



## **DISEÑO DE MONORRIEL CON CAPACIDAD DE UN TONELADA**

**DANIEL ARMANDO VELASQUEZ PINO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLIN  
2016**



## **DISEÑO DE MONORRIEL CON CAPACIDAD DE UNA TONELADA**

**Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero mecánico**

**DANIEL ARMANDO VELASQUEZ PINO**

**ASESOR:**

**Alfonso Luis Agudelo Vegliante**

**Ing. Esp. Msc. Metalúrgico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**MEDELLÍN**

**2016**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, 3 de Junio de 2016

## **DEDICATORIA**

A mis papás, Armando y Ángela, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, y por no permitir que en momentos difíciles abandonara el objetivo de ser un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia, a las personas que me acompañaron en este camino, a los profesores que me acompañaron durante toda la carrera, y al profesor Alfonso Luis Agudelo Vegliante.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	16
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	22
2. OBJETIVOS .....	24
2.1. GENERAL .....	24
2.2. ESPECÍFICOS.....	24
<b>3. REFERENTES TEÓRICOS.....</b>	<b>25</b>
3.1. FUNDICIÓN .....	25
3.2. PUENTES DE GRÚA .....	26
3.3. TIPOS DE PUENTES GRÚA .....	27
3.4. GRÚA PUENTE MONORRIEL .....	28
3.5. GRÚA PUENTE BIRRIEL .....	29
3.6. GRÚA PÓRTICO.....	29
3.7. GRÚA PLUMA .....	30
3.8 POLIPASTO ELÉCTRICO .....	31
3.9. TROLE O CARRO. ....	31
3.10. CARGAS.....	32
3.11. CARGAS MUERTAS .....	32
3.12. CARGAS VIVAS.....	33
4. DISEÑO METODOLÓGICO .....	34
5. CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	37
6. MEMORIA DE CÁLCULO.....	38

6.1.	VIGA PRINCIPAL.....	38
6.2.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	38
6.3.	SELECCIÓN DE LA VIGA .....	39
6.4.	VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIGA. ....	40
6.5.	CARGAS Y COEFICIENTES. ....	40
6.6.	MOMENTOS FLECTORES PARA LUZ SIMPLE.....	42
6.6.1.	Deflexión vertical. ....	44
6.6.2.	Flexión en Patín inferior. ....	44
6.6.3.	Esfuerzo biaxial resultante en el punto 1. ....	46
6.6.4.	Esfuerzo biaxial resultante en el punto 2. ....	47
6.7.	CONCLUSIÓN DE LA SELECCIÓN DE LA VIGA.....	47
7.	CÁLCULO DE LOS PERNOS Y ESPÁRRAGOS.....	49
7.1.	PERNOS.....	49
7.2.	ESPÁRRAGOS. ....	50
8.	CÁLCULO DE LA PLATINA DE SUJECIÓN.....	52
8.1.	PARÁMETROS DE SIMULACIÓN.....	52
8.2.	MALLADO .....	54
8.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	56
8.1.	DESPLAZAMIENTOS TOTALES.....	56
8.2.	ESFUERZOS DE VON MISES.....	57
8.3.	FACTOR DE SEGURIDAD.....	57
8.4.	CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN.....	58
9.	SELECCIÓN DE POLIPASTO .....	59
9.1.	VIDA ÚTIL DE POLIPASTO .....	62
9.2.	FACTOR DE MARCHA .....	63
9.3.	SELECCIÓN DE CARRO .....	65
9.4.	SELECCIÓN DE GANCHO MARCA ABUS.....	67
9.5.	ESQUEMA DE POLIPASTO FINAL CON CARRO ELÉCTRICO .....	69
9.6.	ANÁLISIS EN CATALOGO YALE .....	70
9.7.	SELECCIÓN DE TROLE ELÉCTRICO .....	71

9.8.	CONCLUSIÓN DE SELECCIÓN DE POLIPASTO.....	74
10.	CONCLUSIONES.....	75
11.	RECOMENDACIONES.....	76
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77



## LISTA DE IMÁGENES

		Pág.
Imagen 1	Grúa autocargante y puente grúa.	27
Imagen 2	Puente grúa monorraíl.	28
Imagen 3	Grúa puente birraíl.	29
Imagen 4	Grúa pórtico ligera LPK.	30
Imagen 5	Grúa pluma de columnas.	30
Imagen 6	Polipasto eléctrico.	31
Imagen 7	Trole de polipasto eléctrico.	32

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Puntos de interés para el cálculo de las flexiones.	45
Figura 2 Dimensiones del perfil W6X20.	48
Figura 3 Dimensiones del perfil L50X15.	52
Figura 4 Geometría de simulación.	53
Figura 5 Parámetros de simulación.	53
Figura 6 Convergencia de malla.	54
Figura 7 Malla para simulación.	55
Figura 8 Resultados de la simulación para desplazamientos totales.	56
Figura 9 Resultados de la simulación para esfuerzos equivalentes de Von Misses.	57
Figura 10 Resultados de la simulación para el factor de seguridad.	58
Figura 11 Condiciones de servicio.	60
Figura 12 Aclaración de referencia polipasto ABUS.	65
Figura 13 Dimensiones y pesos de trolley ABUS	66
Figura 14 Dimensiones de gancho ABUS	69
Figura 15 Esquema polipasto ABUS	70
Figura 16 Esquema y dimensiones polipasto YALE	71
Figura 17 Esquema trolley marca YALE	72

## LISTA DE TABLAS

		Pág
Tabla 1	Parámetros de diseño	38
Tabla 2	Parámetros de la viga seleccionada	39
Tabla 3	Desplazamientos totales	56
Tabla 4	Clasificación de polipasto	62
Tabla 5	Vida útil teórica de polipasto	62
Tabla 6	Factor de marcha	63
Tabla 7	Catálogo ABUS en polipastos	64
Tabla 8	Catálogo ABUS en trolley	66
Tabla 9	Dimensiones de trolley ABUS EF	67
Tabla 10	Selección de gancho ABUS	68
Tabla 11	Dimensiones ABUcompact GM4	69
Tabla 12	dimensiones de polipasto ABUS	70
Tabla 13	Especificaciones para ordenar polipastos marca YALE	71
Tabla 14	Especificaciones de trolley para ordenar marca YALE	72
Tabla 15	Dimensiones generales de trolley marca YALE	73

## LISTA DE ANEXOS

	Pág	
Anexo A	Cronograma de actividades proceso de diseño.	79
Anexo B	Tabla de herramientas metodológicas.	80
Anexo C	Polipasto eléctrico con trolley eléctrico una tonelada TECNIYALE.	81
Anexo D	Propuesta económica ELECTROYALE.	82

## GLOSARIO

**PUENTE GRÚA:** Un puente-grúa es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical.

**TROLE:** pértiga provista de un sistema de muelles y situada en el techo de los tranvías y trolebuses, que está en contacto con el cable eléctrico de la línea y que sirve para tomar corriente eléctrica de este.

**POLIPASTO:** es una máquina formada por dos conjuntos de poleas, uno con movilidad y otro que queda fijo. A través de este sistema, es posible mover o elevar un cuerpo pesado.

**VIGA:** Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

**PERNOS:** El perno o espárrago es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro.

## RESUMEN

En este trabajo se realiza el diseño de un puente grúa tipo monorriel, que busca ayudar en la optimización de los procesos de carga de la empresa *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.* Para este fin se realizó una recolección bibliográfica y se hicieron todos los cálculos pertinentes. Posteriormente se llega a unas conclusiones y se dan unas recomendaciones específicas al equipo.

Palabras Claves: Puente grúa, polipasto, monorriel, procesos de carga.

## ABSTRACT

In this work is made the design of a single girder bridge crane which will aim to help in the loading process of the company *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.* To this effect, a wide literature research and all the relevant computations were conducted. Subsequently we present the conclusions and specific recommendations for the equipment.

Keyword: Bridge crane, hoist, monorail and loading processes

## INTRODUCCIÓN

Dado el flujo de trabajo que en la actualidad expresa una industria cada vez más competitiva, las empresas se ven en la necesidad de adquirir maquinaria y equipos que les permitan estar en la línea de competencia con respecto a otras organizaciones de su misma denominación. Maquinaria apta para que la producción pueda ser directamente proporcional a la demanda, además de que facilite los procesos laborales y de seguridad industrial que embargan a los colaboradores.

De ahí que el objeto principal de este trabajo es diseñar un monorriel con capacidad para una tonelada para *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.*, una empresa ubicada en la Carrera 52 Número 57 a 83 del municipio de Itagüí (Antioquia). Este proyecto se realiza en el marco del proyecto de grado para acceder al título de ingeniero Mecánico. Para lograrlo se realizaron los cálculos y mediciones necesarias, además de los análisis estructurales necesarios para el desarrollo de este propósito.

Ahora bien, en una primera parte se presenta el proyecto, para lo cual realizamos una revisión bibliográfica y de antecedentes que giran en torno a problemas parecidos al nuestro. Posteriormente se define el problema y se delimita el alcance que puede tener.

Seguidamente se exponen las herramientas teóricas que usaremos; se muestran los criterios de diseño necesarios para el desarrollo del plan, los cuales están basados en la norma del instituto Americano de la construcción de acero (AISC) bajo el método de factores de carga y resistencia.

Posteriormente trabajamos en lo relativo a la viga principal, a los parámetros de diseño de la misma y a la verificación de las estructuras, además de que se



muestran los resultados numéricos de las ecuaciones. Consecutivamente se definen las diferentes variables que hacen parte del proceso de diseño.

En la tercera parte se realizan los cálculos de los pernos y los espárragos mientras que en un cuarto capítulo se calcula la platina de sujeción y lo que deviene de ella.

Finalmente presentamos las conclusiones y hacemos algunas recomendaciones. Se plantea una solución que deriva de los análisis de resultados y del estudio de costos en base a un criterio ingenieril que cumple con los requerimientos de la empresa.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los puentes grúa son máquinas para transporte de materiales por medio de elevación. Estos pueden ser utilizados tanto dentro como fuera de las instalaciones de talleres industriales, bodegas y demás. Los conforman varios elementos básicos, tales como una estructura elevada que a su vez está conformada por una o varias vigas de acero, además de un sistema de desplazamiento de ruedas sobre rieles, movidos por uno o más motores eléctricos, sumados a un sistema elevador de polipasto y gancho.

Así el transporte de materiales dentro de las instalaciones industriales o de almacenamiento se facilita gracias a la circulación por vías elevadas, casi siempre unidas a la construcción de los espacios, dejando libre la superficie y proporcionando zonas para la manufactura, lo que permite que el trabajo se realice sin obstáculos.

Debido a la movilidad del monorraíl que corre sobre el puente de grúa, el área de trabajo que este abarca es rectangular. Así la velocidad de trabajo de este equipo lo determina la carga máxima que se transporta. No obstante, en los casos de grúas de mayor capacidad, es decir, superiores a 120 toneladas, la velocidad de trabajo no la determina la capacidad de la carga.

Ahora bien, *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A*, es una empresa dedicada a la producción o prestación de servicios productivos industrializados, que cuenta con una sección dedicada al levantamiento de materiales y materias primas. Para esta tarea requieren una tecnología más avanzada y práctica que pueda desempeñar las funciones de desplazamiento de materiales de una forma más eficaz, garantizando la seguridad de dichos materiales y la de los colaboradores, además de la confiabilidad en el tiempo de sus procesos.

Por eso deben contar con maquinaria específica y certificada, como lo es el monorriel con capacidad de una tonelada en espacios reducidos.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La idea de construir un mecanismo de transporte de materiales nace por la necesidad de solucionar un problema que también gira en torno a la salud ocupacional, es decir, para ayudar a minimizar el riesgo de lesiones o de futuras enfermedades ocasionadas por el desplazamiento de materiales y materias primas de manera manual, además de mejorar la eficiencia de los espacios en las áreas de trabajo, ya que estos son reducidos.

Para el diseño de esta herramienta se observan algunos trabajos que se adelantaron en contextos y momentos diferentes, que pueden servir como antecedentes y guías del proyecto:

En un primer trabajo, Jhonatan Duque, en su informe de práctica para acceder al título de Ingeniero mecánico, presenta la propuesta de un diseño de grúa monorriel para la empresa *Kimberly Colpapel*, ya que ante la llegada de nueva maquinaria, se hizo imperante el montaje de un sistema que facilitara el levantamiento y transporte de materia prima que alimente a la máquina. Este trabajo fue realizado partiendo de la necesidad fundamental de la empresa sin dejar de lado las especificaciones y necesidades de la máquina, además de los espacios en los que se implementaría y los debidos parámetros de seguridad<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Duque David, J. (2013). *Diseño, cálculo e implementación de vigas para puente grúa con capacidad de cinco toneladas*. Medellín: Departamento de ingeniería Mecánica. Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia.

Por su parte, Ospina Gil y Agudelo Ospina (2003) en su trabajo *Diseño de sistema de transporte para cilindros de gas licuado de petróleo (glp) con manipulador neumático*, intentaban solucionar problemas de enfermedades profesionales, que se presentan en los trabajadores de *Gases de Antioquia*, como consecuencia de la manipulación de los cilindros en las operaciones de cargue y descargue en la planta de llenado, para lo cual diseñaron un sistema mecánico tipo puente grúa, con capacidad de carga de 800Kg, con izaje de 1,2 metros, un desplazamiento longitudinal de 6 metros y desplazamiento transversal de 4 metros. Este sistema es automatizado gracias dispositivos neumáticos que le permiten al operario mover la carga en cualquier dirección, facilitando así el proceso de cargue y descargue de los cilindros en los carros repartidores<sup>2</sup>.

Ahora bien, en el trabajo de David Muñoz Yunda sobre *Diseño de un procedimiento para el cálculo y selección de la viga principal de un puente grúa*, el autor se propone un procedimiento que calcule y seleccione la viga principal de un puente grúa Birrail, donde el carro del puente puede desplazarse sobre dos vigas principales, de una manera eficiente y eficaz, con parámetros establecidos, diferentes luces y capacidades portantes, permitiendo sustentarse en los perfiles que emplea la empresa fabricante de puentes grúa *imk S.A.S*. Para este trabajo se contó con la recopilación y el estudio de diversos métodos para calcular las vigas para puente grúa<sup>3</sup>.

En otro trabajo, realizado por Juan Sebastián Santacruz Bermeo como proyecto de graduación para la universidad Politécnica del Litoral, en Guayaquil, Ecuador, este realiza un diseño de un puente grúa junto a sus respectivas carrileras, capaz de

---

<sup>2</sup> Ospina Gil, N. F. (2003). *DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSPORTE PARA CILINDROS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) CON MANIPULADOR NEUMÁTICO*. Medellín: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica.

<sup>3</sup> David, M. Y. (2013). *Diseño de un procedimiento para el cálculo y selección de la viga principal de un puente grúa*. Cali.: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería. Departamento de energética y mecánica.

acoplarse a una estructura ya existente en las instalaciones de una empresa metalmeccánica dedicada a la fabricación y montaje de estructuras de acero. Para este cometido, Santacruz analizó y verificó la capacidad de las estructuras que ya existían para acoger el nuevo sistema de izaje. Dichos diseños fueron realizados bajo las normas del Instituto americano de construcción del acero (AISC)<sup>4</sup>.

No obstante, existe también el trabajo de Diego Fernando Herrera Antacuña y Edison Fabián Molina Calvopiña (2013): *Diseño y construcción de una máquina elevadora de carga para transportar material cerámico de forma automatizada hacia dos molinos de bolas, respaldada en un software C.A.E. para el análisis correspondiente en la empresa NOVEL*. Este trabajo consiste en el diseño y construcción de una máquina elevadora para el transporte de material cerámico de manera automática hacia dos molinos. Así, los autores diseñan una estructura que guarda similitudes con un puente grúa, que cuenta con unos tubos estructurales y una viga IPN, donde se encuentran el teclé electrónico y el trolley. Así la máquina deberá llenar la tolva con el material cerámico, momento en el que entra en funcionamiento el primer motor, el cual elevará la carga de 250 kg hasta una altura de tres metros, para que posteriormente el segundo motor traslade de manera horizontal la carga hacia el molino seleccionado, donde el tercer motor descargará el material mediante la compuerta ubicada en la parte inferior de la tolva<sup>5</sup>.

Por último, María Fernanda Mogro Borja (2013), en su proyecto *Diseño y construcción de un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la nave N° 1 de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la empresa Novacero S.A. Planta Lasso*, por medio del cual accede al título de ingeniera

---

<sup>4</sup> Santacruz Bermeo, J. S. (2015). *Diseño de un puente grúa con vigas laminadas para un galpón de una planta metalmeccánica en operación*. Guayaquil, Ecuador.: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería meccánica y ciencias de la producción.

<sup>5</sup> Herrera Anchatuña, D. F. (Octubre de 2013). *Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE: [repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec).

Mecatrónica, implementa un sistema de control inalámbrico con el fin de optimizar los procesos de producción, manteniendo los niveles de seguridad en los procesos que se realizan en la planta. Según esto el operador del puente grúa podrá realizar su trabajo desde una distancia segura enviando el puente a cualquier zona establecida. Para este fin utiliza tecnología inalámbrica SIEMENS que garantiza una comunicación confiable entre transmisor y receptor dentro de un ambiente industrial. Por otra parte, el software permite el control de los movimientos del puente al igual que los del polipasto<sup>6</sup>.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Así las cosas, partiendo de que ya se han desarrollado algunos estudios acerca del diseño y desarrollo de equipos similares, el problema que nos embarga en este trabajo es el diseño y fabricación de un monorriel que facilite la resolución de unos problemas elementales de transporte de materias primas, y que optimice el manejo del espacio de la empresa seleccionada para el diseño.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Por mucho tiempo el puente grúa ha sido la solución más eficiente para el transporte de cargas pesadas dentro de superficies industriales. Gracias a su versatilidad y a sus bajos costos en fabricación y mantenimiento, se constituyen en una herramienta

---

<sup>6</sup> Mogro Borja, M. F. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la nave N° 1 de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la empresa Novacero S.A. Planta Lasso*. Guayaquil, Ecuador: Latacunga ESPE.

que puede ser adaptada a diferentes aplicaciones y espacios, incluso en industrias de mayor envergadura o pequeños talleres.

El puente grúa monorriel garantiza un flujo de material óptimo pues mejora los espacios de trabajo, dado que se pueden suministrar con viga de perfil laminado o de cajón soldada. Así se pueden constituir en montajes que ahorran espacio y permiten una máxima altura de gancho.

En la actualidad la empresa *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.*, necesita de una herramienta que permita un desarrollo más óptimo de sus procesos de transporte de cargas, reduciendo tiempos de ejecución o costos, garantizando la funcionalidad y la eficiencia en los procesos productivos, además que minimice los riesgos de accidentes para los colaboradores.

Es aquí donde este diseño se hace imperante, pues esta es una herramienta que facilita la rapidez en el transporte, minimiza los tiempos de ejecución de los procesos, mejorando el desplazamiento por las zonas industriales.

Por último, este diseño podrá servir como antecedente para futuros proyectos en los que se intenten mejorar las condiciones laborales de una empresa u optimizar los espacios de trabajo y la eficiencia de los procesos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GENERAL

Diseñar un puente grúa tipo monorraíl con capacidad de levantamiento de una tonelada, que ayude en el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A., ubicada en la Carrera 52 Número 57 a 83 del municipio de Itagüí (Antioquia).

### 2.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar y construir el sistema mecánico para la elevadora de carga con capacidad de una tonelada.
- ✓ Diseñar y construir el sistema de control para la elevadora de carga y de desplazamiento en el monorraíl.
- ✓ Analizar y calcular las partes del monorraíl a medida que se avanza en la ejecución del proyecto.
- ✓ Garantizar el bajo costo y la funcionalidad del diseño para que pueda ser replicado en futuras oportunidades, esto ligado a la búsqueda de proveedores que garanticen mejores precios y buena calidad.



### 3. REFERENTES TEÓRICOS

*FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A* es una empresa dedicada a la producción o prestación de servicios productivos industrializados. Su actividad principal es la fundición de productos de acero o fundición. Está ubicada en el municipio de Itagüí, Antioquia, y se conforma como una sociedad anónima.

Una de las principales dificultades por las que atraviesa en este momento es que no cuenta con un equipo capaz de realizar labores de carga de materiales dentro de las áreas de trabajo, lo que supone un esfuerzo adicional por parte de los colaboradores, además de que sacrifica espacio de trabajo y almacenamiento. Es por esto que se propone el diseño de un puente grúa tipo monorriel con capacidad de una tonelada.

Para cumplir los objetivos del proyecto es necesario comprender ciertas categorías que ayudarán en el procedimiento de este trabajo. Dichas categorías, o conceptos básicos de estudio son, fundición, puentes de grúa, clasificación de puentes de grúa y cargas.

#### 3.1. FUNDICIÓN

Conocemos por fundición a los procesos de fabricación de piezas metálicas o de plástico, que consiste en fundir un material que posteriormente se introduce en un molde en el cual se solidifica. Uno de los procesos más comunes es el de la fundición en arena, pues esta es un material refractario que abunda en la naturaleza, y que al mezclarse con la arcilla consigue cohesión y moldeabilidad sin perder

permeabilidad que facilite evacuar los gases del molde a la misma vez que se vierte el metal fundido.

Este tipo de fundición consiste en colar un metal fundido, aleaciones de hierro, acero, bronce, entre otros, en un molde de arena, dejarlo solidificar y por último romper el modelo para extraer la pieza terminada.

Cuando se trata de metales como el hierro que son más pesados que el molde de arena, la caja de moldeo se recubre con una gruesa chapa para evitar el problema de *Flotación del molde*, suceso que ocurre cuando la presión del metal empuja la arena por encima de la cavidad del molde, evitando que el proceso no funcione correctamente.

En el caso de los procesos de fundición en metal existen dos categorías que varían según el tipo de moldes: Los moldes desechables y los moldes permanentes. En el caso de la fundición con molde desechable, este se destruye para que la parte fundida pueda ser removida, lo que promueve que, al requerirse un nuevo molde después de cada fundición, hay un límite en las velocidades de producción. En el segundo caso, de moldeo permanente, el molde se fabrica con metal, lo que lleva a que puedan ser usados en repetidas operaciones de fundición. Este proceso entrega una ventaja en cuanto a mayores velocidades de producción<sup>7</sup>.

### **3.2. PUENTES DE GRÚA**

Un elevador de carga o puente grúa es un mecanismo utilizado para el transporte de materiales en procesos industriales o de almacenamiento sobre una estructura

---

<sup>7</sup> Nigris, O. P. (2011). El uso de los hornos pachamanca y guayra para la fundición en Los Andes. *Revista de la sociedad española para la defensa del patrimonio geológico y minero*. N<sup>o</sup> 16, 21-31.

de vías elevadas. Permite, a través del polipasto y de un carro de traslación, cubrir la zona para la que fue instalado.

El puente grúa está conformado, básicamente, por un riel guía, un riel de apoyo, un polipasto eléctrico por cadena, un control de mando, cable eléctrico y un gancho de sujeción.

Imagen 1. Grúa autocargante y puente grúa.



Fuente: Tomado de: <http://www.academialisa.es/inicio/index.php/descargas/viewcategory/5->  
(Consultado: 05/03/2016)

### **3.3. TIPOS DE PUENTES GRÚA**

Según la norma NTP 736 (Nota técnica preventiva) existen dos tipos de puentes de grúa:

- ✓ Grúa puente.
- ✓ Grúa pórtico.

La grúa puente se conforma por un elemento portador que a su vez se conforma por una o dos vigas móviles sobre las que se desplaza el carro de traslación junto con los mecanismos que sirven para la elevación.

### 3.4. GRÚA PUENTE MONORRIEL

En el caso de la grúa puente monorriel, se conforma por una viga que permite que el polipasto eléctrico pueda suspenderse. Este tipo de grúa facilita el trabajo en espacios que no son lo suficientemente anchos pero que exigen cargas en alturas. Así, disponen de doble velocidad en los movimientos, ya sea de elevación, traslación del carro o del puente<sup>8</sup>.

Imagen 2. Puente grúa monorriel/ de pared.



Fuente: Tomado de: <http://www.directindustry.es/prod/abus/product-14275-543211.html>. (Consultado: 15/03/2016)

---

<sup>8</sup> Herrera Anchatuña, D. F. (Octubre de 2013). *Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE: [repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec).

### 3.5. GRÚA PUENTE BIRRIEL

No obstante, en la grúa puente tipo birriel, este diseño no tiene limitantes en cuanto a la elevación y distancia entre los rieles. Este tiene doble viga, en la que se apoya el carro que sostiene el polipasto eléctrico. Gracias a este diseño es posible alcanzar la máxima altura<sup>9</sup>.

Imagen 3. Grúa puente Birriel



Fuente: Tomado de: <http://contecindustrial.com/index.php/puentes-grua-birrieles/>. (Consultado: 26/02/2016)

### 3.6. GRÚA PÓRTICO

En el caso de la grúa pórtico monorriel, esta cumple con la misma función de los puentes grúa. Permite un ahorro en la instalación, ya que la estructura que se fabrica puede soportar la carga, incluso con pesos de 250kg hasta 2 toneladas. Puede ser construida como monorriel o birriel.

---

<sup>9</sup> Ibid

Imagen 4. Grúa pórtico ligera LPK



Fuente: Tomado de: <http://www.abusgruas.es/productos/grua-portico-ligera-lpk>. (Consultado: 18/04/2016)

### 3.7. GRÚA PLUMA

También llamadas de columna o mural, cuentan con un radio de giro de 180° a 360°. Son ideales para trasladar materiales que se encuentran en determinado radio, además de que pueden desplazar cargas de manera fácil. Tienen columnas con estructuras sólidas y ligeras<sup>10</sup>.

Imagen 5. Grúa pluma de columnas



Fuente: Tomado de: <http://www.directindustry.es/prod/abus/product-14275-33464.html>. (Consultado: 13/04/2016)

---

<sup>10</sup> Eleve.es. (8 de Marzo de 2012). *Eleve. Konecranes. Lifting businesses*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de Eleve. Konecranes. Lifting businesses: [http://www.eleve.es/eleve\\_plataformas\\_elevadoras.php](http://www.eleve.es/eleve_plataformas_elevadoras.php).

### 3.8. POLIPASTO ELÉCTRICO

Es una máquina utilizada para levantar o mover una carga con una ventaja mecánica amplia, pues es necesario aplicar una fuerza menor al peso que se mueve. Tiene incorporadas dos o más poleas que buscan minimizar el esfuerzo. Los polipastos tienen varios tamaños o potencia de elevación. Unos pequeños pueden manipularse manualmente, y los más grandes tienen incorporado un motor eléctrico.

Imagen 6. Polipasto eléctrico



Fuente: Tomado de: [http://palau.com.mx/polipasto\\_electrico.php](http://palau.com.mx/polipasto_electrico.php). (Consultado: 09/04/2016)

### 3.9. TROLE O CARRO.

Este está encargado de sujetar el polipasto, además de que permite el movimiento de este por la viga transversal. Este carro puede ser manual o eléctrico, esto depende de la aplicación para la que se utilice<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Herrera Anchatuña, D. F. Op. Cit.

Imagen 7. Trole de polipasto eléctrico.



Fuente: Tomado de: <http://spanish.alibaba.com/p-detail/Trole-de-polipasto-el%C3%A9ctrico-WPC-0.5T-1T-2T-3T-5T-7.5T-10T-300000590887.html>. (Consultado: 19/04/2016)

### **3.10. CARGAS**

A la hora de diseñar una estructura de acero es necesario estimar las cargas que la estructura recibirá en su vida útil. No se debe prescindir de la consideración de cualquier carga que puede llegar a presentarse. Así, después de haber estimado las cargas, es fundamental investigar las combinaciones desfavorables que ocurren en momentos determinados<sup>12</sup>.

### **3.11. CARGAS MUERTAS**

Son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un lugar. Este tipo de cargas representa el peso propio de la estructura y otras cargas están unidas a ellas.

---

<sup>12</sup> Mc Ormac, J. (2002). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.



En la realización de un diseño es necesario considerar los pesos de todos los componentes.

### **3.12. CARGAS VIVAS.**

Son las que pueden cambiar de lugar y de magnitud. Así, todas las cargas que no pertenecen a las estructuras se consideran cargas vivas<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Ospina Gil, N. F. (2003). *DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSPORTE PARA CILINDROS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) CON MANIPULADOR NEUMÁTICO*. Medellín: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica.

## 4. DISEÑO METODOLÓGICO

Este es un trabajo teórico-práctico, por medio del cual se busca solucionar un problema específico desde un enfoque cuantitativo. Se realizará inicialmente en las instalaciones de la empresa *FUNDICIONES METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.*, buscando comprender las especificidades de diseño, partiendo de las particularidades del lugar en el que estaría instalado el equipo. Las técnicas de recolección de información redundan en la revisión bibliográfica, seguida de unas etapas descritas a continuación:

- **Etapas 1**

**Revisión bibliográfica:** Búsqueda de información en manuales y libros que ayudará a conocer el problema que nos planteamos.

- **Etapas 2**

**Dimensión en Área de Trabajo:** Se dimensionará el espacio donde se desea instalar el puente grúa, todo esto con el fin de determinar qué características debe tener la máquina, cuál será su ubicación final y a qué condiciones de trabajo se debe acoplar.

- **Etapas 3**

**Análisis y Selección de Materiales:** Se evaluarán los materiales disponibles en el mercado colombiano y se optará por aquel se acople a la necesidad de la estructura mecánica del diseño, para así lograr una máquina eficiente y segura.

- **Etapa 4**

**Elección de componentes:** Se elegirán los componentes eléctricos, mecánicos, electromecánicos, electrónicos más adecuados para asegurar una eficiencia con respecto al rendimiento, tiempo y exigencias para motores, polipasto, finales de carrera, variadores de velocidad, cable y demás elementos fundamentales requeridos en el diseño y buen funcionamiento de la grúa.

- **Etapa 5**

**Diseño:** Se realizarán los cálculos respectivos y la simulación del puente grúa de acuerdo a la carga establecida inicialmente. Adelantaremos el diseño en 3D teniendo en cuenta cada una de las etapas ya planteadas. Además se simularán los componentes que constituyen la máquina figurando los esfuerzos mecánicos que tendrán que soportar, lo que se hará por medio de software CAD ya existentes con elementos finitos y cálculos con fórmulas aprendidas en la carrera universitaria.

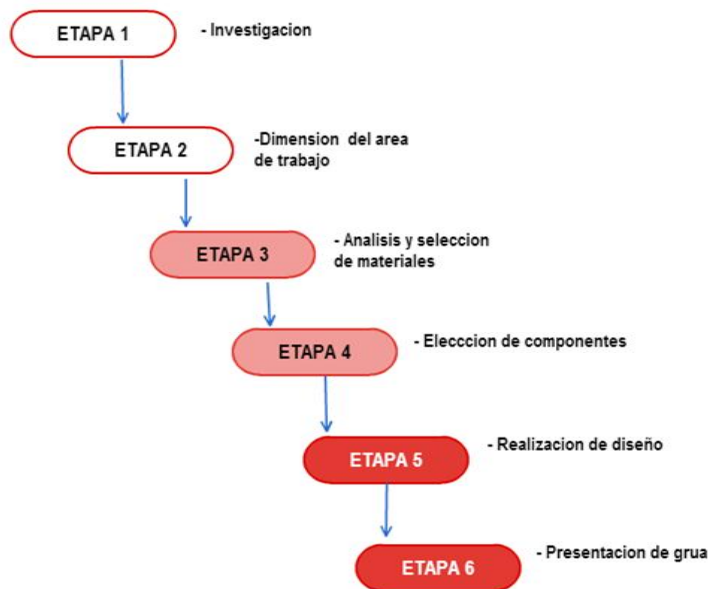
- **Etapa 6**

**Presentación de grúa monorriel:** En esta etapa se hará la presentación del diseño terminado al cliente y a los demás jurados del proyecto, además de compartir el paso a paso de la elaboración de la máquina, los parámetros que fueron tomados en cuenta para el diseño, los resultados y conclusiones aprendidas en este proyecto.

**Pruebas:** En este ciclo se realizará un control que permita rectificar que los objetivos y los requerimientos de la empresa se están cumpliendo en su totalidad, de acuerdo a la descripción del cronograma propuesto.

**Modificaciones:** Este espacio servirá para corregir problemas o inconformidades que sean identificadas a medida que se avanza en el proyecto.

**Finalización:** En el final del proyecto se hará una nueva verificación de objetivos cumplidos, y peticiones de la empresa después de realizar mejoras o correcciones en el diseño<sup>14</sup>.



---

<sup>14</sup> **NOTA:** Cada ciclo en el proyecto estará compuesta de documentación con sus respectivos cálculos, análisis, planos, desarrollo y avance de la maquina a diseñar.

## 5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Respecto a los asuntos éticos, en el proceso de recolección de información y de diseño se solicitó autorización por escrito a las personas o instituciones que participan del proyecto, lo mismo que a los directivos y colaboradores de *FUNDICIONES METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.* para ocupar los espacios de trabajo en los que será instalado el puente grúa tipo monorriel y para tomar las medidas, fotografías y demás herramientas necesarias para el diseño.

Con respecto al análisis de la información, esta será observada con diferentes herramientas, tales como Microsoft Word para procesar la información, el software CAD para la observación del diseño y demás, mientras que el comportamiento estructural de las platinas se realiza por medio de elementos finitos con ayuda del software SolidEdge®. Posteriormente analizaremos la información recogida con el fin de ordenarla y clasificarla, para así verificar la coherencia de las categorías que inicialmente se tienen para la investigación.

Por último, la información recogida se devuelve a la empresa por medio de un artículo que de paso servirá como trabajo de grado.

## 6. MEMORIA DE CÁLCULO

### 6.1. VIGA PRINCIPAL

Para el diseño de la viga principal se tendrán en cuenta los lineamientos dados por el manual ASD de la AISC en su novena edición y las especificaciones de la CMMA No 74. Se trabajará en unidades del sistema inglés ya que las ecuaciones son desarrolladas de esta manera en los manuales. El cálculo se realiza para la zona de mayor longitud no apoyada, esta corresponde al punto crítico de la viga y se encuentra ubicado en la loza de longitud 1.3 metros.

### 6.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el cálculo de la viga principal se emplearán los parámetros de la. Donde los valores son tomados según indicaciones de la CMMA 74.

Tabla 1. Parámetros de diseño.

PARÁMETRO	SIM.	VALOR	UNDS
Esfuerzo de fluencia	Fy	36	Ksi
Luz de viga	L	4.27	Ft
Coeficiente de flexión	Cb	1	n/a
Carga izada	P	3.086	Kips
Peso Carro	Wt	0.057	Kips
Peso Cabestrante	Wh	0.095	Kips

Factor de impacto	Vi	15	%
Factor de carga	HLF	10	%
No. Total de ruedas	Nw	4	n/a
Distancia en ruedas	S	0.07	Ft
Distancia de carga	a	0.035	In

En la tabla 1, se pueden observar los parámetros donde la luz de la viga corresponde al espacio entre apoyos de la misma, el coeficiente de flexión se toma como uno debido a que se tiene una viga sin extremos restringidos, el factor de impacto y el factor de carga se toman según recomendaciones de la guía de diseño. El resto de los valores corresponden a dimensiones del carro y del cabestrante seleccionados (marca Yale modelo YJL 1-10\*16S1 con 1 ramal y con trolley VTE 2-A-18/U).

### 6.3. SELECCIÓN DE LA VIGA

La viga que se selecciona es una W6X20. A continuación se presentan las dimensiones características de la misma. Esta viga se verificará estructuralmente para conocer si se cumplen los requerimientos de la norma.

Tabla 2. Parámetros de la viga seleccionada

PARÁMETRO	SIM.	VALOR	UNDS
Área del perfil	A	5.89	In <sup>2</sup>
Altura de la viga	d	6.2	In
Espesor del alma	tw	0.260	In
Ancho de la viga	bf	6.02	In

Espesor del patín	tf,ta	0.365	ln
Altura del redondeo	k	0.664	ln
Radio redondeo	rt	1.640	ln
Inercia en x	Ix	41.5	ln <sup>4</sup>
Módulo en x	Sx	13.4	ln <sup>3</sup>
Inercia en y	Iy	13.3	ln <sup>4</sup>
Módulo en y	Sy	4.41	ln <sup>3</sup>
Momento polar I.	J	0.246	ln <sup>4</sup>
Constante w	Cw	113	ln <sup>6</sup>

#### 6.4. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIGA.

Luego de tener los parámetros de cálculo como lo son el sistema de cabestrante y trolley junto con la viga, se debe proceder a realizar una verificación de los requerimientos de la CMAA No. 74.

#### 6.5. CARGAS Y COEFICIENTES.

El primer paso para la verificación es obtener las cargas totales sobre la viga y los diferentes coeficientes de flexión.

Carga vertical:

$$P_v = P \left( 1 + \frac{V_i}{100} \right) + W_t + W_h = 3.702 \text{ kips}$$



Carga por rueda:

$$P_w = \frac{P_v}{N_w} = 0.925 \text{ kips/rueda}$$

Carga horizontal:

$$P_h = HLF * P = 0.309 \text{ kips}$$

Coeficientes:

$$\lambda = \frac{2a}{bf - tw} = 0.012$$

$$Cx_0 = -2.11 + 1.977\lambda + 0.0076e^{6.35\lambda}$$

$$Cx_1 = 10.108 - 7.408\lambda - 10.1086e^{-1.364\lambda}$$

$$Cz_0 = 0.050 - 0.580\lambda + 0.1486e^{3.015\lambda}$$

$$Cz_1 = 2.230 - 1.490\lambda + 1.390e^{-18.33\lambda}$$

Reacciones en los apoyos:

$$RR = \frac{P_v \left( L - \frac{S}{2} \right)}{L} + \frac{w}{1000 \left( \frac{L}{2} \right)} = 3.53 \text{ ksi}$$

$$RL = \frac{P_v \left( \frac{S}{2} \right)}{L} + \frac{w}{1000 \left( \frac{L}{2} \right)} = 0.26 \text{ ksi}$$

## 6.6. MOMENTOS FLECTORES PARA LUZ SIMPLE

Ubicación del momento máximo:

$$x = \frac{1}{2} \left( L - \frac{S}{2} \right) = 2.013 \text{ ft}$$

Momento con respecto a X:

$$M_x = \left( \frac{Pv}{2} \right) (2L) \left( l - \frac{S}{2} \right)^2 + \left( \frac{w}{1000} \right) \left( \frac{x}{2} \right) (L - x) = 3.51 \text{ ft.kips}$$

Momento con respecto a Y:

$$M_y = \frac{Ph}{2L} \left( L - \frac{S}{2} \right)^2 + \left( \frac{w}{1000} \right) \left( \frac{x}{2} \right) (L - x)$$

Momento lateral flector por torsión en el patín:

$$e = \frac{d}{2} = 3.1 \text{ in}$$

$$at = \sqrt{\frac{E \cdot Cw}{J \cdot G}} = 34.487, \text{ donde } E = 29000 \text{ ksi y } G = 11200 \text{ ksi}$$

$$M_t = \left( \frac{Ph \cdot e \cdot at}{2(d - tf)} \right) \frac{\tanh\left(\frac{12L}{2at}\right)}{12} = 0.15 \text{ ft - kips}$$

Esfuerzos en el eje X:

$$fbx = \frac{Mx}{Sx} = 3.14 \text{ ksi}$$

$$Fbx = 0.66Fy = 23.76 \text{ ksi}$$

Ahora como  $fbx < Fbx$ , se cumple con el primer criterio.

Esfuerzos en el eje Y:

$$fby = 0.80 \text{ ksi}$$

$$fpandeo = \frac{12Mt}{\frac{sy}{2}} = 0.81 \text{ ks}$$

$$fby(\text{total}) = fby + fpandeo = 1.61 \text{ ksi}$$

$$Fby = 0.75Fy = 27 \text{ ksi}$$

Ahora como  $fby(\text{total}) < Fby$ , se cumple con el segundo criterio.

Radio de esfuerzos combinados:

$$SR = \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby(\text{total})}{Fby} = 0.192$$

Como  $SR < 1$ , se cumple con el tercer criterio.

### 6.6.1. Deflexión vertical.

Fuerza vertical sin impacto vertical:

$$P_v = P + Wh + Wt = 3.239 \text{ kips}$$

Deformación máxima:

$$\Delta_{max} = \left(\frac{P_v}{2}\right) \left(\frac{L-S}{24E.I}\right) \left(3L^2 - 4\left(\frac{L-S}{2}\right)^2\right) + \left(\left(\frac{5w}{12000}\right) \left(\frac{L^4}{384E.I}\right)\right) = 0.0075 \text{ in}$$

Deformación permisible:

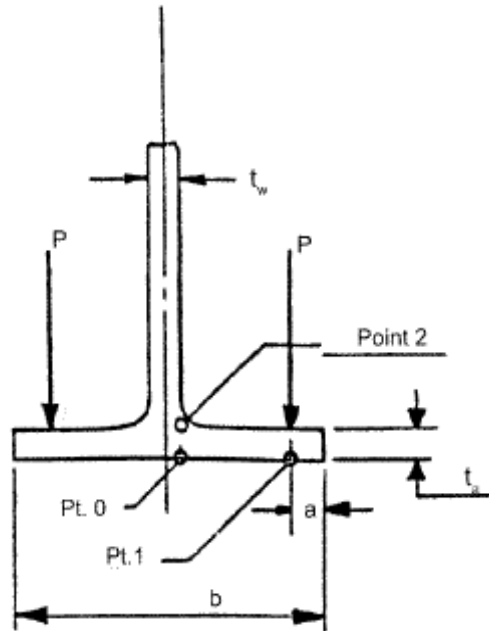
$$\Delta_{allow} = \frac{12L}{450} = 0.1139 \text{ in}$$

Ahora como  $\Delta_{max} < \Delta_{allow}$ , cumple con la deformación máxima.

### 6.6.2. Flexión en Patín inferior.

Finalmente se calcula el esfuerzo generado en el patín inferior que es donde se desliza el trolley, si este criterio cumple el perfil seleccionado se puede implementar sin ningún inconveniente. Para este se calculan los esfuerzos de flexión para los puntos 0, 1 y 2 que se pueden observar en la figura 1.

Figura 1. Puntos de interés para el cálculo de las flexiones.



Esfuerzo local flector del patín en el punto 0:

$$\sigma_{x0} = \frac{C_{x0} \cdot P_w}{t a^2} = -14.43 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{z0} = \frac{C_{z0} \cdot P_w}{t a^2} = 1.36 \text{ ksi}$$

Esfuerzo local flector del patín en el punto 1:

$$\sigma_{x1} = \frac{C_{x1} \cdot P_w}{t a^2} = 0.53 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{z1} = \frac{C_{z1} \cdot P_w}{t a^2} = 23.09 \text{ ksi}$$

Esfuerzo local flector del patín en el punto 2:

$$\sigma_{x2} = -\sigma_{x0} = 14.43 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{z2} = -\sigma_{z0} = -1.36 \text{ ksi}$$

Esfuerzo biaxial resultante en el punto 0.

Para el cálculo de este esfuerzo se asume que el momento torsor es aproximadamente cero.

$$\sigma_z = f_{bx} + f_{by} + 0.75\sigma_{z0} = 4.96 \text{ ksi}$$

$$\sigma_x = 0.75\sigma_{x0} = -10.82 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{t0} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_z + 3\tau_{xz}^2} = 13.98 \text{ ksi}$$

$$F_b = 0.66F_y = 23.76 \text{ ksi}$$

Como  $\sigma_{t0} < F_b$ , entonces se cumple el esfuerzo resultante en el punto 0.

### 6.6.3. Esfuerzo biaxial resultante en el punto 1.

Para el cálculo de este esfuerzo se asume que el momento torsor es aproximadamente cero.

$$\sigma_z = f_{bx} + f_{by} + 0.75\sigma_{z1} = 21.26 \text{ ksi}$$

$$\sigma_x = 0.75\sigma_{x1} = 0.40 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{t1} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_z + 3\tau_{xz}^2} = 21.06 \text{ ksi}$$

$$F_b = 0.66F_y = 23.76 \text{ ksi}$$

Como  $\sigma_{t1} < F_b$ , entonces se cumple el esfuerzo resultante en el punto 1.

#### 6.6.4. Esfuerzo biaxial resultante en el punto 2.

Para el cálculo de este esfuerzo se asume que el momento torsor es aproximadamente cero.

$$\sigma_z = f_{bx} + f_{by} + 0.75\sigma_{z2} = 2.92 \text{ ksi}$$

$$\sigma_x = 0.75\sigma_{x2} = 10.82 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{t2} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_z + 3\tau_{xz}^2} = 9.70 \text{ ksi}$$

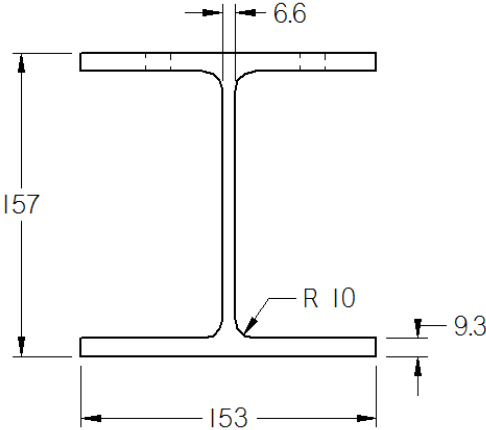
$$F_b = 0.66F_y = 23.76 \text{ ksi}$$

Como  $\sigma_{t2} < F_b$ , entonces se cumple el esfuerzo resultante en el punto 2.

### 6.7. CONCLUSIÓN DE LA SELECCIÓN DE LA VIGA.

Se selecciona un perfil W6x20, el cual cumple con todos los criterios expuestos en el CMAA No. 74, sus dimensiones pueden ser observadas en la Figura 2.

Figura 2. Dimensiones del perfil W6x20





## 7. CÁLCULO DE LOS PERNOS Y ESPÁRRAGOS.

Como sistemas de sujeción a la losa de concreto se decide usar espárragos pasantes a la misma, y como sistema de sujeción a la viga se implementarán pernos. El cálculo de estos elementos depende del tipo de esfuerzo al que se encuentran sometidos. Para el caso de los pernos se calcularán bajo tensión y los espárragos serán calculados bajo cortante.

### 7.1. PERNOS.

Se considerarán pernos de grado 1, con un límite de fluencia  $F_y$  de 25310506.18 kg/m<sup>2</sup>, esto debido a que no es posible garantizar que se consigan pernos de un grado de resistencia mayor. Se considerará un factor de seguridad de 5 por lo tanto,

$$F_{adm} = \frac{F_y}{FS} = 5062101.235 \frac{kg}{m^2}$$

La carga vertical está determinada por el peso de la viga. El peso del sistema monorriel y la carga máxima de izaje se tiene así:

$$P_v = W_{viga} + W_{monorriel} + Cargamax = 1946.78 \text{ kg}$$

En el montaje se tienen un total de 4 tornillos por apoyo; se tienen ocho apoyos en total, por lo tanto serían 32 pernos. La fuerza que soporta cada perno está dada por,

$$P_u = \frac{P_v}{n_{pernos}} = 60.84 \text{ kg}$$

Ahora teniendo el esfuerzo admisible y la carga de cada perno se pueden calcular el área mínima y el diámetro mínimo de los mismos.

$$A_{min} = \frac{Pu}{F_{adm}} = 1.2018e^{-5}m^2$$

$$d_{min} = \sqrt{\left(\frac{4A_{min}}{\pi}\right)} = 3.91 \text{ mm}$$

Para este caso se puede usar cualquier perno con un diámetro mayor a 4 mm, por ejemplo pernos de 5/8" que pueden generar sensación visual de robustez a los operarios.

## 7.2. ESPÁRRAGOS.

Se considerarán espárragos de grado 1, con un límite de fluencia  $F_y$  de 12655253.09 kg/m<sup>2</sup>, esto debido a que no es posible garantizar que se consigan espárragos de un grado de resistencia mayor. Se considerará un factor de seguridad de 5 por lo tanto,

$$F_{adm} = \frac{F_y}{FS} = 2531050.618 \frac{kg}{m^2}$$

La carga vertical está determinada por el peso de la viga; el peso del sistema monorriel y la carga máxima de izaje se tienen así,

$$P_v = W_{viga} + W_{monorriel} + Cargamax = 1946.78 \text{ kg}$$

En el montaje se tiene un total de 2 espárragos por apoyo, cada espárrago soporta carga en dos zonas; se tienen ocho apoyos en 16 espárragos. La fuerza que soporta cada espárrago está dada por:

$$P_u = \frac{P_v}{n_{\text{esparragos}}} = 121.673 \text{ kg}$$

Ahora teniendo el esfuerzo admisible y la carga de cada espárrago se pueden calcular el área mínima y el diámetro mínimo de los mismos.

$$A_{\text{min}} = \frac{P_u}{F_{\text{adm}}} = 4.80e^{-5} m^2$$

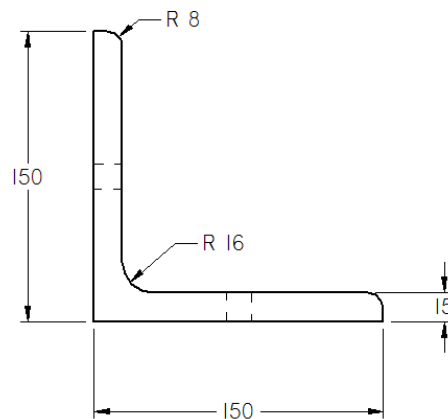
$$d_{\text{min}} = \sqrt{\left(\frac{4A_{\text{min}}}{\pi}\right)} = 7.82 \text{ mm}$$

Para este caso se puede cualquier espárrago con un diámetro mayor a 8mm. La principal limitante es la longitud requerida; como mínimo se necesitan espárragos de 200mm de longitud. Se emplearán espárragos de 5/8" de diámetro por 10" de longitud de acero galvanizado grado 2, disponibles con el proveedor local mundial de tornillos.

## 8. CÁLCULO DE LA PLATINA DE SUJECIÓN.

Se diseña una platina de sujeción con un perfil L50x15, sus dimensiones pueden ser observadas en la figura 3.

Figura 3. Dimensiones del perfil L50x15.

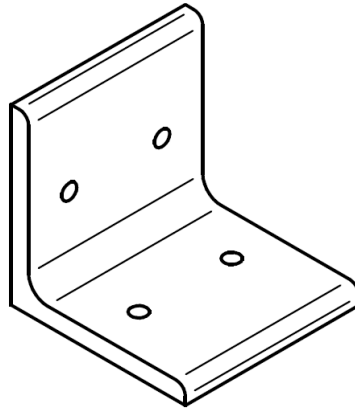


Para poder validar el comportamiento estructural de esta platina se realiza un estudio computacional por medio de elementos finitos con ayuda del software SolidEdge®.

### 8.1. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN.

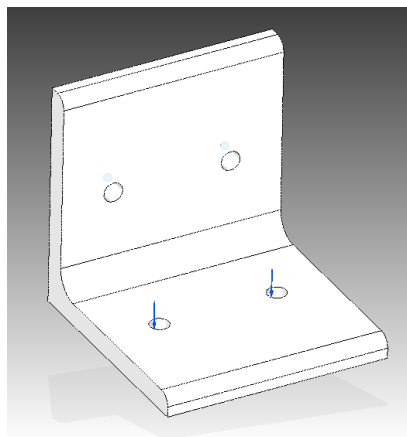
La geometría de simulación corresponde a la platina de sujeción para el monorraíl en estudio. La geometría simulada se puede observar en la Figura 4.

Figura 4. Geometría de simulación.



Como restricciones de la geometría se tomaron los dos agujeros de la cara vertical como superficies fijas y las cargas se ubicaron en los agujeros de la cara horizontal del mismo. La carga corresponde a la carga vertical ( $P_v$ ) calculada para la sección 2. Esto se puede observar en la figura 5.

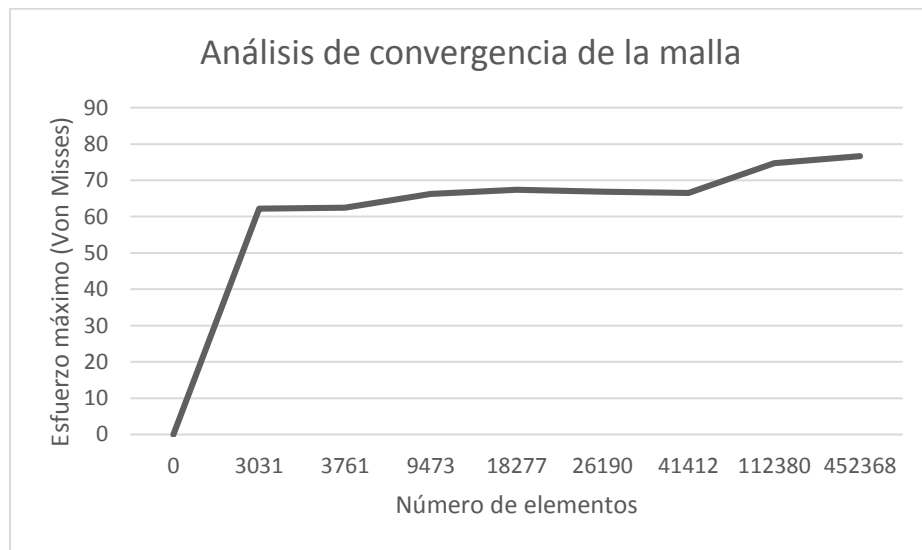
Figura 5. Parámetros de simulación.



## 8.2. MALLADO

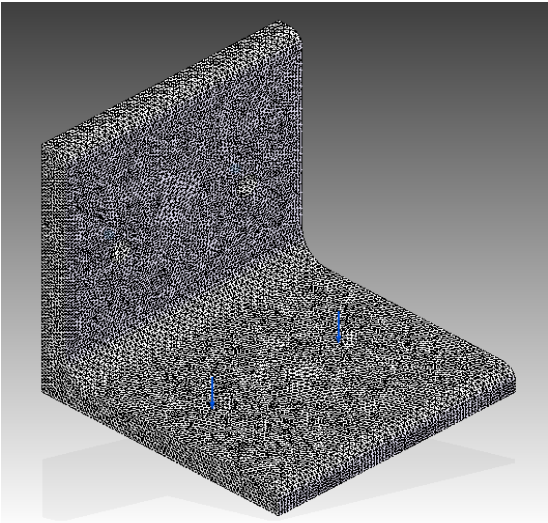
Se realiza en primera instancia un análisis de convergencia de malla con el fin de conocer valores donde la aproximación numérica sea de mayor exactitud. En la figura 6 se puede observar el estudio.

Figura 6. Convergencia de malla.



En la figura 7 se puede notar cómo a partir de aproximadamente los 100000 elementos el resultado empieza a converger en un valor de 70 MPa. Para el estudio se realiza un mallado extra fino con 450000 elementos con el fin de tener un valor aproximado al comportamiento real. La malla implementada cuenta con 656640 nodos y 453386 elementos. Puede ser observada en la nn1.

Figura 7. Malla para simulación.



## 8. RESULTADOS OBTENIDOS

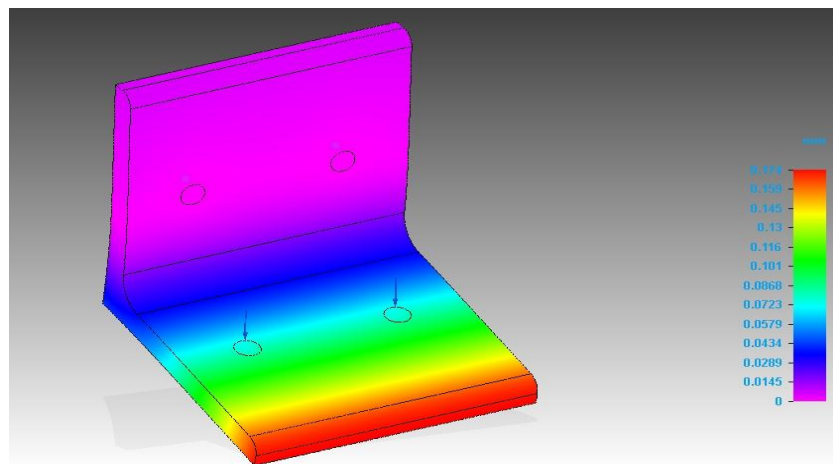
### 8.1. DESPLAZAMIENTOS TOTALES.

El elemento que mayor desplazamiento tiene luego de ser sometido a la carga es el descrito en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tabla 3, en esta se puede observar el comportamiento de los desplazamientos totales.

Tabla 3. Desplazamientos totales

Componente de resultados: Desplazamiento total				
Extensión	Valor	X	Y	Z
<b>Máxima</b>	0.174 mm	150.000 mm	0.000 mm	0.000 mm

Figura 8. Resultados de la simulación para desplazamientos totales.

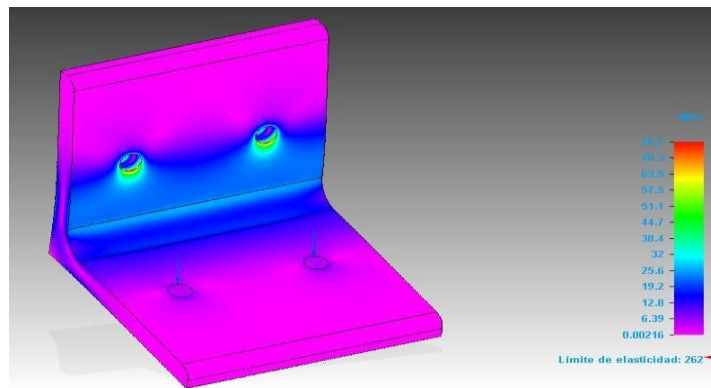




## 8.2. ESFUERZOS DE VON MISSES.

El esfuerzo equivalente de Von Mises entrega el esfuerzo máximo equivalente de la simulación. Para este caso de estudio es de 76,7 MPa y se encuentra ubicado en los agujeros fijos a la losa de concreto. El comportamiento del estudio se puede observar en la Figura 9.

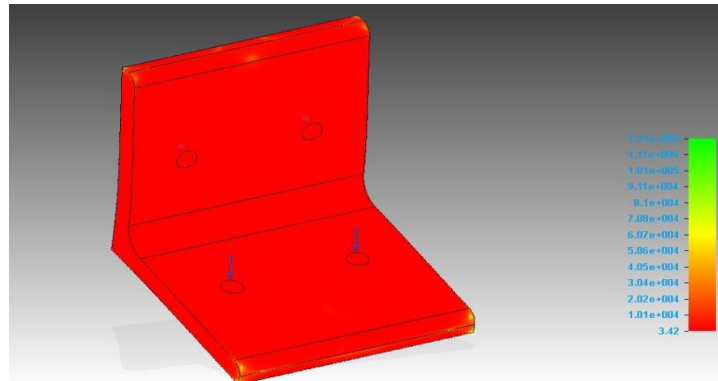
Figura 9. Resultados de la simulación para esfuerzos equivalentes de Von Mises



## 8.3. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad para el diseño se encuentra en el promedio de 4. Esto se puede observar en la figura 10.

Figura 10. Resultados de la simulación para el factor de seguridad.



#### 8.4. CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN.

La geometría estudiada tiene un comportamiento estructural adecuado ante las deformaciones sometidas. El factor de seguridad mínimo es de 3.42, lo que indica que esta platina soporta tres veces la carga que el valor implementado para el diseño. Las deformaciones máximas son inferiores a 0.5 mm, por lo que no existen indicios de deformaciones elevadas que generen comportamientos inadecuados en el monorriel.

## 9. SELECCIÓN DE POLIPASTO

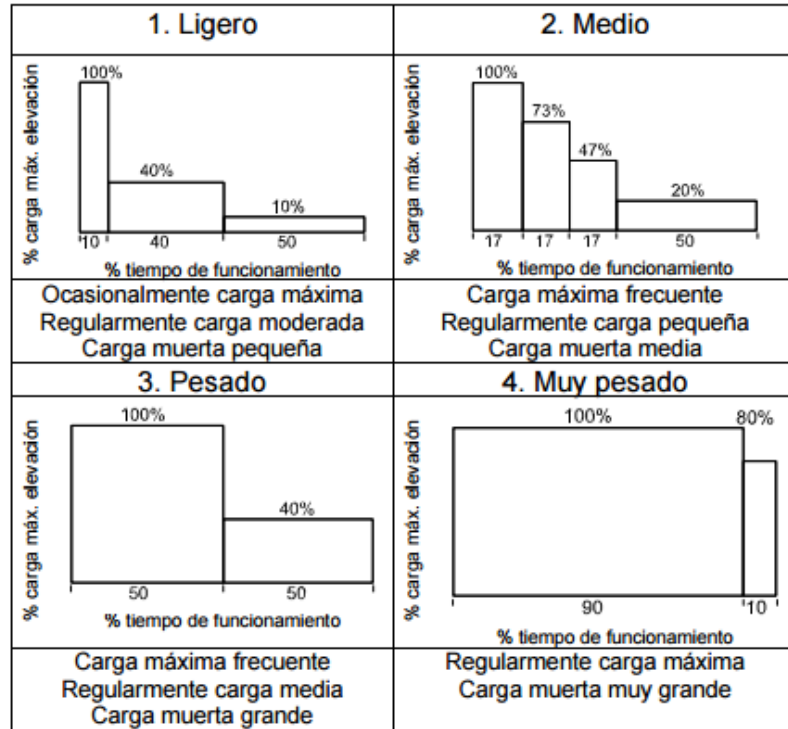
La selección adecuada de polipasto se debe fundamentar según las necesidades reales de trabajo, pues de no hacerse la vida útil se verá reducida considerablemente. Además esto implica un aumento en costos en mantenimiento y reparación, además de una revisión general del sistema más temprano. Los fabricantes, para garantizar la vida útil de polipasto que es aproximadamente de 10 años, deben asegurarse de que la selección del diseñador es la adecuada por lo que se siguen normas de seguridad y de fabricación establecidas.

Para la selección de polipasto se consultó en catálogos de proveedores (Yale y ABUS) y Según la normativa FEM 9.511, para hacer una adecuada clasificación del polipasto necesario para aplicación en empresa metalmecánica siguiendo los factores de espectro de carga y tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo, se procede a calcular dichos factores:

### A) Espectro de carga

El espectro de carga se evalúa en base a 4 tipos de condiciones de servicio (Ver figura 11).

Figura 11. Condiciones de servicio



En el proyecto de la empresa la maquina será utilizada solo cuando se necesite transportar piezas a tornos de menor volteo, lo que significa que su uso no será muy constante y la carga regularmente será moderada y menor a una tonelada. Por lo que se determina que el espectro de carga será ligero.

B) Tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo

El tiempo medio de trabajo (t) se calcula:

$$t = \frac{2 * H * N * T}{V * 60}$$

H = Altura media de elevación [m]

N = Número de ciclos por hora [ciclos/h]. Un ciclo consiste en un movimiento de elevación y otro de descenso.

T = Tiempo de trabajo [h]

V = velocidad de elevación [m/min]

En el caso del proyecto las variables corresponden a:

H= 3m (Determinada por el plano de la empresa, también porque debe superarse altura de obstáculos existentes).

N= 12 (Se calculó que para realizar un mecanizado es necesario bajar gancho, recoger carga, levantar, transportar, bajar carga, subir gancho. Luego que se realiza el mecanizado debe volver a su lugar para ser despachado. Se concluye que los ciclos necesarios para mecanizar algún elemento son 4 si son varios tornos, supongamos que son 3).

T = 10 h (El trabajo de la maquina no será muy constante).

V = 6 m/min.

$$t = \frac{(2 * 3 * 12 * 10)}{6 * 60}$$

$$t=2$$

Después de obtener los 2 factores se procede a calcular la clasificación adecuada del polipasto según Tabla 4, para esto se cruzan dos líneas desde el espectro de carga seleccionado (Ligero) y el tiempo medio de funcionamiento (2) anteriormente calculadas

Tabla 4. Clasificación de polipasto

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento UNE/ISO/FEM (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
Ligero			M3	M4	M5	M6
			1Bm	1Am	2m	3m
Medio		M3	M4	M5	M6	M7
		1Bm	1Am	2m	3m	4m
Pesado	M3	M4	M5	M6	M7	
	1Bm	1Am	2m	3m	4m	
Muy pesado	M4	M5	M6	M7		
	1Am	2m	3m	4m		

Se obtiene entonces según normativa: Clasificación 1Bm/m<sup>3</sup>

### 9.1. VIDA ÚTIL DE POLIPASTO

Tabla 5. Vida útil teórica de polipasto

	Grupo propulsor	1Bm/M3	1Am/M4	2m/M5	3m/M6	4m/M7
Línea	Colectivo de cargas	Vida útil teórica D (h)				
1	ligeras	3200	6300	12500	25000	50000
2	medianas	1600	3200	6300	12500	25000
3	pesadas	800	1600	3200	6300	12500
4	muy pesadas	400	800	1600	3200	6300

Según normativa de Tabla 5 se establece la vida útil teórica del equipo. Se observa que la clasificación 1Bm/M3 solo tiene una vida útil de 3200 h; se procede a aumentar la clasificación del polipasto a 1Am/M4 (6300 h) duplicando la vida útil teórica del polipasto para así crear una maquina más confiable y con posibilidad de mayor trabajo en la empresa en tornos de menor volteo, ya que el trabajo de mecanizado en estos aumenta proporcionalmente con los ciclos.

## 9.2. FACTOR DE MARCHA

El factor de marcha (%ED) es el porcentaje de tiempo máximo de funcionamiento posible en un intervalo de tiempo de máximo 10 minutos. Según la normativa de clasificación FEM 1.001 de un equipo de elevación exige un factor de marcha mínimo según la siguiente tabla:

Tabla 6. Factor de marcha

Grupo	Para la elevación		Para la traslación	
	a/h	%ED	a/h	%ED
M3 (1Bm)	150	25	120	20
M4 (1Am) *	180	30	150	25
M5 (2m)	240	40	180	30
M6 (3m)	300	50	240	40
M7 (4m)	360	60	300	50

La clasificación 1Am/M4 arroja que el porcentaje de marcha del polipasto debe ser mayor al 25%. Con la clasificación se inicia con la búsqueda de polipastos existentes en el mercado que cumplieran con requerimientos de norma y diseño.

Catálogo ABUS Polipastos eléctricos de cadena ABU Compact GM2 a GM8 (Tensión de servicio 440 V, 60 Hz, trifásica).

Tabla 7. Catálogo de ABUS en polipastos

Capacidad en kg	Velocidad de elevac. m/min	FEM/ISO	Tipo	Ramales	Gancho	Motor			Fijo	con carro manual <sup>1)</sup>		con carro eléctrico <sup>1)</sup>	
						kw	%ED	c/h		Tipo	O	Tipo	O
400	1.3 / 5	2m / M5	GM 2 400.5-2	2	05	0.09 / 0.35	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
400	2 / 8	3m / M6	GM 4 400.8-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
400	2.5 / 10	3m / M6	GM 4 400.10-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
400	3 / 12	2m / M5	GM 4 400.12-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	0.8 / 3	2m / M5	GM 2 500.3-2	2	05	0.09 / 0.35	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	1 / 4	2m / M5	GM 2 500.4-2	2	05	0.09 / 0.35	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	2 / 8	2m / M5	GM 4 500.8-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	2.5 / 10	2m / M5	GM 4 500.10-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	1 / 4	4m / M7	GM 4 500.4-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	1.3 / 5	4m / M7	GM 4 500.5-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	1.5 / 6	4m / M7	GM 4 500.6-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	2 / 8	3m / M6	GM 4 500.8-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
500	2.5 / 10	2m / M5	GM 4 500.10-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 6	O	EF 14	O
630	0.8 / 3	1Am / M4	GM 2 630.3-2	2	05	0.09 / 0.35	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
630	2 / 8	1Am / M4	GM 4 630.8-1	1	025	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
630	1 / 4	4m / M7	GM 4 630.4-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
630	1.3 / 5	4m / M7	GM 4 630.5-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
630	1.5 / 6	3m / M6	GM 4 630.6-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
630	2 / 8	2m / M5	GM 4 630.8-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
800	1 / 4	3m / M6	GM 4 800.4-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
800	1.3 / 5	3m / M6	GM 4 800.5-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
800	1.5 / 6	2m / M5	GM 4 800.6-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
800	1.3 / 8	3m / M6	GM 8 800.8-1	1	05	0.2 / 1.3	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
800	1.7 / 10	3m / M6	GM 8 800.10-1	1	05	0.3 / 1.6	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
800	2 / 12	3m / M6	GM 8 800.12-1	1	05	0.33 / 2	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
800	2.7 / 16	3m / M6	GM 8 800.16-1	1	05	0.4 / 2.5	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
800	3.3 / 20	2m / M5	GM 8 800.20-1	1	05	0.5 / 3	40	240	O	HF 22	O	EF 22	O
1000	1 / 4	2m / M5	GM 4 1000.4-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
1000	1.3 / 5	2m / M5	GM 4 1000.5-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
1000	1.3 / 8	3m / M6	GM 8 1000.8-1	1	05	0.3 / 1.6	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
1000	1.7 / 10	3m / M6	GM 8 1000.10-1	1	05	0.33 / 2	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
1000	2 / 12	3m / M6	GM 8 1000.12-1	1	05	0.4 / 2.5	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
1000	2.7 / 16	2m / M5	GM 8 1000.16-1	1	05	0.5 / 3	40	240	O	HF 22	O	EF 22	O
1250	1 / 4	1Am / M4	GM 4 1250.4-2	2	05	0.22 / 0.9	60	360	O	HF 14	O	EF 14	O
1250	1.3 / 8	3m / M6	GM 8 1250.8-1	1	05	0.33 / 2	50	300	O	HF 22	O	EF 22	O
1250	1.7 / 10	2m / M5	GM 8 1250.10-1	1	05	0.4 / 2.5	40	240	O	HF 22	O	EF 22	O
1250	2 / 12	2m / M5	GM 8 1250.12-1	1	05	0.5 / 3	40	240	O	HF 22	O	EF 22	O

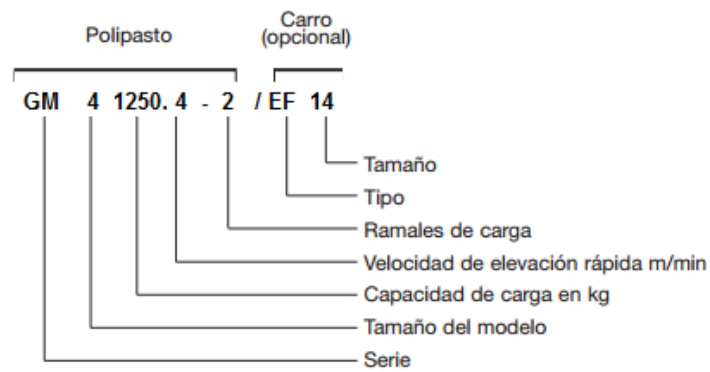
Se buscó en la tabla según la clasificación 1Am/M4 y capacidad de carga  $\geq$  a 1000Kg (1Ton). El resultado es el polipasto modelo GM 4 1250.4-2 con carro eléctrico EF 14 marca ABUS, La selección se hace porque cumple con la clasificación y %ED superior a 25%. Además supera la carga de 1 Ton lo que puede



ser beneficioso para la empresa por si en algún momento es necesario izar cargas más pesadas como maquinaria.

Figura 12. Aclaración de referencia polipasto ABUS

### Aclaración de la descripción de tipo



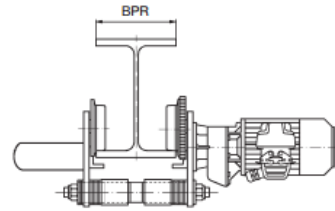
### 9.3. SELECCIÓN DE CARRO

La empresa solicita un carro de fácil manejo y automático. Se procede con la selección del modelo ABUS EF que viene dado por la tabla anterior. En este caso el tipo de carro necesario para grúa sería EF 14 que corresponde a un carro eléctrico.

Tabla 8. Catalogo ABUS trolley

### Carros eléctricos ABUS EF

Tipo	Ancho de brida BPR mm	Capacidad de carga kg	Velocidad de traslación m/min	Potencia kW	Tiempo de conexión % ED	Precio
EF 14	64 - 125 126 - 200 201 - 300	1400	5/20	0.06/0.25	40	O
EF 22	82 - 150 151 - 200 201 - 300	2200	5/20	0.06/0.25	40	O
EF 36	90 - 155 156 - 200 201 - 300	3600	5/20	0.06/0.25	40	O
EF 50	90 - 190 201 - 300	5000	5/20	0.09/0.37	40	O

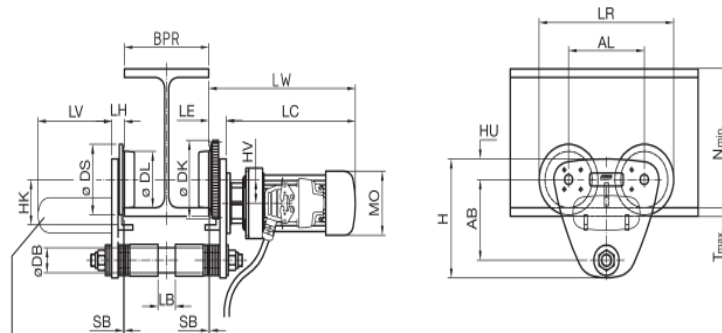


Se observa que la capacidad de carga supera los 1000 kg lo que nos garantiza una grúa eficiente, rápida y segura.

Figura 13. Dimensiones y pesos de Trolley ABUS

### Dimensiones y pesos de carros eléctricos ABUS EF

Carros eléctricos ABUS EF 14 - 36



Contrapeso necesario sólo en EF 14 con F = 64 a 200 mm y EF 22 con F = 82 a 150 mm

Tabla 9. Dimensiones de trolley ABUS EF

Tabla de dimensiones de carros eléctricos ABUS EF

Tipo	Ancho de viga BPR	Capacidad de carga	Velocidad de traslación	Potencia	Duración de conexión	Dimensiones mm					
	mm					kg	m/min	kW	% ED	AL	AB
EF 14	64 - 90 91 -125	1400	5/20	0.06/0.25	40	150	125	80	100	115	34
EF 14	126 -140 141 -200	1400	5/20	0.06/0.25	40	150	125	80	100	115	34
EF 14	201 -300	1400	5/20	0.06/0.25	40	150	125	80	100	115	34

#### 9.4. SELECCIÓN DE GANCHO MARCA ABUS

El fabricante proporciona tabla para seleccionar gancho según modelo, en el caso para el modelo escogido anteriormente (GM 4 1250.4-2). Se inicia con la búsqueda en la tabla arrojando los siguientes resultados:

Tabla 10. Selección de gancho ABUS

Aplicación de los ganchos de seguridad en los polipastos eléctricos de cadena ABUS

Polipasto eléctrico de cadena/ Ramales	Capacidad de carga max. kg	Standard Gancho	Gancho de seguridad				Cota C más grande mm
			N° de pedido 71859	N° de pedido. 76056	N° de pedido 71860	N° de pedido 76057	
			BKT 7/8-8	BKT 7/8-8	BKT 7/8-8	BKT 13-8	
GMC / 1 solo ramal	100	012		X			44,5
GMC / 2 ramales	200	025	X				22,0
GM2 / 1 solo ramal	250	012		X			44,5
GM2 / 1 solo ramal	320	025		X			28,5
GM2 / 2 ramales	630	05			X		4,0
GM4 / 1 solo ramal	250	012		X			44,5
GM4 / 1 solo ramal	630	025		X			28,5
GM4 / 2 ramales	1250	05			X		4,0
GM6 / 1 solo ramal	1000	05				X	75,5
GM6 / 1 solo ramal	1000	1				X	58,5
GM8 / 1 solo ramal	1000	05				X	75,5
GM8 / 1 solo ramal	2000	1				X	58,5

La selección corresponde al modelo de gancho BKT 7/8-8, del cual se describen sus dimensiones en la siguiente tabla, donde las cotas fueron reemplazadas de letras por números correspondientes según tabla.

Figura 14. Dimensiones de gancho ABUS



Gancho de seguridad	Dimensiones en mm		
	B	G	H
BKT 7/8-8	36	17	23
BKT 13-8	54	28	38

## 9.5. ESQUEMA DE POLIPASTO FINAL CON CARRO ELÉCTRICO

Tabla 11. Dimensiones ABUCompact GM4

Dimensiones ABUCompact GM2 a GM8 fijo y con carro

Tipo	Ramales	Gancho	Carro	C mm	C1 mm	C3 mm	D1 mm	D2 mm	A3 mm
GM4	2	05	EF 14	470	538	68	42	43	31

Figura 15. Esquema polipasto ABUS

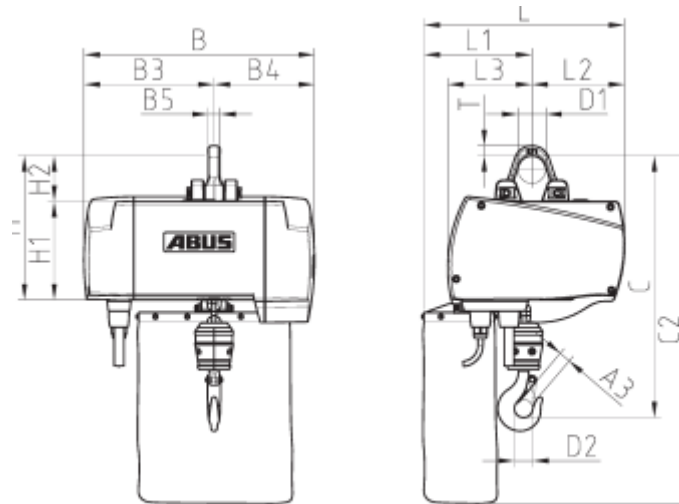


Tabla 12. Dimensiones de Polipasto ABUS

Tipo	Ancho			Largo				Alto		Argolla de suspensión			
	B mm	B3 mm	B4 mm	L mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	H mm	H1 mm	D1 mm	H2 mm	T mm	B5 mm
GM4	400	217	183	353	197	156	120	237	158	42	79	21	24

## 9.6. ANÁLISIS EN CATALOGO YALE

Este catálogo está en Clasificación 1 Am según norma FEM 1.001 y proporciona tabla con polipastos eléctricos de cadena de diferentes capacidades.

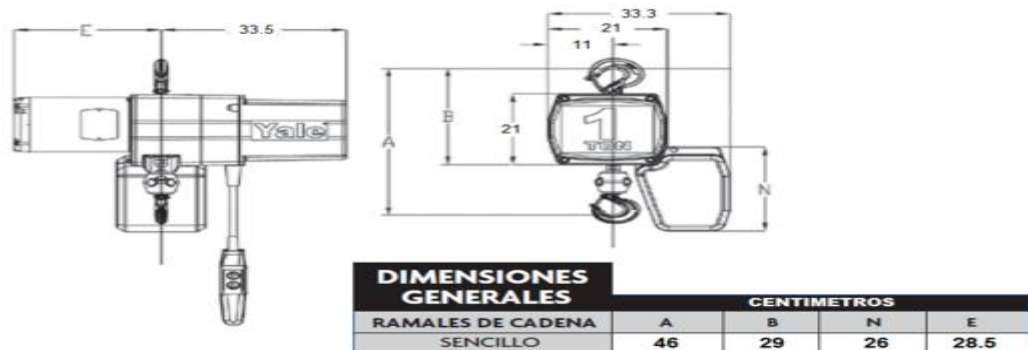
Tabla 13. Especificaciones para ordenar polipastos marca YALE

<b>POLIPASTO</b>						
<b>ELÉCTRICO DE CADENA YJL</b>						
<b>ESPECIFICACIONES PARA ORDENAR</b>						
MODELO	Capacidad en Ton./ ramales	Velocidad de Elevación		Potencia de Motor HP	Mínima Altura Perdida CM	Peso Neto Kg.
		1ª Vel M / min	2ª Vel M / min			
YJL $\frac{1}{4}$ -10*16S1	1/4T /1R	5	1.6	1/2	46	30
YJL $\frac{1}{4}$ -10*32S1	1/4T /1R	10	3.2	1/2	46	36
YJL $\frac{1}{2}$ -10*16S1	1/2T /1R	5	1.6	1/2	46	36
YJL $\frac{1}{2}$ -10*32S1	1/2T /1R	10	0.8	1	46	42
YJL1-10*16S1	1T /1R	5	1.6	1	46	43
YJL2-10*8S2	2T /2R	2.5	0.8	1	52	48

NOTA: Modelos con Trole Manual y Eléctrico disponibles sobre pedido.  
Modelos de 2 Velocidades disponibles sobre pedido.

Para la carga de 1 Ton el fabricante Yale recomienda el modelo YJL 1-10\*16S1 con 1 ramal elegido por su bajo peso, también porque al poseer un solo ramal su velocidad aumenta.

Figura 16. Esquema y dimensiones polipasto YALE



## 9.7. SELECCIÓN DE TROLE ELÉCTRICO

Yale también proporciona la opción de carros eléctricos según referencia. En el caso del proyecto se toma la referencia YJL 1-10\*16S1, en busca de mejor opción:

Tabla 14. Especificaciones de Trolley para ordenar marca YALE

<b>TABLA DE ESPECIFICACIONES PARA ORDENAR</b>		<b>TROLE ELÉCTRICO VTE</b>
<b>MODELO YALE</b>	<b>VTE 2-A-18/U</b>	<b>VTE 5-A-11/U</b>
CAPACIDAD MAX (TON)	<b>2</b>	<b>5</b>
RADIO DE CURVATURA (MTS)	<b>1.15</b>	<b>2.00</b>
VOLTAGE	<b>220 / 440 V - 3F - 60 HZ</b>	
MOTOR (KW)	<b>0.18</b>	<b>0.37</b>
VELOCIDAD (MTS/MIN)	<b>18</b>	<b>11</b>
AJUSTE VIGA "I" (MM)	<b>58-180</b>	<b>98-180</b>
PESO NETO (KGS)	<b>26</b>	<b>77</b>

Se analiza la capacidad del trole, se observa que se tienen dos troles disponibles para referencia de polipasto según la capacidad de 2 toneladas, que supera lo necesario. Se selecciona el trole indicado resultando como un trole modelo VTE 2-A-18/U con las siguientes dimensiones:

Figura 17. Esquema Trolley marca YALE

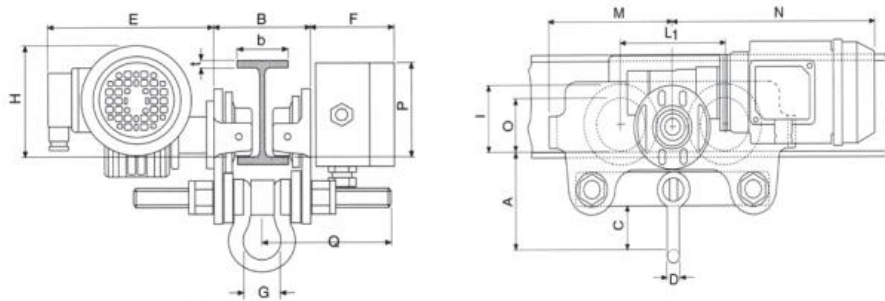




Tabla 15. Dimensiones generales de trolley marca YALE

<b>DIMENSIONES GENERALES</b>		<b>T R O L L E Y</b>	
		<b>ELÉCTRICO VTE</b>	
		<b>M I L Í M E T R O S</b>	
<b>CAPACIDAD MAX</b>	<b>2 (TON)</b>	<b>5 (TON)</b>	
A	115	161	
B	b - 54	b - 70	
C	47	60	
D	16	22	
E	187	202	
F	97	97	
G	43	58	
H	128	178	
I	98	149	
L1	150	209	
M	180	263	
N 1G	255	292	
N 2G	263	296	
O	80	125	
P	110	118	
Q	153	182	

Se cotiza con proveedor

Después de buscar empresas dedicadas al comercio de este tipo de maquinaria, se halló la empresa TECNIYALE S.A.S. en Medellín y se procedió a cotizar referencia (Ver anexos), arrojando lo siguientes resultados:

Precio de polipasto eléctrico con trolley eléctrico: \$ 5'875.000

Contenedor de cadena: \$ 200.000

Total con IVA incluido: \$ 9'367.000

## **9.8. CONCLUSIÓN DE SELECCIÓN DE POLIPASTO**

Se concluyó que la mejor opción de polipasto con cadena para el proyecto es el de marca Yale modelo YJL 1-10\*16S1 con 1 ramal y con trolley VTE 2-A-18/U porque tiene exactamente la carga que la empresa necesita (1000Kg).

En el catálogo de la marca ABUS el polipasto con menor capacidad que cumpla la norma de clasificación 1Am / M4 es de 1250Kg y con 2 ramales, lo cual hace que la velocidad disminuya, además esta capacidad de carga extra de 250Kg puede que nunca sea necesaria para la empresa y su precio sea mucho mayor, por lo que no es algo factible hacer una inversión extra por capacidad que nunca será utilizada.

HANSECOL es el proveedor de la marca ABUS en Colombia, está ubicado en Bogotá mientras que Tecniyale (Proveedor de polipastos Yale) tiene sede en Medellín, factor muy importante para facilidad en el proceso de compra, instalación, garantías y solicitud de repuestos o mantenimientos a lo largo de la vida útil de la máquina.

## 10. CONCLUSIONES

Al realizar este trabajo concluimos que es posible proporcionar maneras más didácticas y productivas de aprender procesos de la industria. Los docentes, los estudiantes, la industria e incluso la pedagogía se ven beneficiados con proyectos que propendan al aprendizaje por medio de la práctica y la aplicación de conocimientos.

Las ventajas que un puente grúa tipo monorraíl pueden proporcionar a la empresa *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.* son incalculables, comenzando por la eficacia y eficiencia en los procesos de carga y descarga de materiales hasta la facilidad en el desplazamiento y la prevención en seguridad para los colaboradores.

Así las cosas, después de haber realizado el diseño, concluimos que:

- El diseño que se realizó para la producción de esta monografía fue fundamental para colaborar en la resolución de un problema de mayor envergadura en la empresa *FUNDICIONES Y METALMECÁNICAS DE COLOMBIA S.A.*
- La revisión bibliográfica y la investigación previa son la herramienta fundamental a la hora de realizar cualquier diseño o análisis en ingeniería.
- Logramos el diseño y la futura instalación del sistema mecánico para una elevadora de carga con capacidad de 1 Tonelada.
- Realizamos los cálculos de todas las partes del sistema monorraíl.
- Garantizamos, por medio de averiguaciones y de búsqueda de mejores proveedores, los precios más módicos en las partes del sistema, sin perder la calidad de los equipos.

## 11. RECOMENDACIONES

Se recomienda proporcionar las cargas correctas en el carro, con el fin de que la estructura y el puente mismo no lleguen a verse comprometidos, pues de lo contrario será necesario realizar nuevos cálculos con el fin de ampliar la capacidad de carga, lo que por su puesto, puede traer consecuencias económicas.

Es necesario, entonces, que se haga un chequeo de las cargas con el fin de optimizar la eficiencia del equipo. Estos chequeos deberán hacerse por personal capacitado en el diseño y funcionamiento del puente.

Se debe realizar también un mantenimiento preventivo obligatorio, el cual gira en torno a la correcta lubricación y a la continua inspección de potenciales amenazas. Para esto es necesario considerar los pesos, los diferentes factores que podrían afectar el equipo, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACESCO. (2012). Catálogo perfiles comerciales.

CMMA. (2004). Specifications for top running & under running single girder electric travelling cranes utilizing under running trolley hoist. *CMAA Specification #74*. USA: Material Handling Industry of America.

David, M. Y. (2013). *Diseño de un procedimiento para el cálculo y selección de la viga principal de un puente grúa*. Cali.: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería. Departamento de energética y mecánica.

Duque David, J. (2013). *Diseño, cálculo e implementación de vigas para puente grúa con capacidad de cinco toneladas*. Medellín: Departamento de ingeniería Mecánica. Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia.

Eleve.es. (8 de Marzo de 2012). *Eleve. Konecranes. Lifting businesses*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de Eleve. Konecranes. Lifting businesses: [http://www.eleve.es/eleve\\_plataformas\\_elevadoras.php](http://www.eleve.es/eleve_plataformas_elevadoras.php)

Herrera Anchatuña, D. F. (Octubre de 2013). *Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de Repositorio digital universidad de las fuerzas armadas ESPE: [repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec)

Mc Ormac, J. (2002). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.

Mogro Borja, M. F. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la nave N° 1 de la bodega de*

*almacenamiento de producto terminado para la empresa Novacero S.A. Planta Lasso. . Guayaquil, Ecuador: Latacunga ESPE.*












Nigris, O. P. (2011). El uso de los hornos pachamanca y guayra para la fundición en Los Andes. *Revista de la sociedad española para la defensa del patrimonio geológico y minero. Nª 16, 21-31.* Obtenido de [materias.fcyt.umss.edu.bo/](http://materias.fcyt.umss.edu.bo/).

Ospina Gil, N. F. (2003). *DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSPORTE PARA CILINDROS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) CON MANIPULADOR NEUMÁTICO.* Medellín: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica.

Santacruz Bermeo, J. S. (2015). *Diseño de un puente grúa con vigas laminadas para un galpón de una planat metalmecánica en operación.* Guayaquil, Ecuador.: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción.

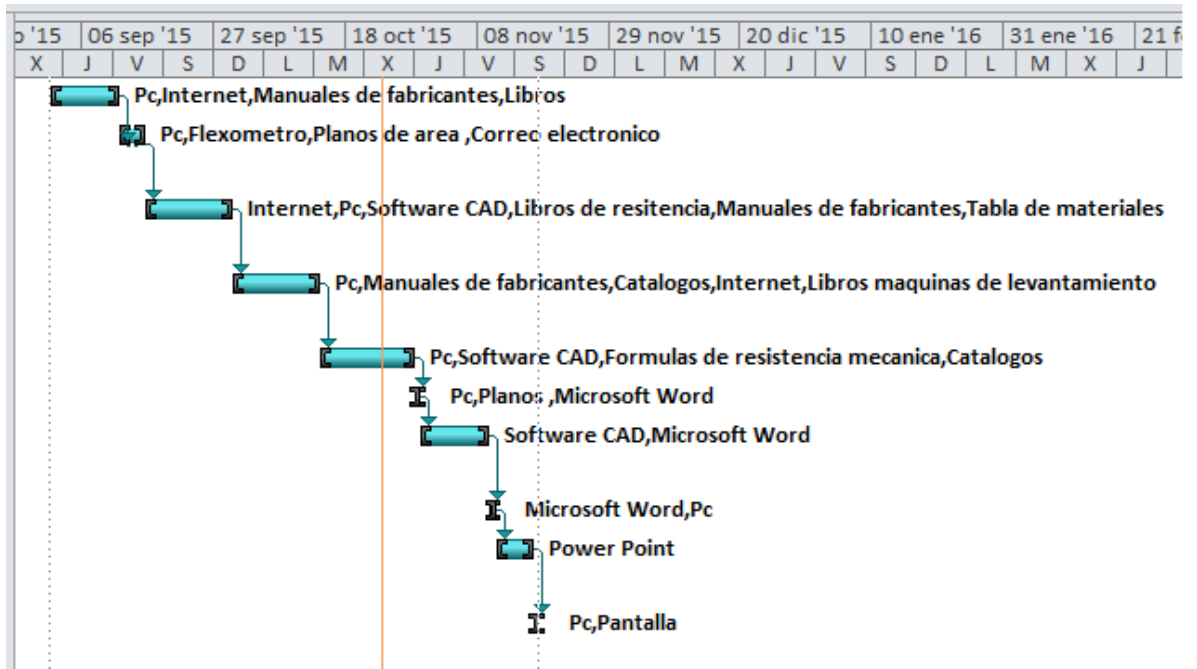
## LISTA DE ANEXOS

### Anexo A. Cronograma de actividades proceso de diseño

		Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1			Investigacion	9 días	mar 01/09/15	vie 11/09/15	
2			Dimension del area de trabajo	3 días	sáb 12/09/15	<u>mar 15/09/15</u>	1
3			Analisis de selección de materiales	10 días	mié 16/09/15	mar 29/09/15	2
4			Eleccion de componentes	10 días	mié 30/09/15	mar 13/10/15	3
5			Realizacion de diseño	11 días	mié 14/10/15	mié 28/10/15	4
6			Entrega del 80%	1 día	jue 29/10/15	jue 29/10/15	5
7			Correcciones en trabajo final	7 días	vie 30/10/15	lun 09/11/15	6
8			Entrega del 100%	1 día	mar 10/11/15	mar 10/11/15	7
9			Preparacion de Presentacion	4 días	mié 11/11/15	lun 16/11/15	8
10			Presentacion de Grua Monorriel	1 día	mar 17/11/15	mar 17/11/15	9




Cronograma

Anexo B. Tabla de herramientas metodológicas.






Anexo C. Polipasto eléctrico con trolley eléctrico una tonelada TECNIYALE

		Importador y Distribuidor de Equipos de Elevación, Puente Grúas, Asesorías, Repuestos originales CENTRO DE SERVICIO CERTIFICADO			
		<a href="http://tecniyale.com">tecniyale.com</a>			
A	OTEK INTERNACIONAL S.A.				
	SR. ALEJANDRO VELASQUEZ PINO				
DE	TECNIYALE S.A.S.				
REF	POLIPASTO ELÉCTRICO CON TROLLEY ELÉCTRICO 1 TON.				
FECHA	13/10/2015	COTIZACIÓN No. TY-462-15			
De acuerdo a su cordial solicitud, nos complace cotizar el equipo en referencia, ofreciendo el mejor precio con la mejor marca.					
<b>POLIPASTO ELÉCTRICO CON TROLLEY ELÉCTRICO 1 TON</b>					
<b>1. Polipasto eléctrico</b>					
Marca	Yale®				
Procedencia	U.S.A.				
Modelo	YJL				
Tipo	Polipasto eléctrico de cadena con trolley motorizado				
Capacidad	1 Tonelada				
Izaje	3 m				
Velocidad de izaje	5 m/min				
Potencia Motor Polipasto	1 HP / 1800 rpm				
Motor Polipasto	Jaula de ardilla, Relación 3:1, Aislamiento clase F				
Clasificación Servicio	ASME / HMI "H4" Trabajo pesado				
Freno Motor polipasto	Freno electromagnético AC				
Freno de carga	Dispositivo de embrague (Clutch)				
Dimensión cadena	9/32"				
Ramales de cadena	1				
Gancho de carga	Rotación 360° con seguro				
Engranaje polipasto	Engranaje recto con baño de aceite				
Limitador de izaje polipasto	Limitswitch Integrado de ascenso y descenso				
Tensión	Línea: 220/440V-60 Hz-3 F / Control: 110V-60 Hz-1 F				
Encerramiento	NEMA 3R				
Contenedor de cadena	Opcional				
Estación de mando	4 pulsadores, cable con doble guaya de seguridad				
<b>2. Trolley eléctrico</b>					
Marca	Yale®				
Procedencia	Alemania				
Modelo	VTE 2-A-18/U - monorriel				
Capacidad	1 Tonelada				
Velocidad trolley	18 m/min				
Potencia Motor trolley	0.18 KW - 2870 rpm				
Motor Trolley	Jaula de ardilla, Aislamiento clase F, FEM S3 Duty				
Engranaje Trolley	Tornillo sin fin				
Tensión	Línea: 220/440V-60 Hz-3 F / Control: 110V-60 Hz-1 F				
Ruedas	4 ruedas, diámetro 80 mm				



Anexo D. Propuesta económica ELECTROYALE.



**Tecni  
Yale**  
Sosteniendo el mundo  
NIT. 800.324.033-9

Importador y Distribuidor de Equipos de Elevación,  
Puente Grúas, Asesorías, Repuestos originales  
CENTRO DE SERVICIO CERTIFICADO

**tecniyale.com**


Rango ancho de viga	58 – 180 mm
Radio mínimo de curva	1,15 m
Peso aprox. Polipasto + trolley	68 Kg
Control eléctrico Polip. + trolley	Contactores magnéticos


  

**PROPUESTA ECONÓMICA**

Item	Descripción	Valor Unitario	Cant.	Valor Neto
1	Polipasto eléctrico de cadena marca <b>Yale®</b> modelo YJL, Capacidad 1 Tonelada, Izaje 3 m, con trolley eléctrico.	\$ 7.875.000	1	\$ 7.875.000
2	Contenedor de cadena YJL 6 m plástico	\$ 200.000	1	\$ 200.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 8.075.000</b>
DESCUENTO INCLUIDO				<b>\$ 8.075.000</b>
IVA 16%				<b>\$ 1.292.000</b>
<b>TOTAL CON IVA INCLUIDO</b>				<b>\$ 9.367.000</b>





**CONDICIONES COMERCIALES**

<b>Pago</b>	Contado
<b>Entrega</b>	2 días hábiles
<b>Garantía</b>	1 año por defectos de fabricación. No respondemos por daños directos ó indirectos ocasionados por fuerza mayor, mal uso ó sobrecarga.
<b>Servicio</b>	Técnico – Mantenimiento – Repuestos
<b>Vigencia cotización</b>	30 días
<b>Nota</b>	Una vez realizada la negociación no se admiten cambios ni devoluciones. Favor verificar bien antes de realizar el Pedido

Para más información visite nuestro sitio web [tecniyale.com](http://tecniyale.com)

Cordialmente,

**JUAN CARLOS VANEGAS**  
Tel: 230 49 08 - 315 555 74 77

