

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Programa De Ingeniería Mecatrónica



DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL SISTEMA DEL PUENTE GRÚA DE  
10 TONELADAS EN LA ESTACIÓN SUERTE PARA GREINSER (SABANA  
DE TORRES)

Peter Alexander Cuevas Hernández

Pamplona

2021

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Programa De Ingeniería Mecatrónica



DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL SISTEMA DEL PUENTE GRÚA DE  
10 TONELADAS EN LA ESTACIÓN SUERTE PARA GREINSER (SABANA  
DE TORRES)

Peter Alexander Cuevas Hernández

Director:

M.Sc. Diego José Barrera Oliveros

Pamplona

2021

## Tabla de contenido

Resumen.....	10
Introducción .....	12
Planteamiento del problema.....	13
Formulación del problema .....	14
Justificación .....	15
Objetivos.....	16
Objetivo general .....	16
Objetivos específicos.....	16
Marco teórico .....	17
Puente grúa.....	17
Viga principal .....	17
Carro automotor .....	17
Los mandos.....	18
Embrague deslizante.....	18
Transmisión de la cadena .....	18
Cadena de perfil de acero galvanizado.....	18
Movimientos del Puente Grúa.....	19
El movimiento longitudinal.....	19
El movimiento transversal.....	19
El movimiento vertical .....	19
Tipos de Puente Grúas.....	19
Grúas Pórtico.....	19

Grúas Semi-Pórtico .....	20
Grúa Monorriel.....	21
Grúa Birraíl.....	22
Mantenimiento .....	23
Periodicidad del mantenimiento .....	23
Seguridad en el mantenimiento de puentes grúas .....	23
Tipos de Mantenimientos .....	24
Mantenimiento preventivo .....	24
Mantenimiento correctivo .....	24
Mantenimiento predictivo .....	25
Mantenimiento parte mecánica .....	26
Mantenimiento de la parte neumática .....	27
Mantenimiento parte hidráulica.....	27
Mantenimiento de la parte eléctrica .....	27
Celda de carga .....	28
Célula de carga de compresión.....	28
Célula de carga de compresión/tensión .....	29
Célula de carga de viga en S .....	29
Las célula de carga de viga flexible .....	30
Célula de carga de plataforma y punto único .....	31

Célula de carga de cartucho.....	31
Instrumentación industrial.....	32
Celda de carga de flexión DK BULON.....	32
Sensor de distancia láser de medición del tiempo de vuelo LTF SERIES.....	33
Interfaz HMI.....	34
Metodología aplicada.....	38
Inspección visual.....	38
Inspección por partículas magnéticas.....	38
Marco contextual .....	39
Información del puente grúa .....	39
Tabla 1. Datos del puente grúa .....	39
Información del polipasto.....	39
Tabla 2. Datos del polipasto.....	39
Inspección con partículas magnéticas .....	40
Equipos utilizados para la inspección .....	41
Y-7 Yoke. Yugo electromagnético (Magnaflux) .....	42
Resultados.....	44
Inspección visual.....	44
Mantenimiento .....	55
Tabla 3. Mantenimiento de áreas de trabajo. ....	55
Selección de los sensores .....	56
Conexión del PLC y los sensores.....	59

Tabla 4. Conexiones del PLC .....	60
Tabla 5. Conexiones del módulo de expansión .....	61
Localización de los sensores en el puente grúa.....	61
Programación e interfaz de trabajo.....	62
Conclusiones.....	68
Referencias.....	70

## Tabla de figuras

Ilustración 1. Puente grúa pórtico .....	20
Ilustración 2. Puente grúa semipórtico.....	21
Ilustración 3. Puente grúa monorriel.....	22
Ilustración 4. Puente grúa birriel.....	23
Ilustración 5. Celda de carga de compresión miniatura .....	28
Ilustración 6. Celdas de carga de compresión o tensión en subminiatura .....	29
Ilustración 7. Célula de carga tipo S. ....	30
Ilustración 8. Celda de carga de pin de carga. ....	30
Ilustración 9. Celdas de carga de perfil bajo.....	31
Ilustración 10. Celdas de carga de compresión carnister .....	32
Ilustración 11. Celda de carga de flexión DK BULON .....	33
Ilustración 12. Sensor de distancia láser de medición del tiempo de vuelo LTF SERIES. ....	34
Ilustración 13. Interfaz gráfica HMI. ....	35
Ilustración 14. Entorno software Tia Portal.....	37
Ilustración 15. Zona entrada principal .....	40
Ilustración 16. Sendero a área de trabajo .....	40
Ilustración 17. Presentaciones de 20B .....	42
Ilustración 18. Polvo 20B .....	42
Ilustración 18. Y-7 Yugo electromagnético para END.....	43
Ilustración 19. Viga estructural.....	45
Ilustración 20. Maquina Manlift. ....	46
Ilustración 21. Eje rotativo para acción de izaje .....	46

Ilustración 22. Gancho de izaje.....	47
Ilustración 23. Punto trabajo de carro trolley.....	47
Ilustración 24. Soga elemento extraño.....	48
Ilustración 25. Cableado sin aislamiento .....	49
Ilustración 26. sistema del riel y patines.....	49
Ilustración 27. Rieles .....	50
Ilustración 28. Aislante de cableado agrietado .....	50
Ilustración 29. Recubrimiento dañado .....	51
Ilustración 30. Visualización ultravioleta. Servicios de Control e Inspección SA. (2020). .....	51
Ilustración 31. Visualización ultravioleta vista superior.....	52
Ilustración 32. Contacto Yugo viga de metal.....	52
Ilustración 33. Visualización partículas magnéticas.....	53
Ilustración 34. Toma de parámetros de abolladuras. ....	53
Ilustración 35. Estructura puente grúa .....	54
Ilustración 36. Ejemplo de utilización de la célula de carga tupo bulón. ....	56
Ilustración 37. Características en los conectores de la célula de carga tupo bulón. ....	57
Ilustración 38. Comparación de los distintos modelos de la empresa Banner.....	58
Ilustración 39. Cableado de salida del tipo analógica del sensor LTF.....	58
Ilustración 40. Módulo de expansión con 4 entradas analógicas (6ES7231-5ND32-0XB0). .....	59
Ilustración 41. Pantalla HMI de Siemens KTP 700 Basic (6AV2123-2GB03-0AX0).....	60
Ilustración 42. Ubicación de los sensores LTF24I que se utilizan para la medición de distancias .....	62
Ilustración 43. Datos de entradas analógicas .....	63



Ilustración 44. Sensor LTF .....	63
Ilustración 45. Panel de programación.....	64
Ilustración 46. Bloque de programación para adquisición de datos de peso .....	65
Ilustración 47. Normalización de entrada analógica.....	65
Ilustración 48. Relación comparativa de datos adquiridos .....	65
Ilustración 49. Visualización grafica de datos .....	66
Ilustración 50. Visualización de registro .....	66
Ilustración 51. Entradas analógicas.....	67
Ilustración 52. Activación de alarma. ....	67

## **Resumen**

En este proyecto se realizó una inspección de la estructura, por medio de ensayos no destructivos (END), revisión del estado de las soldaduras y la integridad de las estructuras metálicas, mantenimiento y modernización de un puente grúa eléctrico de 10 toneladas STAHL, ubicado en la máquina 18LP en la Estación Suerte, donde se cumplió el objetivo de asegurar mejores condiciones de seguridad para el personal y la maquinaria en el sitio, adoptando una interfaz HMI (hombre máquina), para la medición, visualización y el monitoreo, para proporcionar un mejor manejo al operario.

Se llevó a cabo Inspección de corrosión, grietas y defectos en la soldadura, por medio de ensayos no destructivos (END), como lo son las pruebas de partículas magnéticas e inspección visual.

Se realizó una revisión exhaustiva para comprobar el buen funcionamiento mecánico y eléctrico, así como también realizar un diseño y selección de los elementos eléctricos y mecánicos que podrían ser adaptados al puente grúa.

Se desarrolló un análisis para determinar el lugar en donde serán instalados los sensores y el tipo de sensores que se van a utilizaron, así como también se elaboró una interfaz HMI en la que se visualizan las variables tomadas de los sensores.

**2.1. Palabras claves:** Puente grúa, HMI, Monitoreo de variables, Mantenimiento.

## Summary

This project involved a structural inspection, through non-destructive testing (NDT), a review of the condition of welds and the integrity of metal structures, maintenance and modernization of a 10-tonne STAHL electric crane bridge, located on the 18LP machine at Lucky Station, where the goal of ensuring better safety conditions for staff and machinery on site was met, adopting an HMI (man machine) interface, for measurement, visualization and monitoring, to provide better operator handling.

Corrosion inspection, cracks and weld defects were carried out by means of non-destructive testing (NDT), such as magnetic particle testing and visual inspection.

A thorough review was carried out to check the good mechanical and electrical functioning, as well as to carry out a design and selection of the electrical and mechanical elements that could be adapted to the crane bridge.

An analysis was developed to determine the place where the sensors will be installed and the type of sensors that will be used, as well as an HMI interface was developed in which the variables taken from the sensors are visualized.

## **Introducción**

Se describirá un recuento de los sistemas de elevación, de los componentes y los parámetros que va a revisar con algunas referencias y luego si entra a describir el proyecto.

En aplicaciones de la ingeniería abundan un sin fin de procesos industriales, los cuales crece y tienden a la utilización de la automatización en diversas etapas que engloban un proceso. En este caso se busca dar una optimización con la utilización de dispositivos para la medición de esfuerzos los cuales son proporcionados en las grúas para el transporte de elementos de alto peso.

Partiendo de lo anterior se buscará realizar una revisión exhaustiva para comprobar el buen funcionamiento mecánico y eléctrico, así como también realizar un diseño y selección de los elementos eléctricos y mecánicos que podrían ser adaptados al puente grúa.

Esta optimización ira de la mano con una implementación HMI la cual es de suma importancia para una buena comunicación en humano y la máquina para garantizar un manejo del sistema de control mucho más controlado donde se podrán analizar anomalías que puedan ocurrir en el equipo de trabajo en un intervalo de tiempo determinado.

Para la finalidad de este proyecto se deberán cumplir los diversos puntos expuestos en los objetivos específicos dando un paso a paso para garantizar su implementación, donde se realizará inspección de la estructura, manejo de planes de mejoramiento y modernización y por último dar uso de la interfaz gráfica HMI.

## **Planteamiento del problema**

Existen numerosos riesgos de lesiones graves o la muerte en trabajadores, así como las piezas transportadas, y aunque los datos numéricos importan, es necesario resaltar la falta de conciencia sobre la seguridad laboral, ya que la mayoría de estas máquinas no cuentan con una interfaz en donde se puedan visualizar variables referentes a ellas, y de esta manera generar ambientes de trabajo seguros. (GTG Ingenieros, 2017)

Dentro de la empresa Ecopetrol, en el área de la Estación Suerte, la cual cuenta con un puente grúa es utilizado para todas las necesidades que sean previstas, tanto para el mantenimiento como la reparación de la máquina en el sitio; normalmente la máquina tiene un uso de gran esfuerzo ya que permite el transporte de piezas de gran tamaño, por ende, estos equipos necesitan contar con una evaluación técnica de mantenimiento donde periódicamente se realice una verificación y comprobación de que el equipo cuenta con las normativas de funcionamiento para evitar sobrecostos para la empresa. Los puentes grúa son máquinas simples pero robustas, que manejan cargas normalmente estáticas, pero de grandes dimensiones o de peso elevado, lo que genera un gran foco de posibles accidentes, que puede conllevar al personal a lesionarse o a la destrucción de una máquina o el deterioro de la estructura.

Por ende, en este proyecto se buscó abarcar y contrarrestar esas posibles fallas técnicas de trabajo de que la empresa no ha tenido en cuenta a la hora de hacer sus distintos trabajos de mantenimiento exponiéndose a un futuros y desafortunados sucesos que puedan ocasionar un accidente laboral.

## **Formulación del problema**

¿Contribuirá de manera positiva la Optimización del sistema del puente grúa de 10 toneladas en la Estación Suerte para Greinser para su seguridad de trabajo con los operarios?

## **Justificación**

El puente grúa fue instalado para el uso de la empresa en el año 2009, el cual ha sido sometido a trabajo operativo pesado y continuo, teniendo en cuenta lo anterior hace un poco más de 10 años lleva en esta labor, y por tal razón se propone una optimización de la mano de una ardua inspección estructural de la máquina, que represente un mejoramiento a largo plazo y un constante control de calidad de su funcionamiento. Estas propuestas de modernización del dispositivo se utilizarán con sensores externos y la visualización de variables para tener un constante monitoreo para la puesta en marcha de la máquina.

Por tal razón es necesario optimizaciones ya que la maquina cuenta con muchos años de funcionamiento y al largo de su vida útil pueden llegar a ocurrir diversas afecciones que a simple vista no se logren identificar.

Un riesgo específico muy importante a tener en cuenta dentro de los riesgos asociados al puente grúa es el desplome de objetos pesados. Este riesgo, engloba otros riesgos similares también asociados al puente grúa como el desplome de las cargas, el desplome de elementos de las máquinas, el desplome de la propia máquina o de sus estructuras de sustentación, etc. Nicolás A., Carmelo G. M. (2018).

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseño de optimización para el sistema del puente grúa de 10 toneladas en la Estación Suerte para Greinser.

### **Objetivos específicos**

Diagnosticar y documentar el estado de la estructura del puente grúa.

Proponer estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo de ser necesario, revisando el correcto funcionamiento del puente grúa, en su parte física, mecánica y eléctrica.

Plantear propuesta de instalación de sensores para modernizar el puente grúa, y de esta forma monitorizar variables que garanticen la seguridad del personal y de las máquinas en el sitio.

Elaborar interfaz HMI para la visualización de las variables registradas por los sensores.



## Marco teórico

### Puente grúa

Dentro de trabajo industrial se suele utilizar maquinaria para trabajos que requieran un alto esfuerzo. Dentro de este trabajo se tomó como campo de estudio la utilización puente grúa.

Los puentes grúas nos permiten el manejo y transporte de equipo de trabajo pesado, donde se busca elevar y lograr direccionar una carga de un lugar a otro, los cuales pueden ser utilizadas tanto en áreas interiores como exteriores.

Como es utilizada para desplazar demasiado peso, en direcciones vertical y horizontal, su estructura está diseñada con dos rieles en forma paralela, encima de los laterales de la edificación, formando un puente. La operación del puente-grúa se puede realizar de tres formas: control remoto con cable, control remoto inalámbrico y cabina de control.

Por otro lado, el puente grúa esto compuesto:

- Estructura o chasis
- Camino de rodadura y ruedas de desplazamiento.
- Mecanismo de traslación longitudinal del puente.
- Movimiento transversal del carro.
- Elevación del gancho.
- Dispositivos de mando.

A continuación de describirán conceptos de generales tanto estructural como operativa:

### Viga principal

Puede ser sencilla o una doble, está sostenida sobre los dos carriles elevándose sobre unos postes, formando parte de la estructura de la nave. J. (2017, 11 diciembre).

### Carro automotor

Otro elemento, es el carro automotor, que asiste sobre la viga principal y es capaz de moverse a lo largo de ella. El carro tiene que soportar sobre sí, un polipasto, que es un sistema que

se utiliza para elevar cargas, de manera que se genere un esfuerzo muy pequeño. J. (2017, 11 diciembre).

#### Los mandos

Son los necesarios para el manejo del puente grúa. Están compuestos por unos botones, que al presionarlos permiten el movimiento adecuado de la carga ya sea horizontal o verticalmente. Los mandos los puede realizar una persona, puede ser desde la cabina o desde el suelo. J. (2017, 11 diciembre).

#### Embrague deslizante

Embrague deslizante, ofrece una protección confiable contra una sobrecarga. Los revestimientos especiales son muy duraderos. El embrague es accesible desde el exterior y con facilidad de reparación, cuenta con un aro de suspensión permite colgar y descolgar fácilmente el polipasto. La argolla permite que se abra con gran facilidad y permite que se fije mejor el polipasto. También se puede armar en dos direcciones, con ángulo de rotación de 90 grados. J. (2017, 11 diciembre).

#### Transmisión de la cadena

La transmisión de la cadena está compuesta de una rueda con cadena de alta precisión, está introducida en la guía de la cadena, estas dos son unidades modulares, con facilidad de ser reemplazados, tiene una suspensión giratoria forma una unidad fija y es establemente, para la carga seguía girando el gancho por la suspensión. J. (2017, 11 diciembre).

#### Cadena de perfil de acero galvanizado

La cadena de perfil de acero galvanizado y endurecido resiste un 25% más de carga que una cadena de eslabones redondeados de igual tamaño. La mayor superficie de apoyo entre los eslabones tiene un efecto positivo sobre el desgaste. Esta cadena ofrece una mayor seguridad y una vida útil más larga. J. (2017, 11 diciembre).

## Movimientos del Puente Grúa

### El movimiento longitudinal

El movimiento longitudinal del puente-grúa puede se puede llevar a cabo por la traslación sobre la viga principal a través de los carriles elevados. En algunos casos el rodamiento puede darse sobre unas ruedas apoyadas en los carriles también mentalizados.

### El movimiento transversal

Dentro del movimiento transversal se puede realizar cuando el traslado del carrito se sienta sobre uno o dos carriles, pero apoyado en la viga principal.

### El movimiento vertical

Para el movimiento vertical se ve relacionado al levantamiento: *polipasto* (Dispositivo ligero para la elevación de cargas).

## Tipos de Puente Grúas

### Grúas Pórtico

Este diseño se basa en una grúa con 4 puntos de apoyo, que se moviliza por el suelo sobre unas ruedas, en algunos casos puede ser en algunos rieles. Es usado principalmente para la descarga de cargas extremadamente pesadas, como buques. En algunas ocasiones es equipado por un motor diésel, que le genera potencia y lo hace autosuficiente, sin necesidad de electricidad. Sin embargo, también pueden transportar en todas las direcciones cargas pequeñas.



*Ilustración 1. Puente grúa pórtico. Recuperado de: GPANTEC. (2019).*

#### Grúas Semi-Pórtico

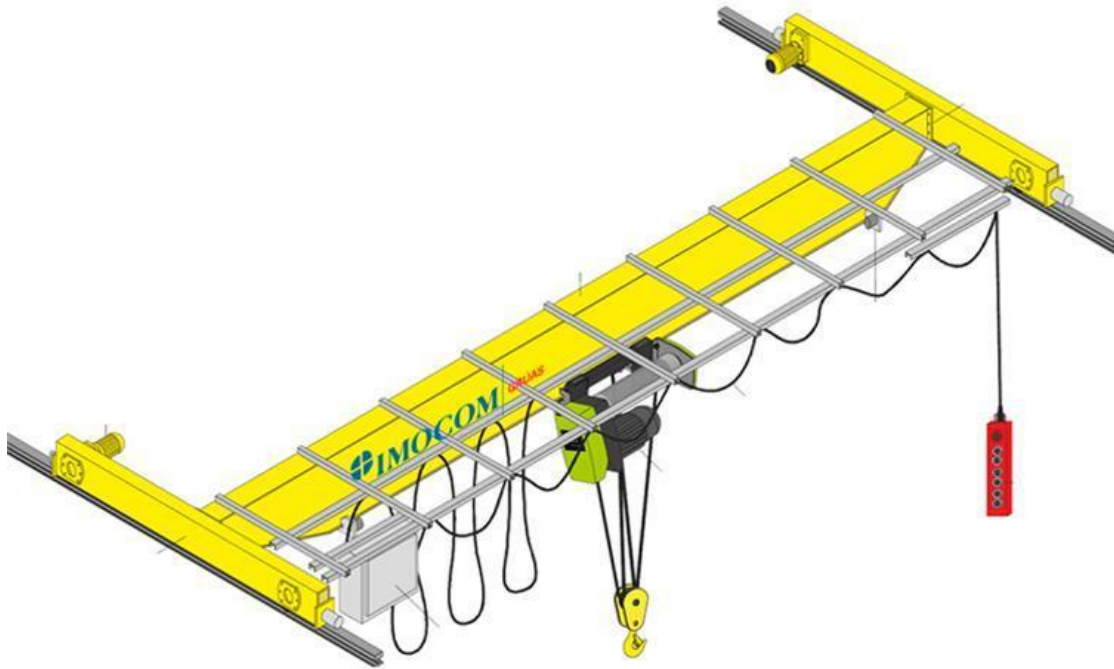
Las grúas semipórtico una grúa pórtico con uno de sus lados moviéndose en un raíl aéreo. También usado en interiores y exteriores, esta grúa solo puede desplazarse adelante y atrás. Consta de una parte aérea que permite la facilidad del cargue y descargue. Este tipo de puente grúa es muy óptimo para mover cargas importantes, cuando no es posible poner un raíl levantado con bases en los dos lados de la grúa.



*Ilustración 2. Puente grúa semipórtico. Recuperado de: AICRANE. (2020).*

### Grúa Monorraiel

Es el más usado, ya que se puede instalar en interiores, consiste en que instala unos raíles en ambos lados, encima de los pilares que soportan el puente grúa y también sus cargas, este tipo de puente es para trasladar cargas con precisión, ahorrando muchos espacios en el lugar donde estén situadas.



*Ilustración 3. Puente grúa monorraíl. Recuperado de: IMOCOM. (2019).*

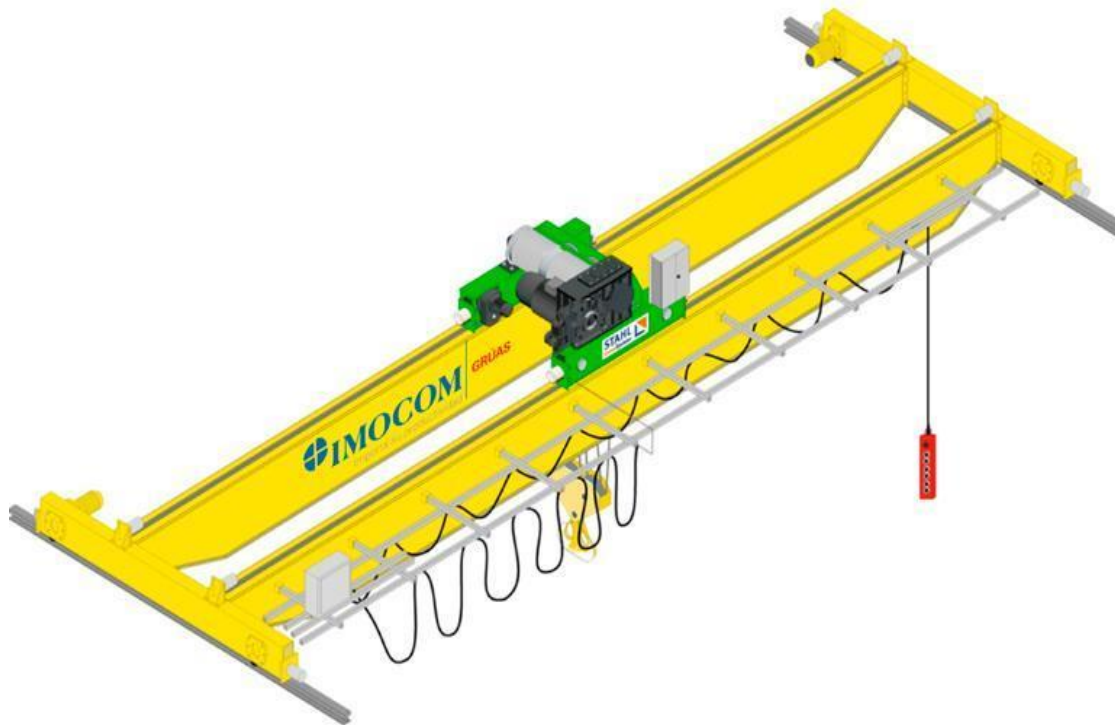
### Grúa Birraíl

Los puentes grúa birraíl, birrail o doble viga se utilizan generalmente en capacidades a partir de 20 toneladas, debido a que el diseño de los trolleys o carros estándar a partir de esta capacidad son del tipo apoyado sobre rieles.

Pueden tener hasta 50 metros de luz entre rieles y su diseño es especialmente útil y adaptable para optimizar la altura de izaje cuando hay espacios y alturas restringidas.

Las vigas puente para un puente grúa birraíl normalmente son diseñadas de acuerdo a la norma CMAA 70.

También es otro de los más usados, es la siguiente versión del puente grúa anterior es más potente, tiene capacidad de manejar cargas más pesadas además es más rápido, al estar establecido entre los pares de rieles, por lo tanto, puede elevar a mayor altura la carga, tiene cuatro puntos de apoyo que le da más estabilidad. AICRANE Aimix Group, (2020).



*Ilustración 4. Puente grúa birriel. Recuperado de: IMOCOM. (2019).*

## Mantenimiento

El mantenimiento de cada puente grúa, dependerá del manual de instrucciones del fabricante, se debe hacer de manera regular por seguridad y para optimizar el desempeño de la máquina.

### Periodicidad del mantenimiento

El operario de la máquina, debe realizar un chequeo previo antes del uso, sin embargo, cada tres meses se debe hacer una revisión a fondo, de todos los elementos electrónicos, mecánicos entre otros, que son importantes para el funcionamiento.

### Seguridad en el mantenimiento de puentes grúas

Para la realización de este tipo de mantenimiento es recomendable realizarlo en espacio abierto donde no se entorpezca el desplazamiento de los caminos de rodadura, y se debe tener en

cuenta delimitar el área de operación y trabajo, con la utilización de señalización y topes en los caminos de rodamiento. Repositorio.sena.edu.co. (2021).

Es evidente tener en cuenta que para la realización del mantenimiento se debe analizar qué tipos son los adecuados e identificar con cuál es su posible mejoramiento, entre estos se conocen los siguientes:

### Tipos de Mantenimientos

#### Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos) Pérez Rondón, F. A. (2021).

#### Mantenimiento correctivo

Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos asignados, y tecnologías modernas para aplicar otros tipos de mantenimiento. La gestión del mantenimiento correctivo se activa por el fracaso de no poder diagnosticar justo a tiempo la posible falla que puede ocurrir en una máquina. Es muy importante determinar qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas.



Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.

El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla. Pérez Rondón, F. A. (2021).

### Mantenimiento predictivo

Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar.

El mantenimiento predictivo también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga.

Consta de una serie de pruebas de carácter no destructivo, guiadas a realizar un seguimiento de operación de los equipos para captar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de forma adecuada. Los datos más relevantes que entrega este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, ya que se puede acceder a los cálculos necesarios para así prever con cierto margen de error cuándo un equipo fallará. Se les nombra técnicas predictivas. Aplicando este tipo de mantenimiento sistemático por horas de funcionamiento o por tiempo avanzado desde la última revisión, el mantenimiento predictivo tiene

la ganancia indiscutible de que en la mayoría de las veces no es necesario hacer grandes desmontajes, y en muchos casos ni siquiera es necesario parar la máquina.

Normalmente son técnicas no invasivas. Si después de la inspección se detecta algo irregular se define programar una intervención. La meta es prever el fallo desastroso de un componente, pieza, máquina o equipo y, por tanto, anticiparse a este, es así como estas técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando pues stocks (capital quieto sin trabajar o lucro cesante). Pérez Rondón, F. A. (2021).

Estas aplicaciones predictivas más comunes en instalaciones industriales son las siguientes:

El análisis de vibraciones mecánicas, considerado por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.

- Aplicación de termografías.
- Uso de boroscopias (inspecciones visuales).
- El análisis de aceites.
- Los análisis de ultrasonidos.
- El análisis de humos de combustión.
- El control de espesores en equipos estáticos.
- El análisis por medio de luz ultravioleta.

#### Mantenimiento parte mecánica

- “Verificar las piezas desmontables y dispositivos de seguridad, comprobando su estado de apriete.
- Ajustar los acoplamientos y las cadenas tensándolas periódicamente.
- Verificar los cables, sustituyendo los que presenten roturas, o deformaciones.
- Llevar un control de todos estos elementos marcados previamente con un n° de registro.
- Verificar el estado de los frenos.
- Verificar poleas y tambores, comprobando que los cables se enrollan correctamente.

- Observar exactamente las instrucciones del plan de engrase.” Pérez Rondón, F. A. (2021).

#### Mantenimiento de la parte neumática

- “Verificar la limpieza de los filtros de aire.
- Purgar periódicamente el agua del depósito de aire comprimido, con mayor frecuencia en invierno.
- Verificar la estanqueidad del aparato neumático.”

#### Mantenimiento parte hidráulica

- “Verificar el estado y apriete de todas las uniones roscadas.
- Purgar periódicamente el circuito.
- Verificar el estado del filtro de aceite.
- Verificar el reglaje de las válvulas de seguridad.
- Verificar el estado de los tubos y manguitos, sustituyendo aquellos que presenten algún daño.”

#### Mantenimiento de la parte eléctrica

- “No realizar ninguna operación con el material eléctrico conectado.
- Utilizar fusibles originales e idénticos a los que se sustituyen.
- Verificar la ausencia de polvo o suciedad en los dinamos, motores y mandos.
- Mantener limpios los colectores y anillos.
- Comprobar el grado de apriete de las pinzas para los cables.
- Verificar el correcto funcionamiento de los limitadores.
- Comprobar el estado de la batería.” Pérez Rondón, F. A. (2021).

## Celda de carga

Una célula de carga (o celda de carga) es un transductor que convierte la fuerza aplicada sobre ella en una señal eléctrica medible. A pesar de existir varios tipos de sensores, las células de carga son el sensor de fuerza más común del mercado.

Los diseños de células de carga se pueden distinguir de acuerdo con el tipo de señal de salida generada (neumático, hidráulico, eléctrico) o de acuerdo con la forma en que detectan el peso (flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc.).

Tipos de células de carga:

### Célula de carga de compresión

Las células de carga de compresión con frecuencia tienen un diseño de botón integral. Son ideales para montarse en situaciones en las que el espacio está restringido. Ofrecen excelente estabilidad a largo plazo. OMEGA Company. (2019).



*Ilustración 5. Celda de carga de compresión miniatura. Recuperado de: OMEGA Company. (2019).*

### Célula de carga de compresión/tensión

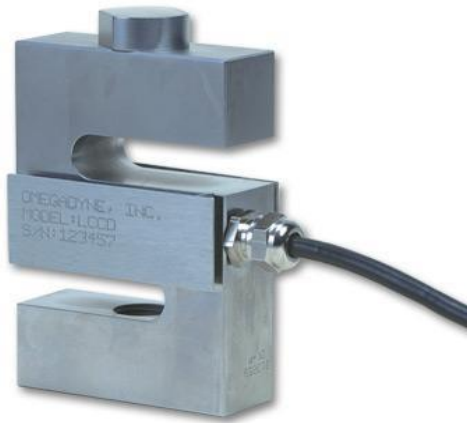
Las células de carga de compresión/tensión se pueden usar para aplicaciones en las que la carga puede pasar de tensión a compresión o viceversa. Son ideales para entornos con espacio restringido. Los extremos roscados permiten una fácil instalación. OMEGA Company. (2019).



*Ilustración 6. Celdas de carga de compresión o tensión en subminiatura. Recuperado de: OMEGA Company. (2019).*

### Célula de carga de viga en S

Las células de carga de viga en S reciben ese nombre por su forma en S. Las células de carga de viga en S pueden ofrecer una salida si está bajo tensión o compresión. Las aplicaciones incluyen nivel de tanque, tolvas y básculas para camión. Ofrecen un rechazo superior a la carga lateral. OMEGA Company. (2019).



*Ilustración 7. Célula de carga tipo S. Recuperado de: OMEGA Company. (2019).*

Las células de carga de viga flexible

Las células de carga de viga flexible se usan en aplicaciones de varias células de carga, medición de peso de tanque y control industrial y de proceso. Vienen con construcción de bajo perfil para integración en áreas restringidas.



*Ilustración 8. Celda de carga de pin de carga. Recuperado de: OMEGA Company. (2019).*

## Célula de carga de plataforma y punto único

Las células de carga de plataforma y punto único se usan para sistemas de medición de peso comerciales e industriales. Proporcionan lecturas precisas sin importar la posición de la carga en la plataforma.



*Ilustración 9. Celdas de carga de perfil bajo. Recuperado de: OMEGA Company. (2018).*

## Célula de carga de cartucho

Las células de carga de cartucho se usan para aplicaciones para medición de peso individual y múltiple. Muchas tienen un diseño totalmente en acero inoxidable y están herméticamente selladas para áreas de lavado y húmedas.



*Ilustración 10. Celdas de carga de compresión carnister. Recuperado de: OMEGA Company. (2018).*

#### Instrumentación industrial

Dentro de la identificación del problema se llevó a cabo la selección de los elementos o dispositivos a utilizar dentro de la cual identificamos.

#### Celda de carga de flexión DK BULON

Célula de carga tipo Bulón diseñadas a medida de las necesidades y requerimientos necesario para el pesaje en grúa de cargas. Cuenta con fabricación a medida o series estándar. Las células de tipo bulón permiten medir esfuerzos en cualquier punto donde exista un eje, sin realizar cambios mecánicos significativos. Este tipo de dispositivos permiten realizar medidas para todo tipo de trabajos y aplicaciones. DK/Grupo Dinaksa. (s. f.-a).

Capacidades ilimitadas.

Ejemplos de aplicación:

- Grúas puente de un carro, doble carro, doble gancho.
- Elevadores, polipastos, equipos de elevación, automatismo

Opcionales:



- Cable adicional cada metro.
- Cable anticalórico 240°C cada metro.
- Salida 4/20 mA.
- Bulón inoxidable.
- Rectificado de bulón hasta diámetro 120 mm.
- Consultar otras opciones



*Ilustración 11. Celda de carga de flexión DK BULON. Recuperado de: DK/Grupo Dinaksa. (2019).*

#### Sensor de distancia láser de medición del tiempo de vuelo LTF SERIES

La serie de sensores LTF de alto rendimiento detecta objetos a una distancia recta o en ángulo, hasta 24 metros de distancia sin importar el color, material o brillo.

- Salidas Analógicas y Discretas para aplicaciones de medición y detección
- La combinación de rango, repetibilidad y precisión lo hace el mejor de su clase, permitiendo una alta y confiable detección de objetivos y una medición de distancia exacta.
- Pantalla de dos líneas de 8 caracteres y botones para una fácil configuración, para ver estados de medición de distancia en tiempo real y para una mejor resolución de problemas

- Carcasa clasificación IP67, con una alta inmunidad a la luz ambiental y funcionamiento estable aun en cambios de temperatura proporcionan un desempeño fiable en entornos difíciles.
- Opciones avanzadas, incluyendo retardadores, modos de activación de medición avanzada y evitación de interferencias.



*Ilustración 12. Sensor de distancia láser de medición del tiempo de vuelo LTF SERIES. Recuperado de: Direct industry (2019).*

### Interfaz HMI

En la etapa operativa y utilización de instrumentos industriales es muy común encontrarse con la implementación de un Interfaz intuitiva entre hombre maquina más conocida como (HMI). Este tipo de interfaz va de la mano de un tipo de programación, la cual se orienta a casos específicamente para actividades que necesiten una implementación remota.

HMI son las siglas de human-machine interface y se refieren a un panel que permite a un usuario comunicarse con una máquina, software o sistema. Técnicamente, se puede referir a

cualquier pantalla que se use para interactuar con un equipo, pero se utiliza normalmente para las de entornos industriales. Las HMI muestran datos en tiempo real y permiten al usuario controlar las máquinas con una interfaz gráfica de usuario. COPADATA industry (2019).

Se recomienda que una HMI contenga tanto componentes gráficos como componentes numéricos. Asimismo, debe utilizarse terminología estandarizada y clara para el usuario final. También, se recomienda que las variables de proceso, set point y variable de control sean lo más clara posible para el usuario; asimismo, se debe mantener un registro histórico de las variaciones ocurridas, esto con el fin de estudiar su comportamiento y poder realizar las predicciones respectivas.



*Ilustración 13. Interfaz gráfica HMI. Recuperado de: COPADATA industry (2019).*

## Programación en PLC

Para dar inicio al objetivo final se debe tener en consideración conceptos sumamente importante con respecto a los PLC y la variante a utilizar para el manejo final de la interface gráfica.

PLC es un concepto muy básico a la hora de la utilización de sistemas automatizados que fomenten un mejoramiento de los sistemas futuros o existentes donde sus siglas enlazan (Program

Logic Control). Su objetivo siempre será enfocado en el control de procesos, donde básicamente fomentan un control hacia actuadores y sensores que correspondan a utilizar. Su funcionamiento proviene en el transporte de información provenientes de generadores de señal, los cuales son más conocidos como sensores, que ayudan a las detecciones o medir la variable que se desea obtener. SIEMENS (2001).

Dentro de los distintos tipos se encuentra el de mayor auge por el gran manejo de multiplicidad de variables (S7-1200), al contar con una memoria eficiente para programas volátiles, nos permite el acoplamiento de muchos manejos de variables que en caso tal se necesiten utilizar.

#### Tia portal

Para lograr el manejo adecuado de la utilización de los sensores es necesario tener en cuenta la herramienta de comunicación entre usuario y PLC. En este caso se deben utilizar un software que sea compatible con el dispositivo en este caso (S7-1200), y por ende se requerirá la utilización de TIA PORTAL, el cual es un programa creado por siemens para uso exclusivo de sus diversos dispositivos PLCs manejados por la empresa.

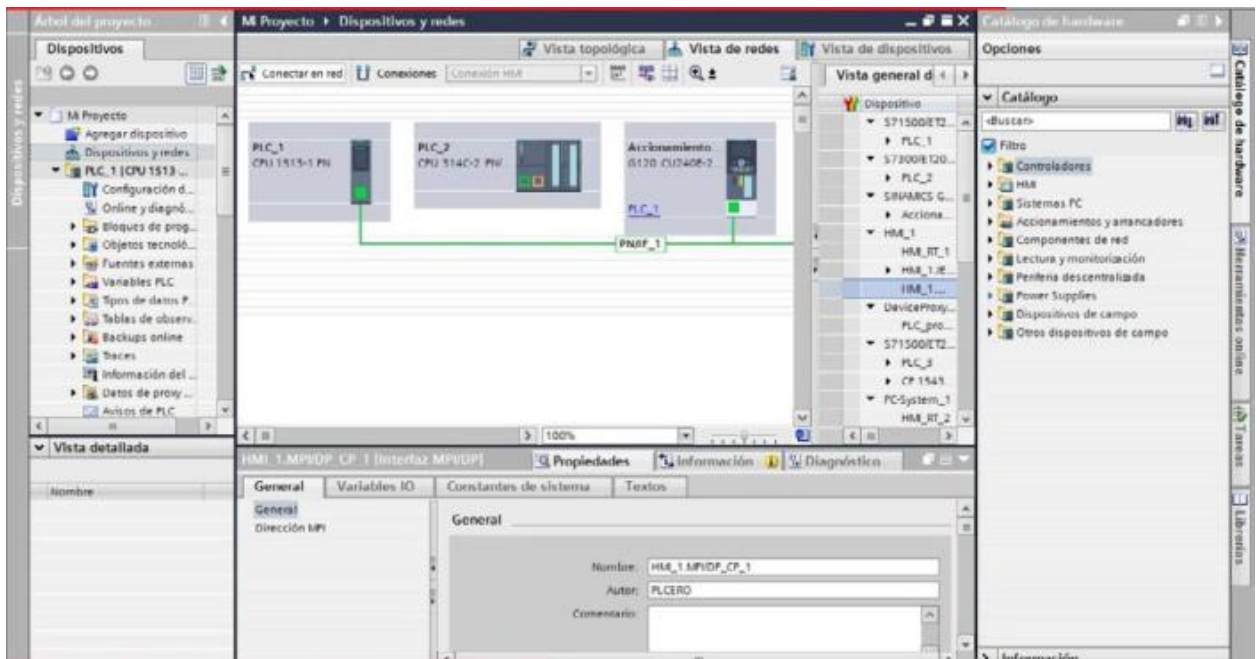
Esta herramienta nos expone un entorno preciso para el manejo de programación/parametrización de los distintos actuadores o sensores, que se requieran para lograr dicha automatización requerida.

Dentro de la gestión de los dispositivos se deben tener en cuenta los pasos para llevar una comunicación bilateral entre monitor y PLC de los cuales podemos describir los siguientes:

Compilar: compureba que la programacion o configuración es totalmente coherente y segura para poder establecer en un dispositivo. Es una especie de filtro para no cargar errores a los equipos y realizar alteraciones de funcionamiento.

Cargar al dispositivo: en esta etapa ya el programa a utiliza ya debe estará complemente corregido y compilado, dando así aprobación por medio de la compilación se empieza dar el paso de enviar a un dispositivo determinado. Donde es necesario la selección del dispositivo para el proyecto y así lograr la transferencia de la configuración deseada.

Simulación: esta herramienta nos permite lograr una simulación de un PLC o una interfaz gráfica de cara probar la programación deseada en ellos. Esta manera de prueba es muy utilizada en base a dar mejoras de la programación antes de agregarla al PLC y poner en marcha la automatización deseada y así evitar alteraciones del sistema. D. Pedro Centeno Pomareta. (2017).



Ilustracion 14. Entorno software Tia Portal. Obtenido de: D. Pedro Centeno Pomareta. (2017).

## **Metodología aplicada**

Se aseguró que los equipos utilizados durante la inspección estuvieran certificados y avalados para hacer el servicio y de esta manera que se pueda garantizar confiabilidad en la interpretación de los resultados, los métodos implementados durante el servicio fueron los siguientes:

### **Inspección visual**

La inspección visual es la técnica más antigua entre los Ensayos No Destructivos, y también la más usada por su versatilidad y su bajo costo. En ella se emplea como instrumento principal, el ojo humano, el cual es complementado frecuentemente con instrumentos de magnificación, iluminación y medición. Esta técnica es, y ha sido siempre un complemento para todos los demás Ensayos No Destructivos, ya que menudo la evaluación final se hace por medio de una inspección visual. *Inspección Visual*. (2017). Isotec.

### **Inspección por partículas magnéticas**

El ensayo de Partículas Magnéticas es encontrado en la actualidad en una gran variedad de aplicaciones en las diferentes industrias. Es aplicable únicamente para inspección de materiales con propiedades ferromagnéticas, ya que se utiliza como fundamento el flujo magnético dentro de la pieza, para la detección de discontinuidades.

Mediante este ensayo se puede lograr la detección de defectos superficiales y hasta 3 mm debajo de la superficie del material. El acondicionamiento previo de la superficie, al igual que en las Tintas Penetrantes, es muy importante, aunque no tan exigente y riguroso.

La aplicación del ensayo de Partículas Magnéticas consiste básicamente en magnetizar la pieza a inspeccionar, aplicar las partículas magnéticas (polvo fino de limaduras de hierro) y evaluar

las indicaciones producidas por la agrupación de las partículas en ciertos puntos. Este proceso varía según los materiales que se usen, los defectos a buscar y las condiciones físicas del objeto de inspección.

## Marco contextual

### Información del puente grúa

<b>PROYECTO</b>	1102110-47118-54260
<b>REFERENCIA</b>	SH 5025 20 4/1 L2 Ex
<b>SERIAL</b>	7900730
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	2009
<b>VOLTAJE</b>	440V 60Hz

Tabla 1. Datos del puente grúa

### Información del polipasto

<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	2008-07
<b>TIPO</b>	KEL-S 200.2.20.259 ex n
<b>SERIAL</b>	2237 704
<b>NUMERO ORDEN</b>	256 10 049418 050
<b>CAPACIDAD</b>	17.040 kg
<b>BRIDA/ ANCHO DE CARRIL</b>	50 mm
<b>CLASIFICACIÓN</b>	Acc. DIN 15 018 H2/B3

Tabla 2. Datos del polipasto

La zona en la que se va a realizar el mantenimiento del puente grúa, es en la máquina 18LP en la que se encuentra un compresor que se encarga de impulsar los gases residuales que son generados o expulsados en la extracción del crudo de petróleo. Esta máquina está en la estación Suerte ubicada a 9.3 km de Sabana de Torres, en el departamento de Santander



*Ilustración 15. Zona entrada principal*



*Ilustración 16. Sendero a área de trabajo*

### **Inspección con partículas magnéticas**

Se evaluó puntos críticos de sobreesfuerzos de la estructura para realizar inspección por partículas magnéticas, para realizar el servicio se requirió retirar la pintura aplicada de la junta soldada con distancia a lado y lado de 1", asegurando una correcta limpieza en la junta, para no generar indicaciones no relevantes o falsas.



Durante la inspección no se observó fisuras o grietas por fatigas o servicios abiertos a la superficie, se observa poros no relevantes, dado el criterio de aceptación según la norma AWS D1.1.

### **Equipos utilizados para la inspección**

20B, Fluorescent Magnetic Particle Premix (Magnaflux)

El 20B es un polvo de premezcla de partículas magnéticas altamente sensible para localizar discontinuidades finas en aplicaciones de gran volumen, como la forja, la fundición, el estampado y la soldadura.

Combinando las mejores partículas magnéticas 14A de Magnaflux, los inhibidores de corrosión y los agentes humectantes, el 20B es una premezcla fácil de usar para hacer baños de agua con partículas magnéticas. Las partículas 14A ultrasensibles proporcionan indicaciones claras y brillantes de color verde fluorescente bajo luz negra ultravioleta para una calidad y precisión de inspección insuperables, y los acondicionadores de agua proporcionan protección contra la corrosión y una completa humectación de la superficie.

El 20B es una gran elección para los baños que deben cambiarse con frecuencia debido al arrastre o al uso intensivo y es ideal para las pruebas en proceso para detectar grietas, costuras, inclusiones, solapamientos, desgarros y escamas.

El 20B cumple todos los requisitos de las principales industrias y especificaciones de END, incluidas las normas de automoción, API y ASTM. *Magnaflux EU EN. (2020).*



*Ilustración 17. Presentaciones de 20B*



*Ilustración 18. Polvo 20B*

### **Y-7 Yoke. Yugo electromagnético (Magnaflux)**

El Y-7 es un yugo magnético duradero, fuerte y CA/CC diseñado para detectar indicaciones superficiales y subsuperficiales en las aplicaciones más exigentes.

El Y-7 está sellado para resistir a los químicos, tiene patas articuladas para adaptarse al contorno y forma de cualquier pieza, un cable robusto de doce pies con alivio de tensión para su uso en campo. Es ideal para la inspección de soldaduras y otras pruebas remotas.

Los controles permiten que el operador utilice campos magnéticos CA para indicaciones superficiales o campos magnéticos CC para indicaciones su superficiales a fin de satisfacer todas las necesidades de inspección. *Y-7 Yugo Electromagnética para END / Magnaflux. (2021).*



*Ilustración 18. Y-7 Yugo electromagnético para END. Magnaflux. (2021).*

## **Resultados**

Según las normas:

- ASNT SNT-TC-1A - Recommended Practice for Personal Qualification and Certification in Nondestructive Testing. 2011 Edition.
- ANSI/ASNT CP 189 – Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel. 2011 Edition.
- AWS B1.11 Guide for the Visual Examination of Welds.
- AWS QC1 Standard for AWS Certification of Welding Inspector.
- ASME B30. 17 Overhead and Gantry Cranes (Top Running Bridge, Single Girder, Underhung Hoist).
- ECP-SPI-41-11-003: Ensayos No Destructivos.

## **Inspección visual**

Se inspecciono todas las soldaduras y estructura en general, se observó en buen estado los cordones de soldadura, se verifico las uniones soldadas de las vigas HEA 400, IPE 400, IPE 180, las platinas de  $\frac{3}{4}$ , donde presenta juntas uniformes, con la altura adecuada bajo el criterio de aceptación según AWS D1.1, donde se evidencio lo siguiente:

- No presenta fisuras o grietas
- Existe fusión completa entre pases adyacentes de soldadura y entre metal base
- No presenta ningún tipo de cráter
- Tamaño adecuado del cordón de la soldadura

- Presenta indicaciones mínimas de socavamiento y porosidad, pero son aceptadas según el criterio de aceptación

No se evidencio corrosión, desgaste o algún tipo de anomalía en las uniones soldadas, la aplicación de pintura está de manera correcta conservando y garantizando la integridad del cordón de soldadura.

Fotografías de la base de la estructura del puente grúa



*Ilustración 19. Viga estructural.*

Manlift que se utilizó para lograr el acceso de manera cómoda para realizar las respectivas inspecciones. Un Manlift es un vehículo con una plataforma de elevación móvil, normalmente usado para permitir que el personal tenga acceso a trabajos en altura, de manera segura y cómoda. Ministerio de trabajo y asuntos sociales (2003).



*Ilustración 20. Maquina Manlift.*

Se evidenció que el puente grúa no está completo, para hacer el izaje de cargas no cuenta con cable en el winche, además de esto no cuenta con el gancho de izaje, pues se encuentra desacoplado del mecanismo.



*Ilustración 21. Eje rotativo para acción de izaje*



*Ilustración 22. Gancho de izaje*

Se encontró un carro trolley que no corresponde al original (hechizo) el cual se debe retirar para que no siga afectando la integridad de la pared del puente grúa cuando este se transporta a través del mismo.



*Ilustración 23. Punto trabajo de carro trolley*

Se evidenció que hay un elemento (soga) que no corresponde al instalado por el fabricante y es usado en conjunto con el carro trolley, también externo al diseño de fábrica para el



desplazamiento del mismo. Este elemento externo no garantiza la resistencia que requiere el polipasto para el transporte de carga y genera un riesgo de accidente.



*Ilustración 24. Soga elemento extraño*

El sistema eléctrico se encuentra deteriorado. Hay cableado que se encuentra expuesto, lo cual puede generar un corto e incluso llegar a energizar la estructura, creando una descarga que pueda afectar a los colaboradores que se encuentren en contacto o cerca de la estructura, así como también el daño de equipos, producto de corto circuitos.





*Ilustración 25. Cableado sin aislamiento*

Se observó que el sistema del riel y patines presentan desgaste producto de la fricción que se tiene, esto también genera que los motores de avance del puente grúa se esfuerzen más. Se recomienda tener un sistema de lubricación que permita reducir el contacto entre estos elementos para extender la vida útil de los mismos.



*Ilustración 26. sistema del riel y patines*



*Ilustración 27. Rieles*

Hay protectores eléctricos afectados debido a cambios de dirección fuertes en conjunto con los movimientos de transporte que realiza, el sistema eléctrico es un factor altamente susceptible que puede llegar a generar daños mayores.



*Ilustración 28. Aislante de cableado agrietado*



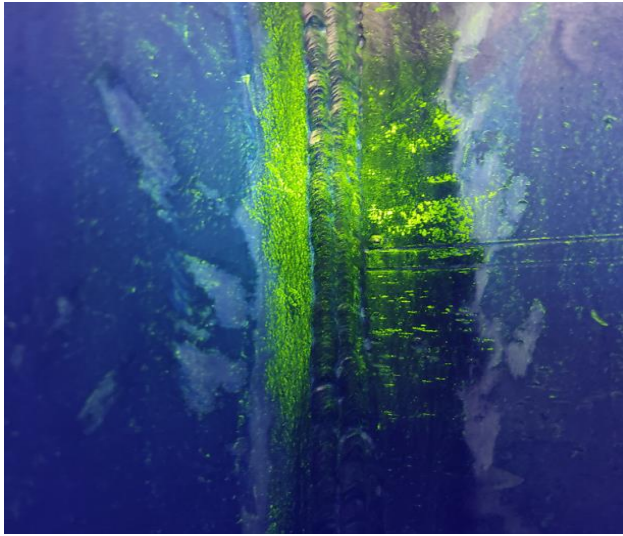
*Ilustración 29. Recubrimiento dañado*

Se realiza inspección de las soldaduras con END (ensayos no destructivos) por medio de partículas magnéticas.

Con ayuda de una lámpara de luz UV (ultravioleta) se logra una visualización clara.



*Ilustración 30. Visualización ultravioleta. Servicios de Control e Inspección SA. (2020).*



*Ilustración 31. Visualización ultravioleta vista superior*

Se utiliza un yugo para generar un campo magnético en la pieza a inspeccionar, atrayendo las partículas magnéticas y así evidenciándose discontinuidades.



*Ilustración 32. Contacto Yugo viga de metal.*





*Ilustración 33. Visualización partículas magnéticas.*

Por medio de inspecciones visuales y para revisar que no haya abolladuras



*Ilustración 34. Toma de parámetros de abolladuras.*

La estructura del puente grúa se encuentra afectada en uno de sus tramos por el carro trolley que se le ha instado, este trolley no cuenta con la distancia del ancho del carril con el que se diseñó el puente grúa. Por lo cual está generando un desgaste y sobre esfuerzo del polipasto cuando este pasa por algunos tramos del puente grúa.



*Ilustración 35. Estructura puente grúa*

## Mantenimiento

<i>Área de trabajo</i>	<i>Tipo de mantenimiento</i>	<i>Observación</i>
<i>Viga estructural</i>	Tipo: preventivo Estado: optimo	No se evidencio corrosión, desgaste o algún tipo de anormalidad en las uniones soldadas.
<i>Punto trabajo de carro trolley</i>	Tipo: correctivo Estado: no optimo	Se encontró un carro trolley que no corresponde al original, se debe retirar para que no siga afectando la integridad de la pared del puente grúa.
<i>Punto trabajo de carro trolley sogas elemento</i>	Tipo: correctivo estado: no optimo	Este elemento externo no garantiza la resistencia que requiere el polipasto para el transporte de carga y genera un riesgo de accidente.
<i>Cableado sin aislamiento o agrietado</i>	Tipo: correctivo estado: no optimo	Hay cableado que se encuentra expuesto, lo cual puede generar un corto circuito e incluso llegar a energizar la estructura.
<i>Sistema del riel y patines</i>	Tipo: preventivo estado: optimo	Se recomienda tener un sistema de lubricación que permita reducir el contacto entre estos elementos para extender la vida útil de los mismos.
<i>Estructura puente grúa</i>	Tipo: correctivo estado: no optimo	Este trolley no cuenta con la distancia del ancho del carril con el que se diseñó el puente grúa.

Tabla 3. Mantenimiento de áreas de trabajo.

## Selección de los sensores

Como parámetros decisivos para la selección del sensor que se encarga de medir el peso, se toma la robustez del sensor, la capacidad, la facilidad de instalación en el puente grúa y el tipo de transferencia de datos con el PLC. Para esto se llegó que la mejor elección sería la utilización de una célula de carga, más específicamente una tipo bulón. Ya que este tipo de célula permite la medición de peso sin la necesidad de realizar cambios físicos en la estructura carro trolley. Se elige una célula de carga que soporta 11 toneladas, para evitar costes innecesarios y también evitar el sobredimensionamiento.



*Ilustración 36. Ejemplo de utilización de la célula de carga tipo bulón. Recuperado de: DK/Grupo Dinaksa. (2019).*

Además de la facilidad de instalación, tenemos que podemos solicitar la versión de 4-20 mA, lo que se convierte en la salida analógica que necesitamos leer en nuestro PLC.



SALIDAS OPCIONALES																																					
CONEXIONES	CONECTOR	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">4-20 mA</th> <th colspan="2">0-10 V</th> <th colspan="2">mV/V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Rango de cero= 3.85-4.15</td> <td colspan="2">Rango de cero=0-0.2 V</td> <td colspan="2">Tolerancia Cero=±0.1 mV/V</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Salida con carga nominal=20±0.3mA</td> <td colspan="2">Salida con carga nominal=10±0.2 V</td> <td colspan="2">Sensibilidad = 1.2±0.3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Voltaje de excitación=10...30V</td> <td colspan="2">Voltaje de excitación=10...30V</td> <td colspan="2">Máximo Voltaje de excitación =24V</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Consumo corriente &lt; 15mA</td> <td colspan="2">Consumo corriente &lt; 15mA</td> <td colspan="2">Impedancia de salida = 700Ω</td> </tr> </tbody> </table>	4-20 mA		0-10 V		mV/V		Rango de cero= 3.85-4.15		Rango de cero=0-0.2 V		Tolerancia Cero=±0.1 mV/V		Salida con carga nominal=20±0.3mA		Salida con carga nominal=10±0.2 V		Sensibilidad = 1.2±0.3		Voltaje de excitación=10...30V		Voltaje de excitación=10...30V		Máximo Voltaje de excitación =24V		Consumo corriente < 15mA		Consumo corriente < 15mA		Impedancia de salida = 700Ω						
		4-20 mA		0-10 V		mV/V																															
Rango de cero= 3.85-4.15		Rango de cero=0-0.2 V		Tolerancia Cero=±0.1 mV/V																																	
Salida con carga nominal=20±0.3mA		Salida con carga nominal=10±0.2 V		Sensibilidad = 1.2±0.3																																	
Voltaje de excitación=10...30V		Voltaje de excitación=10...30V		Máximo Voltaje de excitación =24V																																	
Consumo corriente < 15mA		Consumo corriente < 15mA		Impedancia de salida = 700Ω																																	
CABLE	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">4-20 mA</th> <th colspan="2">0-10 V</th> <th colspan="2">mV/V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+Vcc 10 ... 30</td> <td>1</td> <td>+Vcc 10 ... 30</td> <td>1</td> <td>+ Exc</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>N.C.</td> <td>2</td> <td>N.C.</td> <td>2</td> <td>+ Signal</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>GND</td> <td>3</td> <td>GND</td> <td>3</td> <td>- Exc</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4-20 mA</td> <td>4</td> <td>0-10 V</td> <td>4</td> <td>- Signal</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Shield</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	4-20 mA		0-10 V		mV/V		+Vcc 10 ... 30	1	+Vcc 10 ... 30	1	+ Exc	1	N.C.	2	N.C.	2	+ Signal	4	GND	3	GND	3	- Exc	3	4-20 mA	4	0-10 V	4	- Signal	2					Shield	
4-20 mA		0-10 V		mV/V																																	
+Vcc 10 ... 30	1	+Vcc 10 ... 30	1	+ Exc	1																																
N.C.	2	N.C.	2	+ Signal	4																																
GND	3	GND	3	- Exc	3																																
4-20 mA	4	0-10 V	4	- Signal	2																																
				Shield																																	

Ilustración 37. Características en los conectores de la célula de carga tupo bulón. Recuperado de: DK/Grupo Dinaksa. (2019)

Para la selección de los sensores utilizados en la medición de las distancias transversales y longitudinales, se toma en cuenta la precisión en la repetitividad, la robustez del sensor para la transferencia de información, el tipo de comunicación para ser conectado al PLC. Se decidió por elegir el sensor fotoeléctrico unidireccionales de tiempo de vuelo de la marca Banner, ya que posee una excelente precisión de repetibilidad, tiene una detección fiables de muchos colores y superficies, incluso brillantes, también es ideal a largas distancias y al ser un sensor cerrado, es muy resistente a la contaminación del entorno. Las barreras fotoeléctricas, las barreras fotoeléctricas angulares y las bandas de luz, no son utilizables por el tipo de medición que se necesita, que es la medida longitudinal desde un punto fijo a una superficie que va a estar en movimiento (puente grúa).

## Analog Laser Measurement Sensor Comparison

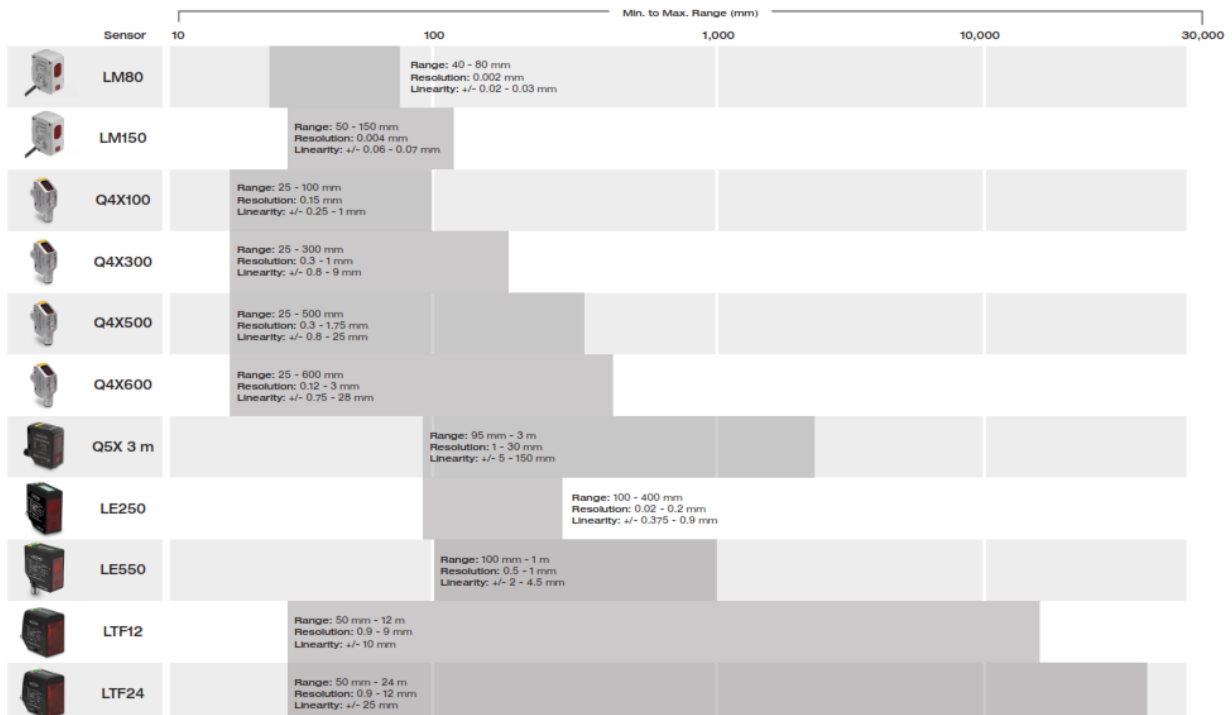
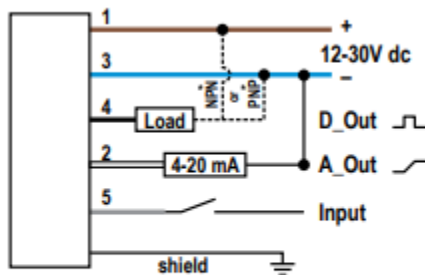


Ilustración 38. Comparación de los distintos modelos de la empresa Banner. Recuperado de: Banner engineering. (2020).

La comunicación al PLC se realiza por medio de entradas analógicas.



\* User-configurable PNP/NPN setting

Figure 4. Analog Current Model

Ilustración 39. Cableado de salida del tipo analógica del sensor LTF. Recuperado de: Banner engineering. (2020)

## Conexión del PLC y los sensores

En la empresa se tiene una existencia de un PLC Siemens S7-1200, el modelo SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, DC/DC/DC. Como se va a realizar la utilización de 3 sensores con salidas analógicas, es necesaria la implementación de un módulo de expansión para entradas análogas, Analog Input SM 1231, 4AI 16bit.



*Ilustración 40. Módulo de expansión con 4 entradas analógicas (6ES7231-5ND32-0XB0).*

Recuperado de: Siemens (2017).

Y también se va a utilizar una pantalla de 7", en donde se va a poder visualizar toda la información de los sensores, así como también una gráfica con los valores tomados a través del tiempo, esta se llama SIMATIC HMI KTP700 Basic.



*Ilustración 41. Pantalla HMI de Siemens KTP 700 Basic (6AV2123-2GB03-0AX0). Recuperado de: Siemens. (2020).*

Conexiones del PLC Siemens S7-1200	
Módulo de expansión 4AI	El módulo de expansión de las entradas análogas está conectado de manera física a la izquierda del PLC
HMI KTP 700 Basic	La conexión entre la pantalla de 7" y el PLC se hace por medio de un puerto Ethernet
Alarmas/Indicadores	Los indicadores o alarmas se deben conectar a los primeros puertos físicos de salida del PLC (S7-1200)

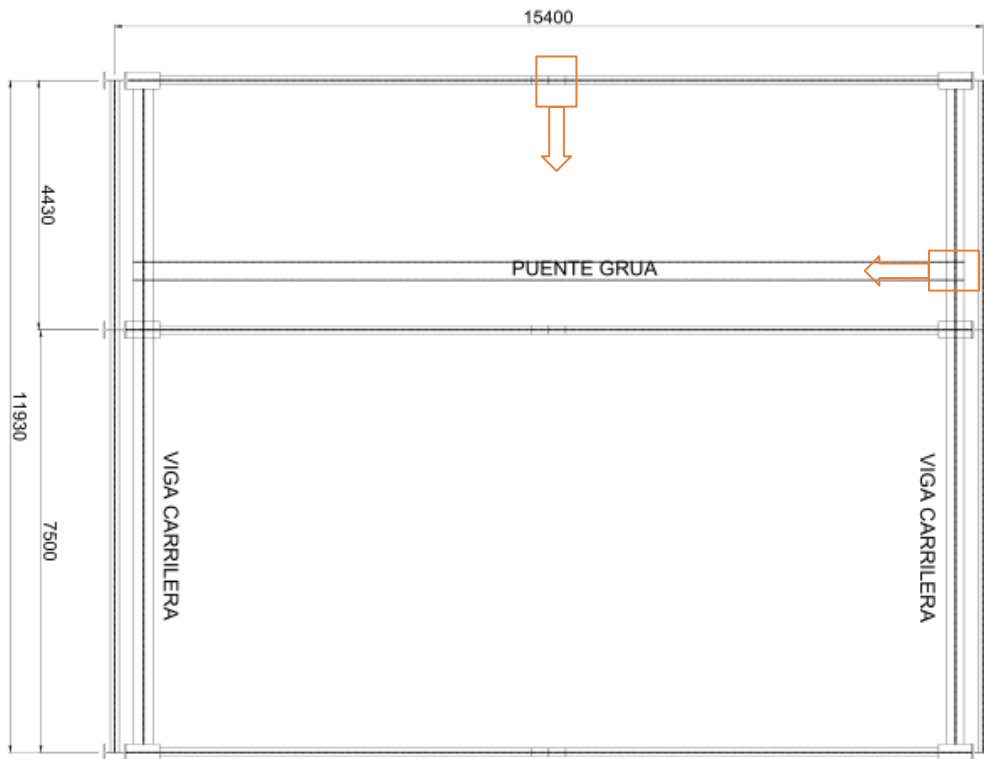
Tabla 4. Conexiones del PLC

Conexiones del módulo de expansión 4AI	
Sensores LTF24I	Los sensores se alimentan de las salidas de voltaje DC del PLC, pero sus salidas se conectan en las entradas del módulo de expansión positivas y negativas, 2 y 3, respectivamente
Célula de carga tipo bulón	La conexión para el bulón se realiza de la misma forma: una conexión de voltaje DC conectada al PLC, pero la entrada utilizada es la primera del módulo de expansión

Tabla 5. Conexiones del módulo de expansión

### **Localización de los sensores en el puente grúa**

Se propone la instalación de 2 sensores para la medición de la posición (LTF24I) del puente grúa en la estación 18LP, para de esta forma tomar las medidas de desplazamiento longitudinal y transversal; el primer sensor se instalaría en la viga del puente grúa, en el centro midiendo la distancia en relación al oeste, para tomar así la distancia que se desplaza el carro trolley, el segundo sensor estaría instalado en la cara norte midiendo la distancia en relación al sur, para medir completamente el movimiento transversal del puente grúa.



*Ilustración 42. Ubicación de los sensores LTF24I que se utilizan para la medición de distancias*

También la utilización de un sensor para medir la carga (célula de carga) que se va a transportar con el puente grúa, esta se encontraría haciendo el trabajo de “pasador” en medio del carro trolley y el polipasto, porque de esta manera estaría en contacto directo con el peso que elevaría el puente grúa.

### **Programación e interfaz de trabajo**

TIA Portal, es una aplicación de la empresa Siemens, que se utiliza para programar sus PLC (Controlador Lógico Programable) y también conectar sus distintos dispositivos.

Se ha creado un programa que adquiere los datos por medio de las entradas analógicas del PLC provenientes de los sensores y los muestra en una interfaz para la visualización de las

variables tomadas, así como también una tabla con el registro de los valores de cada uno de los sensores en el puente grúa.

Como primer paso después de crear el proyecto en la aplicación TIA Portal, se debe agregar un módulo para la recepción de las señales analógicas. Además de todo esto hay que configurar las entradas para que tengan un ingreso de Corriente y a su vez, que el rango sea de 4 a 20 mA, ya que los sensores que se van a utilizar así lo denotan en el datasheet.

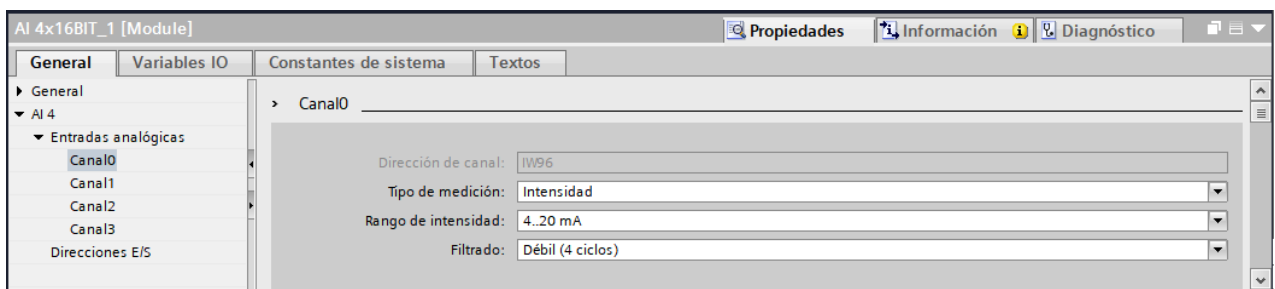


Ilustración 43. Datos de entradas analógicas

### LTF Series

Long-Range Laser Measurement Sensor

- Highest precision for long range sensing – beyond 1 meter
- Highest Ambient light immunity
- TOF vs. Triangulation
- 100G shock spec for rugged applications
- Intuitive Display

IO-Link

Family	Range	Output	Laser Class	Sensing Mode	Connector
LTF	12 24	I U K	C2	LD	Q
		I = 4 to 20 mA analog and (1) NPN/PNP discrete U = 0 to 10 V analog and (1) NPN/PNP discrete K = Dual discrete (NPN/PNP configurable) with IO-Link	C2 = Class 2	LD = Laser Diffuse	Q = Rotatable M12 Euro QD QD models require mating cordset

Ilustración 44. Sensor LTF

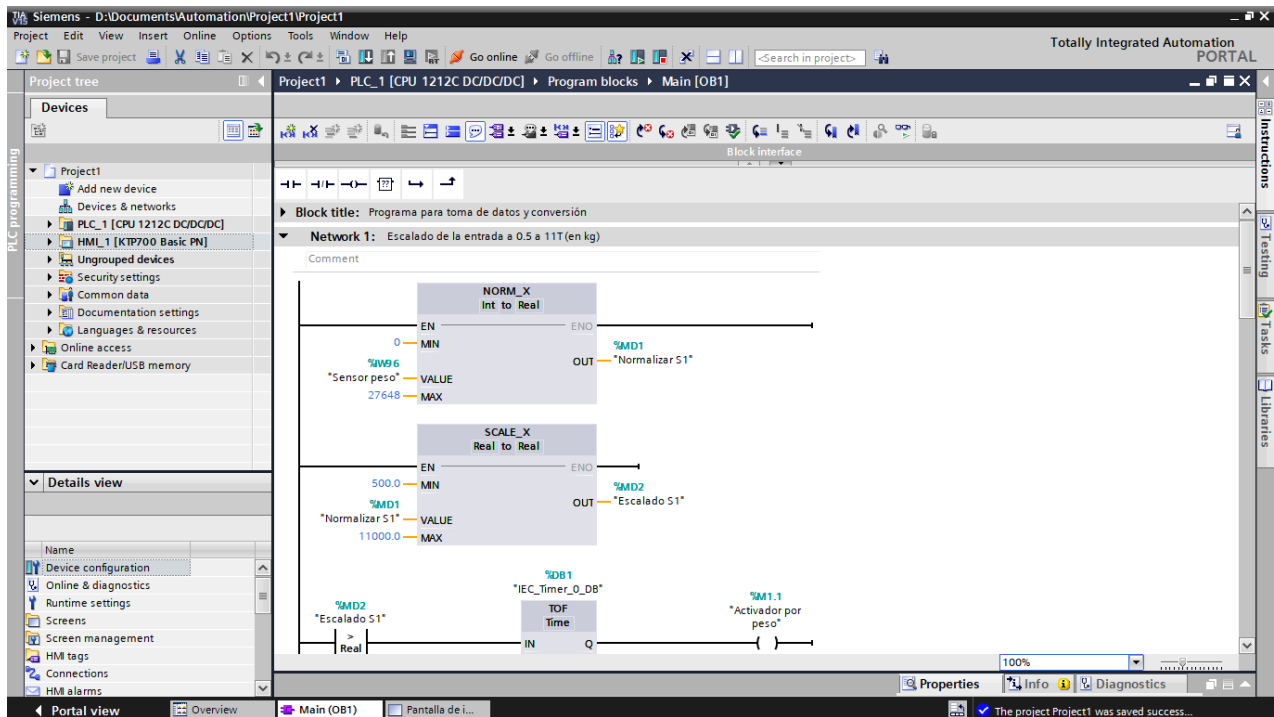


Ilustración 45. Panel de programación

Se utilizó un bloque de programación independiente para cada sensor.

Como parte inicial del código se toma la entrada del primer sensor analógico y se normaliza para tener un rango entre los 4 y los 20 mA, lo que para la parte interna del PLC es un rango entre 0 y 27648.

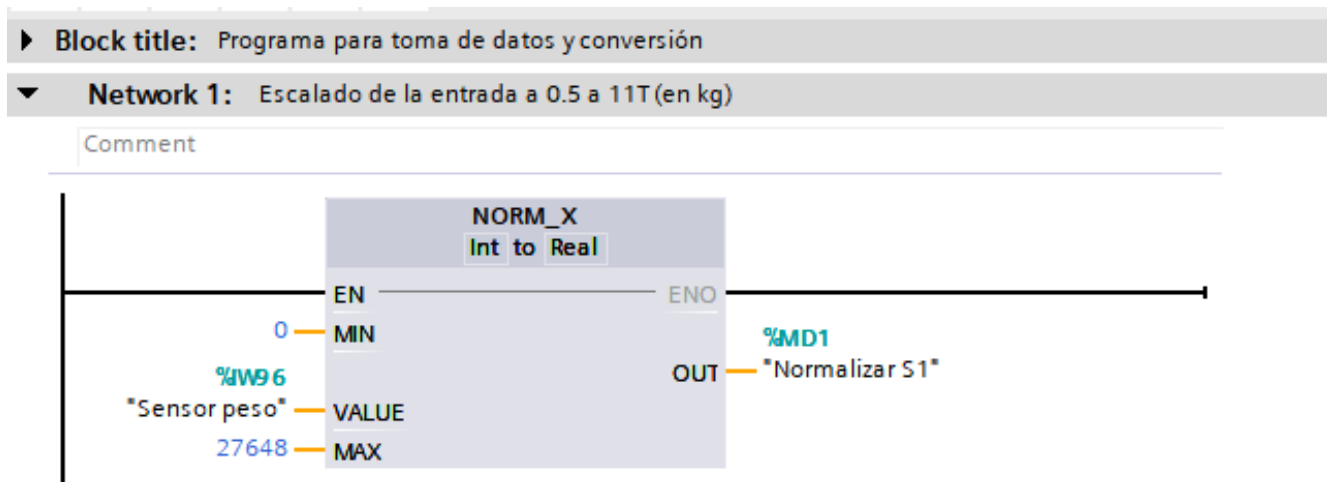




Ilustración 46. Bloque de programación para adquisición de datos de peso

Después de normalizar la entrada analógica se hace un escalado (conversión) a valores físicos. En este caso el sensor de peso (célula de carga) va de 500 kilogramos a 11 toneladas

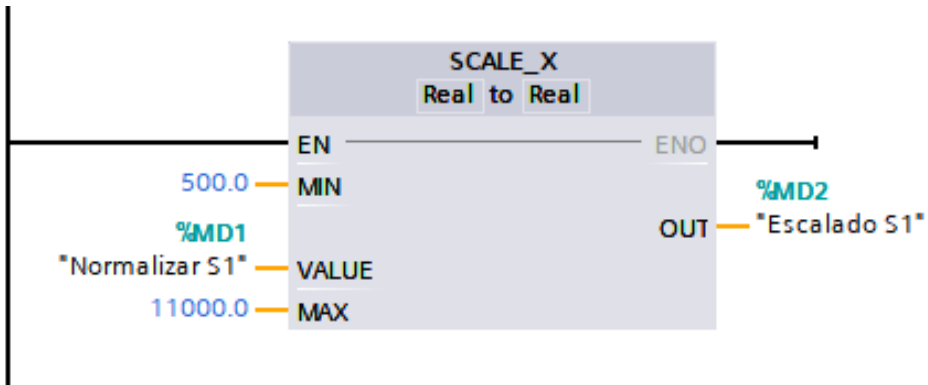


Ilustración 47. Normalización de entrada analógica

Y como parte final del código se realiza una comparación de “mayor que”, que al llegar al valor estipulado activa un temporizador que guarda una memoria como “activado” durante el tiempo estipulado y de esta manera generar una salida activada.

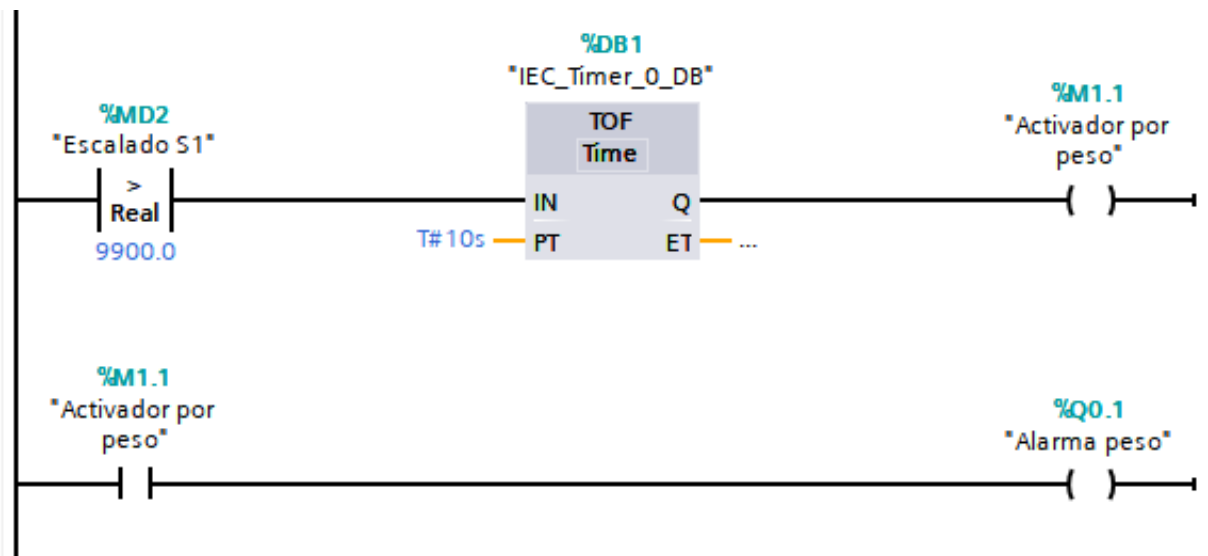


Ilustración 48. Relación comparativa de datos adquiridos

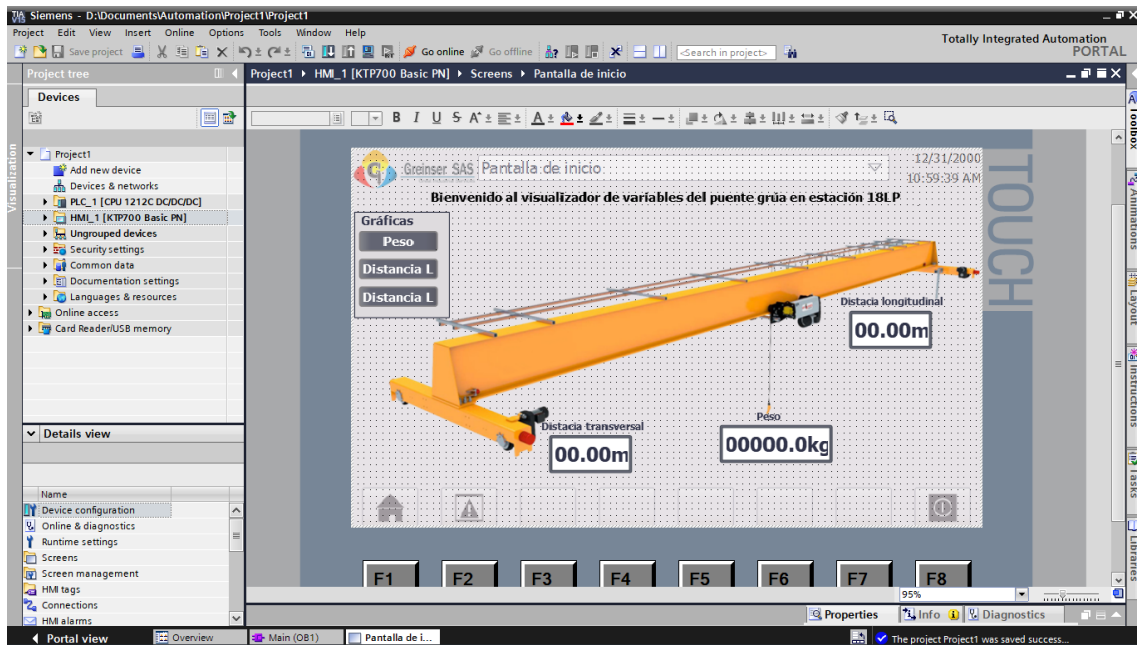


Ilustración 49. Visualización gráfica de datos

También se realizó una pantalla para visualizar un registro de los datos tomados de cada uno de los sensores.

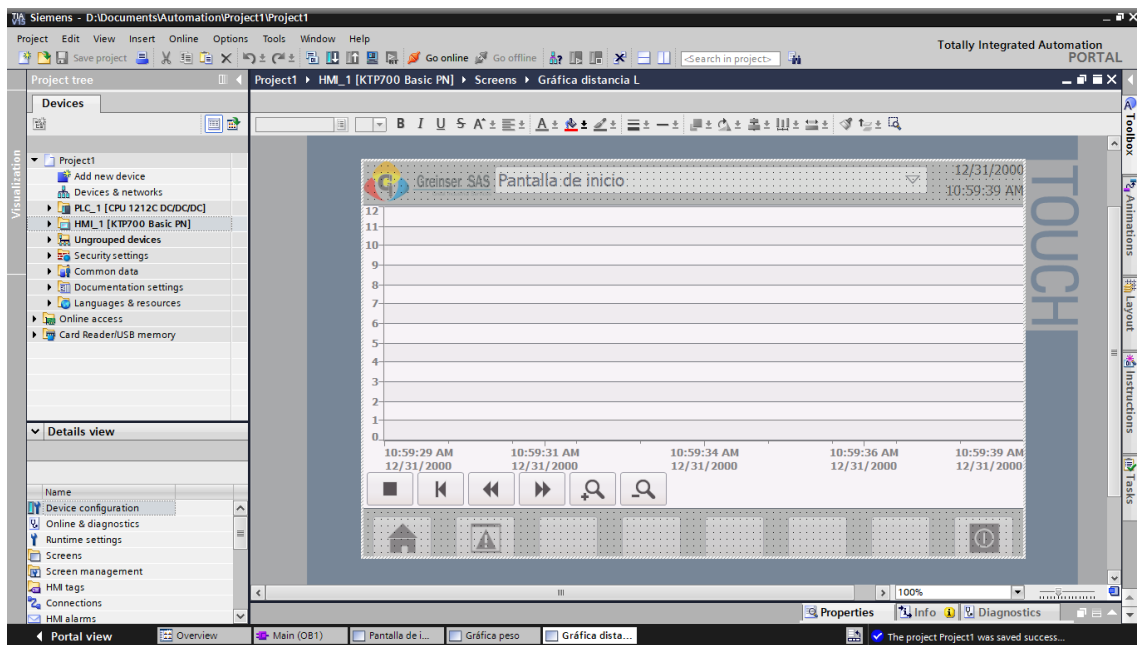


Ilustración 50. Visualización de registro

Como parte de la programación hay 3 entradas analógicas que están configuradas para recibir señales de 4 a 20 mA. Se normaliza la entrada para después hacer un escalado según la hoja de características de los sensores.

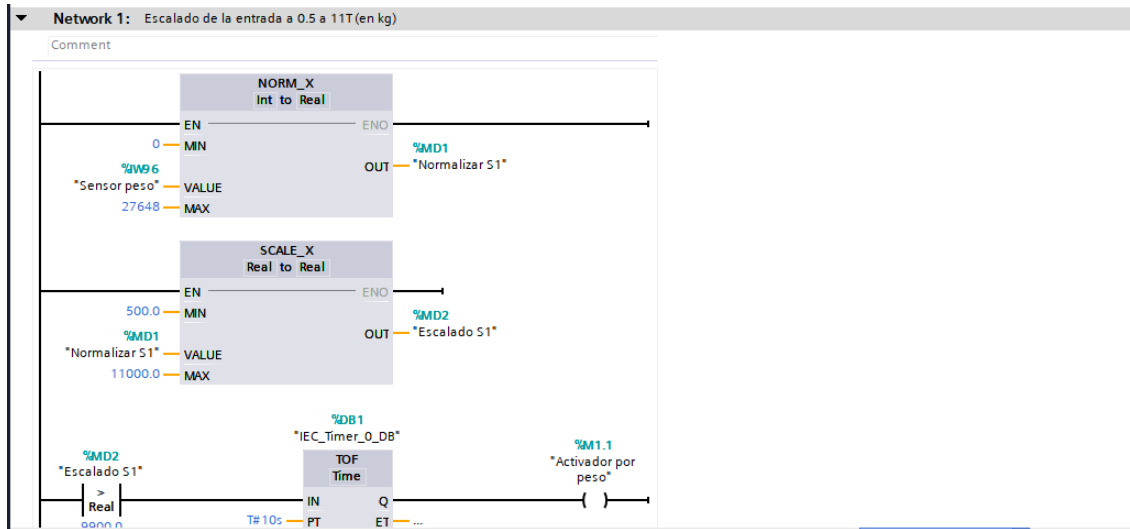


Ilustración 51. Entradas analógicas

También se agrega la función de activación de una alarma cuando llegue a valores cercanos al límite para así tener mucha mayor seguridad en los procesos de transporte de piezas.

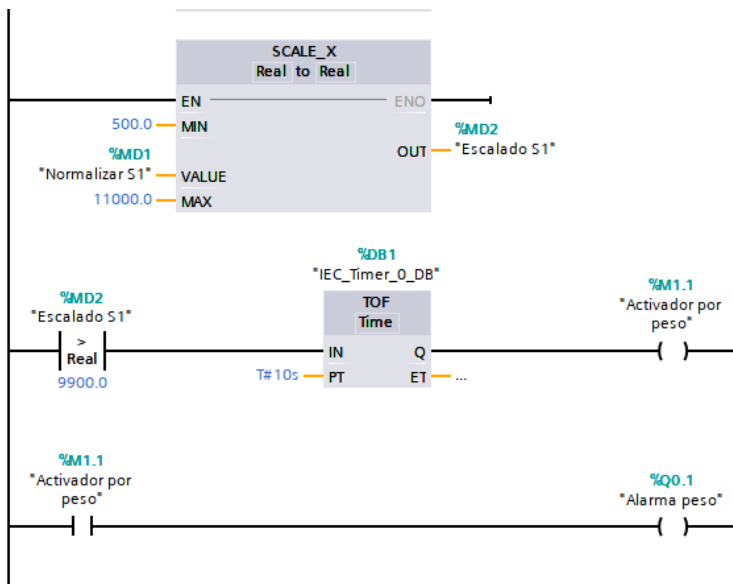


Ilustración 52. Activación de alarma.

## **Conclusiones**

El estudio que se realizó para el cumplimiento de los objetivos planteados para el mejoramiento y optimización del sistema del puente grúa de 10 toneladas en la Estación Suerte para Greinser. Diagnosticar y documentar la inspección, evaluación del estado del puente grúa y propuesta de modernización del puente grúa con sensores y una interfaz HMI.

Mediante la evaluación del estado de la máquina, se observa que no está completo el puente grúa, el izaje no presenta cable en el winche, el carro trolley no corresponde al original, se debe retirar, ya que afecta la integridad del riel del puente, el cableado se encuentra en mal estado, existen protectores eléctricos afectados debido a cambios de dirección, en conjunto con el sistema eléctrico pueden originar daños. No presentó corrosión. Un posible riesgo que se evaluó, fue que en el carro trolley, un elemento externo, no cuenta con la capacidad de resistencia de carga, el cableado se encuentra deteriorado, se encontraron una serie de fallos, donde se sugiere realizarlos, en todos los aspectos, eléctrico, físico y mecánico, llegando a la conclusión, si requería mantenimiento preventivo y correctivo, para así, llegar a su estado en óptimas condiciones, cumpliendo a la vez, el segundo objetivo cumplido es, documentar la inspección de la estructura, sugerencia del mantenimiento preventivo o correctivo de ser necesario, revisando el correcto funcionamiento del puente grúa, en su parte física, mecánica y eléctrica.

Debido a los hallazgos encontrados en el puente grúa se declara la no conformidad del mismo por no cumplir con lo establecido en la NTP 253 hasta que no sean corregidos los hallazgos encontrados.

Hay demasiados componentes indispensables que cuentan con corrosión, no están completos o

tienen afectaciones mecánicas por desgaste por lo cual el polipasto se declara no conforme para operación por no cumplir con lo establecido en la normatividad ASME B30.16.

Se recomienda la utilización de inspección por medio de equipos de ultrasonido para comprobar la existencia de cavidades, fisuras o grietas internas y de esta manera asegurar con certeza que el puente grúa y toda la estructura tienen una calidad de alto nivel

Además, se presentó la propuesta de modernización con el sensor de distancia laser de medición del tiempo de vuelo LTF SERIES, consiste en una serie de sensores de alta tecnología, su gran cualidad que detecta objetos a una distancia recta o angular. También, tiene la capacidad de medición y detección, combinando rango, repetibilidad y excelente precisión. Por otro lado, planteando la propuesta de instalación de sensores para modernizar el puente grúa, y de esta forma monitorizar variables que garanticen la seguridad del personal y de las máquinas en el sitio.

La interfaz HMI, dando a conocer los beneficios que le puede traer a la productividad y rendimiento, caracterizada por la intervención del hombre para su ejecución. Así como también el registro de las variables para ver los cambios que han realizado en sus variables físicas y de esta manera, tener mayor información de lo que sucede en el entorno, como si hay un balanceo en la pieza y el puente grúa registra vaivén que será visualizado como movimientos en la escala de centímetros, pero de forma periódica.

## Referencias

- Nicolás A., Carmelo G. M. (2019). *Técnicos Superiores en Prevención de Riesgos Laborales MANUAL PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE PUENTE GRÚA*. [online] Available at: <https://academia-formacion.com/wp-content/uploads/2018/08/MANUAL-PREVENCIO%CC%81N-PUENTE-GRUA.pdf>
- J. (2017, 11 diciembre). *Todo lo que necesita saber sobre los puentes-grúa*. Jose Ángel Mercado, S.A. [online] Available at: <https://www.joseangelmercado.com/blog/lo-necesita-saber-los-puentes-grua/>
- SIEMENS (2001). Manual de formación para soluciones generales en automatización totally integrated Automation (TIA). [online] Available at: <https://www.automation.siemens.com/sc-static/learning-training-documents/classic/basics-programming/a03-startup-es.pdf>
- D. Pedro Centeno Pomareta. (2017). Introducción a TIA Portal con S7-1500. [online] Available at: [https://oa.upm.es/49911/1/PFC\\_PEDRO\\_CENTENO\\_POMARETA.pdf](https://oa.upm.es/49911/1/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf)
- Repositorio.sena.edu.co.(2021). *Manual de Mantenimiento*. [online] Available at: [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Bucaramanga. Colombia. [online] Available at: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33276?show=full>.
- AICRANE Aimix Group, (s. f.-a). *Puente grúa birraíl*. Obtenido de: <https://aicrane.es/puente-grua-birrail/>
- AICRANE. (2020). *Puente grúa semipórtico [Fotografía]*. Puente grúa semipórtico. [online] Available at: <https://aicrane.com.mx/wp-content/uploads/2019/03/Gr%C3%BAa-Semip%C3%B3rtico-Sobre-Ra%C3%ADles.jpg>
- IMOCOM. (2019). *Puente grúa birriel [Ilustración]*. Puente grúa birrail. [online] Available at: <https://imocom.com.co/gruas/wp-content/uploads/2020/07/puente-grua-birriel-IMOCOM.jpg>
- IMOCOM. (2019). *Puente grúa monorriel [Ilustración]*. Puente grúa monorriel. [online] Available at: <https://imocom.com.co/gruas/wp-content/uploads/2018/10/puente-grua-monorriel-IMOCOM.jpg>

GBANTEC. (2019). *Puente grúa pórtico [Ilustración]*. Puente grúa pórtico. [online] Available at: <https://gpantec.com/wp-content/uploads/2019/12/gp-portico-4.png>

OMEGA Company. (2019). *Celda de carga de compresión miniatura [Ilustración]*. [online] Available at: <https://es.omega.com/pptst/LCGD.html>

OMEGA Company. (2019). *Celdas de carga de compresión o tensión en subminiatura [Ilustración]*. [online] Available at: <https://es.omega.com/pptst/LC201.html>

OMEGA Company. (2019). *Célula de carga tipo S [Ilustración]*. [online] Available at: <https://es.omega.com/pptst/LCCD.html>

OMEGA Company. (2019). *Celda de carga de pin de carga [Ilustración]*. [online] Available at: <https://es.omega.com/pptst/LCP-SERIES.html>

OMEGA Company. (2018). *Celdas de carga de perfil bajo [Ilustración]*. [online] Available at: [https://es.omega.com/pptst/LCM402\\_LCM412.html](https://es.omega.com/pptst/LCM402_LCM412.html)

OMEGA Company. (2018). *Celdas de carga de compresión carnister [Ilustración]*. [online] Available at: <https://es.omega.com/pptst/LC1001.html>

GTG Ingenieros, junio 8th, 2017. *Accidente Laboral, Artículos GTG Ingenieros, Noticias, Accidentes laborales con puentes grúa*. [online] Available at: <https://gtg.es/2017/06/08/accidentes-laborales-con-puentes-grua/>.

DK/Grupo Dinaksa. (2019). *Celda de carga de flexión DK*. [online] Available at: <https://www.directindustry.es/prod/dinaksa-pesaje/product-238793-2397292.html>

Direct industry (2019). *Sensor de distancia laser de medición del tiempo de vuelo LTF series*. [online] Available at: <https://www.directindustry.es/prod/banner-engineering-corp/product-7106-1887289.html>

COPADATA industry (2019). *Qué es una HMI*. [online] Available at: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>

*Inspección Visual*. (2017). Isotec. [online] Available at: <https://isotec.com.co/es/inspeccion-en-ensayos-no-destructivos/1/inspeccion-visual>

Ministerio de trabajo y asuntos sociales (2003). Plataformas elevadoras móviles de personal. [online] Available at: [insst.es/documents/94886/326775/ntp\\_634.pdf/451493bf-1730-4e5e-a0b8-35fb25b7813aSCI](https://insst.es/documents/94886/326775/ntp_634.pdf/451493bf-1730-4e5e-a0b8-35fb25b7813aSCI)

Servicios de Control e Inspección SA. (2020). *Ensayos por Partículas Magnéticas*. SCI. [online] Available at: <https://scisa.es/ensayos-no-destructivos-y-laboratorio-metalurgico/ensayos-no-destructivos/inspeccion-por-particulas-magneticas/>

*Y-7 Yugo Electromagnética para END | Magnaflux*. (2021). Magnaflux. [online] Available at: <https://magnaflux.mx/Productos/Inspeccion-por-Particulas-Magneticas/Equipo/Y-7.htm>

*Magnaflux EU EN*. (2020). MAGNALUX. [online] Available at: <https://magnaflux.eu/en>



## Anexos



