

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**Sistema de control del movimiento de Trolley en las grúas pórticos.**

Tesis que para obtener el grado de  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

Presenta:  
**CÉSAR CAMACHO GUTIÉRREZ**

Ensenada, Baja California, México. Febrero del 2011.

TESIS DEFENDIDA POR  
**CÉSAR CAMACHO GUTIÉRREZ**  
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ



---

M.C. Juan Miguel Hernández Ontiveros  
*Director del Comité*




---

Dr. Marcial Castro Muñoz  
*Miembro del Comité*



---

M.C. Carlos Gómez Agis  
*Miembro del Comité*



---

M.C. Everardo Inzunza González  
*Miembro del Comité*



---

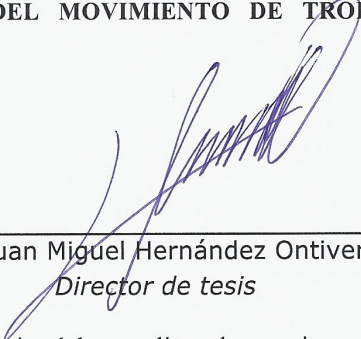
M.I. Juan Pablo Torres Herrera  
*Miembro del Comité*

Febrero de 2011

RESUMEN de la Tesis que presenta **César Camacho Gutiérrez**, para la obtención del grado de **Ingeniero en ELECTRÓNICA**. Ensenada, Baja California, México. Febrero de 2011.

**SISTEMA DE CONTROL DEL MOVIMIENTO DE TROLLEY EN LAS GRÚAS PÓRTICOS.**

Resumen aprobado por:



---

M.C. Juan Miguel Hernández Ontiveros  
*Director de tesis*

Debido a la competitividad internacional, hoy en día es de suma importancia conocer la evolución y las necesidades de nuestro municipio en cuanto al tráfico marítimo de contenedores. Es bien sabido que en el puerto de Ensenada existe un recinto portuario, pero es poca la información que se tiene de este lugar. "El Puerto", como lo conoce la mayoría de la gente, cuenta con muchos problemas de ingeniería, éstos problemas son graves, por lo que es necesario que se solucionen lo más pronto posible, y dicha solución de uno de estos problemas es el tema que aborda esta tesis, el cual es el salvar vidas evitando que los operadores de las grúas caigan desde lo más alto de ellas. Estos lamentables hechos ya han ocurrido en otros países y no se quisiera que pasaran nunca en nuestro puerto. La función de dichas grúas es transportar los contenedores de los barcos hacia el piso de la aduana y viceversa. Parece una maniobra fácil de realizar y al parecer no tiene problemas en su realización, pero los ingenieros encargados del correcto funcionamiento de las mismas saben que hay algunos problemas con ellas y la solución que se dará en este trabajo les ayudará a reducir riesgos tan graves de trabajo.

El objetivo de este trabajo de tesis es diseñar e implementar un sistema de seguridad para los operadores de las grúas al momento de abordar al Trolley, esto mediante un PLC marca Moeller el cual impedirá el movimiento de dicho Trolley cuando un operador quiera ingresar a la cabina de mando. Este sistema además realizará otras funciones específicas como por ejemplo señalar con una luz tipo semáforo al operador en turno que su relevo está en posición y listo para ingresar a la cabina, otra implementación será que se instalará un sistema de seguridad el cual desactivará la operación automática del Trolley, esto quiere decir que el Trolley no se podrá mover y por lo tanto no podrá atropellar al operador que se encuentra a punto de ingresar. La grúa tiene una altura de alrededor de 35 metros por lo que una caída de un operador tendría consecuencias fatales, es por este motivo que esta tesis se enfoca en reducir los accidentes de trabajo al momento de hacer el cambio de operador, pues es posible que el operador entrante caiga de la grúa al ser atropellado por el Trolley, de manera que se pretende que con esta implementación los operadores estén seguros en su trabajo, logrando que su única preocupación sea hacer bien su trabajo y no estar preocupados por caer de la grúa debido a un accidente.

**Palabras clave:** Grúas Pórticos, Trolley, Barcos Portacontenedores, PLC.

**ABSTRACT** of the thesis of **Cesar Camacho Gutierrez**, to obtain the **Engineer degree in ELECTRONIC**. Ensenada, Baja California, Mexico. February of 2011.

### **MOVEMENT CONTROL SYSTEM FOR A PORTICO CRANE TROLLEY.**

Due to the international competitiveness, nowadays it is very important to know the evolution and the needs of our municipality in terms of the amount of traffic of maritime shipments. It is well known that in the port of Ensenada there is a shipyard, but not much is known about it. "*El Puerto*", as most people know it, has many operational problems. These are serious problems and it is necessary to solve them as soon as possible. The solution to one of these problems is the main topic of this thesis: to save lives by preventing falling accidents among crane operators. These unfortunate events have occurred in other countries and we do not want this to happen in our port. The purpose of the cranes is to transport containers from ships to the customs area and vice versa. It seems like an easy task to do and doesn't present any problems in performing it, but the engineers in charge of crane operation know that there are several problems with them, and the solution presented in this thesis will help to reduce the amount of risk in the job.

The goal of this thesis is to design and implement a system using a Moeller PLC, which will keep the trolley from moving while the crane operators is climbing the crane. Also, this system will carry out other specific functions such as indicating to the operator with a signalling light that his relief is in position and ready to enter the cab. Another implementation will be a security system that will deactivate the automatic operation of the trolley, stopping it from moving and hitting over the operator that is about to get in. The crane has a height of approximately 35 meters, so a fall from the top could have fatal consequences. It is for these reasons that this thesis is focused on reducing the risks present at the moment of operator change, such that it will assure safety for the crane operators so that they can focus more on their jobs and worry less about accidents.

**Keywords:** Porticos Cranes, Trolley, Container barges, PLC.

## DEDICATORIA

A mi *Mamá Enriqueta* por darme esa confianza y ese valor para seguir adelante a pesar de los momentos difíciles que se iban presentando en el camino, así como su apoyo incondicional durante toda mi vida ya que sin su ayuda no creo haberlo logrado.

A mi *Papá Héctor* por inculcarme en mí los valores que se necesitan para ser una persona de bien y para salir adelante en la vida y nunca rendirte ante los problemas que se iban presentando. Al igual que mi mamá ustedes son dos pilares fuertes que tengo para vivir y para seguir adelante.

A mis *Hermanos* por saberme aconsejar de ser alguien en la vida y muy en especial a *Hugo* por estar a mi lado y enseñarme muchas cosas de las que hoy se, ellos saben que los quiero aunque no se los diga verbalmente.

A mi *Esposa Criss* que con su amor me da esa alegría y fortaleza para seguir luchando y alcanzando mis metas ya que con su apoyo me siento cada vez mejor para poder lograrlo.

A mi *Hija Cristinita* que con su inocencia me da ánimo para seguir viviendo y que con una sonrisa basta para alegrarme y encontrarle sentido a la vida.

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES**

Al M.C. Juan Miguel Hernández Ontiveros, quien se ganó mi admiración y respeto por su gran calidad humana, por no desesperarse conmigo y tenerme paciencia, por esmerarse tanto a la hora de explicarme como hacer la tesis, compartiendo conmigo toda su experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, y finalmente por haber sido más que un director de tesis un amigo en quien pude confiar y apoyarme en momentos en que me sentía perdido.

Al M.C. Everardo Inzunza González, por su apoyo y comentarios para mejorar el trabajo de tesis, por transmitirme sus conocimientos en forma clara y precisa logrando que entendiera mejor el funcionamiento de los PLCs.

Al M.C. Carlos Gómez Agis, por su gran carisma y excelente compañerismo haciéndome sentir como parte de su familia, por indicarme como mejorar las figuras logrando que fueran claras y nítidas.

Al Dr. Marcial Castro Muñoz, por sus comentarios sobre el trabajo futuro que falta en el área de PLCs y por sus atinadas correcciones en el uso y manejo de los componentes electrónicos.

Al M.I. Juan Pablo Torres Herrera, por su valiosa colaboración durante el desarrollo de la tesis con sus comentarios sobre cómo escribir de mejor forma las ideas planteadas y sobre como enlazar una idea con otra.

A la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo brindado.

Al director de la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Diseño por permitirme realizar éste trabajo de tesis.

A todos mis compañeros y amigos del área de Ingeniería.

A todos mis amigos del área de mantenimiento de EIT en especial para Oscar Ascolani y Rodolfo Camacho.

# CONTENIDO

---

---

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>V</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>VI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
I.1. Antecedentes .....	1
I.2. Planteamiento del problema.....	5
I.3. Objetivos.....	8
I.3.1. Objetivos generales.....	8
I.3.2. Objetivos específicos .....	8
I.4. Infraestructura.....	9
I.5. Estado del arte.....	10
<b>II. GRÚAS, CONTENEDORES Y BARCOS</b> .....	<b>12</b>
II.1. Introducción.....	12
II.2. Grúas pórticos .....	13
II.3. Barcos portacontenedores .....	20
II.4. Contenedores .....	24
II.5. Funcionamiento de una grúa.....	31
II.6. Tráfico marítimo de contenedores .....	37
<b>III. DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	<b>39</b>
III.1. Introducción.....	39
III.2. Desarrollo .....	39
III.3. Pruebas preliminares del sistema.....	61
III.4. Pruebas en el campo del sistema.....	61
<b>IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
IV.1. Introducción.....	62
IV.2. Resultados.....	63
IV.2.1. Resultados cualitativos .....	63
IV.2.2. Resultados cuantitativos .....	66
IV.3. Conclusiones.....	68

IV.4. Trabajo futuro .....	70
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS (CONTINUACIÓN)</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO I</b> .....	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---



---

Figura 1. Grúa pórtico en operación en el muelle de Ensenada. ....	3
Figura 2. Trolley de la grúa pórtico en operación.....	4
Figura 3. Barco con miles de contenedores. ....	5
Figura 4. Cabina de operación vista desde adentro de la misma. ....	6
Figura 5. Grúa tipo Feeder. ....	15
Figura 6. Grúa tipo Panamax. ....	15
Figura 7. Grúa tipo Post-Panamax. ....	16
Figura 8. Grúa tipo Superpost-Panamax. ....	17
Figura 9. Contenedor Dry Van de 20 y 45 pies. ....	25
Figura 10. Contenedor refrigerado (reefer).....	26
Figura 11. Contenedor Open Top. ....	27
Figura 12. Contenedor Flat Rack. ....	28
Figura 13. Contenedor Open Side. ....	28
Figura 14. Contenedor Cisterna o Tank. ....	29
Figura 15. Contenedor Flexi-Tank.....	30
Figura 16. Sistema Ward Leonard o tren de generación.....	32
Figura 17. Drive de Hoist, Boom y Gantry. ....	33
Figura 18. Drive de Trolley. ....	34
Figura 19. Motores del sistema de Hoist. ....	35
Figura 20. Motor del sistema de Trolley.....	36
Figura 21. Motor del sistema de Boom. ....	37
Figura 22. PLC marca Moeller ®. ....	40
Figura 23. Puerta de acceso al Trolley.....	40
Figura 24. Primer sensor óptico y su reflector.....	41
Figura 25. Semáforo colocado en cabina del Trolley. ....	42
Figura 26. Semáforo colocado en puerta de acceso.....	43
Figura 27. Rotativos de Trolley. ....	44
Figura 28. Sensor óptico de posición de Trolley y su reflector. ....	45
Figura 29. Segundo sensor óptico y su reflector.....	46
Figura 30. Diagrama de un contacto N.A. y un N.C.....	48

Figura 31. Diagrama en escalera sencillo. ....	49
Figura 32. Diagrama en escalera de una función OR. ....	49
Figura 33. Diagrama en escalera de una función AND. ....	50
Figura 34. Diagrama en escalera de una función inversora NOT.....	51
Figura 35. Sensor 1 controlador del pulso. ....	53
Figura 36. Sensor 2 controlador del pulso. ....	54
Figura 37. Switch escalera con la salida de los sensores 1 y 2.....	55
Figura 38. Señalamiento de Trolley activado. ....	56
Figura 39. Aviso a operador que su relevo esta en posición para abordar el Trolley.....	56
Figura 40. Reducción del movimiento de Trolley para un posicionamiento más fácil. ....	57
Figura 41. Desactivación del sistema de Trolley.....	59
Figura 42. Diagrama a bloques del sistema implementado en este trabajo de tesis. ....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

---

---

Tabla I. Clasificación de barcos portacontenedores por capacidad en TEUs.....	22
Tabla II. Lista de barcos portacontenedores más grandes del mundo. ....	23
Tabla III. Evolución y distribución del transporte marítimo mundial. ....	38
Tabla IV. Movimiento anual de contenedores a nivel mundial.....	38

## NOMENCLATURA

---



---

AND	Compuerta lógica.
Boom	Movimiento de bajar y subir brazo.
C.A.	Corriente alterna.
C.C.	Corriente continua.
Contenedor	Recipiente que sirve para transportar mercancía.
Drive	Módulo en donde se colocan las tarjetas de control.
EIT	Siglas de la empresa Ensenada International Terminal.
Gantry	Movimiento de grúa sobre el riel.
Grúa Pórtico	Máquina capaz de transportar contenedores de un barco al muelle.
Hitachi	Marca de grúas pórtico.
Hoist	Movimiento de la grúa para subir/bajar el contenedor.
HPH	Siglas de la empresa Hutchinson Port Holdings.
HWL	Siglas de la empresa Hutchinson Whampoa Limited.
ICTSI	Siglas de la empresa International Container Terminal Services Inc.
Joyticks	Palanca de mando.
N.A.	Normalmente abierto.
N.C.	Normalmente cerrado.
NOT	Compuerta lógica.
OR	Compuerta lógica.
Paceco	Marca de grúas pórtico.
PLC	Controlador Programable Lógico.
Spreader	Parte de la grúa que es la encargada de sujetar los contenedores.
TEU	Unidad equivalente a 20 pies.
Trincaje	Cadena de Sujeción.
Trolley	Parte móvil de una grúa pórtico la cual transporta la cabina de mando.
Ward Leonard	Unión de un motor con uno o varios generadores.
ZPMC	Siglas de la empresa Zhenhua Port Machinery Co.

---

# I. INTRODUCCIÓN

---

## I.1. Antecedentes

En la ciudad y puerto de Ensenada hacia la década de los noventa no se contaba con una empresa que operara la terminal de usos múltiples del puerto de Ensenada, en 1997 ICTSI (International Container Terminal Services Inc.) fue la ganadora de la concesión por 20 años para operar dicha terminal, y es así como se inicia la empresa EIT (Ensenada International Terminal, S.A. de C. V.). Desde ese momento se invirtió en la construcción de un muelle de 300mts, equipo de patio y software de planeación de carga, especializado en el manejo de contenedores. Al inicio de sus operaciones EIT no contaba con grúas pórtico de manera que estos contenedores tenían que ser bajados por las grúas que traían

sus mismos barcos, lo cual generaba una pérdida de tiempo pues dichas grúas son muy lentas y poco seguras. El trabajo se fue incrementando y para el año de 1999 EIT adquiere las 2 primeras grúas pórticos marca Paceco logrando con esto que el trabajo se hiciera más rápido, seguro y de manera eficiente. La compra de estas grúas pórticos Paceco impacto de forma notoria en el puerto de Ensenada debido a que la carga y descarga de contenedores se hacía con más rapidez.

En el año 2001, EIT fue adquirido por HPH (Hutchinson Port Holdings), líder en inversión, desarrollo y operación portuaria con intereses en más de 25 países a lo largo de Asia, Medio Oriente, África, Europa, América y Australia. Actualmente opera 300 muelles en más de 50 puertos alrededor del mundo. HPH es una compañía subsidiaria de la diversificada HWL (Hutchinson Whampoa Limited), establecida en 1994 para administrar los puertos de grupo HWL y los servicios relacionados con ellos. En el 2005 EIT adquiere 2 grúas pórticos marca Hitachi de más altura y velocidad que las Paceco, esto con el fin de satisfacer la demanda en el manejo de carga en contenedores y al aumento de tamaño de los buques que arribaban al puerto.

Una grúa pórtico es una máquina de acero montado sobre rieles los cuales le permiten desplazarse a lo largo del muelle, esta grúa se aprecia en la figura 1. En

la parte superior de la grúa se tiene un cuarto de control que es donde se encuentran los motores y toda la infraestructura que la acciona, además esta grúa contienen un brazo o pluma y al colocarlo en posición horizontal puede alcanzar todos los contenedores de los barcos, cabe mencionar que este brazo se acciona mediante un cable de acero el cual hace que pueda subir y bajar.



Figura 1. Grúa pórtico en operación en el muelle de Ensenada.

El Trolley es la parte móvil de la grúa la cual corre sobre rieles que están montados tanto en el brazo como en la grúa permitiéndole llegar a todo el ancho de un barco. Sobre el Trolley está montada la cabina de operación que es donde el operador da las instrucciones de mando a la grúa. En el Trolley está el spreader el cual se encuentra ubicado en la parte baja de éste y es el encargado de recoger cada contenedor del barco para ser trasladado a los camiones que se sitúan sobre el muelle. En la figura 2 se muestra el Trolley de las grúas pórtico.



Figura 2. Trolley de la grúa pórtico en operación.

## I.2. Planteamiento del problema

En el mundo existen diferentes empresas dedicadas al transporte de mercancía, esta transportación puede ser vía terrestre, aérea o marítima. Este trabajo de tesis mejorará el transporte de mercancía vía marítima, específicamente en la carga por contenedores. Esta carga viene en barcos especialmente fabricados para el transporte de contenedores, la figura 3 muestra un barco carguero con contenedores a bordo. Las empresas dedicadas al manejo de esta carga usan diferentes técnicas para facilitar el trabajo, la más común es el uso de grúas pórticos las cuales mueven los contenedores con gran rapidez y facilidad, pero existe un problema detectado con este tipo de grúas el cual es la seguridad del personal que las operan. Este trabajo de tesis se enfocará en la seguridad del personal que las operan, la cual se explica más adelante.



Figura 3. Barco con miles de contenedores.

Para subir a la grúa es necesario que una persona físicamente suba una pequeña escalera de alrededor de 5 metros, posteriormente se dirige a un elevador el cual lo llevará a la parte superior de la grúa y finalmente ingrese a la cabina de mando y ahí realice las operaciones que necesite la grúa. el problema en esta fase del ingreso a la cabina, es que dicha cabina está montada sobre el Trolley de la grúa y el operador en turno que se encuentra dentro de la cabina no es capaz de ver a la persona que acaba de subir y pretende ingresar a la cabina junto con él, de manera que se pueden presentar dos tipos de accidentes: el primero sería que el Trolley golpee a la persona que recién ingresa, y el segundo el cual resulta más grave es que la golpee haciéndola caer de una altura de 35 metros lo cual tendría consecuencias fatales. La figura 4 muestra la cabina vista desde adentro.



Figura 4. Cabina de operación vista desde adentro de la misma.

Para solucionar este problema es necesario que ambos operadores tengan comunicación verbal lo cual es muy difícil por el exceso de ruido en el área de la grúa, y aunque se ha tratado de solucionar el problema mediante el uso de radios, estos no han funcionado de manera correcta y se sigue trabajando con el riesgo de caer.

El gran riesgo que se tiene en las grúas pórtico tiene preocupada a la empresa HPH (Hutchinson Port Holdings), la cual ha tocado el tema con sus ingenieros encargados en sus distintos puertos alrededor del mundo, llegando al consenso de que se tiene que poner mayor atención al subir y bajar al Trolley, ya que existe un punto ciego y el operador no puede ver si alguien quiere subir a la cabina de control, buscando tener un 0% de posibilidad de accidente en las mismas. El hablar del punto ciego quiere decir que el operador que se encuentra en la cabina no puede ver en ningún momento al operador entrante.

### **I.3. Objetivos**

#### **I.3.1. Objetivos generales**

- Diseñar e implementar un sistema de seguridad para los operadores de las grúas al momento de abordar al Trolley.

#### **I.3.2. Objetivos específicos**

- Implementar un sistema que impida el movimiento del Trolley cuando un operador va a ingresar a la cabina, esto mediante el PLC marca Moeller®, y además que al momento de querer abordar a la cabina realice las siguientes funciones;
  - ❖ Señalar mediante una luz al operador en turno que su relevo está en posición de abordar la cabina del Trolley.
  - ❖ Desactive el sistema automáticamente y que el operador que se encuentra dentro de la cabina no pueda mover el Trolley.
  - ❖ Señalar a ambos operadores (al que se encuentra dentro de la cabina y al que ingresa) mediante una luz que el Trolley ha sido desactivado.

#### **I.4. Infraestructura**

Para la implementación, simulación y análisis del sistema de protección que será presentado en este trabajo de tesis, se utilizará la siguiente infraestructura:

- ⇒ Instalaciones de EIT (Ensenada International Terminal).
- ⇒ Laboratorio de ingeniería en UABC Ensenada.
- ⇒ Biblioteca central UABC Ensenada.
- ⇒ Programas de aplicación tales como:
  - ❖ Easy-soft 6 Pro®
  - ❖ Simulador Easy-Soft
  - ❖ Microsoft Office 2007®.
  - ❖ Acceso a Internet.

Además se necesita el siguiente material:

- ⇒ 3 Sensores infrarrojos Moeller LSO-R18S-B200-LD®
- ⇒ 3 Reflectores para sensor infrarrojo Moeller LSO-XR40®
- ⇒ 2 Señalamientos tipo semáforo Moeller®
- ⇒ 3 Relays FINDER 24V.
- ⇒ 2 Relays IDEO 110V.

- ⇒ 1 PLC Marca Moeller Easy 719-AC-RC®
- ⇒ 1 Fuente de 24V Weidmüller®.
- ⇒ 50 Metros de cable calibre #10
- ⇒ 1 Chapa con apertura electrónica.

### **I.5. Estado del arte**

En la actualidad no hay una forma de comunicación segura al momento de hacer el cambio de turno entre el operador que se encuentra manejando la grúa y el operador entrante, lo cual hace inseguro y peligroso el ingresar a la cabina de mando de la grúa.

Los operadores cuentan con radio para comunicarse con el demás personal de apoyo que está en tierra, pero el operador que relevará al que se encuentra trabajando no tiene radio, ya que éste se quedará con el radio que tiene su compañero y que está dentro de la cabina. además el número de radios es limitado dado que su costo es muy alto, y como problema extra se encuentra que aunque tuviera un radio el operador que hará el relevo, de nada le serviría pues el ruido de esa zona es muy grande, esto provocado por las grandes máquinas que trabajan en las grúas del puerto.

Este problema es la base para la elaboración de este trabajo de tesis, el cual abordará la implementación de un sistema de seguridad con el cual se pretende reducir el riesgo al personal que la opera.

Cabe mencionar que este sistema de seguridad no existe en otras grúas pórtico, por lo que no se encontró información sobre el tema. Existen unas grúas marca ZPMC que son muy diferentes a las utilizadas en este trabajo de tesis, las cuales son del 2009 y ya cuentan con un sistema parecido de seguridad, pero trabajan de forma muy diferente y no hay punto de comparación entre ellas, estas grúas son usadas en China.

---

## **II. GRÚAS, CONTENEDORES Y BARCOS**

---

### **II.1. Introducción**

En este capítulo se mencionarán los tipos de grúas que existen en operación en el mundo, en donde se especificará desde las más pequeñas hasta las más grandes y su capacidad en toneladas. También se abordará el tema de los contenedores en cuanto su capacidad para transportación y finalmente los tipos de barcos que existen para mover los contenedores de un puerto a otro.

## II.2. Grúas pórticos

Una grúa pórtico es una de las partes más importantes dentro del recinto portuario, se encuentra montada sobre rieles, diseñada para realizar las maniobras de carga y descarga de contenedores del barco hacia el muelle y viceversa. Su importancia radica en la fiabilidad y rapidez en la ejecución de la operación.

El tipo y tamaño de la grúa estará condicionado por las características del barco y del muelle donde se espera que atraque, en relación a las mareas máximas y mínimas. La clave de este tipo de grúas están definidas por diferentes factores, algunos de ellos son los siguientes:

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

Además de estas características, la grúa está preparada para realizar las siguientes operaciones:

- Movimiento 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 Trolley con o sin carga.
- Elevar o descender la pluma estando detenidos los demás movimientos.
- Adaptar el tamaño del spreader a las distintas medidas 20 y 40 pies.

Existen varias modalidades de grúas en función del tamaño de los buques a los que se les haga el servicio. Las modalidades se mencionan a continuación y se encuentran ordenadas de menor a mayor tamaño: **Feeder, Panamax, Post-Panamax, SuperPost-Panamax** [González, 2007].

En la figura 5 se muestra una grúa tipo **Feeder**, éstas cuentan con capacidad para 10 contenedores de ancho del barco, un alcance delantero de hasta 30 metros y un bajo Spreader de hasta 25 metros.

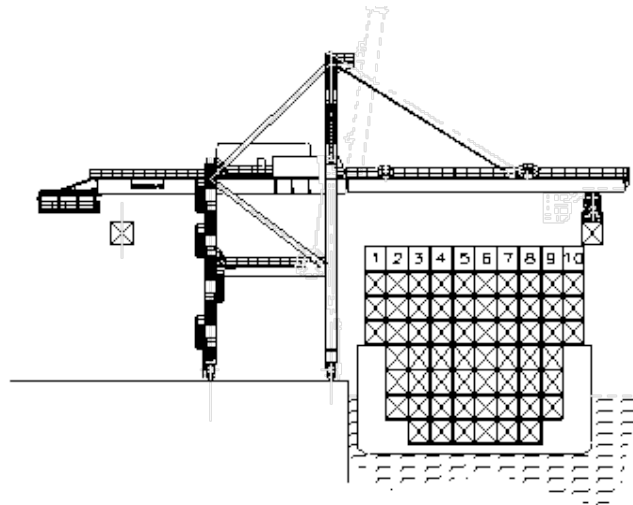


Figura 5. Grúa tipo Feeder.

A continuación en la figura 6 se muestra una grúa tipo **Panamax**, estas cuentan con capacidad para 13 contenedores de ancho del barco, un alcance delantero de hasta 42 metros y un bajo Spreader de hasta 30.5 metros.

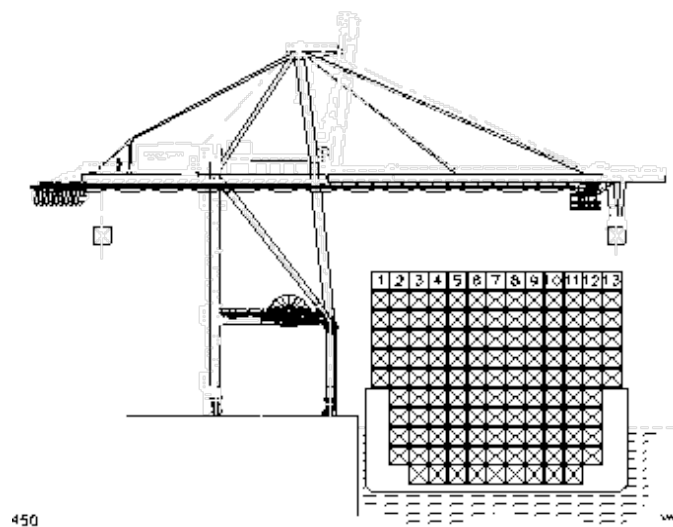


Figura 6. Grúa tipo Panamax.

A medida que crecían las necesidades en los puertos del mundo crecían los tamaños en las grúas pórticos, en la figura 7 se muestra una grúa tipo **Post-Panamax**, estas cuentan con capacidad para 17 contenedores de ancho del barco, un alcance delantero de hasta 48 metros y un bajo Spreader de hasta 35 metros.

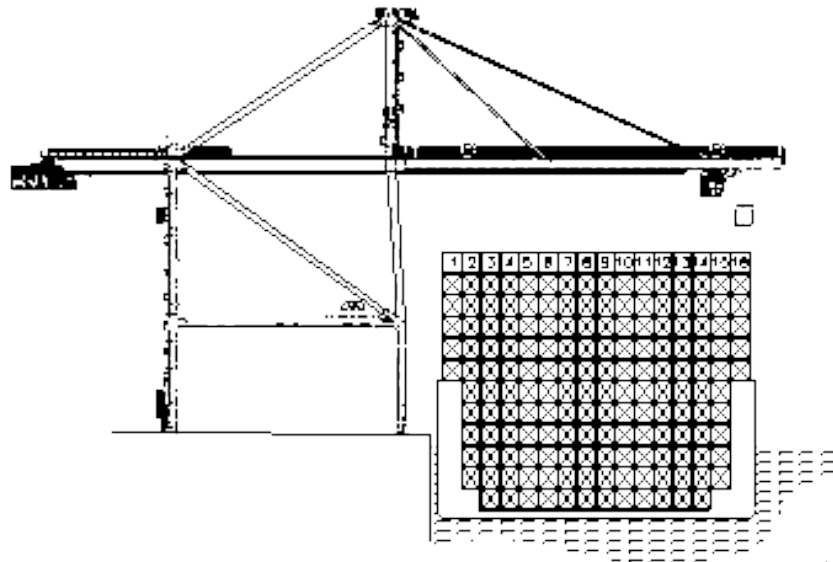


Figura 7. Grúa tipo Post-Panamax.

En la actualidad las grúas han alcanzado un nivel muy alto, en la figura 8 se muestra una grúa tipo **Superpost-Panamax**, éstas grúas son las más grandes

hoy en día, éstas cuentan con capacidad para 18-22 contenedores de ancho del barco, un alcance delantero de hasta 62 metros y un bajo Spreader de hasta 41 metros.

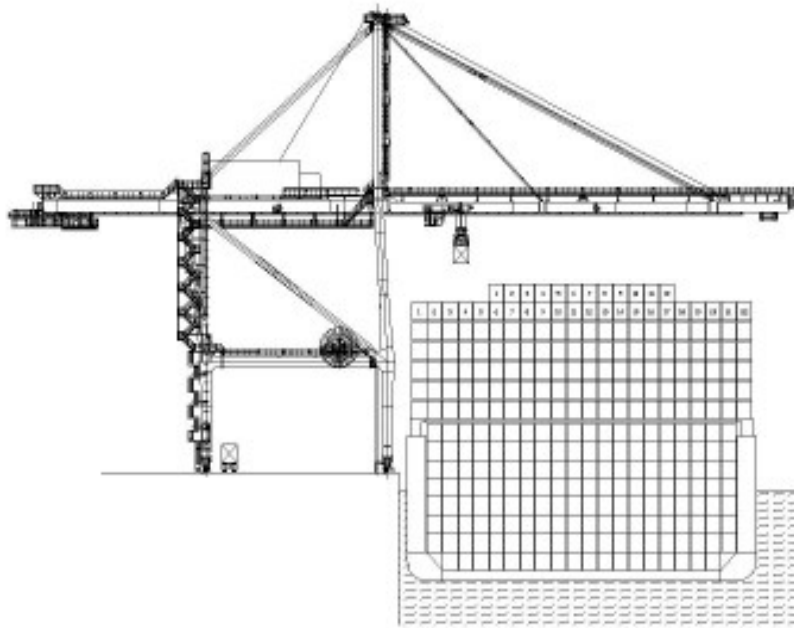


Figura 8. Grúa tipo Superpost-Panamax.

La estructura principal de las grúas antes citadas está formada básicamente 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, el cual aporta un

comportamiento óptimo en las operaciones, además de facilitar el acceso al Trolley.

La grúa 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: protección contra los cortocircuitos, previsión contra la condensación de humedad en paneles de control eléctrico y motores de C.C. de los movimientos, previsión contra exceso de temperatura, protección térmica de los motores principales y protección contra las anomalías en la red de alimentación, entre otros.

Todas las funciones secuenciales de control y de enclavamiento de los movimientos y de los motores de C.A. son realizados en un PLC. Estas operaciones se realizan 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 tal manera que le garantice operador un confort adecuado debido a su diseño ergonómico.

El sillón del operador es ajustable y proporciona acceso a todos los controles de mando de la grúa y del spreader sin necesidad de levantarse, esto mediante dos pupitres de mando colocados a ambos lados del sillón. Todo esto garantiza el manejo y control total de la grúa y que se pueda lograr mediante un único operario.

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. Los accesos a los distintos puntos de la estructura se consiguen mediante el uso de ascensores, escaleras, escalas (escalera tipo gato) y pasarelas amplias y protegidas.

### **II.3. Barcos portacontenedores**

Los barcos portacontenedores son los encargados de transportar los contenedores estandarizados y se utilizan para transportar todo tipo de mercancías en todo el mundo. Son los mismos contenedores que se pueden ver habitualmente en los puertos.

Este tipo de barcos suelen estar equipados con motores diesel y una tripulación que puede variar de 20 a 40 personas. El alojamiento de la tripulación y el puente de mando están situados en unos emplazamientos que forman la "torre", ubicada normalmente en la popa del buque por encima de la sala de máquinas.

Los primeros portacontenedores fueron contruidos modificando petroleros, que a su vez surgieron de la transformación de buques tipo Liberty Surplus de la segunda guerra mundial. Hoy en día, estos buques son una clase propia y forman parte de los barcos más grandes del mundo, aparte de los superpetroleros. Su diseño es de una sola cubierta y una bahía de carga, con la característica de poder realizarse en ellos adaptaciones de celdas para el acomodo de contenedores.









Este tipo de barcos son los considerados de mayor tamaño. Los mayores llegan a los 350 metros de largo con una capacidad para casi 11,000 contenedores, aunque aún no han finalizado su crecimiento en tamaño, habiéndose publicado estudios de portacontenedores de hasta 18,000 unidades. Este desarrollo espectacular de tamaño ha sido posible debido a los avances en la construcción de potentes motores que han permitido a estos barcos alcanzar velocidades de 23 nudos, potencias de 90,000 caballos y 250 toneladas de consumo diario de combustible.

No todos los barcos con contenedores pertenecen a esta clasificación ya que la mayoría de barcos son multipropósito, pero una de sus cargas preferidas son los contenedores. Para manejar la descarga de este tipo de buques en los puertos se necesitan grúas especiales capaces de levantar hasta 50 toneladas a 50 metros de alcance.

En la tabla I se muestra la clasificación de barcos portacontenedores por capacidad en TEUs (acrónimo del término en inglés Twenty-foot Equivalent Unit) unidad equivalente a 20 pies.

En necesario hacer mención que un TEU es la unidad de medida equivalente a un contenedor de 20 pies, por lo que un contenedor de 40 pies equivaldrá a 2 TEUs. Los barcos indican su capacidad de carga en TEUs, con excepción de la compañía naviera Maersk quien indica los datos en otra forma, calcula el número de contenedores llenos con un peso promedio de 14 toneladas cada uno, obteniendo un resultado no perfectamente alineado con los de otras empresas. La información sobre la capacidad de los buques portacontenedores son proporcionados directamente por las compañías navieras que podrían tener intereses comerciales en cambiarlos. Información obtenida de [González, 2007].

Tabla I. Clasificación de barcos portacontenedores por capacidad en TEUs.

Generación	Tipo de Barco	Largo	Calado	TEU
Primera (1956-1970)	 Buque de Carga	135 m	< 9 m	500
	 Buque Cisterna	200 m	< 30 ft	800
Segunda (1970-1980)	 Portacontenedores Celular	215 m	10 m 33 ft	1,000 2,500
Tercera (1980-1988)	 Panamax	250 m	11-12 m 36-40 ft	3,000
	 Post Panamax	290 m	11-13 m 36-43 ft	4,000
Cuarta (1988-2000)	 Super Post-Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 5,000
Quinta (2000-2005)	 Nuevo Panamax	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 8,000
Sexta (2006-)	 Ultra Large Container Ship	397 m	15.5 m 50 ft	11,000 14,500

Debido al gran aumento de este sistema de transporte los barcos portacontenedores van ganando popularidad lo cual los hace uno de los favoritos para las compañías navieras las cuales cada año van pidiendo que sus barcos sean de mayor tamaño. En la tabla II se muestra una lista de los barcos portacontenedores de mayor tamaño en el año de su fabricación.

Tabla II. Lista de barcos portacontenedores más grandes del mundo.

<b>Año</b>	<b>nombre</b>	<b>largo (m)</b>	<b>ancho (m)</b>	<b>TEU</b>	<b>Compañía</b>
2006	Eleonoramaersk	397	56.00	11000	Maersksealand/Dinamarca
2006	Estellemaersk	397	56.00	11000	Maersksealand/Dinamarca
2006	Emmamaersk	397	56.00	11000	Maersksealand/Dinamarca
2005	Colombo Express	335	42087	8750	Hapag-Lloyd/Alemania
2004	Cscleurope	334	42.80	8498	China shipping container line/China
2003	Ooclshenzhen	322	42.80	8063	Oocl/HongKong
2003	Axelmaersk	352	42.80	7226	Maersksealand/Dinamarca
1997	Sovereignmaersk	346	42.80	6600	Maersk Line/Dinamarca
1996	Reginamaersk	318	42.80	6000	Maersk Line/Dinamarca
1995	Ooclhongkong	276	40.00	5344	Oocl/HongKong
1991	Hannoverexpress	294	32.30	4639	Hapag-Lloyd/Alemania
1988	Marchen Maersk	294	32.22	4300	Maersk Line/Dinamarca
1984	Louismaersk	270	32.30	3700	Maersk Line/Dinamarca
1981	Frankfurtexpress	287	32.28	3430	Hapag-Lloyd/Alemania
1972	Hamburgexpress	287	32.20	3010	Hapag-Lloyd/Alemania
1972	Tokyo bay	289	32.26	2961	Ocl e in Seguitop&o/Gran Bretaña
1971	Kamakuramaru	290	32.20	2500	NYK/Japón
1970	Sydneyexpress	217	30.58	1665	Hapag-Lloyd/Alemania
1969	Encounterbay	227	30.56	1572	Ocl-p&o/Gran Bretaña

## II.4. Contenedores

Se llama contenedor a un recipiente de grandes dimensiones utilizado para transportar objetos voluminosos o pesados, como por ejemplo: motores, maquinaria, pequeños vehículos, entre otros, es conocido también por su nombre en inglés, *container*.

Los contenedores suelen estar fabricados principalmente de acero corrugado, pero también los hay de aluminio y algunos otros de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio. En la mayor parte de los casos, el suelo es de madera, aunque ya hay algunos de bambú. Interiormente llevan un recubrimiento especial anti-humedad, para evitar las humedades durante el viaje. Otra característica especial de los contenedores es la presencia, en cada una de sus esquinas, tiene unos orificios llamados cantoneras los cuales les permiten ser enganchados por grúas, así como su trincaje (cadena de sujeción) tanto en buques como en camiones.

El primer transporte de mercancías con contenedores fue el 26 de abril de 1956. Corrió a cargo de Malcom Maclean que hizo el trayecto desde Nueva York a Houston. Existen diferentes medidas para los contenedores variando en

largo y alto, los más usados a nivel mundial son los de 20 y 40 pies, con un volumen interno aproximado de 32,6 m<sup>3</sup> y 66,7 m<sup>3</sup> respectivamente. Además se puede encontrar contenedores de 8, 10, 45, 48, 53 y 57 pies, no siendo comunes en los barcos portacontenedores a excepción del de 45 pies.

Existe una gran variedad de contenedores, cada uno con un uso específico, los más comunes son:

- **Dry Van.** Son los contenedores estándar, cerrados herméticamente y sin refrigeración o ventilación, su tamaño puede variar de entre 20, 40 y 45 pies, siendo estos los más comunes con una altura de 8' 6".

En la figura 9 se muestra un contenedor de 45 pies y 2 de 20 pies.



Figura 9. Contenedor Dry Van de 20 y 45 pies.

- **High Cube.** Contenedor Dry Van mayormente de 40 pies, su característica principal es su sobre altura 9' 6", es decir un pie más alto que el Dry Van común.
- **Reefer.** Contenedores refrigerados de las mismas medidas que el High Cube pero que cuentan con un sistema de conservación de frío o calor y termostato. Deben ir conectados en el buque y en la terminal, incluso en el camión si fuese posible o en un generador externo, funcionan bajo corriente trifásica. Algunas de las marcas que se dedican a fabricarlos: Carrier, Mitsubishi, Termoking. En la figura 10 se muestra un contenedor refrigerado.



Figura 10. Contenedor refrigerado (reefer).

- **Open Top.** De las mismas medidas que los Dry Van, pero abiertos por la parte de arriba, lo cual le permite transportar mercancía que puede sobresalir del contenedor. En la figura 11 se muestra un contenedor de este tipo.



Figura 11. Contenedor Open Top.

- **Flat Rack.** Su característica es que carecen de paredes laterales y en ocasiones de paredes delanteras y traseras. En su mayoría son de 40 pies de largo. Se emplean para cargas mayores a la del contenedor normal. En la figura 12 se muestra un contenedor Flat Rack.

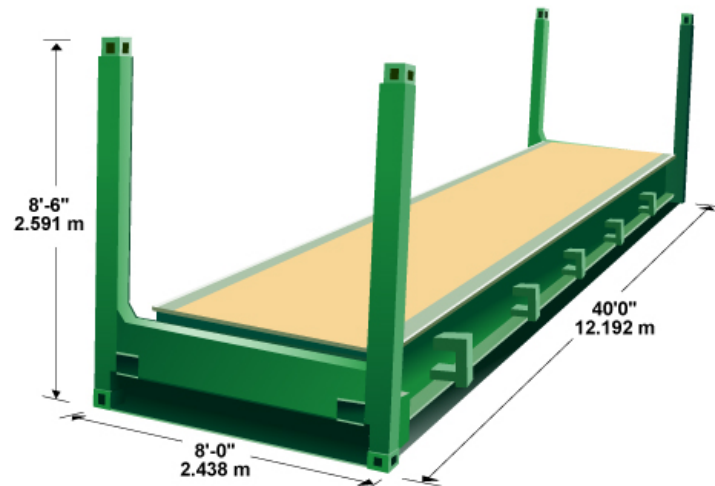


Figura 12. Contenedor Flat Rack.

- **Open Side.** Su mayor característica es que es abierto en uno de sus lados, sus medidas son de 20 o 40 pies. Se utiliza para cargas de mayores dimensiones en longitud que no se pueden cargar por la puerta del contenedor. En la figura 13 se muestra un contenedor Open Side.



Figura 13. Contenedor Open Side.

- **Tank o Contenedor Cisterna.** Para transportes de líquidos o gases. Se trata de una cisterna contenida dentro de una serie de vigas cuyas dimensiones son equivalentes a las de un Dry Van. De esta forma, la cisterna disfruta de las ventajas inherentes a un contenedor, pueden apilarse y viajar en cualquiera de los medios de transporte típicos del transporte normal, por su característica solo se fabrican en 20 pies. En la figura 14 se muestra un contenedor cisterna.



Figura 14. Contenedor Cisterna o Tank.

- **Flexi-Tank.** Para transportes de líquidos. Suponen una alternativa al contenedor cisterna. Un Flexi-Tank consiste en un contenedor estándar (Dry Van), normalmente de 20 pies, en cuyo interior se fija un depósito flexible de polietileno de un solo uso denominado flexi bag. En la figura 15 se muestra un contenedor Flexi-Tank.



Figura 15. Contenedor Flexi-Tank.

## II.5. Funcionamiento de una grúa

El funcionamiento de las grúas pórticos que se encuentran en el puerto de Ensenada está constituido principalmente por un sistema de control Ward Leonard, este sistema es en si el acoplamiento de un motor de corriente alterna (C.A.) con uno o más generadores de corriente directa (C.D.).

El corazón de las grúas del puerto es lo que se llama tren de generación (Sistema Ward Leonard) que consta de un motor de 4000 Volts C.A. acoplado con 2 generadores de 500 volts C.D. cada uno, en la figura 16 se muestra el sistema Ward Leonard, siendo este sistema el que hace posible todos los movimientos de la grúa, tales como son Gantry, Hoist, Trolley y Boom, todos estos movimientos son controlados por motores de C.D.

- **Gantry.** Movimiento de la grúa a lo largo de todo el muelle.
- **Hoist.** Movimiento hacia arriba y abajo del contenedor.
- **Trolley.** Movimiento a lo largo de todo el brazo o pluma de la grúa.
- **Boom.** Movimiento de bajar y subir brazo o pluma.

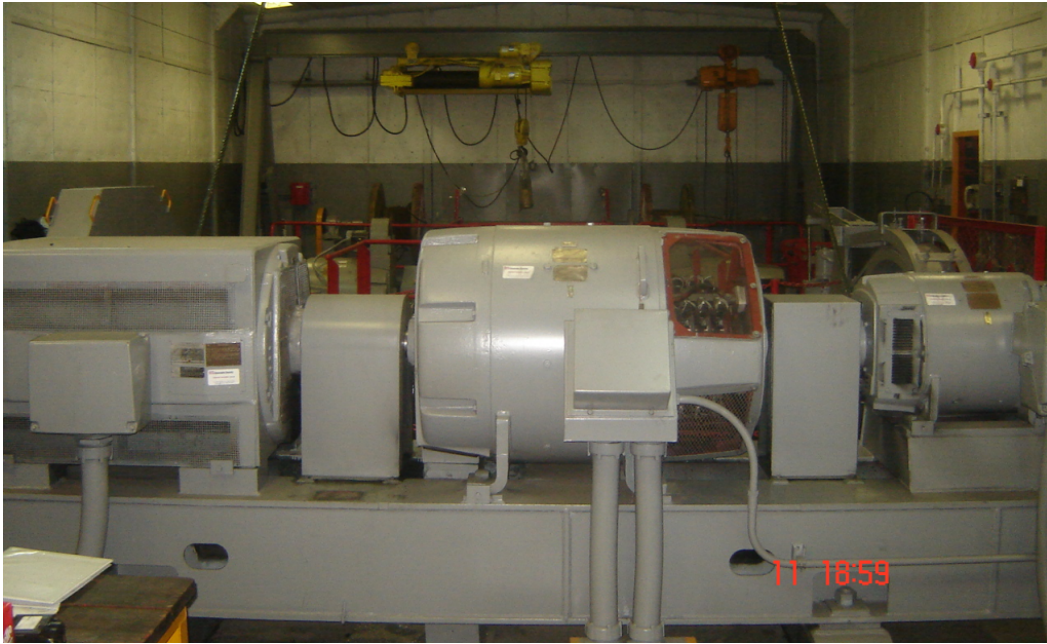


Figura 16. Sistema Ward Leonard o tren de generación.

Para que se pueda general algún movimiento en la grúa es necesario prender el tren de generación y posteriormente desde la cabina de operación accionar el joyticks o palanca del movimiento deseada, éstas palancas se pueden ver en la figura 4.

Al accionar una palanca, ésta manda un voltaje alterno el cual va variando a medida que se gire más o menos dicha palanca. La señal de la palanca llega al drive, éste drive consta de una serie de tarjetas electrónicas que convierten el voltaje alterno en directo, es el drive el que controla la corriente de campo de los motores de dicho movimiento, en la figura 17 se muestra el drive de Hoist,

Boom y Gantry. Los 3 movimientos son alimentados por el mismo generador el cual sólo puede accionar uno de los movimientos a la vez.

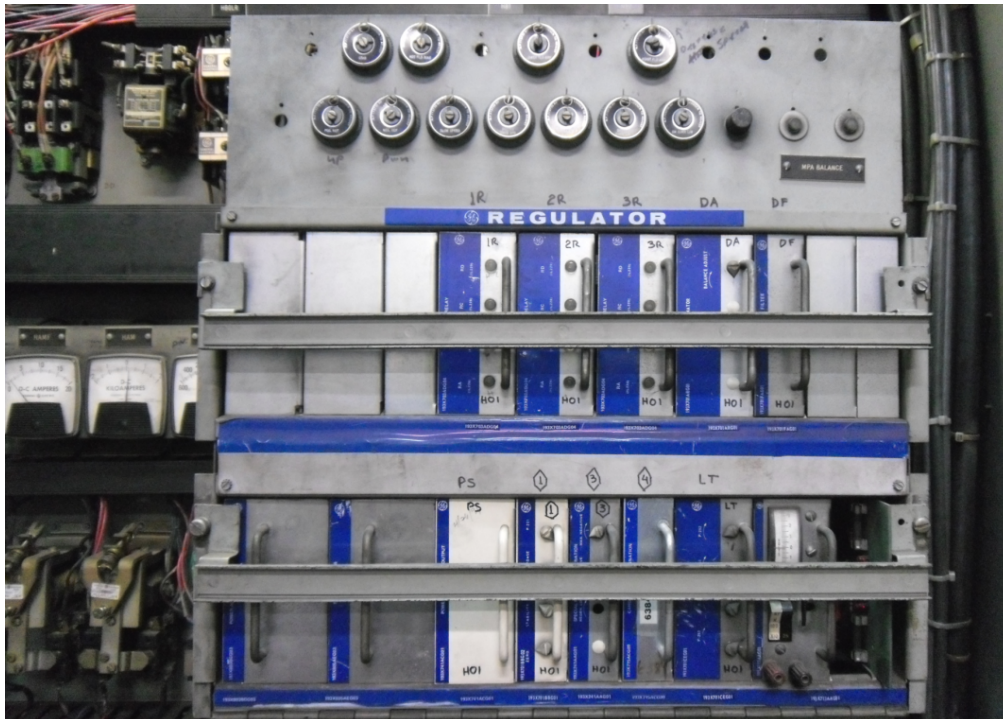


Figura 17. Drive de Hoist, Boom y Gantry.

El drive de Trolley es muy parecido al drive de Hoist sólo que con menos tarjetas, en la figura 18 se muestra el drive de Trolley.

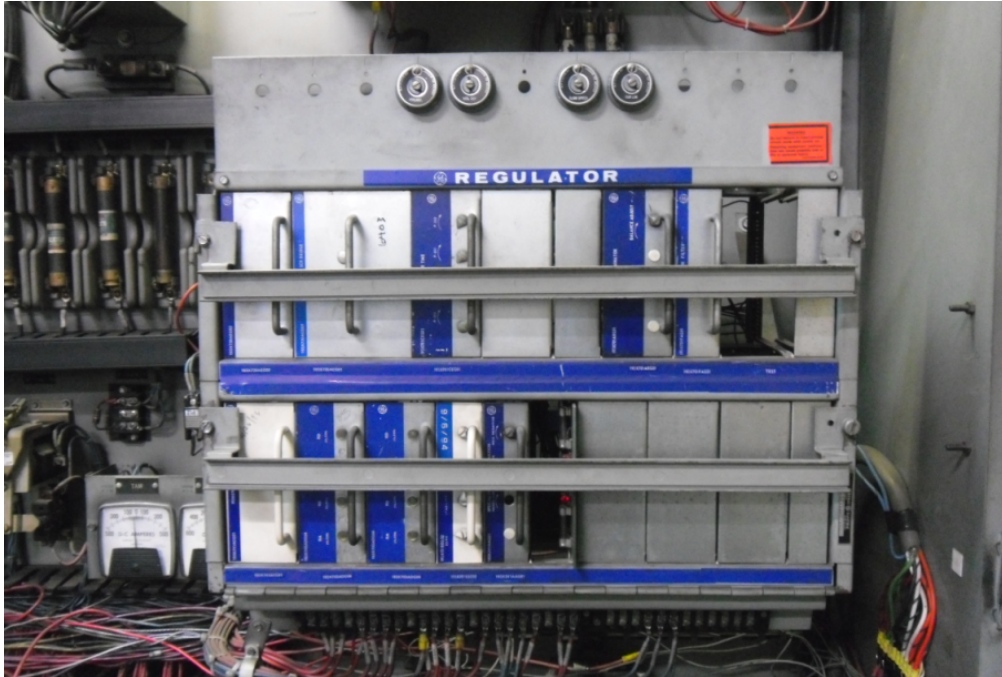


Figura 18. Drive de Trolley.

Cuando los motores se encuentran en reposo reciben entre 7 y 8 A, entre más se incremente el nivel de la palanca esto producirá menor corriente y mayor velocidad en los motores, ésta forma de funcionamiento es similar para todos los movimientos de la grúa anteriormente mencionados.

En el sistema de Hoist se tienen 2 motores conectados y acoplados en serie ya que dicho sistema posee el movimiento con mayor fuerza, debido a que sirve

para levantar los contenedores de hasta 40 toneladas, la figura 19 muestra estos motores.



Figura 19. Motores del sistema de Hoist.

Los motores de los sistemas de Trolley y Boom son del mismo tamaño y capacidad, pero si se comparan con los del sistema Hoist son muy chicos. La figura 20 muestra el motor de Trolley con su freno y caja reductora, además se aprecia el tambor donde está el cable que es el que mueve al Trolley.



Figura 20. Motor del sistema de Trolley.

El motor del sistema de Boom o brazo es del mismo tamaño y capacidad del motor de Trolley con la diferencia de que su caja reductora es más grande que la del Trolley, en la figura 21 se muestra todo el sistema completo del sistema de Boom como lo es el motor, la caja reductora, el freno y su tambor del cable que hace que el brazo baje y suba.



Figura 21. Motor del sistema de Boom.

## **II.6. Tráfico marítimo de contenedores**

Hoy en día se puede señalar que a nivel mundial existe un incremento muy importante en cuanto al transporte de la mercancía y especialmente la que viaja en contenedores. Este espectacular aumento en el caso portuario, se debe al incremento del comercio, el afianzamiento del contenedor como unidad de transporte intermodal, así como al impulso del tráfico portuario de trasbordo o tránsito marítimo. En la tabla III se aprecia como en los últimos 25 años el peso de la mercancía general que no utiliza un contenedor (no contenerizada)

ha ido disminuyendo en beneficio de la mercancía que si los utiliza (contenerizada).

Tabla III. Evolución y distribución del transporte marítimo mundial.

<b>Mercancía general</b>	<b>Distribución (%)</b>						
	1980	1985	1990	1995	2000	2004	2005
Mercancía general no contenerizada	78.2	68.5	63.6	53.1	42.5	27.8	21.8
Mercancía general contenerizada	21.8	31.5	36.4	46.9	57.5	72.7	79.2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

El tráfico mundial de contenedores ha pasado de 39 millones de TEUs en 1980 a más de 400 millones en 2006, como se pueden observar en la tabla IV. En el año 2004, se produjo un incremento del tráfico de contenedores a nivel mundial del 14.8%, uno de los más altos en los últimos 20 años, siendo actualmente el incremento de un 10% anual aproximadamente.

Tabla IV. Movimiento anual de contenedores a nivel mundial.

<b>Año</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Tráfico (millones de TEUs)	39	57	88	145	248	277	316	363	400	441

---

## **III. DESARROLLO DEL PROYECTO**

---

### **III.1. Introducción**

En este capítulo se aborda la forma en que se solucionó el problema anteriormente mencionado sobre la seguridad en las grúas pórticos. Se menciona como se programó el PLC y cuáles son sus características de funcionamiento.

### **III.2. Desarrollo**

El sistema consta principalmente de un pequeño PLC siendo éste el cerebro del sistema el cual se muestra en la figura 22, a éste dispositivo se le ingresó

una lógica de control programable que hace posible deshabilitar y habilitar el movimiento de Trolley para su acceso seguro.



Figura 22. PLC marca Moeller®.

Se colocó una puerta que impide el acceso la cual se muestra en la figura 23, ésta funciona electrónicamente hasta que el sistema de seguridad la habilita y el operador pueda ingresar de manera segura al Trolley.



Figura 23. Puerta de acceso al Trolley.

El operador que releva, al llegar a la puerta, es detectado por un sensor infrarrojo el cual se muestra en la figura 24, este se comunica con el PLC y mediante su lógica de control avisa al operador en cabina que su relevo está en posición para abordar el Trolley.

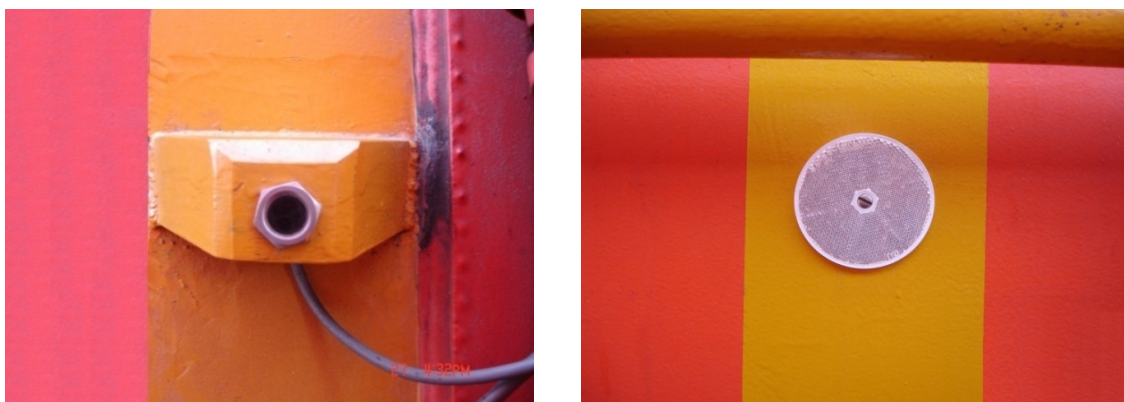


Figura 24. Primer sensor óptico y su reflector.

Al momento de ser detectado, el operador en cabina es avisado por medio de un semáforo que se colocó en la cabina del Trolley, dicho semáforo se encuentra en verde para indicar que el Trolley está en servicio y se enciende el amarillo al momento de detectar al relevo, de esta manera el operador es avisado que su relevo está listo para ingresar, éste semáforo se muestra en la figura 25.



Figura 25. Semáforo colocado en cabina del Trolley.

Se instaló otro semáforo que se encuentra a la vista del operador relevo, está ubicado en la puerta y se ve claramente al encontrarse parado frente a ella, éste semáforo se muestra en la figura 26, su función es indicarle al operador relevo el momento que puede ingresar al Trolley en forma segura. Normalmente éste indicador se encuentra en rojo ya que no hay acceso al Trolley y se enciende la luz amarilla cuando es detectado el operador relevo,

es importante mencionar que la luz se enciende junto con el semáforo de la cabina, logrando con esto que ambos operadores estén conscientes de qué está pasando.



Figura 26. Semáforo colocado en puerta de acceso.

Una vez que el operador se percata de que su relevo ha llegado, él detiene el Trolley en la posición que se encuentre, suelta la palanca de mando y al momento de realizar esta acción ya no tiene control sobre el Trolley, a continuación el Trolley sigue un procedimiento predefinido el cual es ir

directo a la posición inicial en donde se realizará el relevo del operador. La velocidad del Trolley en el momento en que se detecta que habrá un relevo de personal es lenta, esto para evitar riesgos mayores.

El Trolley cuenta con un sistema que sirve de reductor de velocidad pero sólo se usa a unos metros de llegar al final del recorrido, ya sea hacia enfrente o hacia atrás, este sistema se conoce como “rotativo” y se puede calibrar según requiera el usuario, la figura 27 muestra los rotativos de este Trolley. La posición exacta del Trolley es dada por un sensor y un reflector, la figura 28 muestra ambos dispositivos.

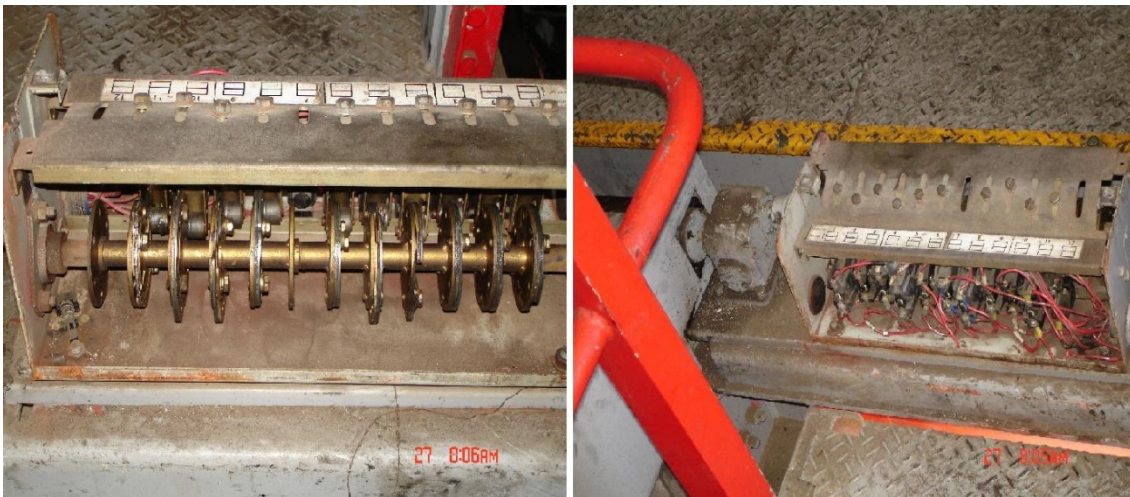


Figura 27. Rotativos de Trolley.



Figura 28. Sensor óptico de posición de Trolley y su reflector.

Al ser desactivado el movimiento del Trolley, ambos semáforos cambian de color, el de cabina se pone rojo y el de la puerta se pone verde, además la puerta de acceso es abierta automáticamente por el sistema que permite acceder hacia el Trolley, al estar llegando a la cabina del Trolley el operador relevo cruza otro sensor el cual manda activar el sistema y permite el movimiento en el Trolley, este sensor se muestra en la figura 29, al activarse el sistema ambos semáforos vuelven a su estado normal y la puerta es cerrada para impedir el cruce de alguien más.

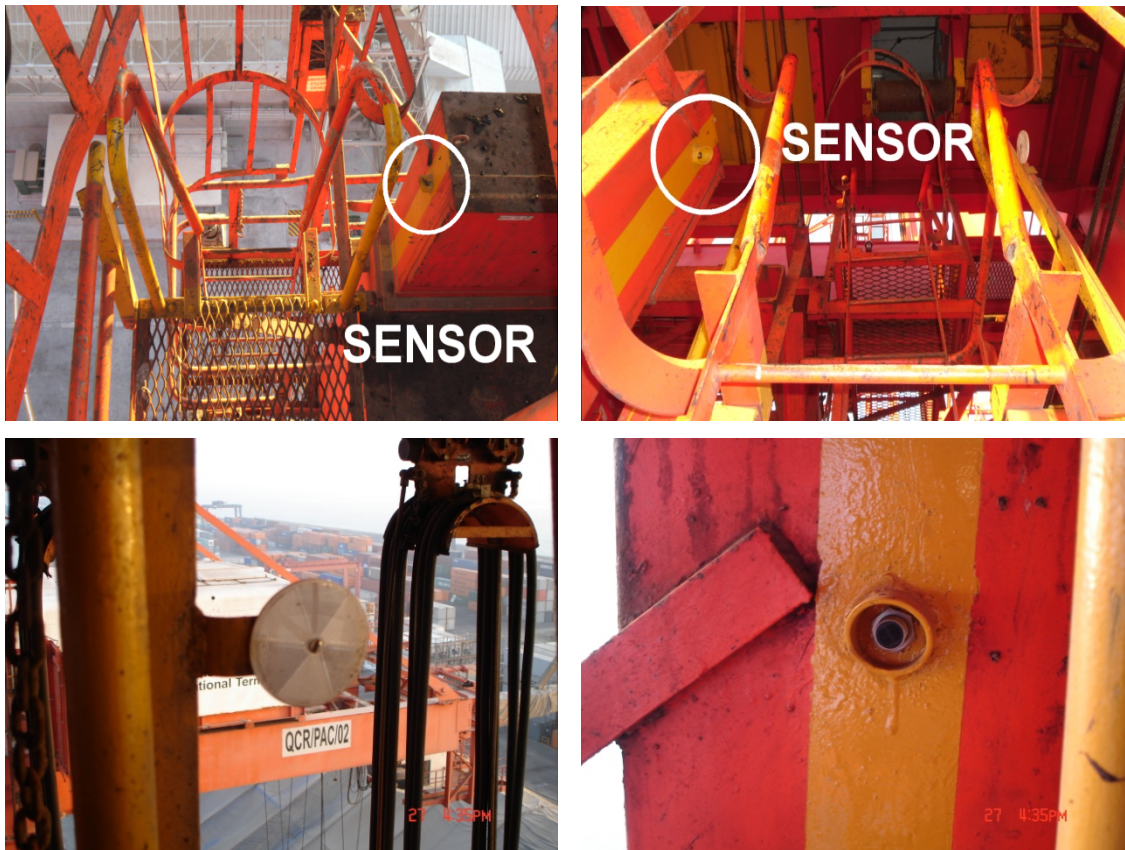


Figura 29. Segundo sensor óptico y su reflector.

La función que realiza el sistema para abordar el Trolley es ejecutada de la misma forma que para salir de él, ésta se explica brevemente a continuación: al ser relevado el operador, este se dispone a salir del Trolley, cuando el operador cruza el segundo sensor se vuelve a desactivar el sistema, se cambian los colores en los semáforos y se abre la puerta para que pueda salir del Trolley a la grúa en forma segura, al cruzar la puerta y pasar por el primer

sensor, éste activa el sistema, cierra la puerta y los semáforos vuelven a su estado normal.

Para la realización de este trabajo de tesis fue necesario programar el PLC con una lógica de control en escalera. Los diagramas de escalera son un lenguaje de programación que permiten representar gráficamente un circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico. En un diagrama de escalera, la fuente de energía es representada por los dos "rieles" verticales de la escalera, mientras que los peldaños de la escalera son utilizados para representar los circuitos de control. Los contactos normalmente abiertos (N.A.) de un interruptor o de un relevador son representados mediante dos líneas paralelas verticales (es importante no confundir este símbolo con el símbolo utilizado en los textos de electricidad y electrónica para representar capacitores), mientras que los contactos normalmente cerrados (N.C.) de un interruptor o de un relevador son representados mediante dos líneas paralelas atravesadas con una línea diagonal. En la figura 30 se muestra un contacto N.A. y un N.C.

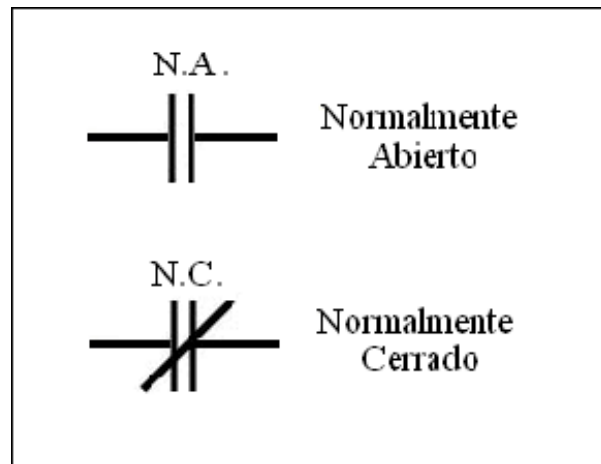


Figura 30. Diagrama de un contacto N.A. y un N.C.

Un diagrama de escalera puede contener peldaños al igual que una escalera verdadera. Cada peldaño debe contener una o varias entradas, y una o varias salidas. La primera instrucción en un peldaño, puesta del lado izquierdo, siempre debe representar la acción de una entrada, y la última instrucción de un peldaño, puesta del lado derecho, siempre debe representar la acción de una salida, en la figura 31 se muestra un ejemplo de un diagrama en escalera sencillo.

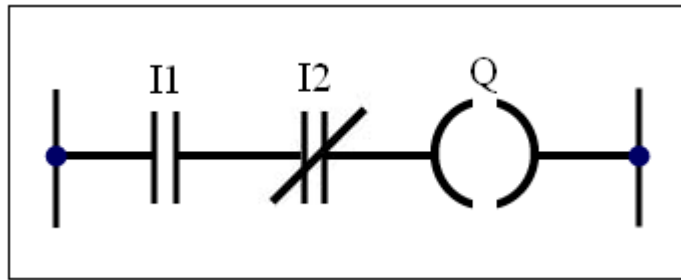


Figura 31. Diagrama en escalera sencillo.

Con los diagramas en escalera se pueden hacer las funciones lógicas tales como OR, AND y NOT.

En la figura 32 se tiene el equivalente de la función lógica OR en un diagrama de escalera, en la cual si cualquiera de los interruptores I1 ó I2 o ambos son cerrados se activa la salida Q.

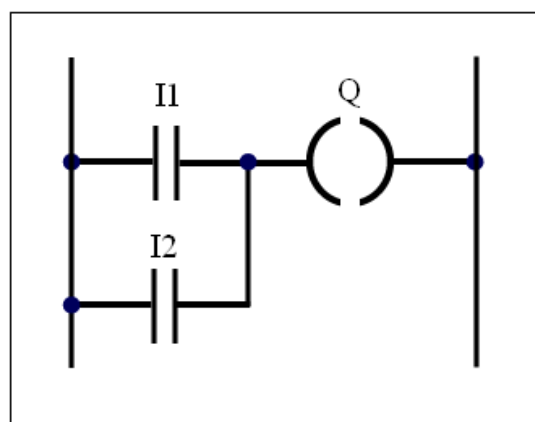


Figura 32. Diagrama en escalera de una función OR.

En la figura 33 se tiene el equivalente de la función lógica AND, en la cual es necesario que ambos interruptores I1 y I2 estén cerrados para que la salida Q pueda ser activada.

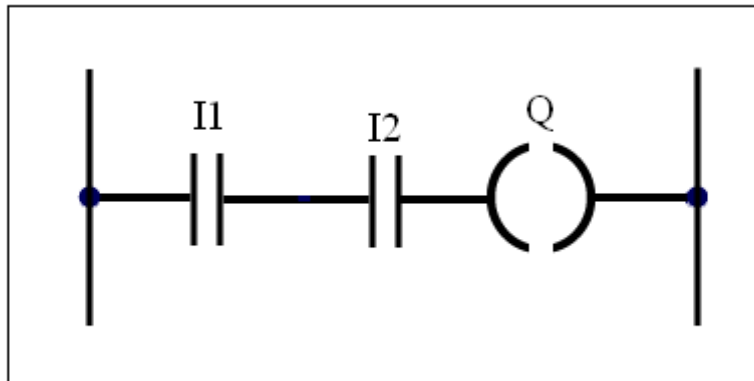


Figura 33. Diagrama en escalera de una función AND.

Y por último, en la figura 34 se puede apreciar la función inversora NOT, la cual se puede implementar en un contacto de entrada utilizando un interruptor que en lugar de estar normalmente abierto está normalmente cerrado, teniendo así el equivalente de la función lógica NOT ya que es necesario "encender" al interruptor I abriendo el contacto para apagar el suministro de energía a la salida Q.

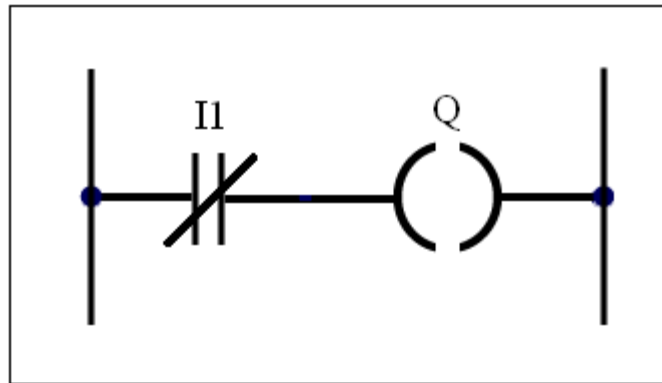


Figura 34. Diagrama en escalera de una función inversora NOT.

En un circuito que conste de varias entradas y/o varias salidas y/o varios relevadores de control, a cada uno de estos símbolos se les añadirá un número con el fin de distinguir distintos tipos de entradas, distintos tipos de salidas y distintos tipos de relevadores de control.

El programa en lenguaje escalera es realizado y almacenado en la memoria del PLC por un programador. El PLC lee el programa de forma secuencial, siguiendo el orden de los renglones (escalones de la escalera) tal y como fueron escritos, comenzando por el renglón superior y terminando con el inferior.

En este tipo de programa cada símbolo representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso, on u off, 1 ó 0.

A continuación se explica paso a paso el programa en escalera de nuestro sistema. La nomenclatura o variable que se le dio a cada contacto o símbolo es otorgado automáticamente por el sistema del Easy-Soft 6 Pro la cual es: *I* entradas, *T* timer, *M* contactor y *Q* salidas.

El programa se inicializa con un pulso sobre el sensor I01, este pulso se quedará activado hasta que se efectúe otro pulso en el mismo sensor, la figura 35 muestra éste procedimiento, en el círculo se tiene la señal de entrada del sensor I01 el cual activa al timer T01, dicho timer se queda activado 2 segundos más que la señal I01, con estos 2 segundos se garantiza que si se requiere que pasen 2 o más personas no sean tomados en cuenta, este timer se encuentra indicado mediante una flecha en la figura 35, además en su siguiente renglón se observa el pulso sostenido M02 que es lo que se buscaba originalmente.

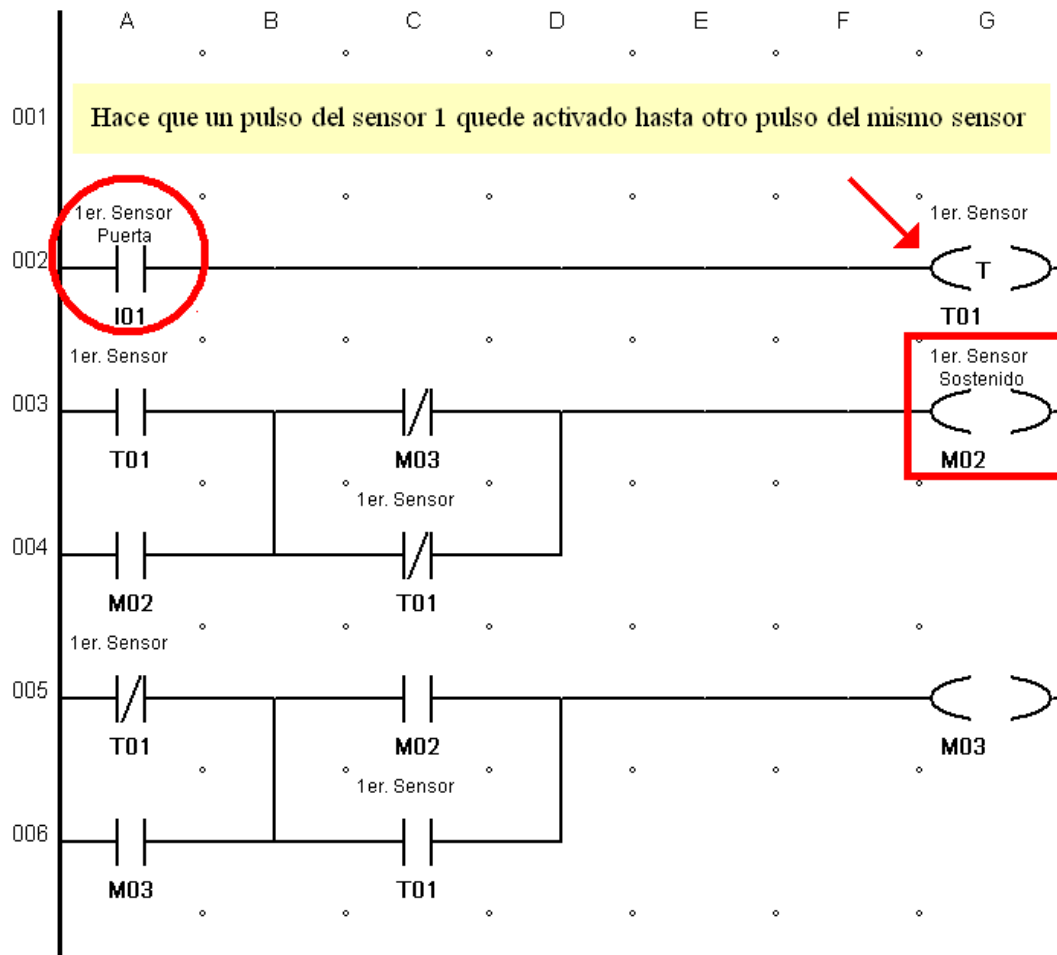


Figura 35. Sensor 1 controlador del pulso.

En la figura 36 se muestra una situación parecida a la observada en la figura 35 con la diferencia que la entrada es del segundo sensor I02 y el pulso sostenido es M05.

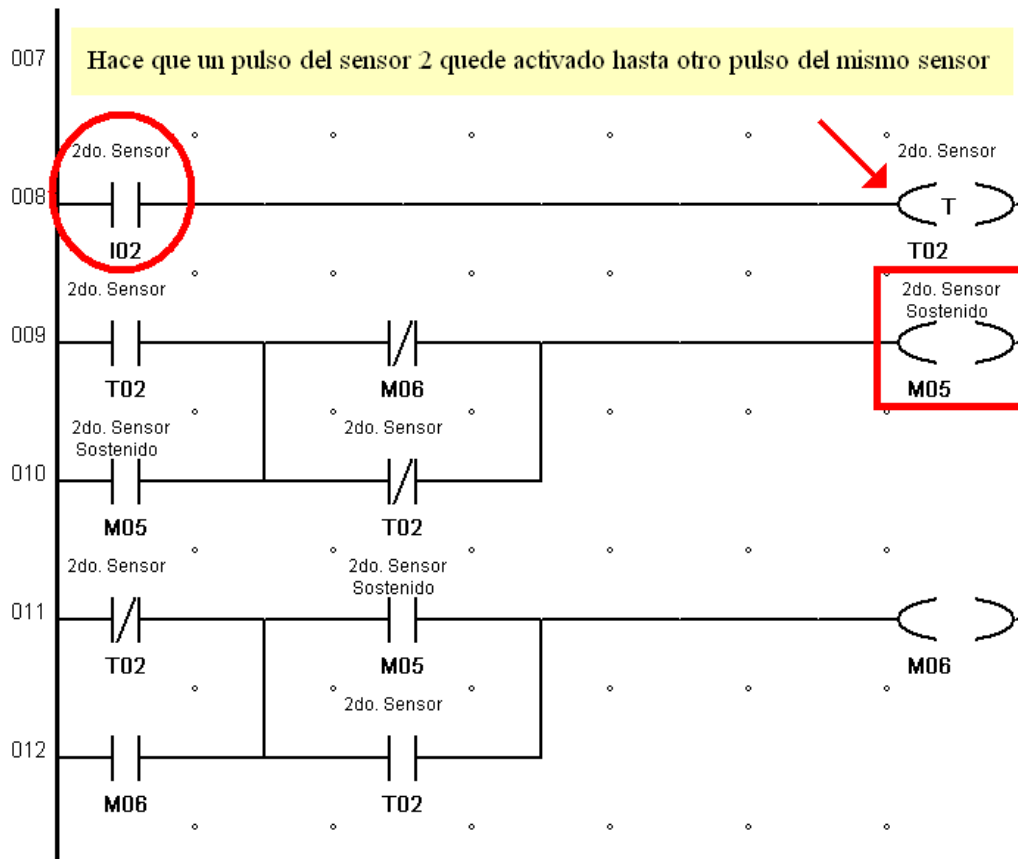


Figura 36. Sensor 2 controlador del pulso.

Una vez que se tienen los pulsos sostenidos M02 y M05 que es lo que se buscaba, se arma un switch escalera, el cual es conocido como escalera pues funciona como en los interruptores de focos de las escaleras de casa, los cuales se pueden prender mediante un switch al momento de subir la escalera y al llegar arriba se puede apagar mediante otro switch el cual se encuentra relacionado con el primero, por lo que no es necesario bajar a apagar la luz

sino que se apaga desde arriba y viceversa. Este switch de escalera será parte fundamental para poder desactivar el sistema de Trolley, en la figura 37 se muestra la configuración en escalera con los pulsos M02 y M05 encerrados en un círculo y en el cuadro se muestra la salida M07.

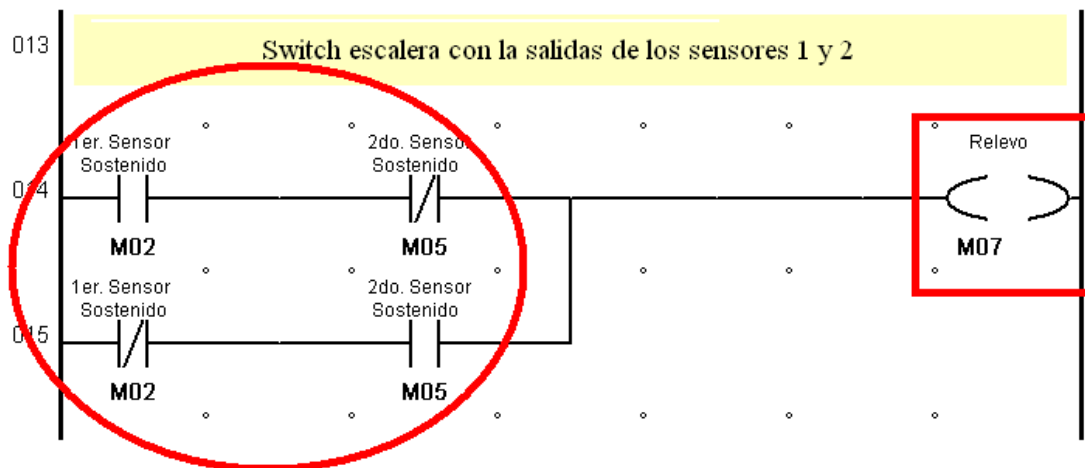


Figura 37. Switch escalera con la salida de los sensores 1 y 2.

Como una medida de seguridad de si el sistema está activado o no, se programó la salida Q03 negado, la cual se muestra en la figura 38 dentro de un círculo, esta salida garantiza que siempre que no esté desactivado el sistema la salida Q01 estará activada, ésta salida Q01 se encuentra encerrada en un cuadro en la figura 38 y su función es encender ambos semáforos, verde para el de la cabina de operación y rojo para el de la entrada.

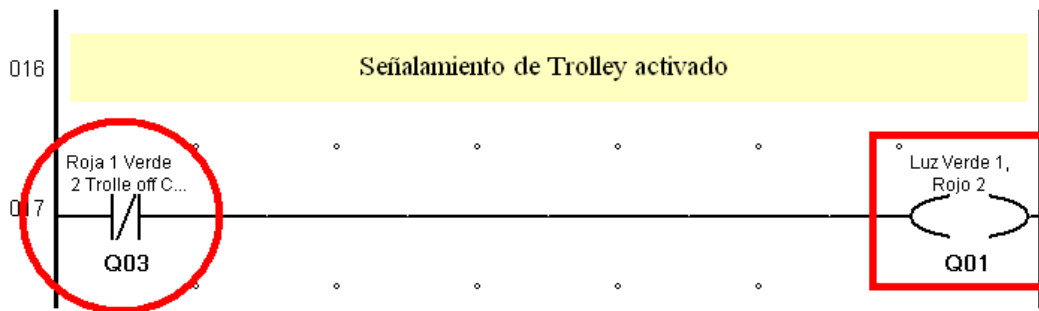


Figura 38. Señalamiento de Trolley activado.

En la figura 39 se muestra como el operador en cabina es avisado que su relevo está en posición de abordar el Trolley, en el círculo se tiene la señal del primer sensor I01 y con esto se obtiene la salida Q02 la cual se representa dentro del cuadro, esta salida enciende ambos semáforos en amarillo.

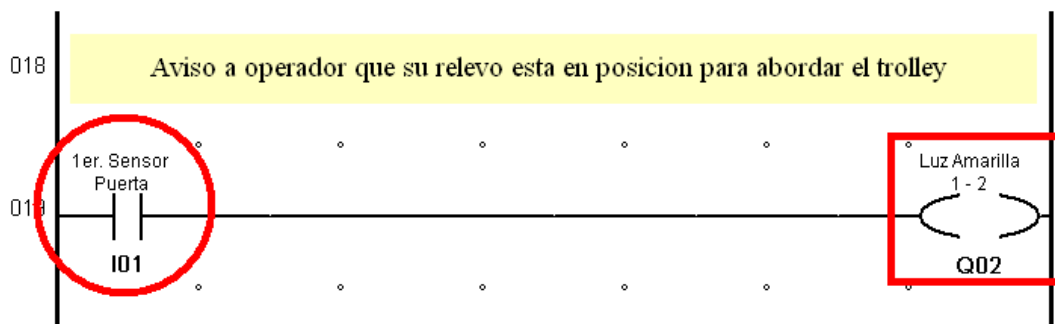


Figura 39. Aviso a operador que su relevo está en posición para abordar el Trolley.

Para que el operador tenga un posicionamiento más fácil se le programó que redujera la velocidad el Trolley, esto quiere decir que cuando pase por la zona de posición el Trolley caminará muy lento siempre y cuando se encuentre el operador relevo en posición de abordar el Trolley, en la figura 40 se muestra como reduce la velocidad el Trolley, en el círculo se encuentra la entrada I03 que viene del rotativo, la flecha indica la señal de que el operador se encuentra en su posición y en el cuadro se tiene la salida I04 que será la encargada de reducir la velocidad de la grúa .

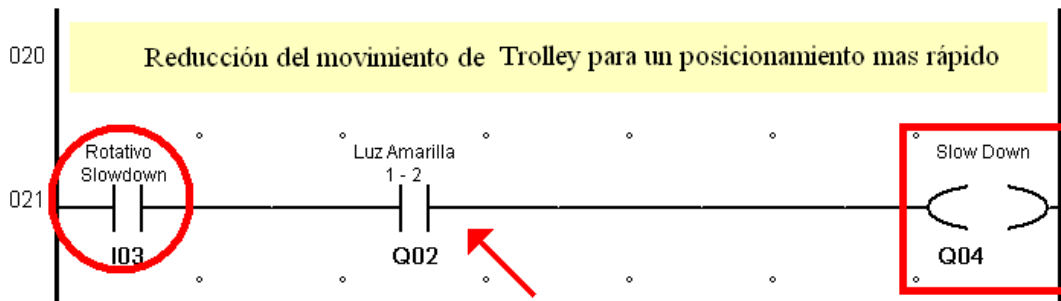


Figura 40. Reducción del movimiento de Trolley para un posicionamiento más fácil.

La parte del programa que se encarga de desactivar el sistema de Trolley se muestra en la figura 41, esta sección muestra cómo trabaja el programa con todas las condiciones necesarias para desactivar el sistema. Primero se tiene en

el círculo la entrada I05 que indica cuando el operador esta accionando la palanca, esta entrada se encuentra negada ya que es necesario saber el momento en que ya no está accionando la palanca, otra condición que se tiene es que el Trolley esté en posición de reducción así como en posición final, la última condición es que el operador relevo esté en posición, en el cuadro se muestra la salida final Q03.

Cuando la grúa no se encuentra en uso y tiene el brazo levantado es necesario que un operador entre a la cabina y acomode el Trolley, pero un problema que se ha detectado es que cuando se le levanta el brazo a la grúa Trolley ésta se mueve un poco a medida que el brazo va hacia arriba y se pierde la posición, para esto se le programó una entrada I06 que se llama Boom Level, la cual se muestra con una flecha en la figura 41, esta señal la tiene la grúa para saber cuando el brazo esta abajo, por ello se agregó la entrada I06 negada para que el programa conozca que el brazo está arriba y la condición que tome en cuenta solo sea la entrada I03 que es el rotativo Slow down y con esta condición asegura que el Trolley se encuentra en posición, puesto que el Trolley puede quedar en la parte de atrás de la grúa por cuestiones de mantenimiento, al estar en esa posición es deseable que no sea abra la puerta para evitar que un operador se caiga por descuido.

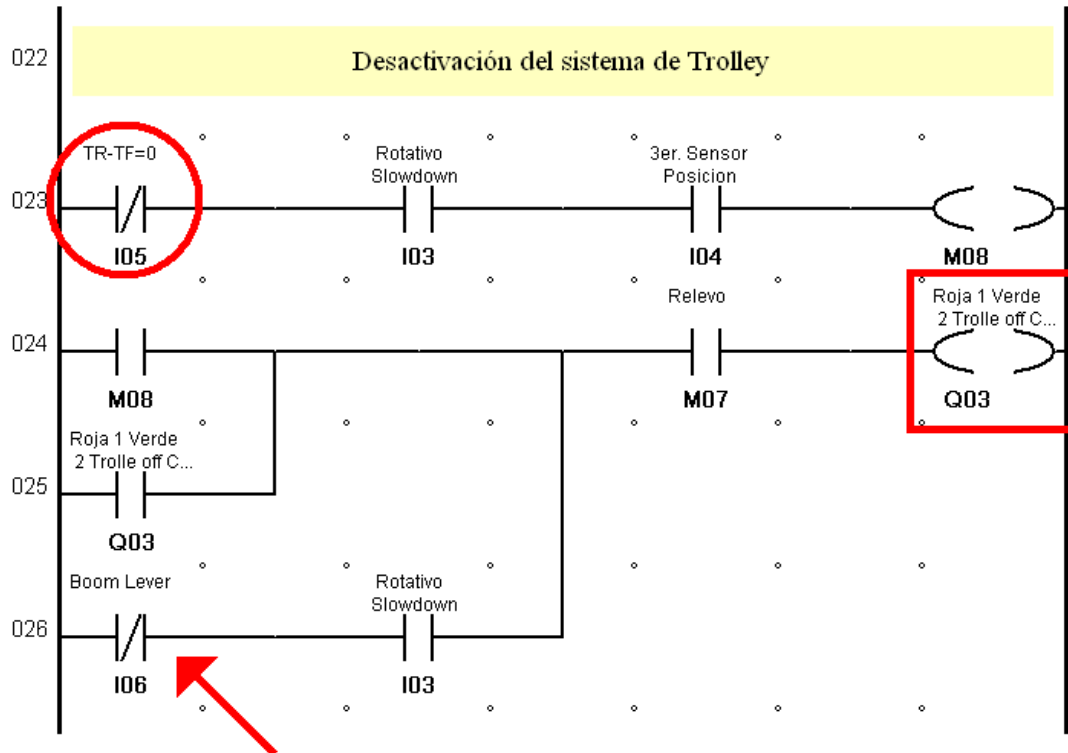


Figura 41. Desactivación del sistema de Trolley.

El programa en escalera anterior se puede observar con más detalle en el anexo I. En la figura 42 se muestra el diagrama a bloques implementado en éste sistema.

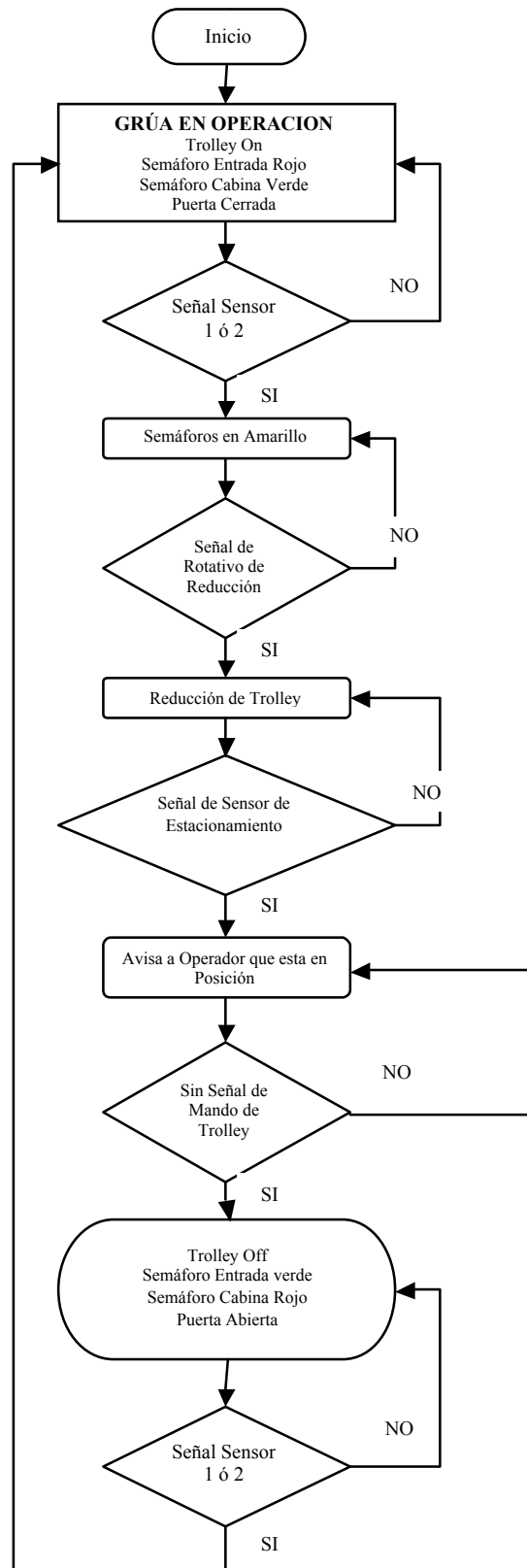


Figura 42. Diagrama a bloques del sistema implementado en este trabajo de tesis.

### **III.3. Pruebas preliminares del sistema**

Lo primero que se hace es crear un programa para el PLC el cual es simulado en un software especial Easy-Soft, en este software se muestran las entradas y salidas programa siendo de gran ayuda para la elaboración final del mismo, esto debido a que se puede ir programando y simulando al mismo tiempo, es decir en tiempo real, lo cual permite apreciar la evolución de una manera más fácil y practica.

Una vez elaborado el programa y grabado en el PLC se hacen pruebas simulando las entradas mediante switches y esperando ver que funcione de forma correcta, posteriormente se empieza con la instalación de todo el sistema sobre la grúa.

### **III.4. Pruebas en el campo del sistema**

Una vez finalizada las pruebas en el laboratorio se prosiguió con la instalación de todos los componentes del sistema, cabe mencionar que en este paso se tuvo un contratiempo el cual fue posicionar el trolley en el lugar exacto para que la grúa se pudiera bloquear, este problema se debió a que el trolley se tiene que detener un punto en específico y el frenado no es exacto debido a su velocidad, la solución fue reducir la velocidad del trolley usando los rotativos que ya son parte de la grúa, lo cual genero que se tuvieron que hacer cambios al programa y reestructurar el PLC. Después de solucionar dicho problema no presentó ningún otro percance.

---

## **IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

---

### **IV.1. Introducción**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos sobre el sistema de seguridad, estos resultados son obtenidos en base a las encuestas realizadas a los operadores de las grúas los cuáles indican puntualmente como les ha servido esta nueva forma de abordarlas. Además se incluyen las conclusiones de dicho trabajo de tesis.

## **IV.2. Resultados**

Los resultados que se presentan en este trabajo de tesis son cualitativos y cuantitativos, de manera que primero se presentarán las entrevistas realizadas a los operadores de las grúas del puerto de Ensenada, pues son ellos y nadie más lo que pueden decir a ciencia cierta si el trabajo funcionó o no y posteriormente se hablará sobre el tiempo de ahorro en el desempeño del trabajo en las grúas.

### **IV.2.1. Resultados cualitativos**

A continuación se transcribirá textualmente la opinión dada por los 3 operadores de las grúas pórtico.

El primer operador se llama Noe Montoya Angulo con número de empleado 301 y que cuenta con 2 años de servicio en la empresa.

“Primero que nada quiero felicitar al departamento de mantenimiento por instalar éste sistema, ya que con ésta implementación nos ha sido más fácil, rápido y seguro el poder entrar a la cabina de operación, ya que el operador

que se encuentra trabajando en la grúa sabe con exactitud el momento que su relevo está en posición para abordar al Trolley, esto es lo que lo hace más fácil y rápido, y por supuesto nos sentimos más seguros en el caso de que el operador accionara por accidente la palanca de Trolley al momento de levantarse del asiento y de ante mano sabemos que no habrá movimiento del Trolley y de igual manera sabemos el momento en que el operador que sale deja el área del Trolley para poder empezar a trabajar”.

El segundo operador se llama Carlos Alejandro Collins Sánchez con número de empleado 260 y que cuenta con 5 años de servicio en la empresa.

La opinión de este operador fue:

“Primero que nada cumplir con una de las políticas de la empresa que es: *LA SEGURIDAD DEL EMPLEADO ES PRIMERO*, y por otro lado se nos acabo el problema y el temor de subir a Trolley con la duda de, si mi compañero al que relevo me habrá escuchado al avisarle que ya estoy por subir, con este nuevo sistema con solo pararte en la posición indicada, el sistema ejecuta movimientos seguros para uno como operador como lo es, el disminuir la velocidad de operación y parar, y no solo parar, si no que, también desactiva

el movimiento de Trolley por completo hasta que mi compañero sale de la cabina y se traslada hasta quedar en una zona segura, todo de manera automática y segura, con esto nos estamos evitando accidentes fatales por descuidos y caídas por exceso de confianza al subirse y creer que el operador en turno está enterado del lugar en que te encuentras” comento Collins.

El tercer operador se llama Oscar Bretado Larios con número de empleado 161 y con 6 años de servicio en la empresa:

La opinión de este operador fue:

“El motivo de mi comentario es para agradecerles por el sistema de seguridad que se implemento en nuestras grúas de pórtico. Ya que desde que estamos utilizando el sistema de seguridad ya no nos preocupamos por el problema que anteriormente tanto nos preocupaba como lo es en el tema de la seguridad. Ahora todo se realiza en forma automática y sin oprimir ningún botón ni ningún otro dispositivo, simplemente con pararnos en un lugar en específico el sistema toma el control de la situación de la seguridad y el cambio de operador lo podemos hacer de una forma mucho más segura ya que el sistema deshabilita los controles de mando en el momento del trayecto donde el operador que se encuentra operando no tiene visión de donde se encuentra el

relevo y en el momento que estamos en un lugar seguro automáticamente da nuevamente la función a la grúa. Por último, gracias por implementar sistemas de seguridad para nuestros equipos que en su momento de fabricación no se contaba con este tipo de sistemas” comento el operador Bretado.

#### **IV.2.2. Resultados cuantitativos**

Existen dos prioridades en la empresa EIT (Ensenada International Terminal, S.A. de C. V.), la primera es la seguridad de sus trabajadores y la segunda es que el tiempo que tarde un buque en operación en el muelle sea el menor posible. Esta segunda prioridad es muy importante pues desde que un buque atraca en el muelle ya se tiene un tiempo establecido fijo de cuánto puede durar en ese lugar a más tardar, éste tiempo es fijado por EIT y si no se cumple es posible que el barco le cobra una fuerte multa.

Tradicionalmente en la empresa, en cada cambio de turno se perdían entre 10 y 15 minutos ya que el operador tenía que esperar a que subiera su relevo, ahora con la implementación de éste sistema el tiempo perdido es de aproximadamente solo 3 minutos ya que el operador sabe con exactitud el

momento en que el relevo está en posición para abordar el Trolley. De manera que haciendo un análisis más estadístico quiere decir que se está ahorrando solo en el cambio de operador de entre 7 y 12 minutos lo cual para la empresa es una gran ganancia en dinero.

La ganancia con ésta implementación no solo es en el cambio de operador si no también en lo que dura un barco estacionado en el muelle. Por ejemplo, el cambio de los operadores se realiza cada 4 horas, el tiempo perdido era de cerca de 30 minutos en estos cambios tomando en cuenta solo un turno de 8 horas, y si se suma que hay barcos que pueden durar hasta 24 horas trabajando esto implicaría que se utilizaran 3 turnos de 8 horas logrando que el tiempo perdido sea de 90 minutos, y todo esto sin contar el tiempo extra que se pierde si el personal de mantenimiento requería entrar a la cabina.

Finalmente es necesario enfatizar que más que dinero y tiempo para la empresa, la verdadera ganancia que se obtuvo con esta tesis fue que los trabajadores realicen su labor sin miedo y en armonía, extendiendo ésta tranquilidad a sus familias que diario los esperan en sus casas.

### **IV.3. Conclusiones**

Se diseñó e implementó un sistema de seguridad para los operadores de las grúas al momento de abordar al Trolley.

El sistema realiza las siguientes funciones: impide el movimiento del Trolley cuando un operador va a ingresar a la cabina, esto mediante el PLC marca Moeller®, señala mediante una luz al operador en turno que su relevo está en posición de abordar la cabina del Trolley, desactiva el sistema automáticamente con el fin de que el operador que se encuentra dentro de la cabina no pueda mover el Trolley, señala a ambos operadores (al que se encuentra dentro de la cabina y al que ingresa) mediante una luz que el Trolley ha sido desactivado.

Este sistema tiene en función aproximadamente desde noviembre del 2010, logrando que el cambio de turno de los operadores sea más seguro y fácil, y como ya se menciona anteriormente logrando también que los operadores le pierdan el miedo a caer de la torre esperando por entrar a la cabina de mando.

Este sistema también sirve para el personal de mantenimiento, ya que en operación de la grúa en ocasiones es necesario acceder a la cabina de control para atender una falla lo cual lo hace más rápido ya que el operador sabe con exactitud el momento que el personal de mantenimiento se encuentra a punto de acceder a la cabina.

Finalmente y sin la intención de parecer reiterativos, es necesario seguir haciendo mención de que el mayor logro es que los empleados trabajen sin ningún temor a caer y logrando con esto que sus familias en sus casas estén más tranquilas cuando su papá, hermano o esposo se va diario a trabajar, sabiendo que al subir a la grúa era un riesgo constante el caer, pero ya no mas, quedando tanto la empresa como los trabajadores muy contentos con esta implementación hecha en casa y sin necesidad de traer a ingenieros de otros países para solucionar el problema.

**LA SEGURIDAD DEL EMPLEADO ES LO PRIMERO.**

#### **IV.4. Trabajo futuro**

Una mejora que se le pudiera anexar a este sistema sería la implementación de una cámara de video para que el operador conozca quien es y la posición exacta en donde se encuentra la persona que está intentando subir a la cabina de operación, además sería deseable que se conociera la condición del relevo ya que para acceder a la cabina se tiene que bajar varias escaleras y pasar por un pequeño pasillo un poco incomodo el cual pudiera provocar un resbalón en el relevo y crear un fuerte accidente, pero si se tuviera en operación la cámara, el operador en cabina se percataría de inmediato del accidente y pudiera auxiliarlo de inmediato.

## Referencias

---

---

Allendes, F., 1999. Tesis de maestría con el nombre **“Análisis y modelación matemática de operaciones portuarias en un terminal de contenedores”**. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Atkins, W., 1983. **“Modern marine terminal operations and management”**. Puerto de Oakland, C.A.

Camarero, A. y González, M. N., 2007. **“Logística y transporte de contenedores”**. Fundación Agustín de Betancourt. Ministerio de fomento.

Castilho, B. y Daganzo, C., 1993. **“Handling strategies for import containers at marine terminals”**. Vol. 27B. No. 2. Páginas 151-166.

Cox, R. A., 2007. **“Technician’s Guide to Programmable Controllers”**. Delmar Thomson Learning. 5ta edición. ISBN 13: 9781401890070. Albany, NY.

Daganzo, C., 1989. **“The crane scheduling problem”**. Investigación de transportación. Vol 23B. No. 3. Páginas 159-175.

González Cancelas, M. N., 2007. Tesis doctoral con el nombre **“Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico marítimo”**. Universidad Politécnica de Madrid. 261 p.

## REFERENCIAS (CONTINUACIÓN)

---

---

Martínez Sánchez, V. A., 2009. **“Potencia hidráulica controlada por PLC”**. Editorial Alfaomega Ra-Ma. Primera edición. ISBN: 978-970-15-1432-0. 284 p.

Operador Logístico BSL. Página de Internet consultada en septiembre de 2010: [http://www.bsl.com.mx/docspdf/tipo\\_de\\_buques.pdf](http://www.bsl.com.mx/docspdf/tipo_de_buques.pdf)

Paceco España S. A., 2003. **Catálogo de grúas**.

Página de Internet consultada en agosto de 2010: <http://www.mundoelectronics.com>

Página de Internet consultada en septiembre de 2010: <http://www.abcpedia.com/construccion/contenedores.html>

Rockwell Automation Allen-Bradley, 1995. **“MicroMentor Understanding and Applying Micro Programmable Controllers”**. Catálogo número 1761. 175 p.

Tubbs, S. P., 2005. **“Programmable Logic Controller (PLC) Tutorial: circuits and programs for Rockwell Allen-Bradley Micro Logix and SLC 500 programmable controllers”**. ISBN: 0-9659446-6-2. 105 p.

## ANEXO I

