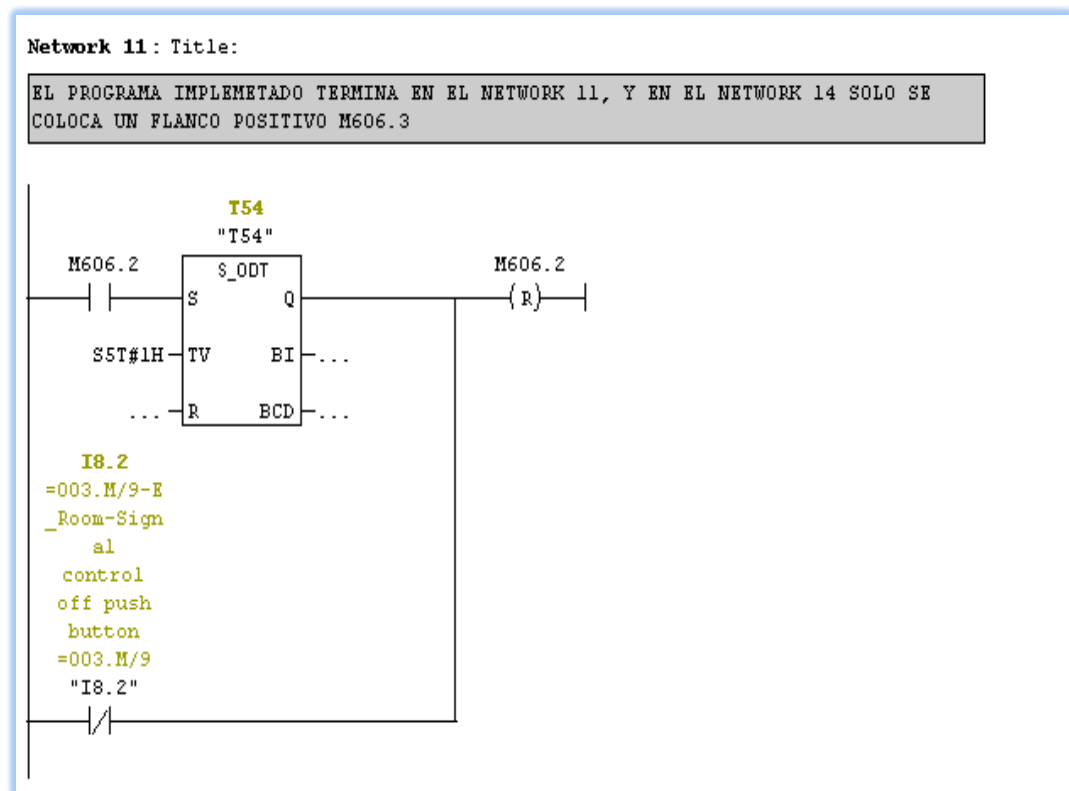


Fuente: Elaboración Autores

En la figura 3.21 se encuentra el timer (T54) que se energizará cuando la marca M606.2 se active porque el pulsante I8.1 (véase figura 3.20) se mantuvo presionado durante 10 segundos.

Cuando el timer (T54) del network 11(véase figura 3.21) termine de contar el tiempo de una hora el sistema de ahorro detectará si hay movimientos para poder iniciar su funcionamiento.

Figuras 3.21: Segmentos de Programación en PLC, Network 11



Fuente: Elaboración Autores

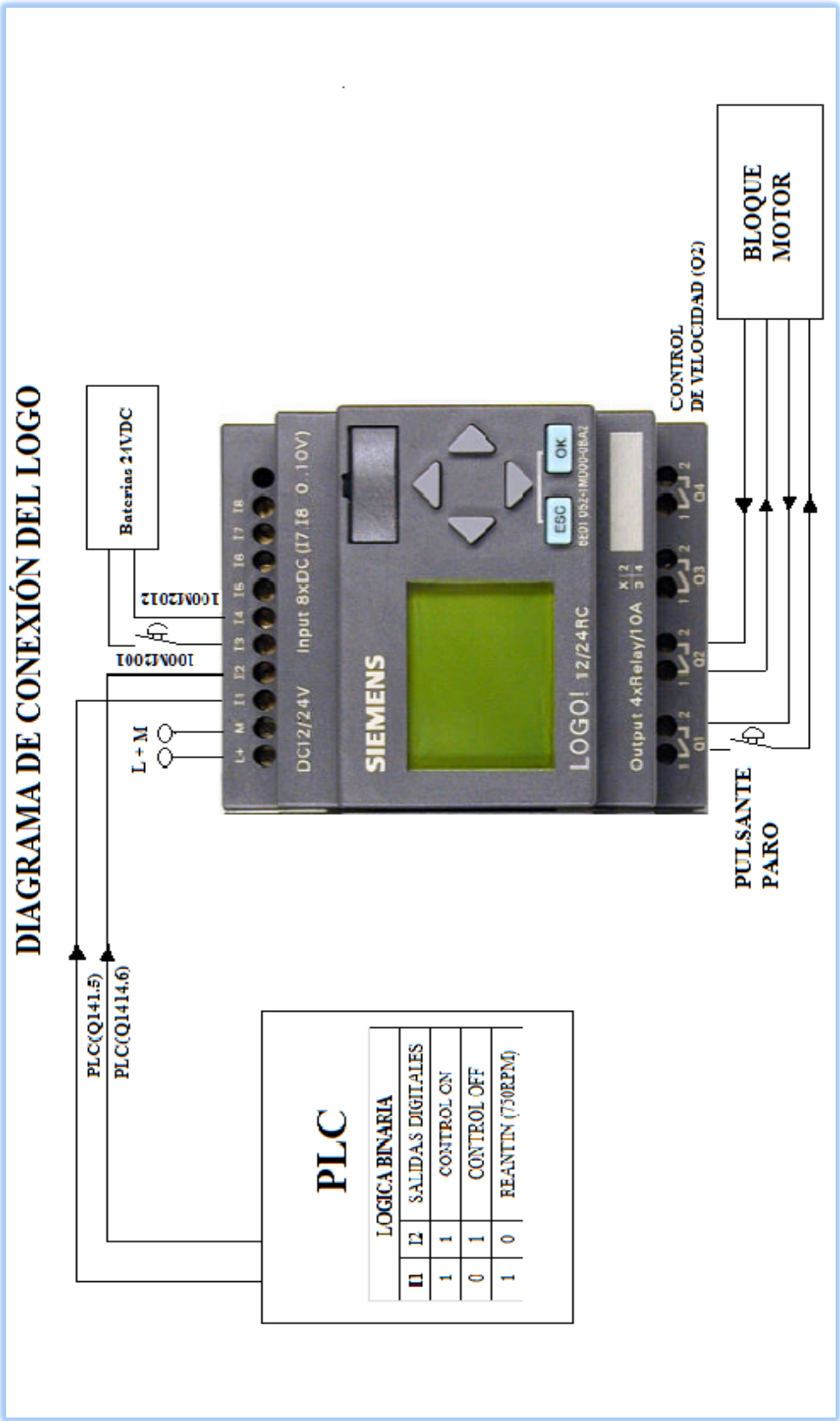
3.2.4.3._Elaboración de Planos Eléctricos y Programación del MINI PLC LOGO

Una vez culminado la programación en el PLC de la máquina e identificadas las dossalidas que se van a utilizar para enviar la información al LOGO, se procederá a realizar la el diseño eléctrico de las conexiones del LOGO. Este equipo será colocado en la cabina del operador, cerca del control de mando, esto es debido a que su alimentación de 24VDC es proveniente del banco de baterías que se encuentra en el cuarto de motor.

A continuación se muestra el circuito eléctrico para la conexión de sistema del control automático de ahorro y el diagrama de programación del LOGO, el cual estará diseñado para receptar la información del PLC que enviará en código binario ya establecido.

3.2.4.4._Diagrama de Control en LOGO

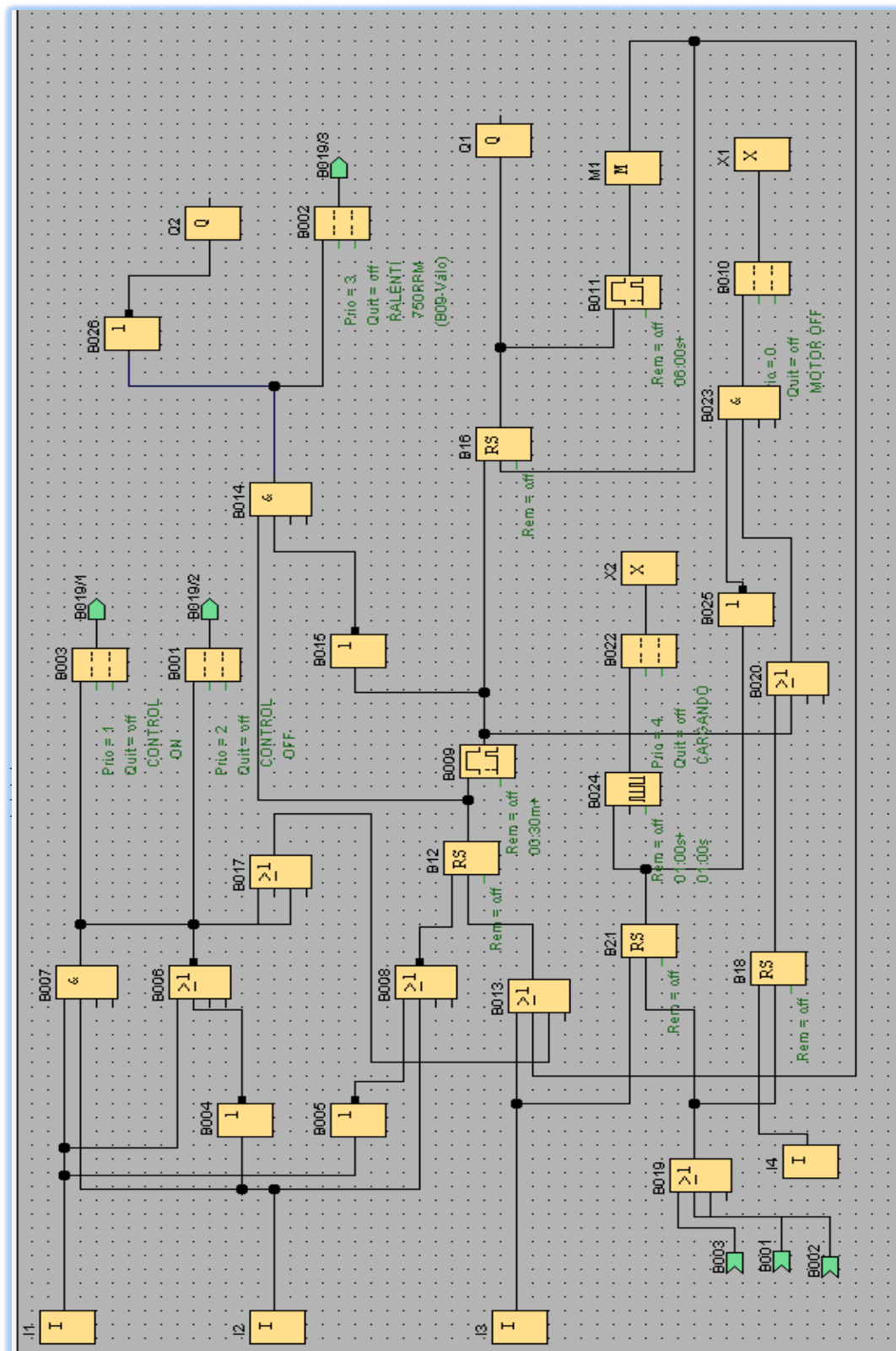
Figuras 3.22:Conexiones en LOGO.



Fuente: Elaboración Autores

3.2.4.5_Diagrama de la Programación en LOGO

Figuras 3.23:Segmento de Programación en LOGO.



Fuente: Elaboración Autores

3.2.4.6._Descripción de Conexión enLogo

Para el funcionamiento del sistema de ahorro, el PLC enviará señales a través de las salidas Q141.5 y Q141.6 en forma de combinación binaria, estas ingresarán al LOGO por las entradas digitales I1 y I2, el cual tendrá un programa creado, que de acuerdo a sus estados de trabajo tales como: Control On, Control Off, Relantín enviará a activar sus salidas Q1 y Q2, donde Q1 es la que controla el apagado del motor y Q2 es el cambio de las revoluciones.

La señal de la entrada I3 es proveniente del encendido del motor y la entrada I4 se la utiliza con una alimentación directa para la activación del programa interno en el logo. (Véase figura 3.22.)

3.2.4.7._Componentes Utilizados

Para el sistema a implementarse se utilizó la salida digital del Módulo ET-200 M-SM322/ DO 16 que tiene una salida de 24VDC y corriente de control hasta 1Amp. (Véase Foto 3.1.)

Esto se encuentra ubicado en la cabina del operador en la parte inferior del control de mando, ya que posee señales libres y disponibles.

Foto 3.1: Modulo ET-200 MSM322/DO 16.



Fuente: Elaboración Autores

El conductor que se utilizó es de #16 que soporta una intensidad de 13 Amperios, ya que, la corriente que circula por el sistema de control es inferior a los 2Amp. Véase Tabla 3.4

Tabla 3.4_Selección de Conductor a utilizar en conexiones.

CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE EN AMPERES

Temperatura ambiente: 30 °C
Temperatura admisible en el conductor: 70 °C (TW-70; TWF-70; TWT-70)
Temperatura admisible en el conductor: 90 °C (THW-90; THWF-90; XHHW-90; CAI; CAI-S)

CONDUCTOR		CAPACIDAD DE CORRIENTE Ampere			
Calibre AWG-MCM	Sección mm ²	Instalaciones en Tubo Máximo Tres Conductores		Instalaciones al Aire Libre	
		TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR			
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
18	0,821	9	14	13	18
	1,0	11	16	16	24
16	1,31	13	18	19	24
	1,5	15	22	23	27
14	2,08	20	25	28	35
	2,5	20	27	28	35
12	3,31	25	30	33	40
	4	26	34	35	46
10	5,26	34	40	48	55

Fuente:<http://www.latincasa.com.mx/>

Se utiliza un LOGO 12/24RC 6ED1 052-1MD00-0BA6, con 4 salidas tipo Relay. Véase Figura 3.24.

Se decidió comprar este tipo de Logo porque tiene salida de Relay,el cual nos permite utilizar cualquier tipo de Voltaje.

Figura 3.24_Características Técnicas del LOGO Siemens 12/24RC

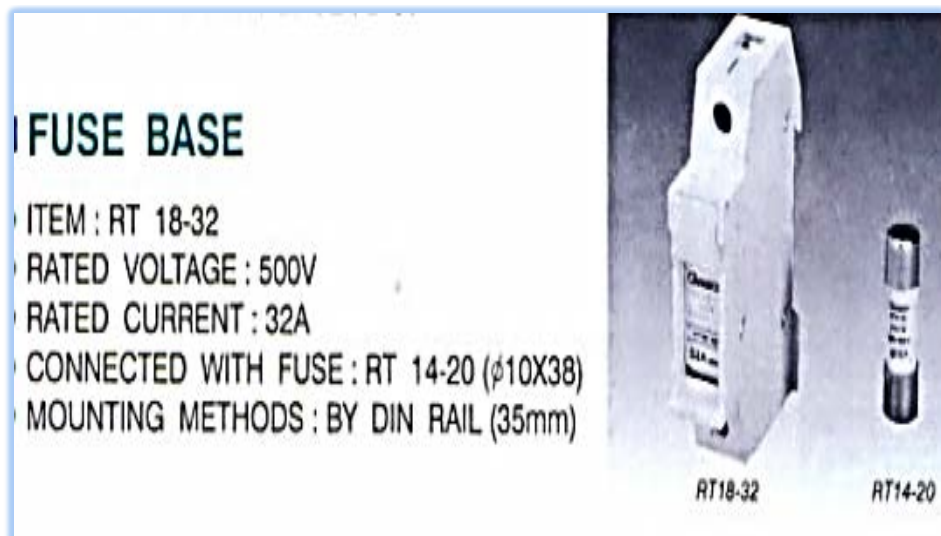
Basic units	LOGO! 12/24RC [®] , LOGO! 12/24RC [®]
Inputs	8
of these usable as analog inputs	4 (0 to 10 V)
Input/supply voltage	DC 12/24 V
Permissible range	10.8 V DC to 28.8 V DC
On "0" signal	Max. 5 V DC
On "1" signal	Min. 8.5 V DC
Input current	1.5 mA (I3 to I6), 0.1 mA (I1, I2, I7, I8)
Outputs	4 relays
Continuous current	10 A for resistive load; 3 A for inductive load
Short-circuit protection	External fuse required
Operating frequency	2 Hz for resistive load; 0.5 Hz for inductive load
Power consumption	0.7 to 2.1 W (12 V) 1.0 to 2.4 W (24 V)
Cycle time	< 0.1 ms/function
Real-time clock/calendar/ retentive data memory backup	Yes/typ. 80 h (2 years with battery module)
Connecting cables	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²
Ambient temperature	0 to +55 °C



Fuente:<http://www.automation.siemens.com/>

Se utiliza una base porta fusible tipo cartucho para rielyfusible de 2 Amp.de 10 x 32 para protección del logo. Véase Figura 3.25.

Figura 3.25_Características Técnicas de la Base de Fusible.



Fuente: www.sumelec.net/

Se utiliza terminales tipo pin de color rojo que soporta 19Amperios para las diferentes conexiones. Véase Figura 3.26.

Figura 3.26_Características Técnicas del Terminal tipo Pin

Rojo	Dimensiones (mm)			
	F	L	H	D Φ
PTV 1.25-10	1.9	20	10	4.3
PTV 1.25-12	1.9	22	10	4.3
Sección del Conductor: 0.5-1.5mm ² (A.W.G22-16) I _{max} =19A Material: Cobre Espesor:				



Fuente: www.sumelec.net/

3.3._Presupuesto de Materiales del Proyecto

En la tabla 3.5 se muestra el presupuesto de los materiales usados para el desarrollo del proyecto, donde se detalla la cantidad y precio unitario de cada equipo y herramientas .Además se hace una proyección del costo de los materiales utilizados en una y en 8 grúas.

En esta etapa se menciona los materiales usados para la Implementación del proyecto mejorado.

Tabla 3.5: Presupuestode Materiales y Mano de Obra del Proyecto.

Descripción de Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Costo de 1 grúa \$	Costo de 8 Grúas \$
LOGO 12/24RC 6ED1 052-1MD00-0BA6	1	114	114	912
Software para LOGO de siemens RC24vdc	1	50	50	400
Cable transferencia de datos PC -Logo	1	40	40	320
Fusible de 2 Amp de 10 x 38	1	6,4	6,4	51,2
Destornilladores Plano fino	1	3	3	24
Destornilladores Estrella	1	3	3	24
Cortadora	1	2,5	2,5	20
Base Porta Fusible de 2 Amp de 10 x 38	1	0,5	0,5	4
Riel Din (Jriet001)	1,00	2,28	2,28	18,27
Terminales tipo punta número 12-14	15	0,06	0,9	7,2
Pulsantes (reset)	2	3	6	48
Cable nro. 16 flexible(metros)	10	0,5	5	40
Amarras	6	0,06	0,36	2,88
Tornillos de 3/4 "	12	0,6	7,2	57,6
Total de Materiales			\$241.14	\$1929.15
Costo por mano de obra de la implementación y funcionamiento del Proyecto				\$2000
Costo por diseño del Proyecto (Ingeniería)				\$1500
Costo Total del Proyecto				\$5429.15

Fuente: Elaboración Autores

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la implementación del presente proyecto se desarrolló las siguientes etapas:

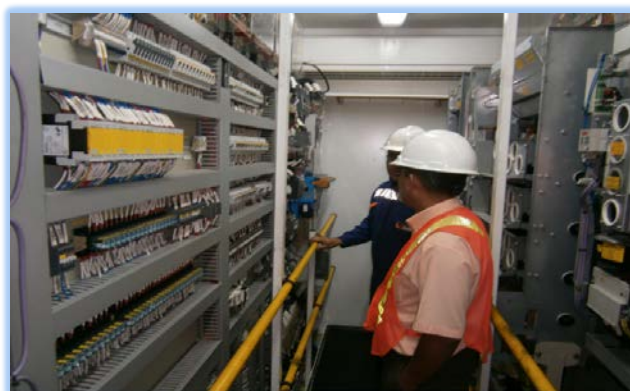
- 4.1._Instalación y funcionamiento del Mini PLC Logo
- 4.2._Implementación del sistema remoto
- 4.3._Análisis de los valores obtenidos

A continuación se detalla el desarrollo de cada uno de las etapas.

4.1._Instalación y funcionamiento del Mini PLC Logo

Para poder Instalar el LOGO se verificó las señales del cuarto de control que actúen en las condiciones normales de trabajo y que lleguen a la cabina del operador a través de módulos ET200 comandados por el PLC. Véase foto 4.1.

Foto 4.1:Cuarto de Control y Verificación de Señales



Fuente: Elaboración Autores

Se verifican señales de salida que estén disponibles en el módulo ET 200 que está ubicado en el cabina de control del operador, para usarlas en el diseño, una vez obtenida la información se procede a instalar el LOGO. Véase fotos 4.2 y 4.3.

Foto 4.2: Verificación de Señales

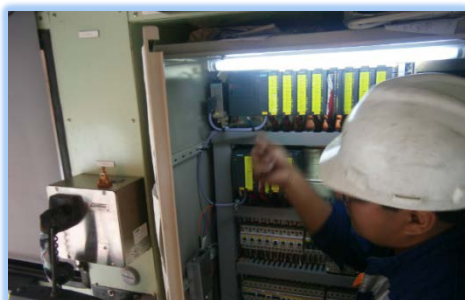


Foto 4.3: Alojamiento del Logo



Fuente: Elaboración AutoresFuente: Elaboración Autores

En las Fotos 4.4 y 4.5, se observa el trabajo al momento de la instalación.

Foto 4.4: Instalación del Logo



Foto 4.5: Bastidor del Logo



Fuente: Elaboración AutoresFuente: Elaboración Autores

Una vez terminado todo el cableado se verifica las alimentaciones antes del funcionamiento. Véase foto 4.6.

Foto4.6: Instalación del LOGO en consola del Operador

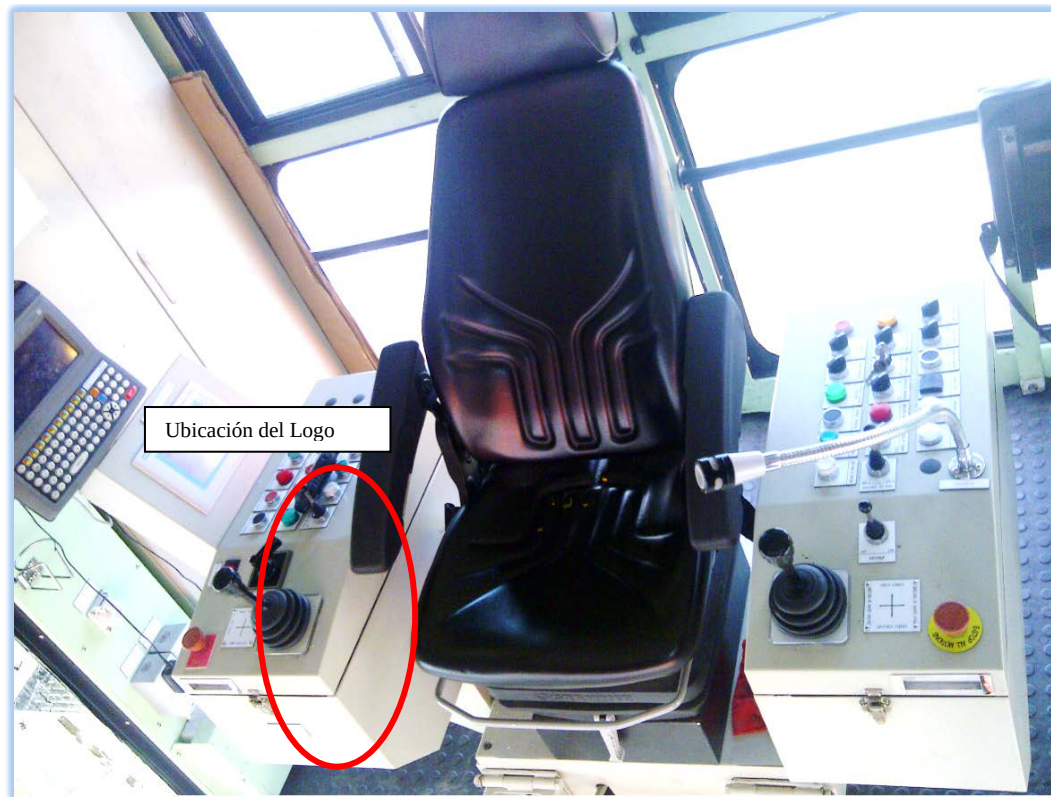


Fuente: Autores

En la foto 4.6 se puede observar la vista interior de la cabina del operador en donde se implemetó el circuito de LOGO.

En la foto 4.7 se detalla la ubicación con un círculo rojo en donde se colocó el LOGO.

Foto4.7: Cabina del Operador, Consola donde se Instaló el LOGO



Fuente: Elaboración Autores

4.1.2._Pruebas de Funcionamiento del Sistema

Después de instalar el circuito de control (LOGO) en la cabina de control del operador se realiza pruebas con sus diferentes etapas tales como: Control On, Control Off, Relantín, Grúa Apagada, grúa en proceso de arranque

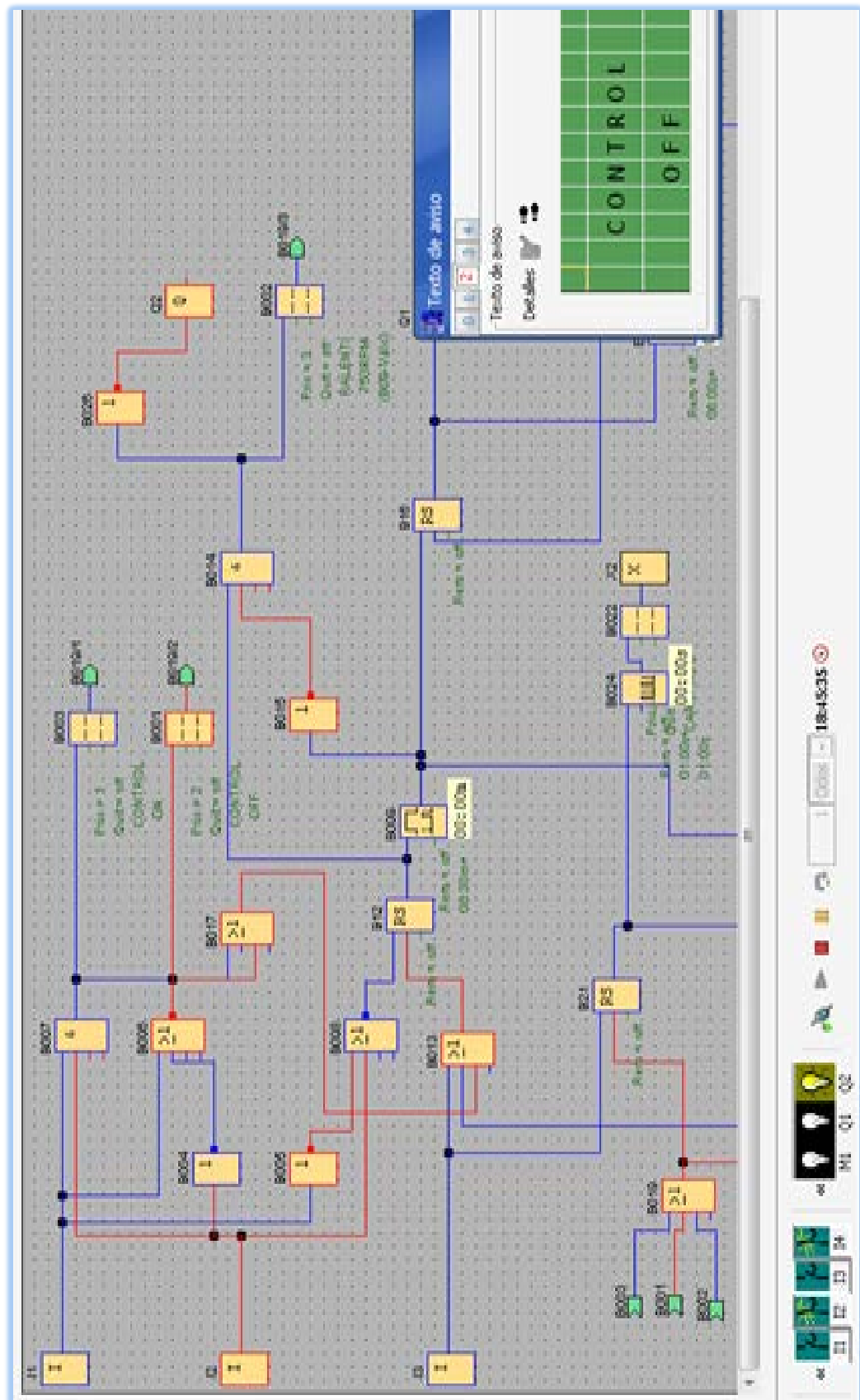
A continuación se observa el diagrama de programación del LOGO y las diferentes etapas de funcionamiento

4.1.2.1._Etapa 1._Grúa en Control OFF

Para que se pueda mostrar el mensaje de CONTROL OFF, en el logo se debe ingresar las señales que salen del PLC las cuales son: Q141.5 y Q141.6, las mismas que realizan la lógica 0-1.

En esta etapa el programa en el PLC cuenta un tiempo en el timer T52 de 4 minutos (véase figura 3.19) para poder disminuir las revoluciones del motor a través de la salida Q2 del LOGO. Véase figura 4.1.

Figuras 4.1: Segmentos de Programación del LOGO, Estado Control OFF

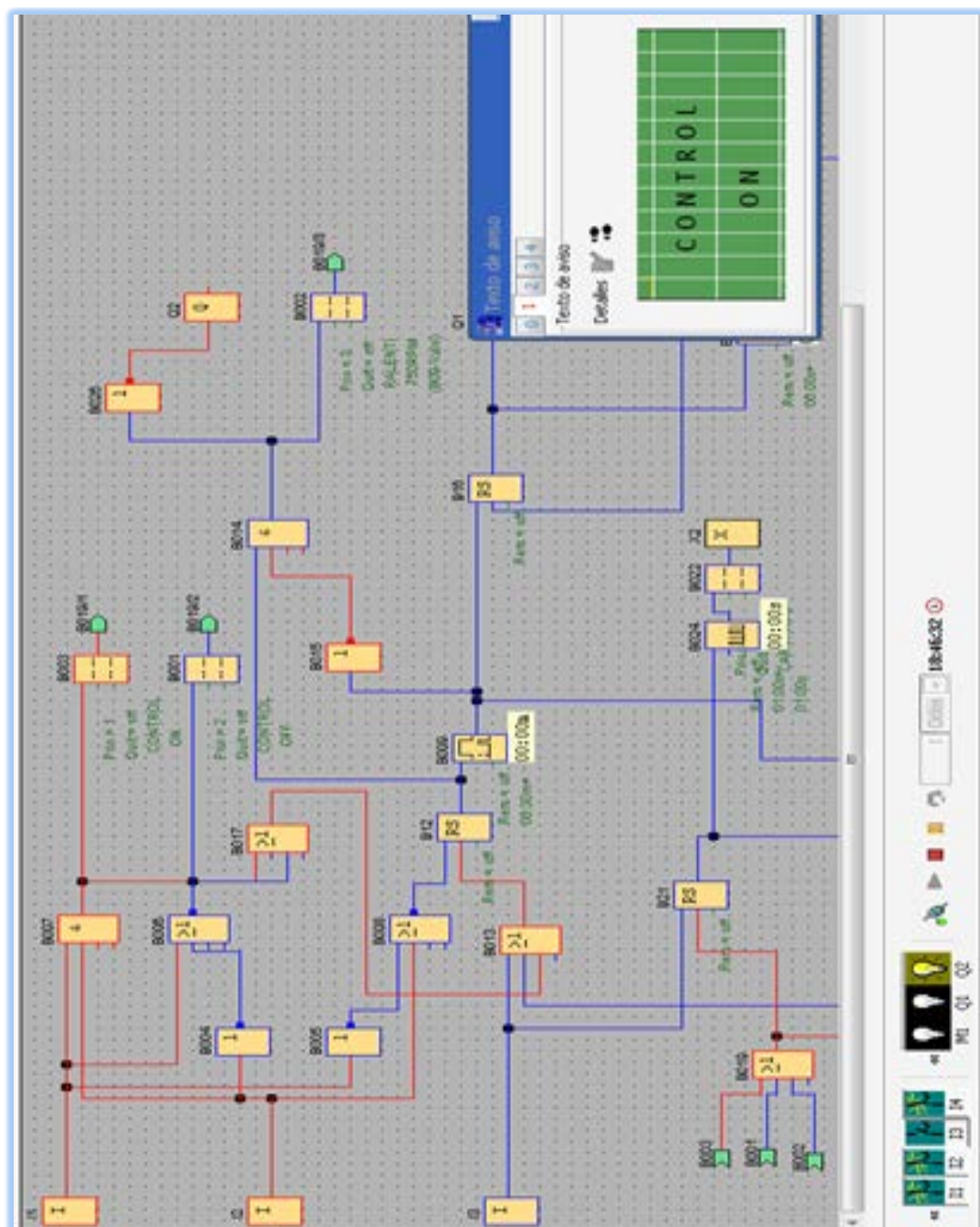


Fuente: Elaboración Autores

4.1.2.2._Etapa 2._Grúa en Control On

Para que se pueda mostrar el mensaje de CONTROL ON en el LOGO, se debe ingresar las señales que salen del Plc las cuales son: Q141.5 y Q141.6 las mismas que realizan una lógica binaria de 1-1. En esta etapa el programa en el PLC cuenta un tiempo en el timer T10 de 6 minutos para poder apagar el Control ON y cambiar al siguiente estado Control OFF. Véase Figura 4.2.

Figuras 4.2: Segmentos de Programación del LOGO, Estado Control ON



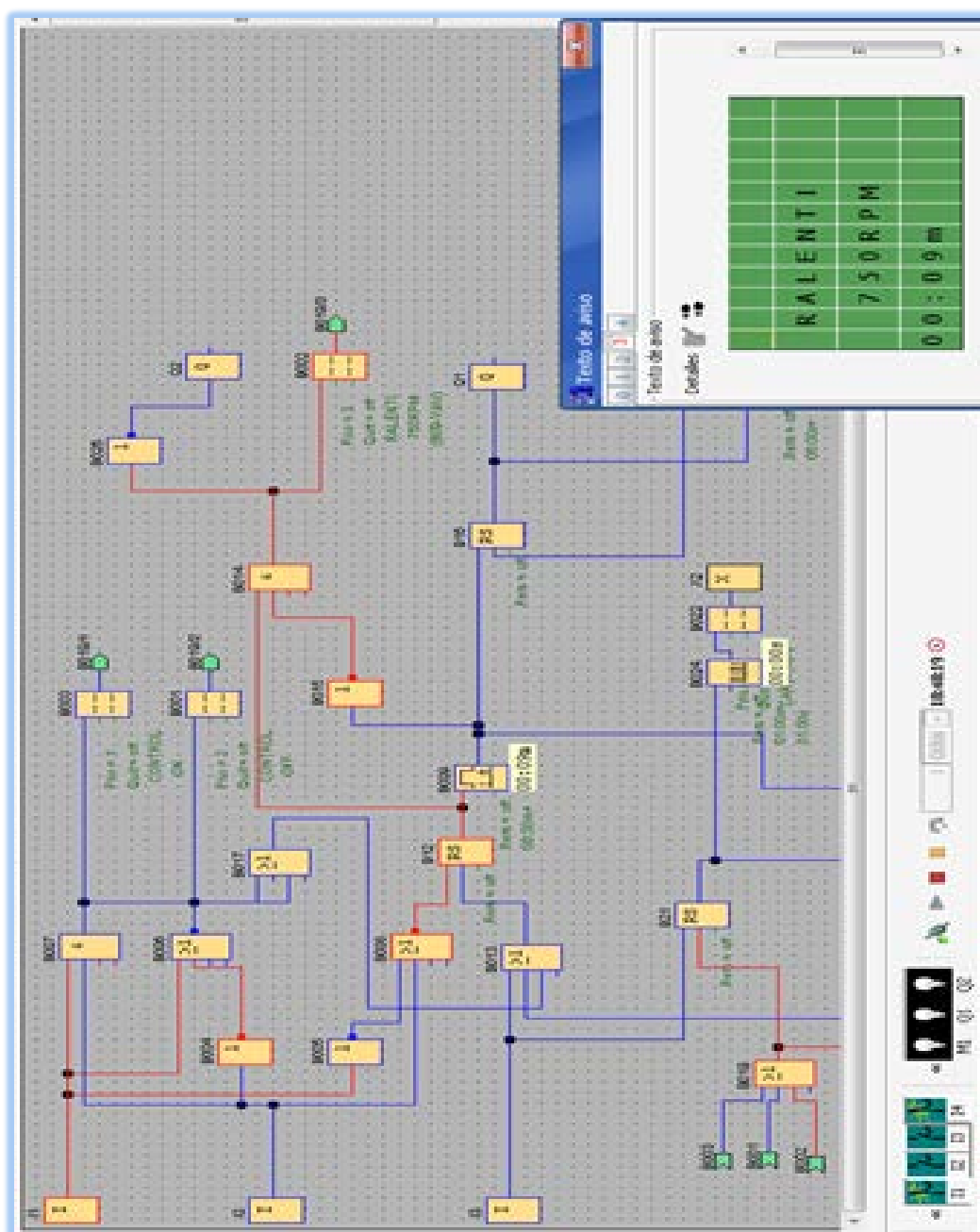
Fuente: Elaboración Autores

4.1.2.3._Etapa 3._Grúa en Relantín

Para que se pueda mostrar el mensaje de RELANTIN en el LOGO, el programa en el PLC cuenta un tiempo en el timer (T52) de 4 minutos el cual desactivará el estado de Control Off para pasar al estado de Relantín y con esto disminuir las revoluciones del motor a través de la salida Q2 del LOGO, las dos señales que salen del PLC las cuales son: Q141.5 y Q141.6 deben de cumplir la lógica 1-0.

En esta etapa de Relantín el PLC no dará la orden de apagar la grúa, esta orden la dará el LOGO, ya que en su programa creado cuenta un tiempo de 8 minutos, una vez culminado este tiempo el LOGO mandará un pulso a través de la salida Q1 (Véase figura 4.3) para apagar la grúa.

Figuras 4.3: Segmentos de Programación del LOGO, Estado Relantín

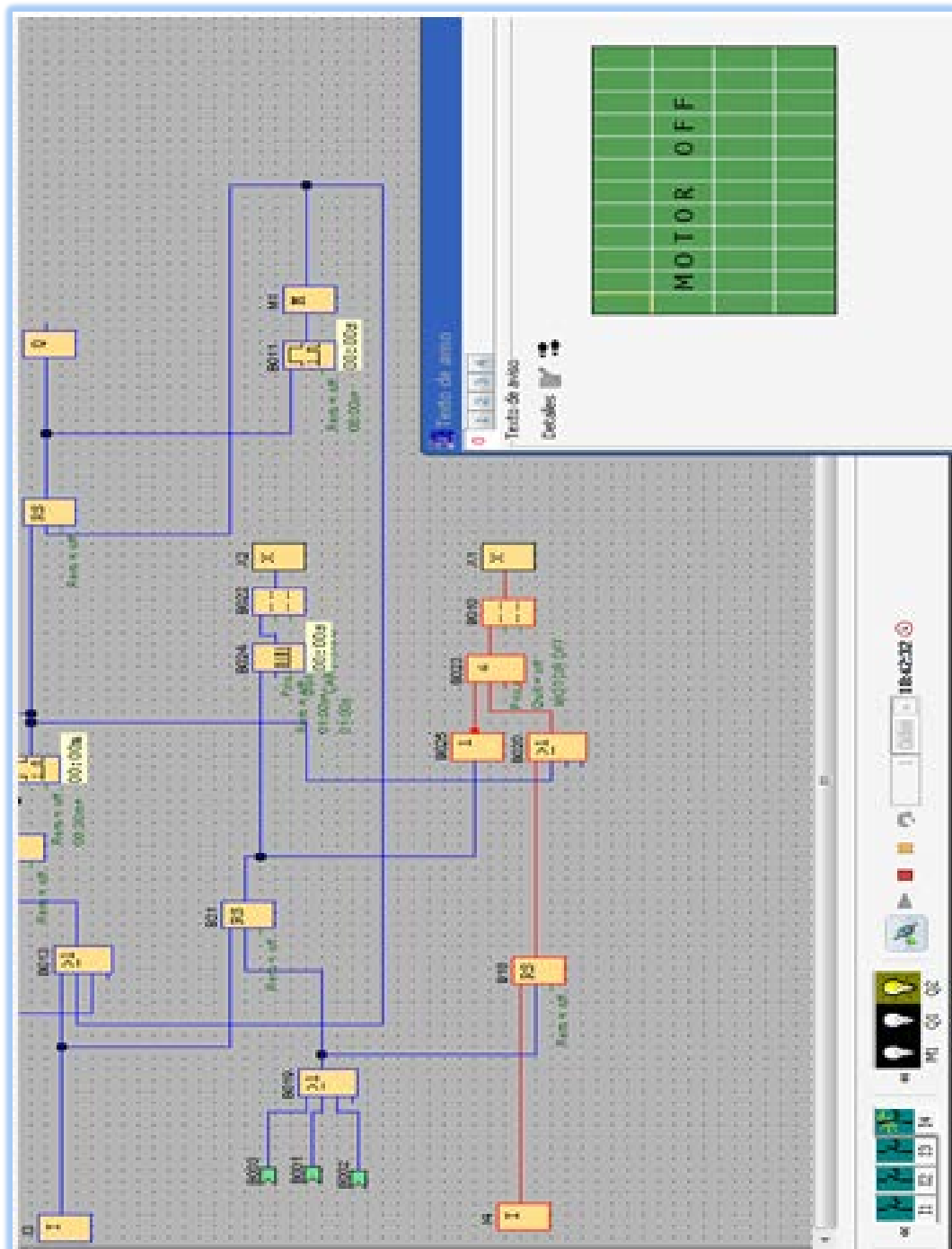


Fuente: Elaboración Autores

4.1.2.4._Etapa 4.GrúaApagada

Cuando la grúa está apagada totalmente y no hay energía, el LOGO sigue funcionando porque su alimentación es proveniente de las baterías. La entrada digital I4 que siempre está activada por la energía de las baterías y como el PLC no manda señal por estar sin energía, el LOGO mandará activar un mensaje en pantalla "Motor Off" que significará motor apagado. (Véase figura 4.4.)

Figuras 4.4: Segmentos de Programación del LOGO, Estado Motor Off

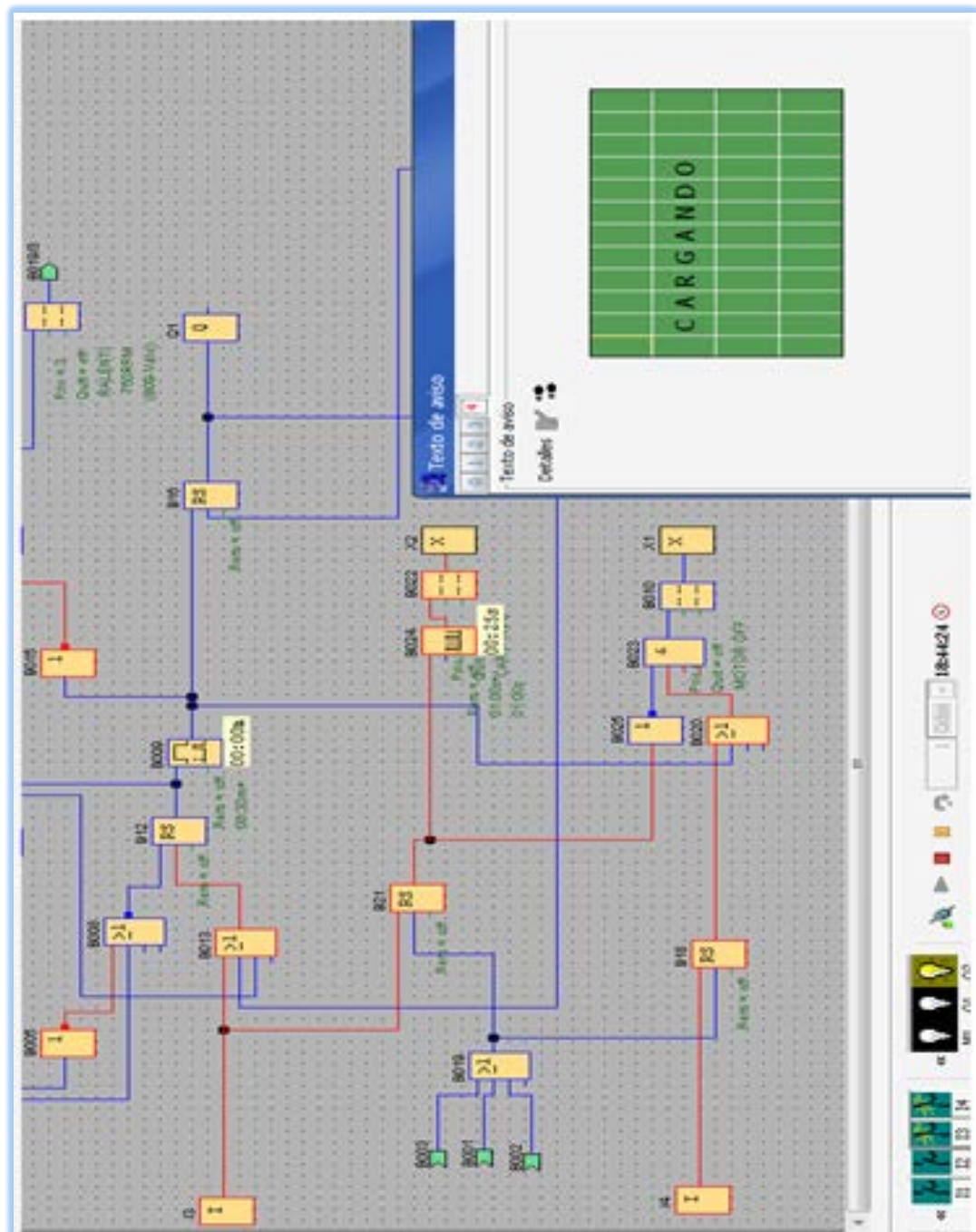


Fuente: Elaboración Autores

4.1.2.5._Etapa 5._Grúaen Proceso de Arranque

Al momento de encender la grúa, en el LOGO recibe una señal del pulsante de arranque de motor y en la pantalla se mostrará un mensaje de CARGANDO, una vez que el motor alcance su velocidad nominal de 1800 rpm, entonces el generador entregará energía a la grúa por consiguiente el PLC entrará a funcionar y a su vez se enviarán las señales respectivas del proceso lógico binario a través de las salidas Q141.5 y Q141.6 del PLC para que el LOGO cambie su mensaje a Control Off (Véase Figura 4.5).

Figuras 4.5: Segmentos de Programación del LOGO, Estado Cargando



Fuente: Elaboración Autores

4.2._Programa de Monitoreo

4.2.1._Introducción

El programa de monitoreo es el que recepta la información de cada grúa de los diferentes movimientos (Hoist, Trolley y Gantry) y estados (Control On, Control Off y Apagado), para llevar un control del tiempo de trabajo que realiza la grúa.

Una vez culminadas la pruebas de funcionamiento de los diferentes estados (Control On, Control Off, Relantín y Apagado de Motor), se procederá a implementar el sistema de monitoreo, el cual servirá para verificar el correcto funcionamiento de la grúa con respecto a los movimientos (Hoist, Trolley y Gantry) y así constatar la eficiencia del trabajo.

4.2.2._Descripción de los Procesos

Para este proceso de monitoreo se graficará los diferentes estados de la grúa (véase figura 4.6), tales como:

- **Control on y Gantry** (grúa energizada con movimiento de derecha o izquierda el cual se representará con el número 5).
- **Control on Hoist y Trolley** (grúa energizada con movimiento de hoist de arriba o abajo y movimiento del trolley de adelante o reverza el cual se representará con el número 4).
- **Control On y Trolley._** (grúa energizada con movimiento del trolley de adelante o reverza el cual se representará con el número 3).
- **Control On y Hoist** (grúa energizada con movimiento de hoist de arriba o abajo el cual se representará con el número 2).
- **Control On** (grúa energizadase la representará con el número 1).
- **Control Off** (grúa desenergizada se la representará con el número 0).
- **Grúa Apagada** (se la representará con el número -1).
- **Con Contenedor**(se la representará con el número 1 con línea roja).
- **Sin Contenedor** (se la representará con el número 0 con línea roja).

Figuras 4.6: Diferentes Estados de Movimientos de la Grúa.

5	CONTROL ON Y GANTRY
4	CONTROL ON HOIST Y TROLLEY
3	CONTROL ON Y TROLLEY
2	CONTROL ON Y HOIST
1	MAIN CONTROL ON
0	MAIN CONTROL OFF
-1	GRUA APAGADA
1	CON CONTENEDOR
0	SIN CONTENEDOR

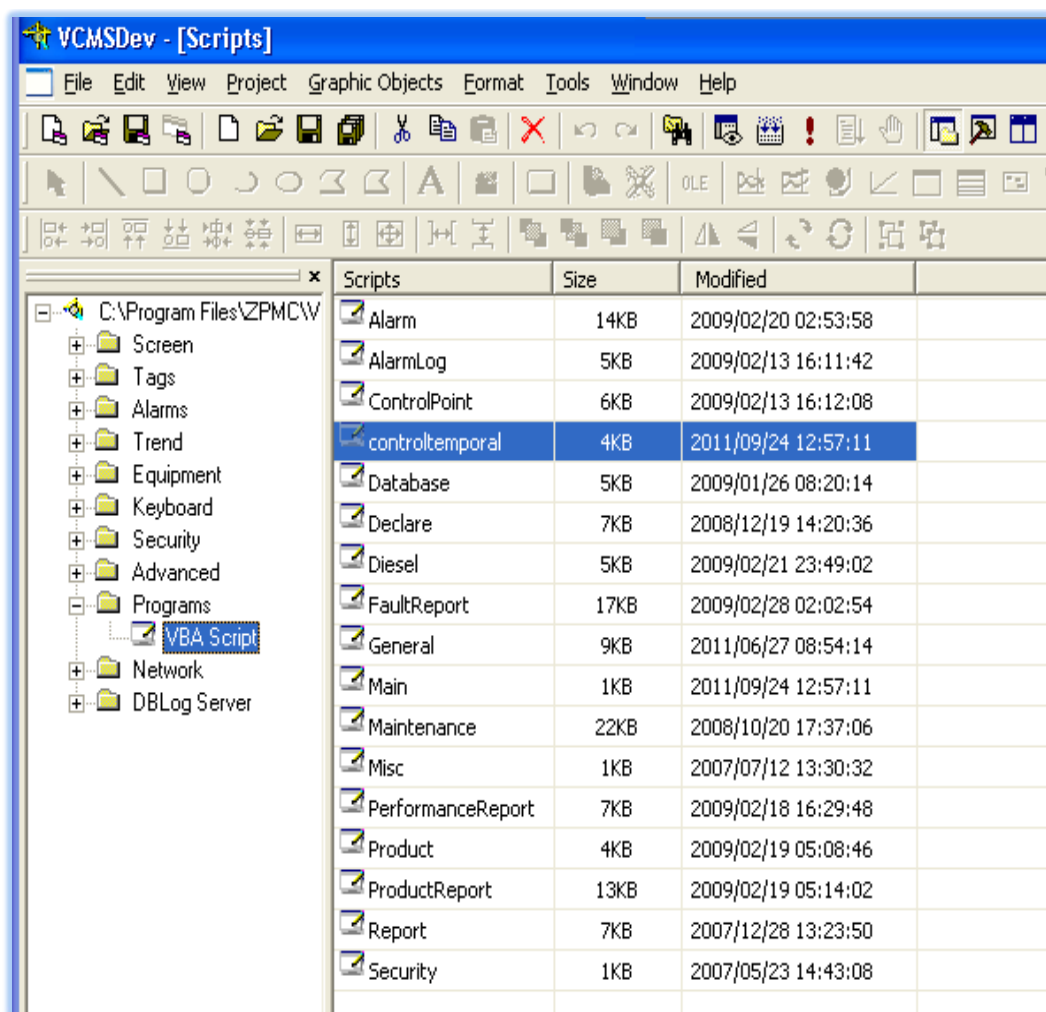
Fuente: Elaboración Autores

4.2.3._Desarrollo de la Programación

La programación del sistema de monitoreo se incluirá en la programación del software original que posee la grúa (“VCM”, Visual C+). Este programa se encuentra instalado en la PC de la grúa, el mismo que recibe información del PLC.

En la figura 4.7 se muestra la ubicación del script “controltemporal” dentro de la carpeta programas, en donde se desarrollará la programación para realizar el seguimiento de los estados y movimientos que tiene la grúa.

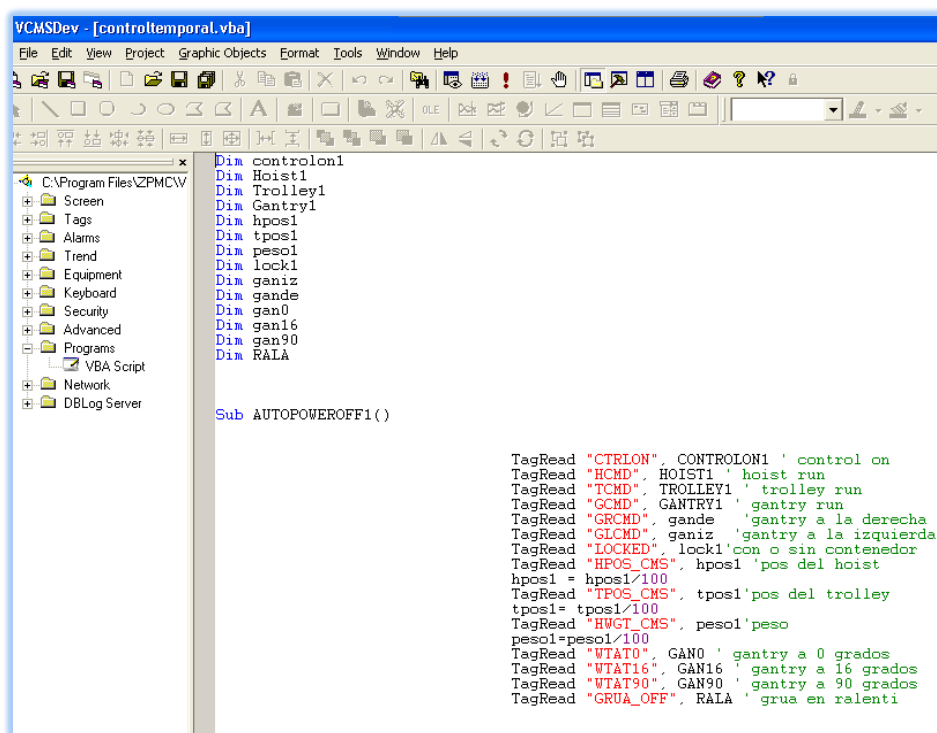
Figuras 4.7: Ubicación de Carpeta Controltemporal.



Fuente: Elaboración Autores

En la figura 4.8 se muestra las líneas de programación para poder leer los diferentes estados de la grúa tales como: control on, hoist, trolley, gantry y grúa apagada.

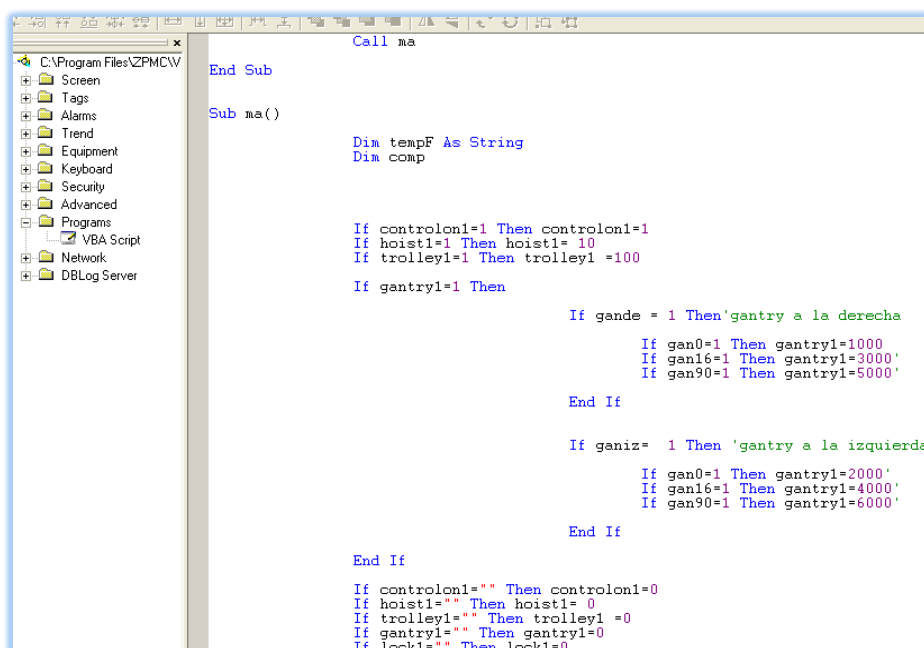
Figuras 4.8: Creación de Líneas de Programación.



Fuente: Elaboración Autores

En la Figura 4.9 se crea una subrutina de programación en el cual se asignan valores a los estados y movimientos (Hoist, Trolley y Gantry), para poder realizar una sumatoria donde se indicará los diferentes estados de la grúa.

Figuras 4.9: Creación de Líneas de Programación

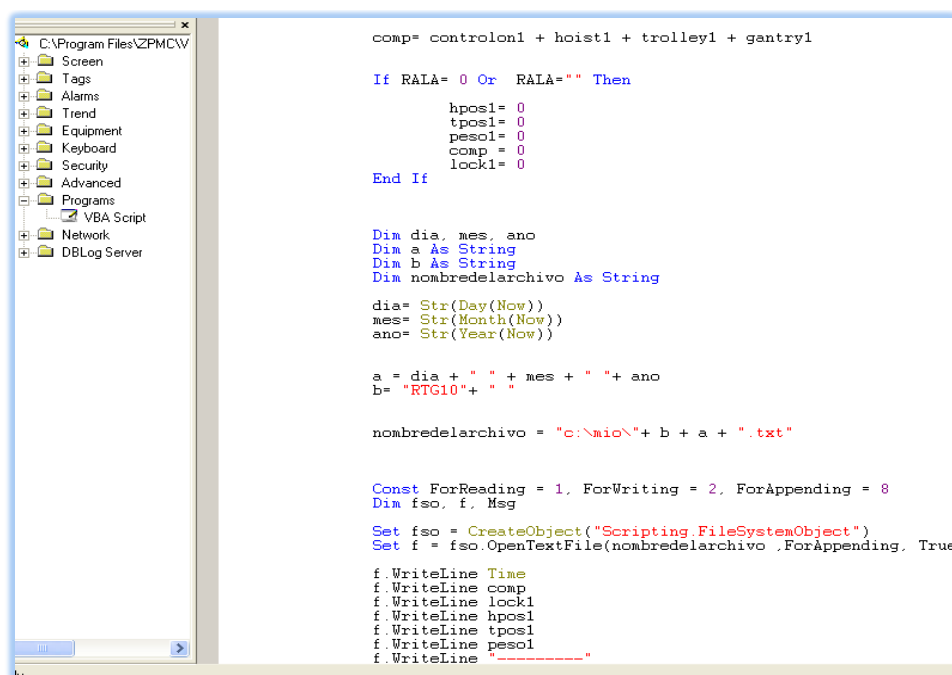


Fuente: Elaboración Autores

En la figura 4.10 se mostrará la información adquirida los valores asignados a los estados y movimientos, la misma que será almacenada en una base de datos con fecha y número de grúa dentro de una carpeta denominada (**mío**) que se encuentra ubicada en la unidad C de la Pc de la grúa.

Dentro de la carpeta **mío**, se guarda la información adquirida durante 24 horas.

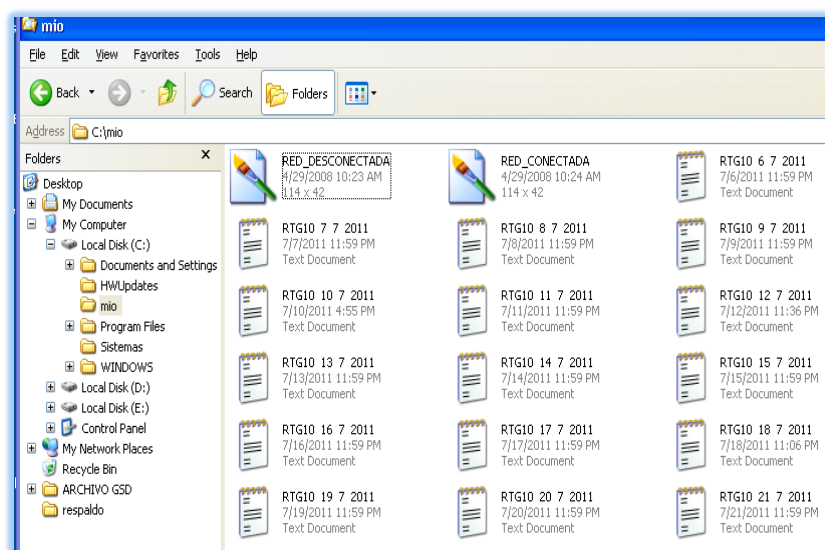
Figuras 4.10: Ubicación donde se Guardó el Programa.



Fuente: Elaboración Autores

En la figura 4.11 se muestra la base de datos de los movimientos de la grúa por cada día, la misma que es guardada en la carpeta **mío**.

Figuras 4.11: Ubicación de Carpetas Diarias.



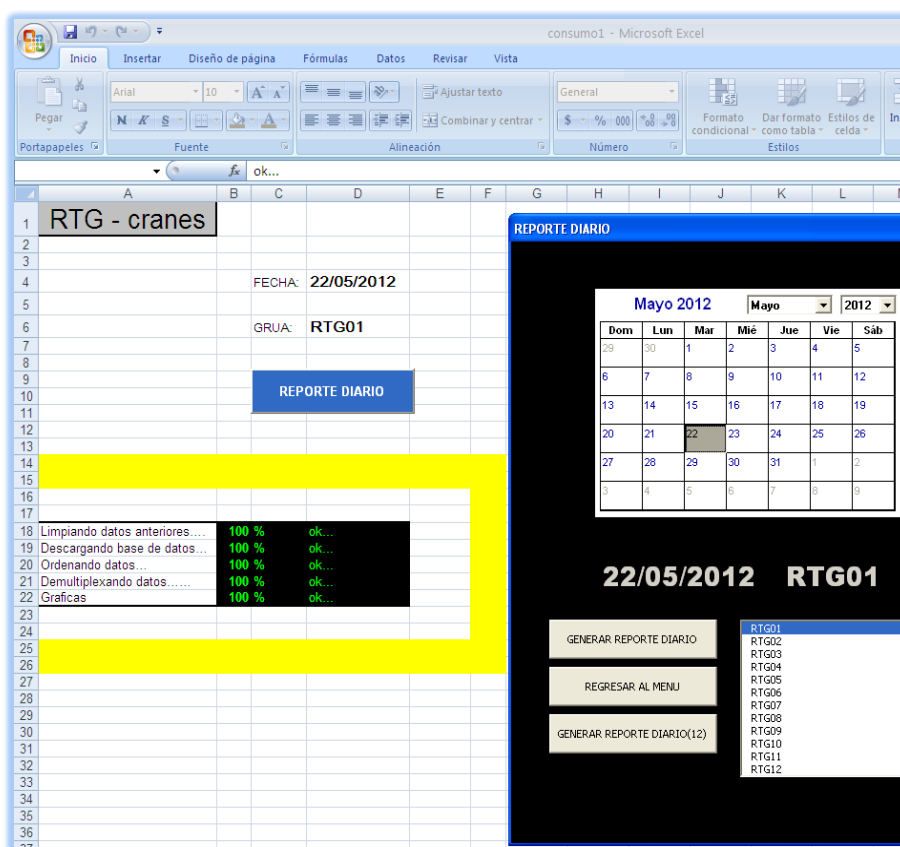
Fuente: Elaboración Autores

4.2.4._Visualización a través del Sistema de Monitoreo

El programa de Monitoreo que se encuentra instalado en las grúas, se lo obtiene mediante la comunicación con un servidor que estáreceptando constantemente la información de cada grúa a través del sistema inalámbrico instalado en el puerto de Guayaquil. El cual solo tiene acceso la computadora del jefe de área (mantenimiento de grúas de patio), que consta con los permisos necesarios por el departamento de sistemas.

En la figura 4.12 se observa la información obtenida proveniente de cada grúa es tratada a través del programa de Excel con aplicación de Visual, en el cual se reflejará un cuadro de selección de las fechas y máquinas que se requiere monitorear y analizar.

Figuras 4.12: Selección del Reporte Diario de todas las Grúas.



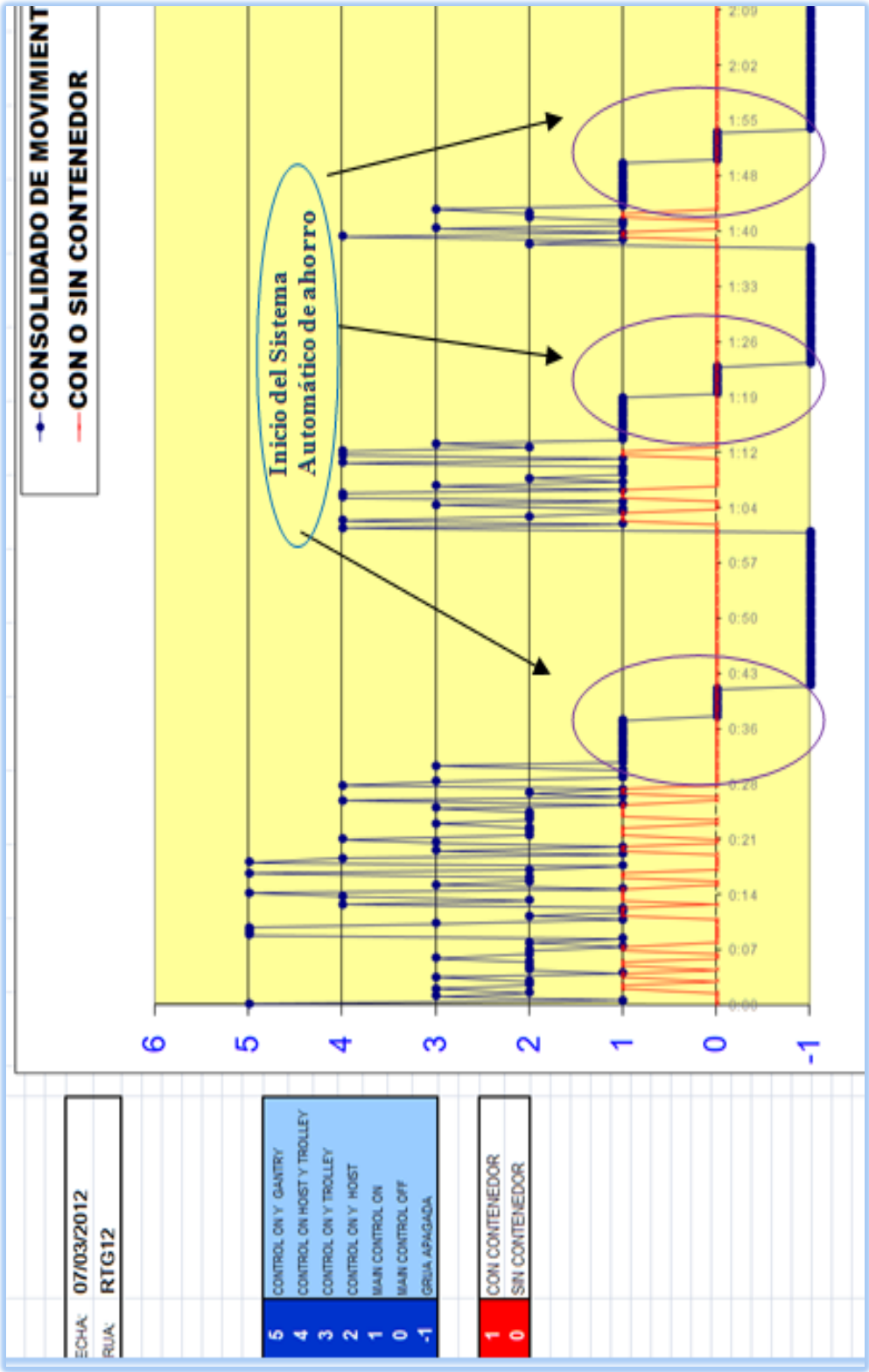
Fuente: Elaboración Autores

4.2.5._Descripción del Reporte Realizado por el Sistema

Una vez seleccionada en el cuadro la fecha y grúa (véase figura 4.12), se procederá a compilar la información solicitada de la máquina, para poder obtener como resultado una gráfica (véase gráfico 4.1) y un reporte (véase figura 4.13) en el cual se calculará el tiempo desperdiciado por parte del operador cuando no permita el apagado automático de la grúa.

En la grafica 4.1 se observa el trabajo que esta realizando la grúa a través de los diferentes movimientos (Hoist, Trolley y Gantry) y estados (Control On, Control Off y Grúa Apagada).

Gráfico4.1: Gráfico de los Movimientos de la Grúa



Fuente: Elaboración Autores

En la figura 4.13 se muestra un reporte de la grúa indicando el tiempo del consumo de combustible desperdiciado en el día. Además se obtendrán los siguientes datos:

- El total de horas muestreadas por pérdidas
- El total de las horas de la máquina encendida sin ningún movimiento
- Porcentaje del total de las horas de la máquina encendida sin ningún movimiento
- El total de galones gastados con la máquina encendida sin movimiento
- El total de dólares desperdiciados en 24 horas y una proyección en un año de trabajo.

4.2.6.- Verificación del Funcionamiento del Proyecto

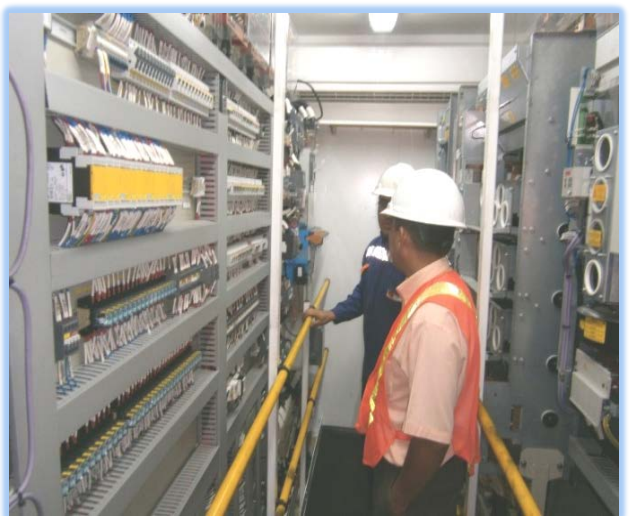
Para la verificación del funcionamiento del Proyecto el Tutor del proyecto (Ing. Nino Vega) realizó la respectiva visita técnica en las instalaciones del Puerto de Guayaquil. (Véase foto 4.8)

En esta visita se indicó la ubicación del cuarto eléctrico de la grúa, de las cuales se tomaron las diferentes señales digitales de los sistemas (Hoist, Trolley, Gantry), señales de los variadores, PLC, dispositivos de maniobra y fuerza. (Véase foto 4.9)

Foto 4.8: Visita Técnica Eléctrica



Foto 4.9: Reconocimiento de Cuarto



Fuente: Elaboración AutoresFuente: Elaboración Autores

Se analizó en la Pc de la Grúa los segmentos de programación desarrollados para el proyecto. Además se verificó las subrutinas creadas y los tiempos de los timer seteados.

Se realiza una demostración del funcionamiento del sistema (Véase foto 4.10).

Foto 4.10: Revisión de segmentos de programación



Fuente: Elaboración Autores

4.2.6.1._Verificación de los Equipos Instalados

En la cabina del control se verificó el equipo instalado (Mini PLC LOGO) ubicado en la parte inferior derecha del asiento del operador, en esta etapa se reconoció los diferentes aspectos relevantes de la cabina del operador tales como: consola de mando, palancas, pantallas, tablero de control, etc.(véase foto4.11)

Foto 4.11: Revisión de la Instalación del LOGO



Fuente: Elaboración Autores

4.2.6.2._Verificación del Sistema de Monitoreo

La verificación del funcionamiento del programa de control y monitoreo se lo realiza desde una computadora de la oficina del jefe de mantenimiento de grúas de patio, que consta con los permisos necesarios por el departamento de sistemas.

Como se puede observar en la foto 4.12, el proceso de monitoreo está siendo mostrado en tiempo real al tutor del Proyecto,

Foto 4.12_Verificación del Sistema de monitoreo operando



Fuente: Elaboración Autores

Con este sistema se ha logrado identificar el proceso de la grúa en diferentes momentos de tiempo y poder tomar decisiones sobre el desempeño de la máquina.

También se puede observar los momentos elevados de producción en el transcurso de la semana, para poder controlar mejor los días de menor producción.

4.3._Análisis de los Valores Obtenidos

4.3.1._ Introducción.

Para el análisis de datos se toma como referencia los contadores de movimiento y consumo de combustible de cada una de las grúas, para luego compararlos con el índice requerido por la empresa 1.6 litros/mov.

Como se puede apreciar en la tabla 5.1 del año 2011, el sistema automático para el consumo de diésel en 8 grúas RTG(máquinas del puerto de Guayaquil) se instaló desde el mes de julio.

En los meses de septiembre y octubre se mejoró el índice de consumo de litros por movimientos, estos índices están dentro de lo requerido los cuales son aproximados a 1.60 litros por movimiento

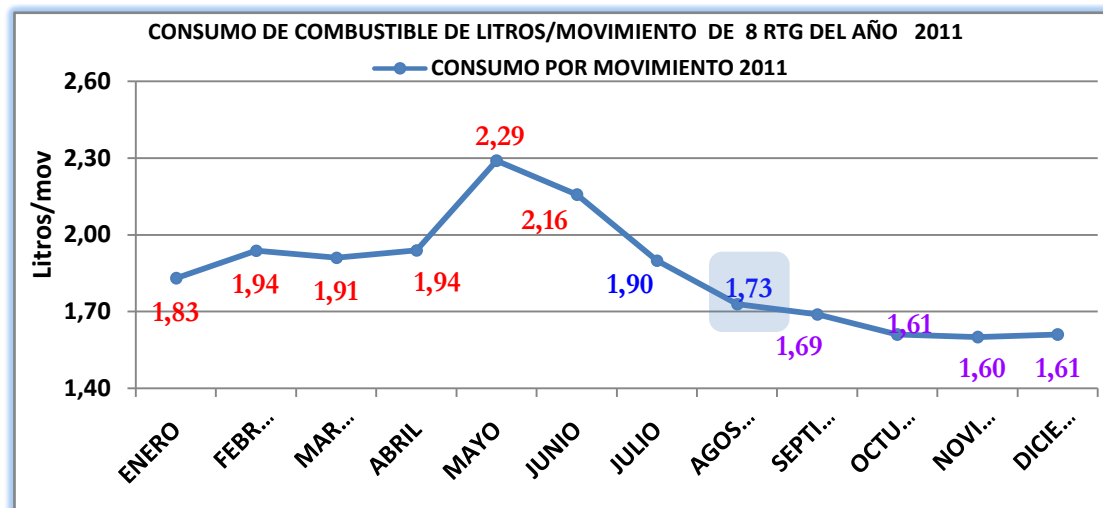
Tabla 4.1: Cuadro de Implementación del Proyecto en 8 Grúas del 2011

2011	Twistlock	Diésel	COSTO POR MOV/LITRO	Diésel	Diésel	Diésel
	Movimientos	(liter/m)		(liter)	Galones	Costo \$
ENERO	60568	1,83	0,48	110867	29288	24015,90
FEBRERO	52343	1,94	0,51	101483	26809	21983,28
MARZO	65309	1,91	0,50	124803	32969	27034,71
ABRIL	62682	1,94	0,51	121602	32124	26341,39
MAYO	76854	2,29	0,60	175940	46478	38111,96
JUNIO	78197	2,16	0,57	168644	44551	36531,67
JULIO	48845	1,90	0,41	93007	21491	17623,00
AGOSTO	53925	1,73	0,37	93071	21481	17614,00
SEPTIEMBRE	54745	1,69	0,36	92344	20961	17188,00
OCTUBRE	56163	1,61	0,35	90586	21006	17225,00
NOVIEMBRE	54678	1,60	0,35	87311	20074	16461,00
DICIEMBRE	63064	1,61	0,35	101760	23859	19564,00
TOTAL DE MOVIMIENTOS	727373					279693,90

Fuente: Elaboración Autores

Analizando la curva del gráfico 4.2, se podrá observar una disminución en el índice de litros/mov desde el mes de agosto del año 2011.

Gráfico 4.2: Gráfica de Litros por Movimiento de la Implementación del 2011



Fuente: Elaboración Autores

En la tabla 4.2 se muestra los resultados obtenidos en el año 2012 de las 8 grúas que están trabajando con el sistema de ahorro de combustible, donde se puede observar que el índice promedio está en 1.62litros/mov

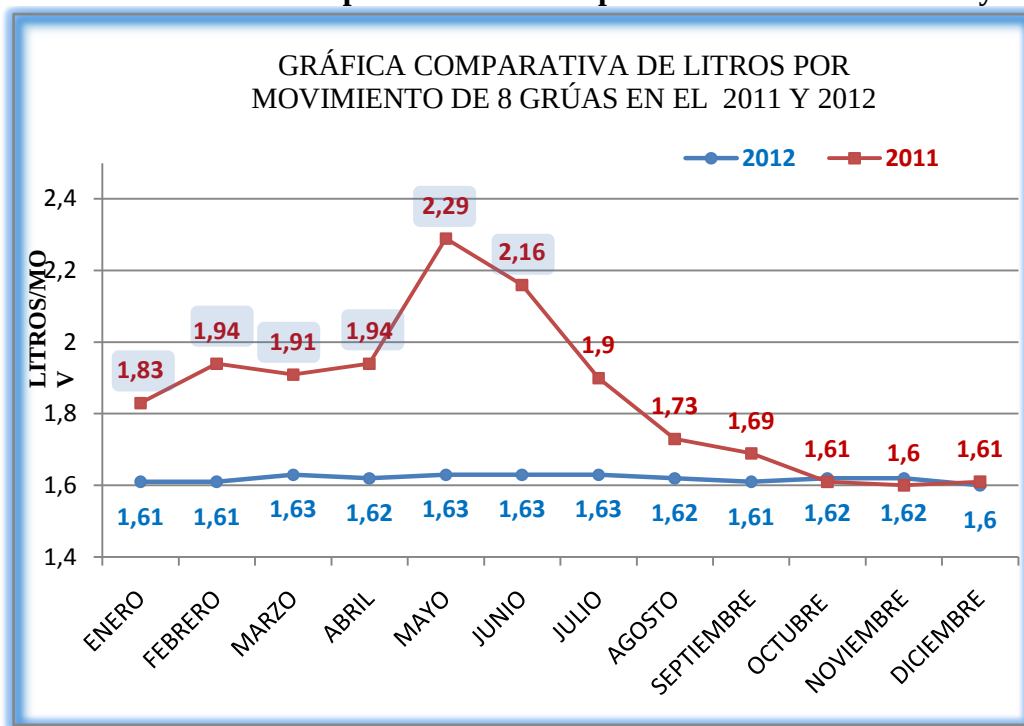
Tabla 4.2: Tabla Comparativa del año 2012 de 8 grúas

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE 8 GRUAS EN EL AÑO 2012					
2012	Twistlock	Diesel	Diesel	COSTO	COSTO \$
	Movimientos	(liter)	(liter/m)	(LITROS/MOV)	DIESEL
ENERO	56345	90452	1,61	0,35	19594
FEBRERO	54325	87554	1,61	0,35	18966
MARZO	61560	88219	1,63	0,35	19110
ABRIL	55123	89089	1,62	0,35	19298
MAYO	60369	98639	1,63	0,35	21367
JUNIO	64561	105522	1,63	0,35	22858
JULIO	59914	97982	1,63	0,35	21225
AGOSTO	62233	100797	1,62	0,35	21835
SEPTIEMBRE	52541	84620	1,61	0,35	18330
OCTUBRE	46026	74428	1,62	0,35	16123
NOVIEMBRE	42341	68726	1,62	0,35	14887
DICIEMBRE	47685	76089	1,60	0,35	16482
TOTAL	663023	1062117			230075,86
PROMEDIO			1,62	0,35	

Fuente: Elaboración Autores

En la gráfica 4.3 se puede observar un mejoramiento del índice de litros por movimientos en 8 grúas que se logró obtener en el año 2011 y 2012 el cual está cerca del 1.60 desde que se implementó el proyecto en el mes de julio del 2011.

Gráfico 4.3: Gráfica Comparativa de Litros por Movimiento entre 2011 y 2012



Fuente: Elaboración Autores

En la siguiente latabla 4.3, se analiza los datos del índice de consumo de litros/mov en una solo grúa RTG#12 del año 2011 desde el mes de julio hastadiciembre, en la cual podemos observar la disminución del índice de consumo de litros/mov por parte del sistema de ahorro.

Tabla 4.3: Tabla Comparativa del 2011 de la RTG12 en los Meses de Julio a Diciembre

Análisis de Litros/mov de la una grúa RTG#12 en el año 2011				
MESES	Grúa/ Crane	Twistlock	Diésel	Diésel
		Movimientos	(liter/m)	Costo \$
JULIO	RTG 12	6387	1,97	2725,85
AGOSTO	RTG 12	5894	1,91	2437,801
SEPTIEMBRE	RTG 12	4736	1,69	1731,804
OCTUBRE	RTG 12	6788	1,63	2394,136
NOVIEMBRE	RTG 12	8039	1,53	2668,628
DICIEMBRE	RTG 12	8837	1,58	2695,44
PROMEDIO			1,72	
TOTAL		40681	1.66	14653,659

Fuente: Elaboración Autores

En la tabla 4.4 se muestra los resultados obtenidos en el año 2012 de una solo grúa RTG #12 que están trabajando con el sistema de ahorro, donde se puede observar que el índice promedio está en 1.62 litros/mov.

Tabla 4.4_Tabla Comparativa del año 2012 de una sola grúa (RTG 12)

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UNA SOLA GRÚA (RTG#12) EN EL AÑO 2012					
2012	Twistlock	Diésel	Diésel	COSTO	COSTO
	Movimientos	(liter)	(liter/m)	(LITROS/MOV)	DIESEL
ENERO	8398	13335	1,59	0,34	2889
FEBRERO	7108	11498	1,62	0,35	2491
MARZO	8426	13974	1,66	0,36	3027
ABRIL	6874	10976	1,60	0,35	2378
MAYO	8881	14515	1,63	0,35	3144
JUNIO	8268	13429	1,62	0,35	2909
JULIO	8064	13306	1,65	0,36	2882
AGOSTO	8647	13932	1,61	0,35	3018
SEPTIEMBRE	6930	11195	1,62	0,35	2425
OCTUBRE	6718	11135	1,66	0,36	2412
NOVIEMBRE	6292	10190	1,62	0,35	2207
DICIEMBRE	7139	11111	1,56	0,34	2407
TOTAL	91745	148595			32189
PROMEDIO			1,62	0,35	

Fuente: Elaboración Autores

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1._ Costos y Beneficios

Para realizar la comparación de los valores, se analizará los datos con la implementación y sin la implementación del sistema de ahorro.

Para poder realizar el análisis de la tabla 5.1 se toman los datos obtenidos por la implementación del proyecto (véase tabla 4.3), mientras que para el análisis sin el sistema de ahorro se toma los datos de litros/mov del mes de junio del 2011 (véase tabla 4.1), donde el índice es 2.16 litros/mov.

Tabla 5.1: Tabla Comparativa Proyectoada con y sin el Proyecto en una Grúa.

MESES	Grúa/ Crane	Twistlock	Diésel	Consumo	Diésel
		Movimientos	litros/mov	Litros	Costo \$
Julio hasta Diciembre	Sin el Proyecto	40681	2,16	87870.9	\$19034.60
	Con el Proyecto	40681	1,6	67646,8	\$14653,65
Perdida proyectada en una grúa en 6 meses					\$4380,948

Fuente: Elaboración Autores

En la tabla 5.1 se realiza una proyección con y sin el sistema de ahorro durante 6 meses, donde se obtuvo una diferencia de \$4380.948.

A continuación en la tabla 5.2 se proyecta el valor del costo del diésel en una grúa, para un consumo de 6 meses y para un consumo de un año. Obteniendo un ahorro aproximado del costo del consumo de combustible con la implementación del proyecto.

Tabla 5.2: Tabla de Ahorro Proyectoada en 1 Grúa.

MESES	Grúa/ Crane	Twistlock	Diésel	Costo Total del Diésel en 6 meses en 1 grúa \$	Costo Total del Diésel en 1 año en una grúa \$
		Movimientos	litros/mov		
Julio hasta Diciembre	Sin el Proyecto	40681	2,16	\$19.034,607	\$38069,214
	Con el Proyecto	40681	1,6	\$14653,659	\$29307,318
Ahorro proyectado del consumo de combustible				\$4380,948	\$8761,896

Fuente: Elaboración Autores

En la tabla 5.2 se muestra los valores obtenidos en una grúa durante un año, en donde se observa que el costo es reducido con la implementación del proyecto.

En la tabla 5.3, se realiza un cálculo de horas trabajadas en una sola grúa con y sin el proyecto, obteniendo una reducción de las horas de encendido del motor y en consecuencia una disminución en los números de mantenimiento (MP) en el año (el mantenimiento de una grúa, se lo realiza cada 500 horas de motor encendido).

Tabla 5.3: Tabla de Ahorro Proyectada al Consumo de Combustible en 1 Grúa.

Horas de trabajo y MP de una sola grúa	Horas de trabajo en 1 día	Horas de trabajo en 1 mes	Horas de trabajo en 6 mes	Horas de trabajo en 1 año	Total de # de MP 6 meses	Total de # de MP 1 año
Sin el Proyecto	23h	690h	4140h	8280h	8 MP	16 MP
Con el Proyecto	18h	540h	3240h	6480h	6 MP	12 MP
Disminución de horas y MP del motor	5h	150h	900h	1800h	2 MP	4 MP

Fuente: Elaboración Autores

Como se puede observar en la tabla 5.3, se logró reducir las horas de motor encendido en un año, dando como consecuencia la disminución del número de mantenimientos, es decir una diferencia de 4 mantenimientos en el año, el cual representan económicamente una reducción en el costo del mantenimiento, como se muestra en la tabla 5.4

El costo por un mantenimiento cada 500h en una grúa es de \$519,103, esto implica el cambio de aceite, cambio de filtros, limpieza de motor.

Tabla 5.4: Tabla de costos por el MP del motor en el año en una Grúa

COMPARACION DE COSTO POR MP DEL MOTOR	Costo del MP de motor en 500h	Horas de trabajo en 1 año	Total de # de MP de 1 año por grúa	\$ Costo del MP en 1 año de una grúa
Costo por MP sin el sistema de ahorro	519,103	8280h	16 MP	\$8305,6608
Costo por MP con el sistema de ahorro	519,103	6480h	12 MP	\$6229,2456
Diferencia de ahorro por MP con el sistema automático implementado				\$2076,4152

Fuente:Elaboración Autores

A continuación en la tabla 5.5 se observa el valor de la mano de obra por un mantenimiento que se realiza en una grúa.

Tabla 5.5: Tabla de costos por el mantenimiento de horas hombre en una grúa

Costo de horas hombre por un MP de una grúa	hora hombre por un MP	# de horas por MP del Motor	total del costo de horas hombre por un MP \$	Total de # de MP de 1 año por una grúa	\$ Costo de hora hombre por MP en un años en una grúa
Costo por MP sin el sistema de ahorro	5,416	2,5	13,54	16 MP	\$216,64
Costo por MP con el sistema de ahorro	5,416	2,5	13,54	12 MP	\$162,48
Diferencia de ahorro por horas hombre en una grúa					\$54,16

Fuente: Elaboración Autores.

Es la tabla 5.5 se observa que el valor de horas hombre es de \$5.416 por una hora, siendo 2 horas30 minutos el tiempo requerido para un mantenimiento.

Para poder obtener el valor del costo de un mantenimiento, se debe considerar lo siguiente: el costo de una persona por una hora (\$5,416), el número de horas en que se realiza el mantenimiento (2.5h), una vez obtenido estos dos indicadores se realiza una multiplican, obteniendo el costo por un mantenimiento (\$13.54).

En la tabla 5.6 se observa el costo de reparación de un motor (\$25000), el cual se lo debe de realizar cada 30000 horas de trabajo. Utilizando el sistema de ahorro se logró aumentar el tiempo de vida útil para la reparación del motor de 3.6 años a 4.6 años.

Tabla 5.6: Tabla de costos por el mantenimiento de horas hombre en una grúa

Costo por año para la reparación del motor	Costo de reparación de un motor	Horas de trabajo para la reparación de un motor	Horas de trabajo en un año de una grúa	Tiempo de reparación de motor	Costo por año para la reparación
Sin el sistema de ahorro	\$ 25.000	30000h	8280h	3,6 años	\$ 6.944,44
Con el sistema de ahorro	\$ 25.000	30000h	6480h	4,6 años	\$ 5.434,78
Diferencia de ahorro por reparacion por un año en una grúa					\$ 1.509,66

Fuente: Elaboración Autores.

Para obtener el valor del tiempo de reparación del motor en la tabla 5.6 se realiza lo siguiente: el valor de las horas de reparación de un motor se lo divide para el número de horas de trabajo de la misma, obteniendo el tiempo de reparación del motor.

A continuación en la tabla 5.7, se detalla el costo de un año de operación de una grúa, considerando los siguientes rubros tales como:

1. Costo Total del Diésel utilizado
2. Costo del MP (cambio de aceites y filtros)
3. Costo de horas hombre por MP
4. Costo por tiempo de vida de la máquina para reparación

En la tabla 5.7 se observa la diferencia entre el costo sin la implementación del proyecto y el costo con la implementación, obteniendo como resultado un valor de elevado si no se realiza el proyecto.

Tabla 5.7: Tabla de costo de operación en un año.

COSTO DE OPERACIÓN DE UNA GRÚA EN UN AÑO		
\$ Costo de operación	\$ Costo de 1 año en una grúa sin el proyecto	\$ Costo de 1 año en una grúa con el proyecto
Costo Total del Diésel utilizado	\$38069,214	\$29307,318
Costo del MP (cambio de aceites y filtros)	\$8305,6608	\$6229,2456
Costo de horas hombre por MP	\$216,64	\$162,48
Costo por tiempo de vida de la máquina para reparación	\$6944,44	\$5434,78
Total de costos en un año	\$53535,9548	\$41133,8236
Total de ahorro que se ha obtenido en una grúa con la implementación del proyecto en un año		\$12402,1312

Fuente: Elaboración Autores.

En la tabla 5.8 se muestra el ahorro obtenido con la implementación del proyecto.

Tabla 5.8: Tabla Total de ahorro obtenido con la implementación

TOTAL DE AHORRO OBTENIDO CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO		
Ahorros Obtenidos	Total de ahorro en 1 año en una grúa \$	Total de ahorro en 1 año en 8 grúas \$
Ahorro del costo total utilizado de Diésel	\$8761,896	\$70095,168
Ahorro del costo por MP (cambio de aceites y filtros)	\$2076,41	\$16611,28
Ahorro del costo de horas hombre por MP	\$54,16	\$433,28
Ahorro del costo por tiempo de vida de la máquina para reparación	\$1509,66	\$12077,28
Total de ahorro en un año	\$12402,126	\$99217,008

Fuente: Elaboración Autores

CONCLUSIONES

Con la implementación del sistema se logró reducir el consumo exagerado de combustible en las grúas, con esta mejora se alargó las horas de mantenimiento y vida útil de los equipos. Con este sistema se obtiene un mejor control de las operaciones que realiza la máquina con respecto a los movimientos que la realizaba antes del proyecto.

Los índices de consumo eran de 2.16 (Litros/movimientos), con la implementación del sistema de Ahorro se disminuyó a 1.61(Litros/movimientos) logrando ser competitivos ante los demás puertos de la compañía.

Con el Control del Sistema de Monitoreo se pudo obtener un registro de los movimientos que realiza la grúa, para de esta manera supervisar el encendido y apagado de la máquina, y de esta manera poder controlar la producción.

Se recomienda que la implementación del proyecto se lo realice a las demás grúas, en consecuencia el sistema de monitoreo se lo tiene que supervisar cuidadosamente, ya que es un complemento necesario para el control de la máquinas.

BIBLIOGRAFÍA

Manual de Partes de Grúa RTG, de ZPMC 2009

<http://es.wikipedia.org/>

http://www.siglobal.org/negocio_8_grua-rtg.html

<http://www.slideshare.net/oskarmd/tipos-de-gras-presentation>

<http://www.cgsa.com.ec/home.aspx>

<http://cache.automation.siemens.com/>

<http://www.automation.siemens.com/>