



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA: INGENIERÍA EN MECÁNICA NAVAL

TEMA:

**CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE GRÚA DE UNA
TONELADA PARA EL TALLER DE LA CARRERA DE MECÁNICA NAVAL**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO NAVAL**

Autores:

**CASTRO JURADO JESÚS FERNANDO
CEVALLOS INTRIAGO JOSÉ ARMANDO**

Director:

ING. LUIS ARAGUNDI CUADROS

MANTA – ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Grado sobre el tema:

“Cálculo, diseño y construcción de un puente grúa de una tonelada para el taller de la carrera de mecánica naval”, de los estudiantes: **Cevallos Intriago José Armando y Castro Jurado Jesús Fernando**, alumnos de la carrera de Mecánica Naval, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el Honorable Consejo Directivo designe.

Manta, Junio 30 del 2014

Atentamente.

Ing. Luis Aragundi Cuadros.

DECLARATORIA EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”.

Cevallos Intriago José Armando

Castro Jurado Jesús Fernando

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban (con mención honorífica y/o recomendación para su publicación) el Trabajo de Graduación, sobre el tema: **“Cálculo, diseño y construcción de un puente grúa de una tonelada para el taller de la carrera de mecánica naval”**, de los estudiantes: **Cevallos Intriago José Armando y Castro Jurado Jesús Fernando**, alumnos de la carrera de Mecánica Naval.

Manta, Junio 30 del 2014

Por constancia firman

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Tesis primero a Dios que con su guía espiritual me ha dado la fortaleza cada día de mi vida, la perseverancia para continuar y terminar uno de mis objetivos principales, y en especial le dedico este trabajo a mis padres, esposa y toda mi familia ya que con su ayuda, apoyo y comprensión me han guiado hacia el camino de la superación, desistiendo de compartir de su compañía; pero al final todo sacrificio tiene su recompensa y ésta es la cristalización del objetivo propuesto que a pesar de todos los obstáculos y tropiezos en el camino no renuncié ante la meta propuesta.

Gracias al Sr Ing. Paulo Emilio Macías que siempre estuvo presto a brindarnos la mano en esta Tesis, y a cada una de las personas que con su gran ayuda han aportado para culminar este tan anhelado sueño de mi vida

Castro Jurado Jesús.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios ya que gracias a su bendición divina logre culminar mi carrera.

También lo dedico con todo mi amor y cariño a mi amada esposa Jessica Toala quien ha compartido conmigo momentos difíciles y siempre brindándome su comprensión y amor.

A mis tres hijos Kevin, Brittany y Joseph, quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

A mis padres y hermanos quienes me han brindado su apoyo para poder lograr esta etapa en mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para ayudarme moral y psicológicamente.

José Cevallos Intriago.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Aprobación del tutor	II
Declaración expresa	III
Aprobación del tribunal	IV
Dedicatorias	V
Índice de contenidos	VII
Índices de ilustraciones	XII
Resumen	XIV
Abstract	XV
Introducción	XVI
Justificación	XVIII
Objetivos	XIX
Alcance del trabajo	XX
CAPÍTULO I.- Generalidades y clases de puente grúa.	
1.1.- Generalidades	1
1.2.- Selección de una grúa	1
1.3.- Clases de puentes grúas	2
1.3.1.- Puentes grúas de accionamiento manual	2
1.3.2.- Puente grúa de accionamiento eléctrico	3
1.3.2.1.- Puente grúa monorriel	3
1.3.2.2.- Puente grúa monoviga	4
1.3.2.3.- Puente grúa doble viga	4
1.3.2.4.- Puentes grúa suspendido	5
1.4.- Características de los puentes grúa	6
1.4.1.- El puente grúa	6
1.4.2.- Mecanismo de traslación de la grúa	6
1.4.2.1.- Mecanismo de avance manual	6
1.4.2.2.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento en el centro	7
1.4.2.3.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento separado	8
1.5.- Carro de la grúa	8
1.5.1.- Carros de Accionamiento Manual.	8
1.5.2.- Carros de Accionamiento Eléctrico	9
1.5.3.- Carro de accionamiento por empuje manual	10

1.6.- Mecanismo de elevación	11
1.6.1.- Polipasto eléctrico de cadena	11
1.7.- Medios de Recepción de la Carga	12
1.7.1.- Ganchos	12
1.7.2.- Cadenas de Eslabones	12
CAPÍTULO II.- Manipulación manual de cargas, diseño y construcción del puente grúa	
2.1.- Introducción	13
2.2.- Manipulación manual de cargas	13
2.3.- Procedimiento de manipulación de cargas en el laboratorio de motores	14
2.3.1.- Errores y dificultades durante el procedimiento	14
2.3.2.- Resultado a demostrar	15
2.4.- Desarrollo del diseño	15
2.4.1.- Determinación de las dificultades	16
2.4.2.- Necesidades y limitaciones	16
2.4.3.- Origen y estudio de la idea	17
2.4.3.1.- Elección de la máquina de elevación y transporte	18
2.4.4.- Evaluación y observaciones iniciales	18
2.4.4.1.- Sistema estructural	19
2.4.4.2.- El puente de la grúa	20
2.4.4.3.- Mecanismos de translación de la grúa	21
2.4.4.4.- Mecanismo de elevación de la carga	23
2.5.- Representación específica del diseño	23
2.5.1.- Sistema Estructural	23
2.5.2.- El puente de la grúa	24
2.5.2.1.- Viga principal	25
2.5.2.2.- Vigas testeras	25
2.5.3.- Sistema de traslación transversal	27
2.5.3.1.- Soporte del carro	27
2.5.3.2.- Ruedas del carro	28
2.5.3.3.- Ejes de las ruedas del carro	28
2.5.4.- Sistema de elevación de la carga	29
2.5.5.- Sistema de translación longitudinal	29
2.5.5.1.- Eje de transmisión	29

2.5.5.2.- Polea de cadenas eslabonada	30
2.5.5.3.- Transmisión de cadena	30
CAPÍTULO III.- Cálculo estructural	
3.1.- Datos de diseño y especificaciones del puente grúa	31
3.2.- Sistema estructural	31
3.3.- Cálculo de la viga principal	32
3.3.1.- Cálculo de presión bajo cada una ruedas del trole	32
3.3.2.- Cálculo de momento flector máximo	33
3.3.3.- La flecha debida a la carga móvil	33
3.3.4.- Cálculo del momento flector máximo por peso propio M_2	34
3.3.5.- Cálculo del módulo de sección (Z_{XX} o W_x) de la nueva viga	34
3.3.6.- Cálculo del esfuerzo de trabajo	34
3.4.- Cálculo de la viga testera	34
3.5.- Cálculo de la viga carril del puente grúa	36
3.6.- Cálculo del diámetro de las ruedas para las vigas testera y la viga principal	38
CAPÍTULO IV.- Construcción, montaje y pruebas de funcionamiento	
4.1.- Sistema estructural	39
4.1.1.- Montaje de las ménsulas en los pilares de hormigón	39
4.1.2.- Montaje de la viga carrilera a las ménsulas	40
4.2.- El puente de la grúa	41
4.2.1.- Viga principal	41
4.2.2.- Vigas testeras	42
4.2.3.- Ruedas del puente	42
4.2.4.- Eje de las ruedas del puente	43
4.2.5.- Montaje del puente de la grúa	43
4.2.6.- Montaje de las ruedas	44
4.3.- Sistema de translación transversal	44
4.3.1.- Bastidor del carro	45
4.3.2.- Ejes del sistema de translación transversal	45
4.3.3.- Ruedas del carro	46
4.3.4.- Montaje del sistema de translación transversal	46
4.4.- Sistema de translación longitudinal	47
4.4.1.- Montaje de la polea de cadena	47
4.4.2.- Eje de transmisión	47

4.4.3.- Montaje del teclé eléctrico	48
CAPÍTULO V.- Pruebas de funcionamiento del puente grúa	
5.1.- Prueba de capacidad de carga	49
5.1.1.- Conclusiones observadas en esta prueba	49
5.2.- Prueba de traslado de carga	50
5.2.1.- Conclusiones de las pruebas de operación de traslado longitudinal	51
5.3.- Operación y Mantenimiento del puente grúa de traslación manual	51
5.3.1.- Operación	51
5.4.- Mantenimiento	52
5.5.- Sistema estructural	52
5.5.1.- El puente de la grúa	52
5.5.2.- Carro de traslación transversal por empuje	52
5.5.3.- Sistema de traslación longitudinal	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	57

Índices de Ilustraciones y Tablas

Figura 1.- Puente grúa de accionamiento manual	3
Figura 2.- Puente grúa de Viga Sencilla o monorriel	3
Figura 3.- Puentes grúa monoviga normalizados	4
Figura 4.- Puente grúa de Viga Doble o birriel	4
Figura 5.- Puentes grúa suspendidos	5
Figura 6.- Mecanismo de avance manual.	7
Figura 7.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento en el centro	7
Figura 8.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento separado	8
Figura 9.- Carros de accionamiento manual	9
Figura 10.- Carros de accionamiento eléctrico	10
Figura 11.- Carro apoyado sobre las alas superiores de una viga	10
Figura 12.- Carro apoyado sobre las alas inferiores de una viga	10
Figura 13.- Polipasto eléctrico de cadena	11
Figura 14.- Tipos de ganchos	12
Figura 15.- Puente grúa de viga sencilla	18
Figura 16.- Perfil IPE como viga carrilera	19
Figura 17.- Perfil IPN	20
Figura 18.- Perfil UPN	21
Figura 19.- Sistema de traslación longitudinal	21
Figura 20.- Carro apoyado sobre las alas superiores de una viga	22
Figura 21.- Rueda de los dos mecanismos de traslación	22
Figura 22.- Tecele eléctrico de cadena	23
Figura 23.- Viga carrilera	24
Figura 24.- Puente de la grúa	24
Figura 25.- Viga principal	25
Figura 26.- Viga testera	25
Figura 27.- Rueda conducida de testeros	26
Figura 28.- Rueda conductor de testeros	26
Figura 29.- Eje de ruedas del puente	26
Figura 30.- Sistema de traslación transversal	27
Figura 31.- Soporte del carro	27
Figura 32.- Ruedas conducida del carro	28

Figura 33.- Ruedas conductora del carro	28
Figura 34.- Ejes de rueda del carro	28
Figura 35.- Sistema de traslación longitudinal	29
Figura 36.- Polea de cadenas eslabonada	30
Figura 37.- Sistema de traslación transversal	30
Figura 35.- Tipos de ganchos	37
Fotografía 1.- Manipulación de cargas inadecuada	14
Fotografía 2 y 3.- Nivelación, corte, perforado y soldado de ménsulas	40
Fotografía 4.- Atornillado y fijado de ménsulas	40
Fotografía 5.- Montaje de los rieles a las ménsulas	41
Fotografía 6 y 7.- Construcción de la viga principal	41
Fotografía 8.- Viga testera	42
Fotografía 9.- Rueda del puente	43
Fotografía 10 y 11.- Eje de las ruedas del puente ya acopladas con los rulimanes	43
Fotografía 12.- Unión de la viga principal-viga testera	44
Fotografía 13.- Montaje de las ruedas del puente	44
Fotografía 14.- Bastidor del carro	45
Fotografía 15.- Ejes del sistema de translación transversal	45
Fotografía 16 y 17.- Montaje de las ruedas del carro	46
Fotografía 18.- Montaje del carro de traslación por empuje	46
Fotografía 19.- Montaje de la polea de cadena	47
Fotografía 20.- Montaje de eje de transmisión	48
Fotografía 21 y 22.- Montaje del tecele eléctrico y cables de alimentación eléctrica	48
Fotografía 23 y 24.- Prueba de izaje de carga y desplazamiento transversal	50
Fotografía 25 y 26.- Prueba de desplazamiento longitudinal de la carga	51

UNIVERSIDAD ELOY ALFARO DE MANABI

**CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE GRÚA DE UNA
TONELADA PARA EL TALLER DE LA CARRERA DE MECÁNICA NAVAL**

Autores: Cevallos Intriago José Armando.
Castro Jurado Jesús Fernando.

Tutor: Ing. Luis Guillermo Aragundi Cuadros.

Fecha: junio de 2014

RESUMEN

En el Ecuador, la ingeniería en mecánica naval, es un campo en expansión que se ha convertido en el centro de atención de los ingenieros mecánicos navales de nuestro país. Una ingeniería en mecánica naval tiene una amplia funcionalidad en el sector pesquero del país. Es importante entonces la implementación de técnicas que permitan mejorar el trabajo dentro de esta ingeniería. Debido a esto, hoy en día muchas de los sectores navales del país cuentan imprescindiblemente con sistemas de izaje tipo de puente grúa que facilitan de gran manera el trabajo a nivel industrial.

Sin embargo, hasta hoy en día no se ha realizado un estudio que identifique claramente las necesidades existentes en los laboratorios de las universidades de nuestro país.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, en el capítulo 1 de la presente obra se realiza un estudio teórico-descriptivo de la historia y clasificación de los puentes grúas, de manera que el lector pueda sentirse familiarizado con el lenguaje profesional usado en esta obra.

El diseño y construcción del puente grúa se desarrolla en el capítulo 2, por medio de un análisis profesional a la manipulación de carga y del tipo de puente grúa que se diseñará. En este capítulo se establecen los requerimientos funcionales a cumplir y de su implementación en el laboratorio de la carrera de mecánica naval. También se hace uso de una propuesta de selección con el fin de dar una solución factible a la opción del diseño.

Según los requerimientos establecidos en el capítulo 3, el capítulo 4 reúne todas las características de la grúa viajera y mediante los fundamentos teóricos del capítulo 1, se establecen las cargas de diseño, cálculo estructural y especificaciones del puente grúa.

En el capítulo 5, utilizando los fundamentos teóricos establecidos en el capítulo 1 y los parámetros de diseño establecidos en el capítulo 2, se da solución al diseño de la estructura y se establece la perfiles de acero más conveniente a usar, la construcción, los accesorios de conexión, y el diseño de las conexiones tanto soldadas como empernadas, montaje, pruebas de funcionamiento y finalmente las recomendaciones basada en la implementación del proyecto.

ABSTRACT

In Ecuador, the Naval Mechanical engineering is an expanding field that has become the focus of naval mechanical engineers of our country. A naval engineering mechanics has extensive functionality in the fisheries sector. It is therefore important to implement techniques to improve the work within this engineering. Because of this, today many of the sectors in the country have naval systems indispensably bridge type hoist crane greatly facilitate work in industry.

However, until today it has not conducted a study that clearly identifies the needs in the laboratories of the universities in our country.

According to the above, in Chapter 1 of this work a theoretical and descriptive study of the history and classification of cranes, so that the reader can feel familiar with the technical language used in this work is performed.

The design and construction of the bridge crane is developed in Chapter 2, by a professional cargo handling and the type of crane that will design analysis. This chapter describes the functional and implementation meet the laboratory's career naval mechanical requirements are established. Using a selection proposal in order to give a feasible solution to the design choice is also made.

According to the requirements in Chapter 3, Chapter 4 has all the characteristics of the traveling crane and using the theoretical foundations of Chapter 1, the design loads, structural design and specifications of the crane down.

In Chapter 5, using the theoretical foundations laid down in Chapter 1 and the design parameters set out in Chapter 2, solution design of the structure is given and profiles more convenient to use steel sets, construction, accessories connection, and the design of both welded and bolted connections, installation, performance testing and finally the recommendations based on the implementation of the project.

INTRODUCCIÓN

La necesidad del hombre de elevar y trasladar elementos pesados de un lugar a otro lo ha llevado a idear y perfeccionar un sin número de dispositivos y máquinas, gracias a los cuales se pueden ejecutar estas acciones sin realizar esfuerzos físicos exagerados. Dentro de estos desarrollos se encuentran las grúas que son máquinas para desplazar objetos pesados vertical y horizontalmente. La capacidad de una grúa puede ir desde de kilogramos hasta varias toneladas; la fuerza motriz puede ser manual, de motores eléctricos, o de combustión interna. En cuanto a su forma, se clasifican como grúas de pescante, grúas de brazo móvil y puente grúas.

En la industria las grúas más difundidas son las de tipo puente y tipo pórtico; y de estas en la mayoría de los casos se prefieren las de tipo puente, pues son estructuras rodantes soportadas lateralmente por ruedas, que circulan por vías elevadas y no entorpecen los trabajos y el recorrido sobre el suelo.

Este proyecto se ha realizado con el propósito de facilitar la elevación y el transporte de equipos y maquinarias y de disminuir los riesgos físicos a que se encontraban sometidos los estudiantes al efectuar estos trabajos manualmente, para lograr este objetivo se diseñó y construyó un sistema de carga.

El sistema desarrollado es un puente grúa formado por cinco subsistemas: estructural, elevación, el puente de la grúa, transporte longitudinal y transversal. El transporte longitudinal es accionado por una polea de cadena que entrega el empuje necesario a las ruedas. La elevación se lo realizará por medio de un polipasto eléctrico de cadena y el transporte transversal será realizado por los estudiantes poleas manuales de cadena. Durante la operación de la grúa la carga es elevada y transportada en toda el área del laboratorio.

El contenido de este proyecto expone el diseño, cálculo y construcción de una grúa puente así como su operación y mantenimiento.

En el primer capítulo se describe las generalidades y definiciones generales del puente grúa.

En el capítulo dos se desarrolla el proceso de diseño del sistema de transporte desde la identificación del problema hasta la elección del sistema adecuado.

El capítulo tres contempla los cálculos y medidas que se utilizarán en el diseño de nuestra grúa.

El capítulo cuatro proyecta la construcción y montaje del proyecto basadas a las medidas del diseño.

Y por último el capítulo cinco pruebas de funcionamiento del puente grúa recomendaciones de operación y mantenimiento para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de transporte.

.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La justificación de este proyecto incide en la mejora de la calidad del estudiante, y salvaguardar la seguridad de los estudiantes a través de un conocimiento más preciso en la utilización de una grúa puente gracias a la capacidad de disponer de una herramienta para la manipulación de equipos o máquinas. La ejecución del proyecto contribuirá a un avance significativo del conocimiento en construcción de herramientas estructurales a la tecnología actual. La adaptación de este tipo de grúa, su acoplamiento y validación durante fases experimentales y operativas se considera necesaria y fundamental para poder avanzar en el conocimiento de los materiales metálicos a utilizar. Del mismo modo, se considera también básico para poder realizar tareas de prácticas en taller.

El enfoque del proyecto es el calcular, diseñar y construir un puente grúa de una tonelada, para realizar el transporte, desmontajes y montajes de las partes y piezas en un taller de una forma segura, evitando los posibles accidentes que puedan sufrir los operarios por simple manipulación de equipos o máquinas, en las múltiples tareas prácticas que se hace en el taller. Este proyecto deberá satisfacer las especificaciones técnicas que en un taller o mecánica se requiere para realizar reparaciones, mantenimientos, movimientos de partes, bajo las normas de seguridad industrial vigentes. El diseño del puente grúa se utilizará para levantar un peso máximo de una tonelada. El polipasto de cadena será eléctrico, ya que este no contamina el medio ambiente, y es de fácil instalación y mantenimiento.

Este proyecto que se plantea es factible, útil, conveniente, para que un operario pueda elevar y trasladar dentro del área destinada, peso hasta una tonelada considerando la seguridad y aplicaciones se le destine a este equipo de transporte que facilita el trabajo del hombre sin que este realice esfuerzos físicos. Un puente grúa se encuentra constituida por una estructura acoplada a dos carros testeros que están dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento. Apoyado en dicha estructura y con capacidad para desplazarse encarrilado a lo largo de la misma, un carro de izaje soporta un polipasto cuyo cableado de izamiento se descuelga entre ambas partes de la estructura. La combinación de movimientos entre la estructura y el carro actúa sobre cualquier punto de un área delimitada por la longitud de los rieles por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un puente grúa con capacidad de una tonelada adaptada en el laboratorio de motores con la finalidad de que los operarios operen, trasladen cargas pesadas sin tener que efectuar esfuerzo físico.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar los cálculos del diseño y los planos de sus partes, del puente grúa a construirse.
- Construir un puente grúa de 1 tonelada de capacidad, en el taller de motores marinos.
- Instruir a los operadores para que manipulen el puente grúa con seguridad.
- Comprobar que el funcionamiento de la grúa este en óptimas condiciones.

ALCANCE DE TRABAJO

Se construirá un puente grúa monorraíl con capacidad de una tonelada que se adaptará al laboratorio de motores, para su funcionamiento se usarán elementos móviles como la traslación manual en el sentido longitudinal de 9 metros y en el sentido transversal será de traslación por empuje con una longitud de 4.50 metros, el movimiento de subir y bajar las cargas será eléctrica por polipasto de cadena.

El sistema de grúa viajera podrá funcionar con un mínimo de mantenimiento, teniendo como deslizamiento rulimanes de bolas incorporadas dentro de cada rueda construida, ya que será para fines didácticos y prácticos.

CAPÍTULO I

1.- Generalidades y clases de puente grúa

1.1.- Generalidades

El puente grúa es un aparato de elevación compuesto por una viga, simple o doble, apoyada sobre dos carriles elevados sobre unas columnas, dispuestos a tal efecto o componentes de la estructura de la nave o edificación.

El movimiento longitudinal se lleva a cabo mediante la traslación de la viga principal o puente a través de los carriles elevados. En la práctica totalidad de los casos, la rodadura es por ruedas metálicas sobre carriles también metálicos.

El movimiento transversal se realiza mediante el desplazamiento de un polipasto o carro sobre uno o dos carriles dispuestos sobre la viga principal y el de elevación de la carga.

Al contrario de lo que sucede con otras clases de grúas (por ejemplo, las grúas pórtico o las giratorias) dejan libre toda la superficie del pavimento del taller, de modo que el trabajo y el tránsito sobre el suelo pueden efectuarse sin obstáculos.

Debido a la movilidad del puente de la grúa y del carro que corre sobre el mismo, el campo abarcado por la grúa es un rectángulo cuya superficie, en un caso ideal, coincide con la planta del taller. Pero en la realidad, la superficie del campo abarcado por un modelo normal no coincide con la de la planta, ya que el gancho de la carga, a causa de las dimensiones del carrito, no se puede situar muy cerca de las paredes del edificio.

Los mecanismos de elevación, traslación del carro y traslación del puente deben estar dotados de limitadores de fin de carrera para protegerlo de choques.

1.2.- Selección de una grúa

La selección de la clase de servicio de una grúa debe considerar la altura de izaje y el peso a izar para las operaciones presentes y futuras. Especificaciones para calcular alturas de izajes y despejes:

La distancia desde el piso a la construcción más baja debe permitir el izaje del gancho requerido más la distancia desde la silla del gancho en su posición más alta al punto más alto de la grúa, más el despejo a la obstrucción elevada más baja.

Además, la distancia del piso a la obstrucción elevada más baja debe ser tal que el punto más bajo de la grúa pase sin tocar toda la maquinaria o, cuando sea necesario, provea despejo bajo la grúa. Una vez determinada la altura del edificio, la carrilera de la grúa debe estar ubicada con la parte superior a cierta distancia por debajo de la obstrucción elevada más baja. Los esquínales del edificio deben permitir las aproximaciones del gancho requeridas.

Otros factores incluidos en la selección de la clase de servicio de una grúa comprenden las velocidades apropiadas de movimiento para rendimiento del ciclo de trabajo; la cantidad de material manejada; forma y tamaño de la carga; requisitos de exactitud de colocación; ambiente en que trabajara la grúa. El ambiente de trabajo afecta la vida de la grúa y sus componentes particularmente las partes que se desgastan, como ruedas, cojinetes, equipo eléctrico, etc. La programación el mantenimiento de calidad aumentará al máximo la vida y el rendimiento de la máquina.

1.3.- Clases de puente grúas

Es un poco difícil tener todas las clases de puente grúas que pueden existir, sin embargo, algunas tienen diferencias notables y serán descritas. La carga, luz, aplicación, etc., son factores que influyen en la elección de uno u otro tipo. La clasificación más importante es la que se refiere a la conformación de la viga principal. El tipo de la estructura que puede ser de una o varias vigas principales, depende esencialmente de la capacidad de carga y de las operaciones a efectuar además debe resistir las pruebas reglamentarias.

1.3.1.- Puentes grúa de accionamiento manual

Estas grúas pueden estar constituidas por una viga con forma I (doble T). El carrito se mueve por debajo de esta viga, sujetándose con cuatro ruedas, dos de cada lateral del nervio central, en el ala superior e inferior, soportando de esta forma la unidad elevadora.

La grúa es movida por medio de una cadena que hace girar una rueda dentada, que esta enchavetada con un eje longitudinal y a su vez este tiene en sus extremos dos piñones que engranan con los engranajes que son solidarios a los ejes de las ruedas.

Para un servicio pesado y luces grandes se construye el puente con dos vigas con forma de I colocadas una al lado de la otra, mientras que el carro se desliza con cuatro ruedas, aseguradas a las alas superiores de las vigas.

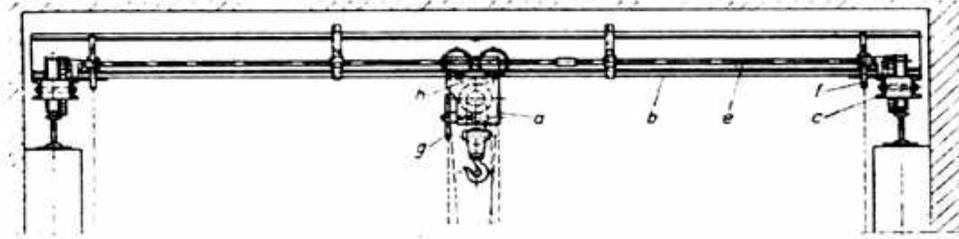


Figura 1.- Puente grúa de accionamiento manual

Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-CRcIleXfm9A/Uuh33c-zMRI/AAAAAAAAABTw/GXBf4sEfnos/s1600/1.png>

1.3.2.- Puentes grúa de accionamiento eléctrico

1.3.2.1.- Puentes grúa monorraíl

Cuando el accionamiento es eléctrico estas grúas pueden estar constituidas por una viga con sección en I de forma similar a la descrita anteriormente, salvo que el accionamiento es producido por motores eléctricos. Para mayor altura de elevación, el carro puede ser dispuesto en forma lateral a la viga principal (fig. 2)

La capacidad de carga de estas grúas puede variar de 0,5 a 5 Toneladas y con luces de 4 a 14 metros.



Figura 2.- Puente grúa de Viga Sencilla o monorraíl.

Fuente: <http://www.logismarket.es/ip/stahl-cranesystems- puente-grua-monorraíl-grua-monorraíl-apoyada-stahl-cranesystems-serie-el-con-radiomando-507228-FGR.jpg>

1.3.2.2.- Puente grúa monoviga

También, pueden fabricarse con una viga de tipo “cajón”, viéndose limitado a cargas no mayores de 5 Toneladas y luces de hasta 20 m.

Estos poseen el carrito con su respectivo aparejo elevador, sujetado en la parte superior y lateral de la viga principal, reduciendo así la altura máxima del puente y aumentando la altura de elevación de la carga.

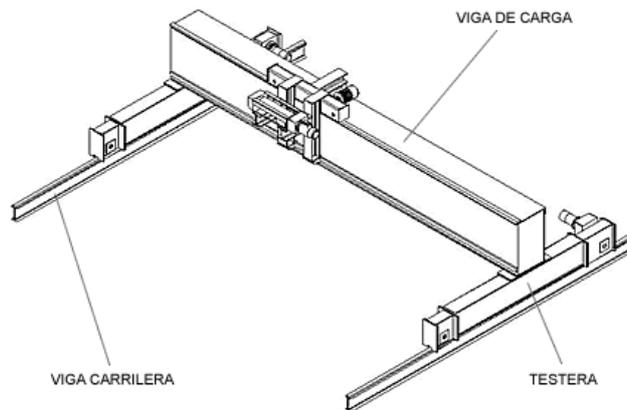


Figura 3.- Puentes grúa monoviga normalizados.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/68440536/Clasificacion-de-Puentes-Grua>.

1.3.2.3 Puentes grúa doble viga normalizada

Para lograr una mayor capacidad de carga y de luces se utilizan los puentes grúas birrieles, estos puentes grúa están conformados por dos vigas que en su parte superior posee rieles sobre los que corre el carro con aparejo elevador.

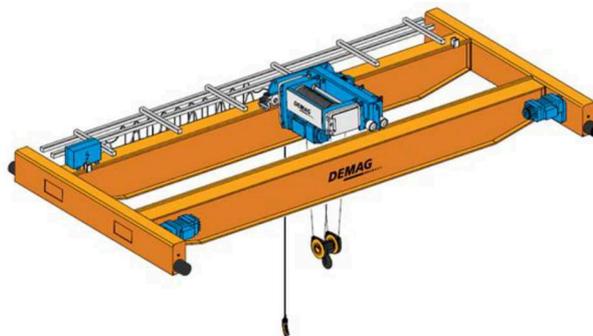


Figura 4.- Puente grúa de Viga Doble o birriel.

Fuente: <http://mecaser.ec/wp-content/uploads/2013/04/Grua4.png>

Las vigas están soportadas en sus extremos por las llamadas vigas testeras, las cuales sostienen las ruedas y así permite al puente desplazarse en forma longitudinal, por medio de un motor eléctrico situado en el mismo carro.

El movimiento longitudinal de los puentes anteriormente nombrados es realizado por dos motores eléctricos situados en los extremos de las vigas principales, accionando una de las dos ruedas ubicadas en las vigas transversales. El movimiento de estos dos motores debe realizarse en forma sincrónica, de lo contrario el puente puede cruzarse.

En la mayoría de los casos son accionados por medio de un tablero de control instalado en el suelo del establecimiento, en un lugar de fácil visibilidad para poder maniobrar fácilmente la carga sin ningún obstáculo visual.

1.3.2.4.- Puente grúa suspendido

En la utilización de puentes grúas normales, se forman zonas muertas que comprenden de un 15 a un 20% del área total del taller.

Con el fin de aprovechar completamente dicha área, en vez de utilizar las grúas del tipo de apoyo cuyo puente se sustenta sobre ruedas portantes, se utilizan los llamados puentes grúa suspendidos.

Pero al utilizar estas grúas, disminuye la altura de elevación de la carga debido a que la dimensión vertical de la grúa suspendida es considerablemente menor que la de la grúa de puente apoyada. Estas grúas permiten efectuar el movimiento sin transbordo de la carga de un tramo a otro, lo que se consigue empalmando las vigas de los rieles de dos grúas suspendidas y situadas en tramos contiguos o empalmando con una viga monocarril.

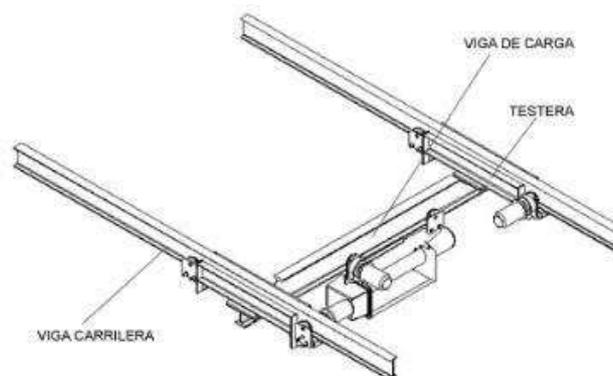


Figura 5.- Puentes grúa suspendidos.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/68440536/Clasificacion-de-Puentes-Grua>.

Los puentes grúa suspendidos pueden ser de dos apoyos o de apoyos múltiples, dependiendo de la cantidad de vigas portadoras que tenga. Las vigas portadoras de la grúa pueden ser unas vigas de sección en forma de I. La longitud total que pueden tener depende de las dimensiones del tramo del edificio y que en algunos casos pueden alcanzar 100 metros. De estas vigas se suspende los carros que se deslizan a lo largo del taller, soportando el puente.

El mando de las grúas puede efectuarse desde el suelo o desde la cabina fijada en la estructura metálica de la grúa.

1.4.- Características de los puentes grúa

1.4.1.- El Puente de la Grúa

Los puentes grúas constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro, y de las dos vigas testeras, dispuestas perpendicularmente a las vigas principales, que llevan las ruedas de la grúa. El puente grúa de una sola viga con carro sobre las alas inferiores, es más utilizado de forma manual hasta unas tres toneladas de fuerza portante. En los puentes grúas con dos vigas principales, el gancho de la carga del carro se mueve entre las dos vigas principales.

Según sea la magnitud de la carga y la luz, para la viga principal se emplean vigas de perfil laminado, vigas armadas o compuestas, vigas de celosía.

1.4.2.- Mecanismos de Traslación de la Grúa

1.4.2.1.- Mecanismo de avance manual

En los puentes grúa accionados a mano, de ordinario, las cadenas para el movimiento de traslación de la grúa, se disponen en los extremos del puente. Según sea la fuerza portante, se necesitan una o dos reducciones entre las ruedas y el árbol de accionamiento, apoyado sobre bases en la viga principal. Para reducir la resistencia a la marcha es recomendable disponer soportes de rodamientos en las ruedas.

Las grúas y los carros de grúas se apoyan en las ruedas de marcha. Las ruedas unidas con el accionamiento son impulsoras (conductoras) y las demás son libres (conducidas).

En ocasiones todas las ruedas de marcha son conductoras. Los mecanismos de avance eléctrico de los puentes grúa tienen algunas diferencias constructivas.

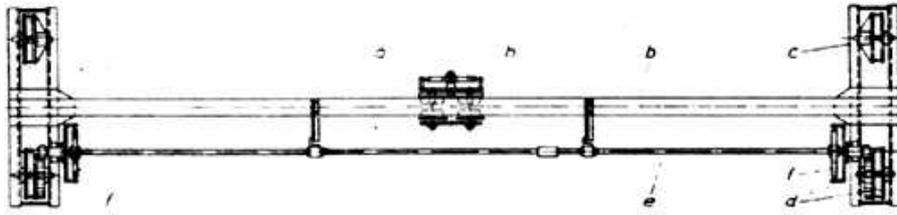


Figura 6.- Mecanismo de avance manual.

Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-CRcIeXfm9A/Uuh33c-zMRI/AAAAAAAAABTw/GXBf4sEfnos/s1600/1.png>

1.4.2.2.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento en el centro

Con accionamiento eléctrico, el motor para la traslación de la grúa, se puede colocar aproximadamente en el centro del puente y accionar la grúa mediante una reducción y un árbol de transmisión horizontal que, transmite el movimiento uniformemente a las ruedas de accionamiento de ambos lados.

Puede ser una transmisión de alta velocidad o de baja.

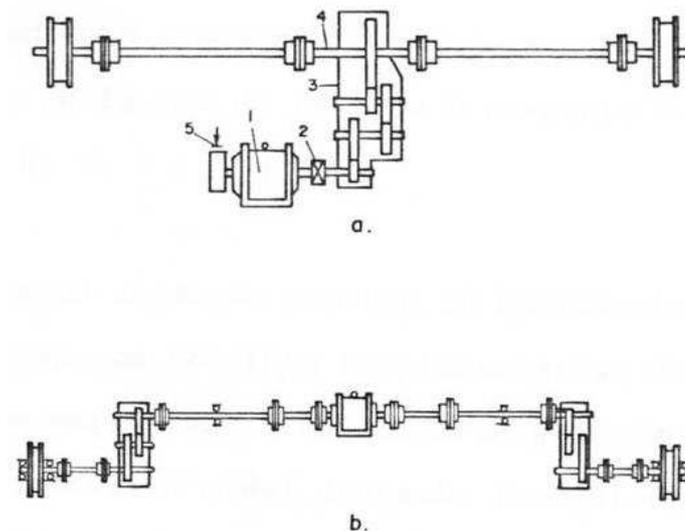


Figura 7.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento en el centro.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/68440536/Clasificacion-de-Puentes-Grua>.

1.4.2.3.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento separado

El mecanismo de translación también puede ser de accionamiento separado. Se emplea con el fin de encaminar el árbol de transmisión, que hace más engorrosa la fabricación de la grúa y aumenta el peso de ésta, así como exige la realización de montaje muy exacta. Con lo cual cada viga testera se pone en movimiento por un mecanismo independiente. Pese a que el mecanismo con accionamiento separado tiene dos motores, dos frenos y dos reductores, aquél resulta más ligero y sencillo de fabricar.

El accionamiento separado permite un movimiento más suave de la grúa, no provoca pérdidas complementarias de deslizamiento de las ruedas porta grúas (como consecuencia de la inexactitud de la elaboración o del desgaste irregular), como ocurre con accionamientos de transmisión.

Los mecanismos de avance separado obtienen cada vez más amplia difusión.

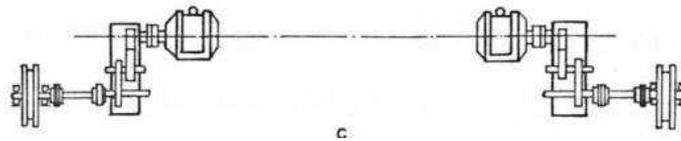


Figura 8.- Mecanismo de avance eléctrico con accionamiento separado.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/68440536/Clasificacion-de-Puentes-Grua>.

1.5.- Carro de la Grúa

Está formado por un bastidor rígido con asientos adecuados para los mecanismos, montado normalmente sobre cuatro ruedas con pestañas. El mecanismo de traslación del carro acciona a dos de las cuatro ruedas, una de cada lado del carro para que circule centrado sobre los carriles extendidos a lo largo del puente.

1.5.1.- Carros de Accionamiento Manual

Un bastidor con ruedas, con un aparejo de cadena suspendido, que corre por las alas superiores o inferiores de una viga, constituye la forma más sencilla de carro manual. Se emplea para fines completamente secundarios, en combinación con una grúa puente, o también como independiente sobre vía tendida fija, en forma semejante a un carro de

polipasto eléctrico. El movimiento de traslación se consigue tirando de la carga (hasta aproximadamente 0.5 toneladas de carga, o bien, 1.5 toneladas con cojinetes de rodamiento en las ruedas) o con accionamiento manual mediante una polea de cadena y cadena manual. Los escudos laterales inferiores de una viga están solicitados a momento flector y por tanto deben construirse con una resistencia suficiente, reforzándose en determinados casos con hierros angulares.



Figura 9.- Carros de accionamiento manual.

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-m/carretillas-engranajes-polipastos-7736-2658665.jpg

El carro para alas inferiores con mecanismo de elevación incorporado, permite una mejor utilización del espacio disponible para la elevación, poco aprovechado con un aparejo de cadena suspendido.

1.5.2.- Carros de Accionamiento Eléctrico

Se entiende por accionamiento eléctrico el dispositivo que consta de un motor eléctrico, un complejo de aparatos para el mando del motor y para la transmisión desde el motor hacia el órgano de trabajo de la máquina. La elección del tipo de motor se efectúa según sea la clase de corriente, la magnitud de la potencia nominal y la velocidad de traslación.

Puesto que la utilización de los motores dispositivos de corriente continua exige especiales que transformen la corriente alterna industrial en continua, en los aparatos y máquinas de elevación y transporte se emplean preferentemente los motores asíncronos de grúa de corriente alterna en corto circuito y con rotor de fase (motor de anillos) alimentados directamente desde la red. Estos motores no necesitan dispositivos convertidores caros y son de menor peso, tamaño y coste que los motores de corriente

continua. La carga máxima del motor asíncrono se limita netamente por la magnitud de su momento crítico perturbador.



Figura 10.- Carros de accionamiento eléctrico.

Fuente: <http://mhscrane.com/images/Motorized-Trolley.jpg>

1.5.3.- Carro de accionamiento por empuje manual

Es un bastidor con ruedas, con un aparejo de cadena suspendido, que corre por las alas superiores o inferiores de una viga, constituye la forma más sencilla de carro manual.

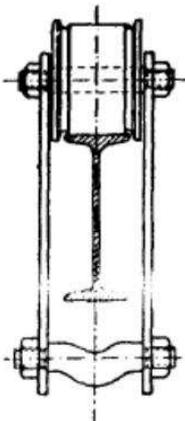


Figura 11.- Carro apoyado sobre las alas superiores de una viga para ponerle un tecele de cadena suspendido.

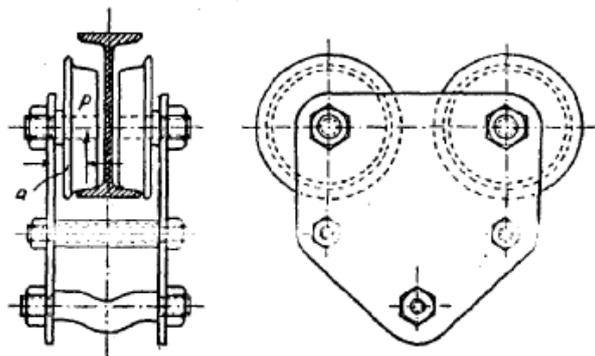


Figura 12.- Carro apoyado sobre las alas inferiores de una viga para ponerle un tecele de cadena suspendido.

Fuente: Aparatos de elevación, HELLMUT ERNST, tomo II, Pagina 89.

Se emplea para fines completamente secundarios, en combinación con un puente grúa, o también como aparejo independiente sobre vía tendida fija, en forma semejante a un carro de polipasto eléctrico. El movimiento de traslación se consigue tirando de la carga (hasta aproximadamente 0,5 toneladas de carga, o bien, 1,5 toneladas con cojinetes de rodamientos en las ruedas) o con accionamiento manual mediante una polea de cadena y cadena manual.

1.6.- Mecanismo de elevación

1.6.1.- Polipasto eléctrico de cadena

Estos polipastos de cadena se distinguen por su diseño compacto y elegante, por su peso reducido y por su construcción robusta. La cadena es de acero cementado, mecanizada con precisión y con tolerancias perfectamente adaptadas que garantizan un funcionamiento suave y silencioso del polipasto. Los ganchos de suspensión y de carga están fabricados en acero de alta resistencia y, en caso de sobrecarga, se abren sin rotura.



Figura 13.- Polipasto eléctrico de cadena.

Fuente: <http://www.ayerbe.net/wp-content/uploads/2012/01/GIS-GCH-5001.jpg>

Está constituido principalmente por el elemento de suspensión como es el gancho, órgano de elevación (cable o cadena), polipasto con sus respectivas poleas, motor eléctrico para la elevación y sistema de seguridad y freno.

1.7.- Medios de Recepción de la Carga

1.7.1.- Ganchos

Los ganchos son accesorios empleados para la sustentación de la carga o de los mismos aparatos elevadores para permitir su elevación y traslado. Se constituyen de acero recocido, o de acero semiduro, empleando el proceso de estampado para ganchos de carga pesada. Los ganchos para puente grúas son construidos con materiales que resistan grandes esfuerzos al momento de su utilización.

Entre los diferentes tipos de ganchos tenemos:



Figura 14.- Tipos de ganchos.

Fuente: http://www.femetal.es/recursos/doc/manual_grua/4DBCD1F9B0214168A262FD53FA9BA2AA.gif

1.7.2.- Cadenas de Eslabones

Aunque tienen menos ventajas que los cables metálicos, las cadenas son utilizadas en aparatos de elevación manuales, son muy sensibles a las sobrecargas y los choques, tienen menos elasticidad que los cables, se rompen súbitamente y son muy resistentes a la corrosión.

Se distinguen dos clases: las calibradas y las no calibradas, las no calibradas se fabrican de acero redondo estirado en frío o caliente y soldados por forja o eléctricamente.

Raramente se emplean como órganos de elevación, generalmente se usan solo como cadenas para suspender las cargas.

CAPÍTULO II

2.- Manipulación manual de cargas, diseño y construcción del puente grúa

2.1.- Introducción

La manipulación manual de cargas es una tarea bastante frecuente en el laboratorio de motores y, en muchos casos, es responsable de la aparición de agotamiento físico o bien de lesiones, que se pueden producir de una forma repentina o por la acumulación de pequeños traumatismos aparentemente sin importancia.

Las lesiones más frecuentes son, entre otras: contusiones, cortes, heridas, fracturas y sobre todo lesiones musculoesqueléticas. Estas últimas se pueden producir en cualquier zona del cuerpo, pero son más sensibles los miembros superiores y la espalda, en especial la zona dorso lumbar.

Manipular cargas pesadas siempre, casi siempre o a menudo durante el horario de prácticas, manifiestan también sufrir molestias musculoesqueléticas en la zona lumbar. Estas lesiones, aunque no son mortales, pueden tener larga y difícil curación, y en muchos casos requieren un largo período de rehabilitación, originando grandes costes económicos ya que el que manipula cargas manualmente muchas veces podría quedar incapacitado para realizar su conocimiento habitual y su calidad de vida puede quedar deteriorada.

2.2.- Manipulación manual de cargas

Manipulación manual de cargas es cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varias personas, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características inadecuadas entrañan riesgos, en particular dorsos lumbares, para los involucrados.

Las lesiones que tratan de prevenirse se refieren en especial a las producidas en la zona dorso lumbar de la espalda.

Se considera que toda carga que pese más de 3 kg puede entrañar un potencial riesgo dorso lumbar, ya que a pesar de ser una carga bastante ligera, si se manipula en unas condiciones desfavorables (alejada del cuerpo, con suelos inestables, etc.) podría generar un riesgo. De la misma manera, las cargas que pesen más de 25 kg muy

probablemente constituyan un riesgo en sí mismas, aunque no existan otras condiciones desfavorables.

Se considera como carga:

- Cualquier objeto susceptible de ser movido, incluyendo personas y animales.
- Los materiales que se manipulen por medios mecánicos pero que requieran aún del esfuerzo humano para moverlos o colocarlos en su posición definitiva.

2.3.- Procedimiento de manipulación de cargas en el laboratorio de motores

Los equipos pesados que se encuentran en el interior del laboratorio de motores son transportados de una manera inadecuada por varias personas aplicando esfuerzos físicos no distribuidos del cuerpo y las manos.



Fotografía 1.- Manipulación de cargas inadecuada.

Fuente: Autores.

2.3.1.- Errores y dificultades durante el procedimiento

Se presentaron varias dificultades durante este procedimiento.

- La manera como se traslada las máquinas, que se encuentran en el piso y el espacio para transportarlo es inseguro y conlleva a un gran riesgo.
- La forma como se ubica las máquinas presenta una situación de peligro para los operadores que sostienen la carga.

- Las pérdidas de tiempo debido al peso y dificultades del traslado y depende mucho de las habilidades y velocidad de operadores.

Una vez analizadas las dificultades de este procedimiento es difícil garantizar un buen traslado de los equipos y puede aumentar los riesgos en el factor humano.

2.3.2.- Resultado a demostrar

La solución apropiada para solucionar las dificultades es el diseñar y construir un equipo con sistema de traslado adecuado para la manipulación de cargas.

El sistema que se implemente debe contar con dispositivos adecuados para el traslado en toda la área del laboratorios y que al operarlo mantenga velocidades adecuadas de transporte.

El diseño y construcción de este equipo se desarrollara en el transcurso de este proyecto.

2.4.- Desarrollo del diseño

El diseño del puente grúa arrancó de la necesidad del laboratorio de motores de la facultad de mecánica naval, que necesitaba de un equipo adecuado ya que la realización de este proceso era llevada a cabo de forma manual, por los estudiantes que realizaban esfuerzos excesivos y estaban expuestos a un sin número de riesgos físicos, además el desplazamiento de las maquinarias era difícil de realizarse pues dependía del factor humano, como el horario de clases es corto a los estudiantes este efecto les causaba resultados negativos en el aprendizaje. Por eso se escogió por la implementación de un puente grúa con capacidad de una tonelada, gracias al cual el traslado será más rápido y ágil lo que beneficiará tanto a los estudiantes como a la Facultad de Mecánica Naval.

Para la realización del diseño del puente grúa con capacidad de una tonelada se utilizará los siguientes pasos para el diseño:

2.4.1.- Determinación de las dificultades

En la actualidad la Facultad de Mecánica Naval cuenta con un sin número de dificultades relacionadas con el manejo de maquinarias, pues la mayoría de estos son realizados manualmente, por lo que los estudiantes en su corto horario de clases son agotadoras, durante los cuales se encuentran sometidos a riesgos físicos debido al desplazamientos de equipos pesados, uno de los problemas que identificamos y creemos que requiere solución, es el transporte de los motores y maquinarias, pues esta labor es realizada por los estudiantes a mano, trabajo que creemos es riesgoso e inadecuado.

2.4.2.- Necesidades y limitaciones

Luego de conocer las necesidades de la facultad y un acuerdo con los estudiantes se procedió a realizar un análisis a cerca de los requisitos para el diseño de una grúa y en especial las ventajas que se desean de este, se plantearon como prioridades las siguientes opciones:

- La grúa debía llegar hasta a final del laboratorio, con lo que se buscaba es aprovechar toda el área del laboratorio.
- La grúa que se seleccionada debía ser apto para elevar y transportar los motores y maquinarias.
- La grúa debía contar con una capacidad máxima de 500Kg a 1000Kg, pues son los pesos máximos que se manejan y que eran difíciles de transportar.
- La grúa debía contar con algún medio para elevar y transportar las maquinarias tanto a lo largo (longitudinalmente), como a lo ancho (transversalmente), del laboratorio sin influir ni estorbar con los trabajos que se realizan con los equipos.

Conociendo el área del laboratorio y considerando las opciones proyectadas, las limitaciones en el diseño y construcción de la grúa:

Dimensionales:

- Luz entre apoyos 4.88m
- Distancia libre 4.98 m
- Altura total 2.72m
- Altura de elevación 2.22m
- Longitud de las vías 9m

Operacionales:

- Una carga máxima a elevar y transportar de 1000 Kg.
- Un sistema de elevación adecuado para la carga mencionada que será eléctrico.
- Un sistema de traslación transversal que cumpliera con los exigencias adecuadas y que su desplazamiento será manual.
- Un sistema de traslación longitudinal manual debido a que la longitud a recorrer es de 9m y se puede realizar de esta forma.

2.4.3.- Origen y estudio de la idea

Después de haber estudiado las necesidades y de haber establecido los requerimientos y limitaciones del diseño se procedió a desarrollar una serie de ideas y propuestas que pretendían de una u otra forma resolver el problema hasta llegar a un modelo final y adecuado. Como objetivo inicial se decidió que la grúa debía ser mecánica y en lo posible que contara con algunos dispositivos eléctricos, como el tecler para facilitar ciertos movimientos, a continuación se describe como esta grúa se ideó y desarrolló hasta el modelo final.

2.4.3.1.- Elección de la máquina de elevación y transporte

Puente grúa de viga sencilla

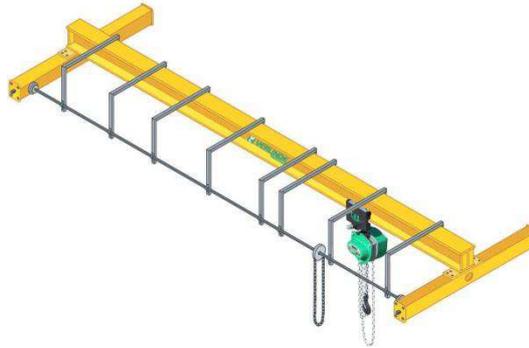


Figura 15.- Puente grúa de viga sencilla.

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/puentes-gruas-monorrieles-8590-2663903.jpg

Este tipo de puente grúa consta de una sola viga de acero soportada en cada extremo por una viga testera y de un tecele eléctrico con un carro manual dispuesto para rodar sobre las alas inferiores o superiores de la viga.

- Como la carga portante no es muy grande (1 Tonelada) y la luz es de 4.89m, este tipo es el más adecuado.
- Además del carro y el conjunto del testero de traslación del puente serán manuales, pues como ya se dijo la carga a transportar es pequeña y además el posicionamiento de las maquinarias que son actividades de los estudiantes están directamente en el sitio.

Después de analizar la alternativas planteada y teniendo en cuenta la facilidad de operación, la economía y el cumplimiento de los requerimientos de carga y tamaño se seleccionó este puente grúa.

2.4.4.- Evaluación y observaciones iniciales

Después de conocer y estudiar las principales ideas y haber definido el tipo de grúa a utilizar la mejor elección era el diseño, cálculo y construcción de un puente grúa de viga sencilla o monorriel el cual se dividirá en sistemas diferentes, los cuales se preparara un

sinnúmeros de ideas que después de ser desarrolladas y analizadas se describirán a continuación las más típicas, de acuerdo a los sistemas que conformarían el puente grúa.

2.4.4.1.- Sistema estructural

Los puentes grúas constan de una estructura metálica, suspendida en forma de puente, cuyos extremos se apoyan sobre ruedas que circulan por unos carriles paralelos elevados llamados caminos de rodadura y estas a su vez se apoyan sobre las ménsulas de las columnas.

- Para el diseño del puente grúa se requería el diseño y construcción de columnas adicionales a la cual se le pudieran adaptar las vigas de apoyo para las vigas carrileras esta idea se rechazó por los costos adicionales que implicaba y el laboratorio donde van a ser acopladas cuenta con pilares de hormigón armado; entonces se decidió que la mejor opción era que en las columnas fueran adaptadas ménsulas de acero, que cumpliera con los requisitos del diseño.
- Para el diseño de las vigas carrileras se planteó la siguiente opción:
 - * Se optó que la forma más viable de construir los caminos de rodadura, era usando vigas de perfil laminado, y se decidió que estaría hechos en vigas tipo IPE que por su gran inercia, rigidez, fácil adquisición en el mercado y economía.

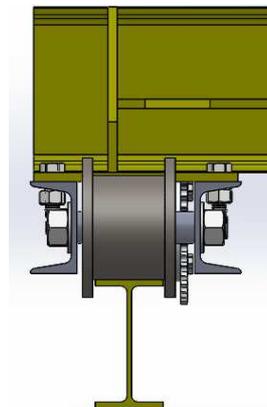


Figura 16.- Perfil IPE como viga carrilera.

Fuente: Autores.

2.4.4.2.- El puente de la grúa

Todos los puente grúas constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro, y de las dos vigas testeras, dispuestas perpendicularmente a las vigas principales, que llevan las ruedas de la grúa. El puente grúa de una sola viga con carro sobre las alas superiores, es más utilizado de forma manual hasta unas tres toneladas de fuerza portante. Según sea la magnitud de la carga y la luz, para la viga principal se emplean vigas de perfil laminado, vigas armadas o compuestas y vigas de celosía.

- * Para el diseño del puente se optó por el tipo de viga sencilla pues la carga máxima es de una tonelada y el diseño de la viga principal fue analizado de igual forma como se planteó el de las vigas para los caminos de rodadura, tomando a el perfil IPN como pre diseño final por que ocuparía menos espacio aunque sus costos eran un poco alto.

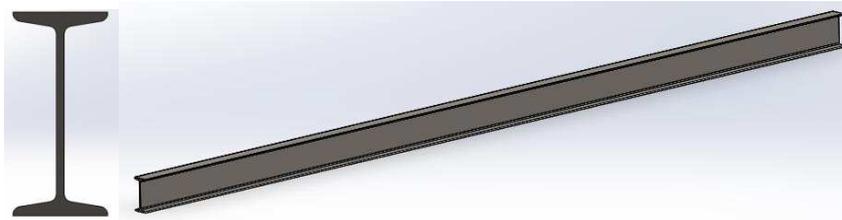


Figura 17.- Perfil IPN

Fuente: Autores.

- * Para el diseño de las vigas testeras sobre las que va montada la viga principal con todas sus partes y en la que van instaladas las ruedas para movilizar el puente, se optó por el tipo de viga testera de dos ruedas, que se usan para cargas pequeñas y moderadas hasta 20 Toneladas y 16m de luz, pues los requisitos de carga y luz se encuentran dentro de estos parámetros, y se decidió usar el perfil UPN por ser los más convenientes.

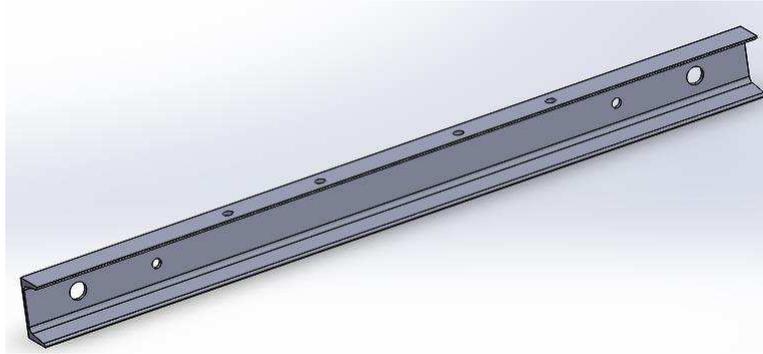


Figura 18.- Perfil UPN

Fuente: Autores.

2.4.4.3.- Mecanismos de translación de la grúa

Los mecanismos de avance o translación sirven para desplazar la carga en el plano horizontal, longitudinal y vertical.

Se decidió que el sistema de translación longitudinal de la grúa, que es el que realiza el desplazamiento del puente sobre los caminos de rodadura a lo largo del laboratorio, fuera de tipo manual por medio de una rueda eslabonada acoplada a los dos testeros, pues como la longitud a recorrer es de 9m, el recorrido que se va hacer se lo realice en el tiempo permisible para que los operadores sepan maniobrar en lo posible la grúa puente.

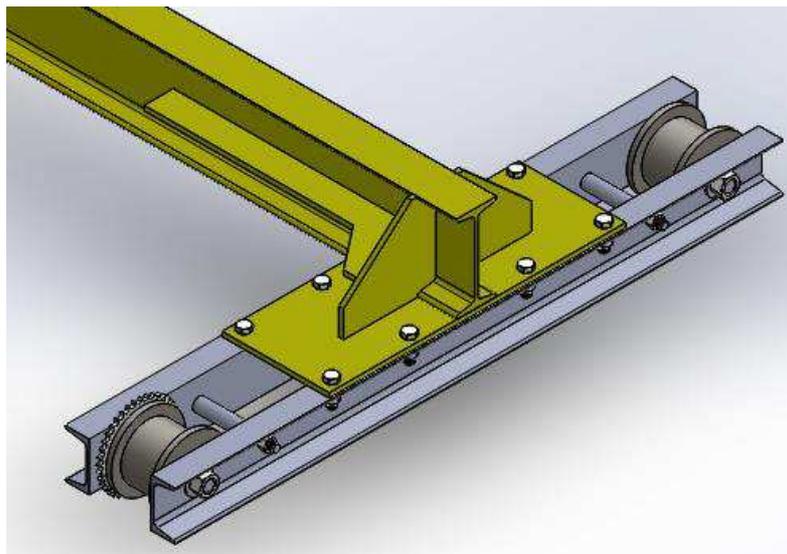


Figura 19.- Sistema de translación longitudinal.

Fuente: Autores.

Para el sistema de translación transversal, que es el que sirve para desplazar la carga por medio de un carro sobre la viga principal, se decidió que fuera un carro de accionamiento manual por empuje. Puesta en rotación por medio de ruedas, su forma y distribución de sus elementos depende de las alas superiores del perfil como caminos de rodadura has llegar al final.

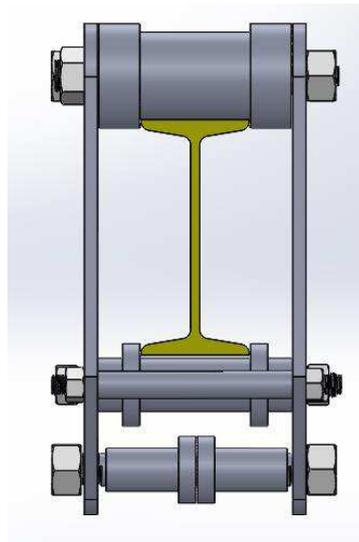


Figura 20.- Carro apoyado sobre las alas superiores de una viga.

Fuente: Autores.

Las ruedas de los dos mecanismos fueron evaluadas dependiendo de la forma que tenían los caminos de rodadura hasta llegar a la rueda que transitaría sobre las alas superiores de los perfiles.

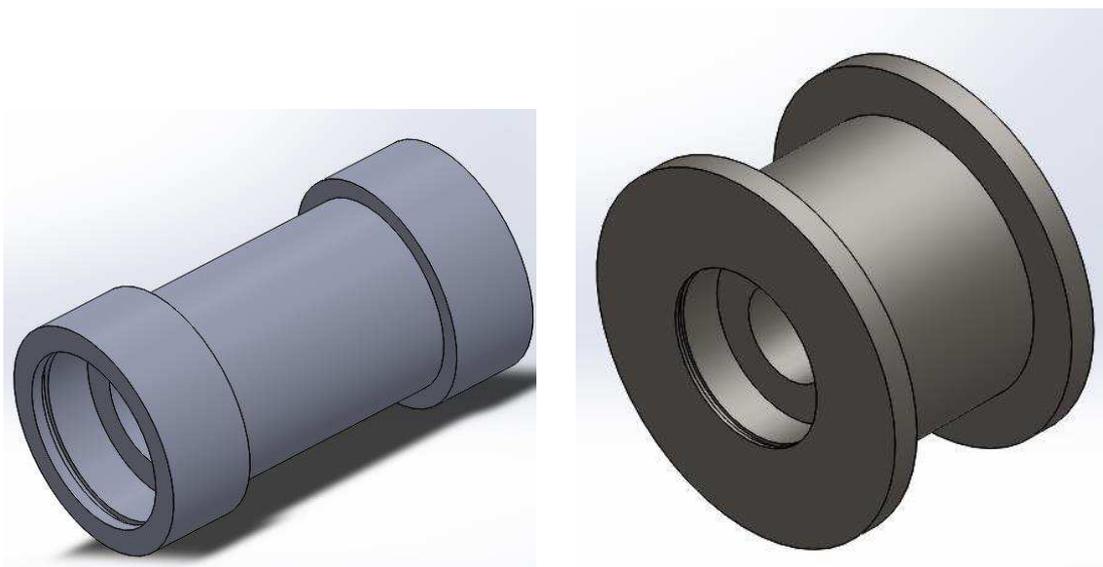


Figura 21.- Rueda de los dos mecanismos de translación.

Fuente: Autores.

2.4.4.4.- Mecanismo de elevación de la carga

Está constituido principalmente por el elemento de suspensión como es el gancho, órgano de elevación (cadena), este polipasto de cadena se distingue por su diseño compacto y elegante, por su peso reducido y por su construcción robusta. La cadena es de acero cementado, mecanizada con precisión y con tolerancias perfectamente adaptadas que garantizan un funcionamiento suave y silencioso del polipasto. Los ganchos de suspensión y de carga están fabricados en acero de alta resistencia y, en caso de sobrecarga, se abren sin rotura.



Figura 22.- Tecele eléctrico de cadena

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-m/polipastos-electricos-cadena-8133-2308269.jpg

2.5.- Representación específica del diseño

2.5.1.- Sistema Estructural

El sistema está constituido por nueve columnas donde se acoplan las ménsulas y soportan las vigas IPE 140, que son los caminos de rodadura por los que se desplaza el puente grúa que fue diseñado.

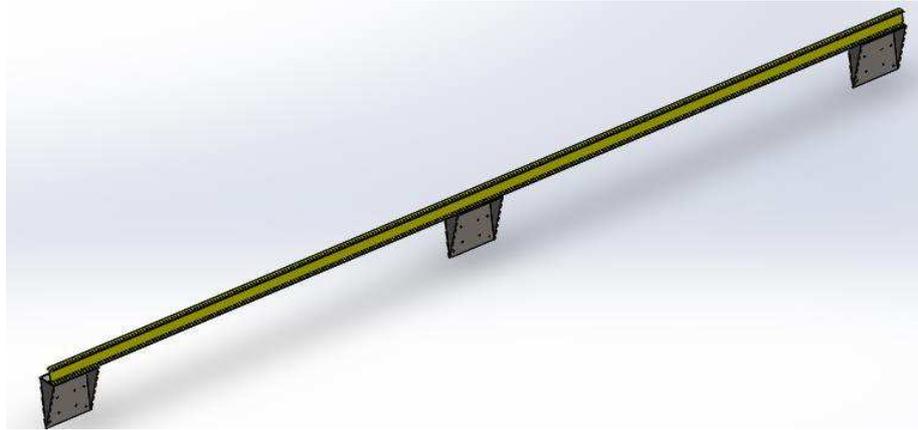


Figura 23.- Viga carrilera.

Fuente: Autores.

2.5.2.- El puente de la grúa

Los puentes grúas constan de una o dos vigas principales, sobre las que se apoyan los carriles del carro de las dos vigas testeras colocadas perpendicularmente a las vigas principales y que llevan las ruedas de la grúa. El puente de la grúa diseñado constará de los siguientes componentes:

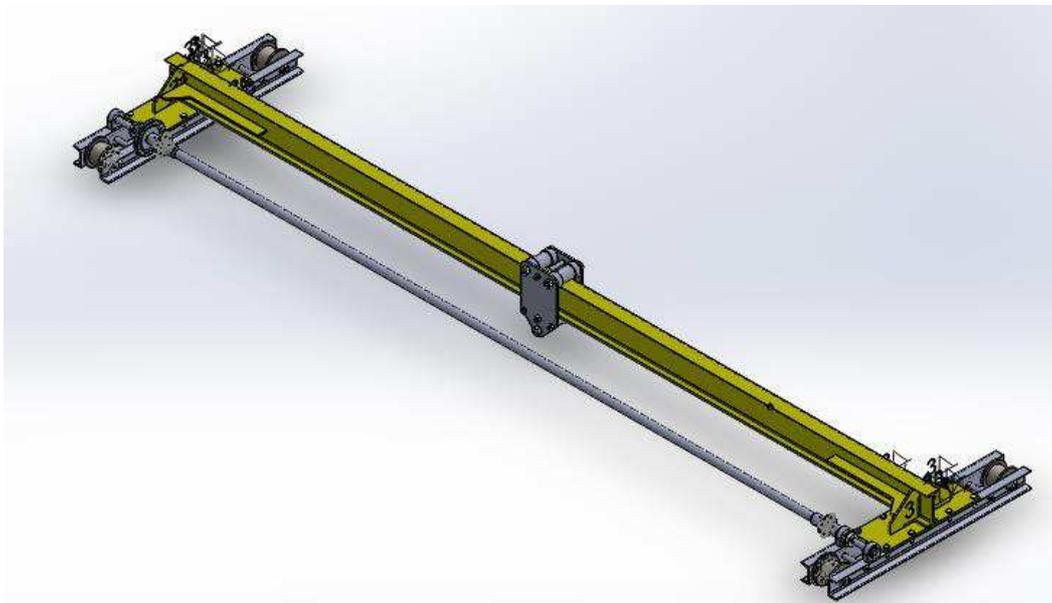


Figura 24.- Puente de la grúa.

Fuente: Autores.

2.5.2.1.- Viga principal

Es la sección del puente por la que se desplaza el carro que traslada la carga. Este componente fue diseñado de una viga perfil IPN y está formada por placas de acero en los extremos que servirán para unir con la viga testera.

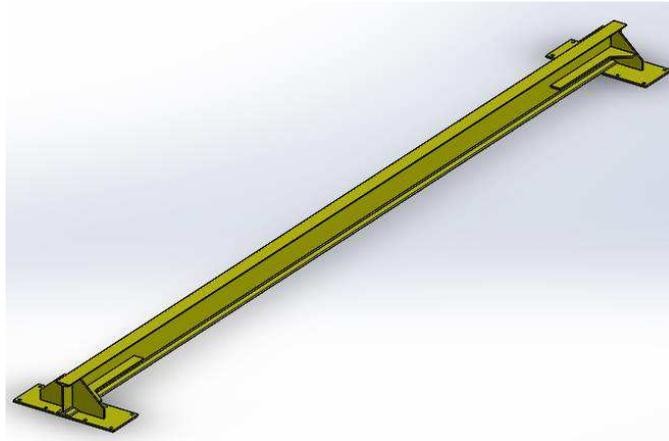


Figura 25.- Viga principal

Fuente: Autores.

2.5.2.2.- Vigas testeras

Son las vigas que van montada sobre la viga principal con todas sus partes y en la que van instaladas las ruedas para mover el puente. Para el diseño se escogió un perfil de acero estructural UPN 100 ya que la carga a trasladar es moderada.

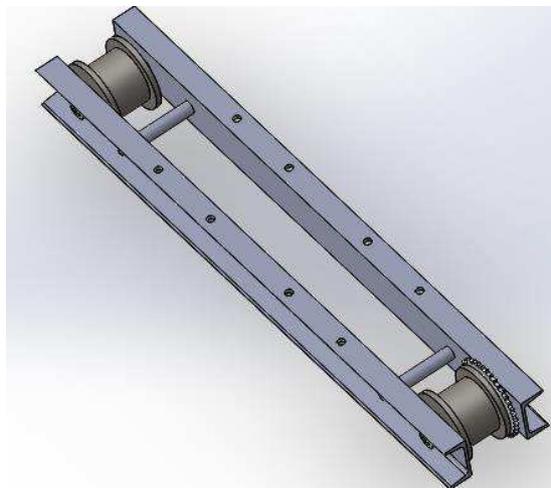


Figura 26.- Viga testera.

Fuente: Autores.

❖ Rueda del puente

Son las encargadas de trasladar el puente sobre las vigas carrileras, junto con la acción de la polea de cadenas eslabonadas, están fabricadas en acero de transmisión con un diámetro de 15cm.

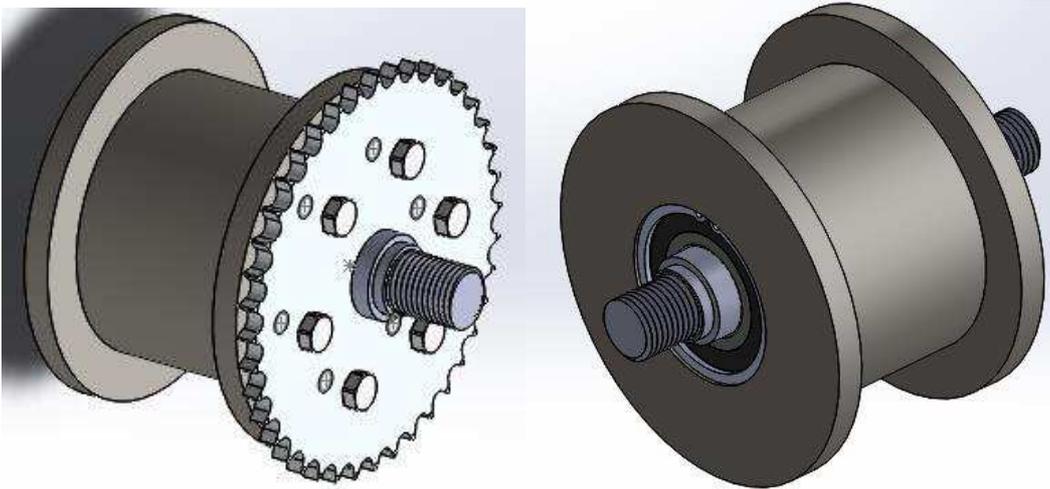


Figura 27 y 28.- Ruedas de testeros.

Fuente: Autores.

❖ Eje de las ruedas del puente

Son los encargados de facilitar el movimiento de las ruedas juntos a rulimanes de bolas, están diseñados para soportar las fuerzas a la resistencia de avance, fuerzas de inercias y la carga portante, construidas en acero 705 con una longitud de 18cm para ambas ruedas.

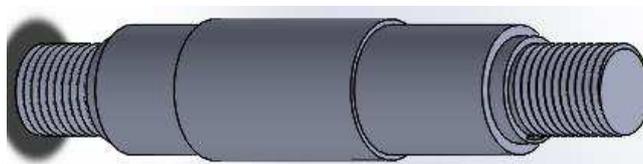


Figura 29.- Eje de ruedas del puente.

Fuente: Autores.

2.5.3.- Sistema de traslación transversal

Tiene la función de desplazar el carro sobre las alas superiores de la viga principal que consta de tres partes: el bastidor, ruedas de traslación, y el mecanismo de elevación. Para este diseño su accionamiento será por empuje que está constituido por el soporte del carro con dos ruedas diseñadas para trabajar por acción del empuje.

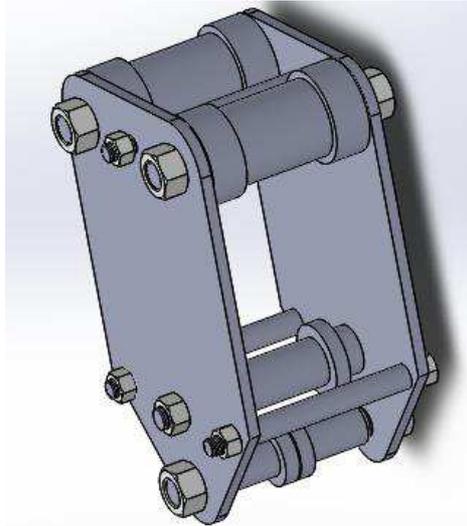


Figura 30.- Sistema de traslación transversal.

Fuente: Autores.

2.5.3.1.- Soporte del carro

Es la estructura donde se fijan todas las piezas que componen el sistema de traslación transversal, soporta las fuerzas que se transmiten en el empuje provocado por el desplazamiento de la carga. Está diseñado de plancha de acero estructural de 10mm.

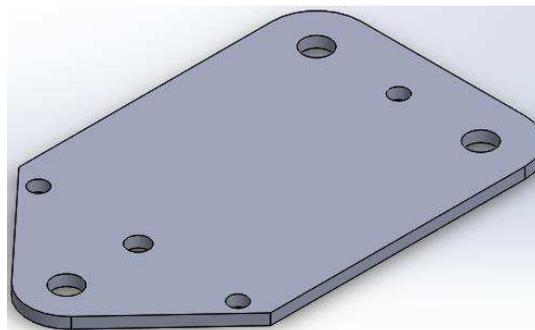


Figura 31.- Soporte del carro.

Fuente: Autores.

2.5.3.2.- Ruedas del carro

Serán las encargadas gracias a la acción del empuje trasladar el carro sobre la viga principal, están fabricadas de acero de transmisión con un diámetro de 8cm y una rueda guía de posicionamiento para evitar el descarrilamiento y atasco adaptado del carro en el ala inferior de la viga principal fabricados en acero de transmisión con un diámetro de 6 cm.

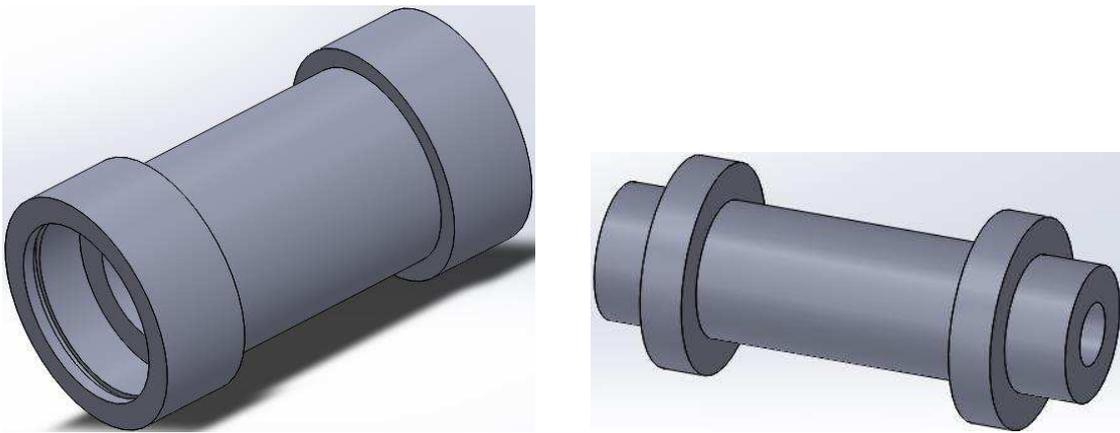


Figura 32 y 33.- Ruedas del carro.

Fuente: Autores.

2.5.3.3.- Ejes de las ruedas del carro

Es el encargado de generar movimiento a las ruedas del carro en conjunto con rulimanes de bolas, al igual que el eje de las ruedas del puente está diseñado para soportar las fuerzas debidas a la resistencia al avance, las fuerzas de inercia y parte de la carga portante; está construido en acero 705 con un diámetro de 15/16pulg y una longitud de 21cm acopladas a las dos ruedas y para el eje de la rueda guía de 3/4pulg.

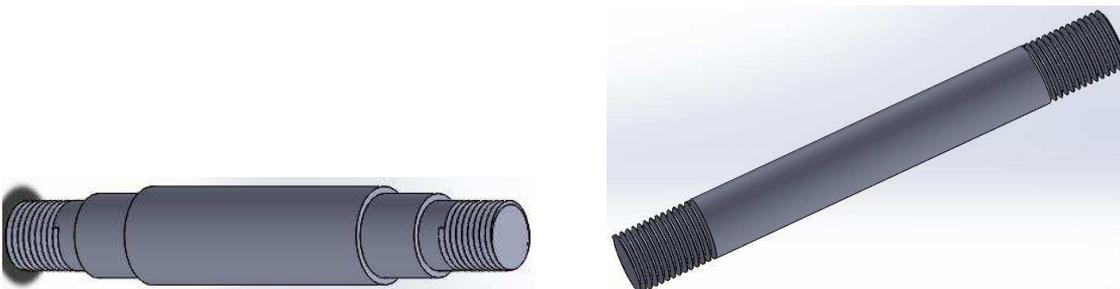


Figura 34.- Ejes de rueda del carro.

Fuente: Autores.

2.5.4.- Sistema de elevación de la carga

Es el encargado de elevar y descender la carga, se encuentra unido al sistema de translación transversal. Como la carga a elevar es de 1 Tonelada y la altura máxima es de 2m, se seleccionó para este sistema un polipasto eléctrico de cadena que cumpliera con los requerimientos y una altura máxima de elevación de 2m.

2.5.5.- Sistema de translación longitudinal

Es el encargado de desplazar el puente de la grúa que porta la carga a lo largo de las vigas carrileras, debido a la longitud a recorrer de 9m el mecanismo de avance es accionado por una polea de cadena y cuenta con un árbol de transmisión que es el encargado de transmitir al eje de las ruedas impulsoras la fuerza necesaria para avanzar.

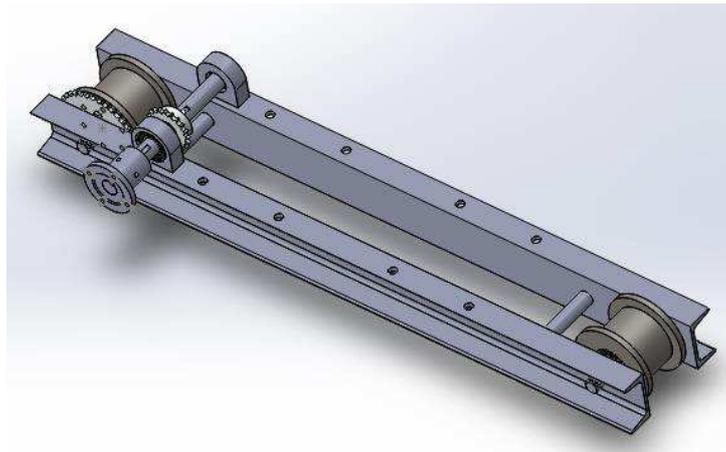


Figura 35.- Sistema de translación longitudinal.

Fuente: Autores.

2.5.5.1.- Eje de transmisión

La fuerza realizada por la polea de cadenas a las ruedas se transmite por medio de una transmisión de cadena eslabonada, sus extremos se encuentra acopladas al eje de transmisión del puente por piñones y cadena de rodillos hacia las ruedas, el cual se encuentra acopladas entre sí por bridas; la sección de transmisión fue fabricado en tubos de cedula 40 de diámetro 1 1 /4pulg. y una longitud de 4.24m, las bridas son de acero de transmisión de diámetro 2pulg.

2.5.5.2.- Polea de cadenas eslabonada

La potencia requerida para desplazar el puente a lo largo de los caminos de rodadura es suministrada por la fuerza que equivale a 25Kgf. de los brazos de los operarios aplicada a la cadena y este a la polea que está unida al eje de transmisión.



Figura 36.- Polea de cadenas eslabonada.

Fuente: Autores.

2.5.5.3.- Transmisión de cadena

Es la encargada de transmitir la potencia que proviene de la polea de cadenas a los piñones de las ruedas motrices para que se realice el desplazamiento del puente. Se selecciona una cadena número 40 con paso de $\frac{1}{2}$ de 76.2cm de longitud y dos ruedas dentadas número 40 de tramo único: la pequeña de 20dientes y la grande de 40 dientes.



Figura 37.- Sistema de traslación transversal.

Fuente: Autores.

CAPÍTULO III

3.- Cálculo estructural

3.1.- Datos de diseño y especificaciones del puente grúa

Dimensiones:

- * Longitud: 9m
- * Luz del puente: 4.89m
- * Altura de izaje. 2.74m

Tipo de polipasto: eléctrico

Velocidad de elevación 1 Ton: 4 m/min.

Peso aproximado: 70 Kg.

Potencia del motor de elevación 1 Ton: 0.72 Kw.

Tipo de conjunto de ruedas para testero: traslación por cadena

Tipo de carro de traslación de viga principal: traslación por empuje.

Voltaje de servicio: 220 V

Tensión de servicio: 50 – 60 Hz.

3.2.- Sistema estructural

Para determinar una carga viva, según los requerimientos de carga planteados, se definió que la carga máxima a transportar sería de 1000 Kg y usando los siguientes factores de seguridad:

- Coeficiente de mayoración ψ que depende de la clase de máquina de elevación, para este caso el puente grúa a diseñar corresponde al grupo I, (ver tabla 78 y 80 del libro de Hellmut), se obtiene un coeficiente $\psi = 1.2$.
- Factor por impacto y vibración en la máquina ϕ , y que en la tabla para una grúa de traslación manual $\phi = 1.1$.

Entonces la carga viva será:

$$Q = P \times \Psi \times \phi$$

$$Q = 1000 \text{ Kg.} \times 1.2 \times 1.1 = 1320 \text{ Kg}$$

Dónde:

P es el peso del proyecto, **Ψ** coeficiente de compensación, **φ** coeficiente de choque.

De acuerdo a lo definido en el proyecto, donde se decidió que la viga principal y los rieles serían de vigas de alma llena.

3.3.- Cálculo de la viga principal

- Para la elección de la viga adecuada se recomienda que el esfuerzo admisible para puentes grúas de traslación manual del acero ASTM A-36 será:

$$\sigma_{adm} = 0.50 \cdot F_y, \quad \sigma_{adm} = 0.5 (2530 \frac{Kg}{cm^2}) = \sigma_{adm} = 1266 \frac{Kg}{cm^2}$$

Son factores determinantes debido a que el sistema diseñado es a flexión.

- Como se planteó la viga principal se diseñó como una viga con una luz de 489 cm.
- La viga principal debe tener una deflexión máxima \leq luz (cm)/750, donde 0.978 es el adecuado.
- Se calcula la viga sin considerar su propio peso, solo se considera Q_f , $Q_{polipasto}$ y Q_{carro} de traslación manual.
- $Q = 1 \text{ Ton. (1000 Kg)}$; $Q_v = 1320 \text{ Kg}$
- $Q_{polipasto} = 55 \text{ Kg}$.
- Q_{carro} de traslación manual = 25 Kg
- $G_o = Q_{polipasto} + Q_{carro}$ de traslación por empuje = 55Kg + 25Kg = 80Kg

3.3.1.- Cálculo de presión bajo cada una ruedas del trole

$$P = \frac{P + G_o}{2}$$

$$P = \frac{1320 \text{ Kg} + 80 \text{ Kg}}{2} = 700 \text{ Kg.}$$

Dónde:

P es la presión bajo cada una de la ruedas del trole, **Q** el peso o carga viva a levantar, **G_o** el peso del trole con mecanismos de elevación y cadena.

3.3.2.- Cálculo de momento flector máximo

$$M_1 = \frac{P (L_1 - \frac{a_1}{2})^2}{2L_1}$$

$$M = \frac{700 \text{ Kg} (489 \text{ cm} - \frac{14 \text{ cm}}{2})^2}{2 \times 489 \text{ cm}} =$$

$$\frac{700 \text{ Kg} \times 232324 \text{ cm}^2}{978 \text{ cm}} = 166285 \text{ Kg.cm}$$

Dónde:

M₁ momento flector máximo, **L₁** longitud de la viga y **I₁** distancia entre ruedas del trole.

3.3.3- La flecha debida a la carga móvil

Corrientemente, en vigas de alma llena, no ha de valer más que **L/500** de la luz en puente grúas manuales.

$$f = \frac{L_1}{500} = \frac{489}{500} = 0.978$$

$$J_{erf} = \frac{P}{48 \cdot f \cdot E} (L_1 - l_1) \cdot [3L^2 - (L_1 - l_1)^2]$$

$$J_{erf} = \frac{700 \text{ Kg}}{48 \times 0.978 \times 2100000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} (489 \text{ cm} - 14 \text{ cm}) [3(489 \text{ cm})^2 - (489 \text{ cm} - 14 \text{ cm})^2]$$

$$\frac{700 \text{ Kg}}{98582400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} (475 \text{ cm}) (717363 \text{ cm}^2 - 225625 \text{ cm}^2)$$

$$0.0000071 \times 233575550 = 1658.54 \text{ cm}^4$$

Dónde:

f flecha en puente grúas manuales, **J_{erf}** momento de inercia del perfil y **E** modulo elástico del acero.

Si observamos en la tabla IPN 200 de perfiles buscaremos la más aproximada por exceso es la IPN 200, que tiene de momento resistente 214cm³(valor obtenido de la tabla 1, de anexos).

3.3.4.- Cálculo del momento flector máximo por peso propio M_2

$$M_2 = \frac{g \cdot (L_1^2)}{8}$$

$$M_2 = \frac{0.262 \frac{Kg}{cm} \cdot (489 \text{ cm})^2}{8}$$
$$7831.21275 \text{ Kg.cm}$$

Donde,

g es el peso de la viga por cada metro de la misma (valor obtenido de la tabla 1, de Anexos).

3.3.5.- Cálculo del módulo de sección (Z_{xx} o W_x) de la nueva viga

$$Z_{xx} = W_x = \left(\frac{J_{xrf}}{(H/2)} \right)$$

$$W_x = \frac{1658.54 \text{ cm}^2}{\frac{18 \text{ cm}}{2}} = 184.282 \text{ cm}^3$$

Dónde:

H altura de la viga misma (valor obtenido de la tabla 1, de Anexos).

3.3.6.- Cálculo del esfuerzo de trabajo

$$\sigma_{trab} = \frac{\varphi(M_2) + \psi(M_1)}{W_x}$$

$$\sigma_{trab} = \frac{1.1(7831.21275 \text{ Kg.cm}) + 1.2(166285 \text{ Kg.cm})}{184.282 \text{ cm}^3} =$$

$$\sigma_{trab} = \frac{208156.334 \text{ Kg.cm}}{184.282 \text{ cm}^3} =$$

$$\sigma_{trab} = 1129 \frac{Kg}{cm^2} < 1266 \frac{Kg}{cm^2}$$

De donde se deduce que la viga calculada es la adecuada.

3.4.- Cálculo de la viga testera

Para este cálculo usaremos la carga móvil, cuando el carro de traslación a empuje en el punto más cercano de la viga testera.

El cálculo de la fuerza móvil sobre la viga se obtiene de:

$$F_1 = (W_{IZAJE} + W_{CARRO} + W_{POLIPASTO}) \left(1 - \frac{e}{L}\right)$$

$$F_1 = (1320\text{Kg} + 25\text{Kg} + 55\text{Kg}) \left(1 - \frac{24\text{ cm}}{489\text{ cm}}\right)$$

$$F_1 = 1400\text{Kg} * (0.95)$$

$$F_1 = 1330\text{ Kg}$$

Dónde:

e será la distancia mínima de la rueda del carro misma (valor obtenido de la tabla 4, de Anexos).

La fuerza debida al peso propio:

$$F_2 = \frac{W_{VIGA} + W_{ACCESORIOS}}{2}$$

$$F_2 = \frac{129\text{ Kg} + 71\text{ Kg}}{2}$$

$$F_2 = 100\text{ Kg}$$

Entonces la fuerza máxima sobre la viga testera es:

$$F_{\max} = F_1 + F_2 = 1330\text{Kg} + 100\text{Kg} = 1430\text{Kg}$$

Con esta fuerza se halla el momento máximo requerido.

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} * L_{testera}}{4}$$

$$M_{\max} = \frac{1430\text{Kg} * 100\text{cm}}{4}$$

$$M_{\max} = 35750\text{ Kg.cm}$$

Con el momento máximo y el esfuerzo admisible, que para el acero A-36 es de $\sigma_{adm} = 1266 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, se obtiene el modulo Z :

$$Z = \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}}$$

$$Z = \frac{35750\text{ Kg.cm}}{1266 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$Z = 28.23\text{ cm}^3$$

Con el valor del módulo de sección se busca en la tabla # de perfiles UPN de acero A-36 y se obtiene el perfil UPN 100 con las siguientes especificaciones:

Módulo real = 41.2cm^3 , momento de inercia = 206cm^4 , área = 13.5cm^2 , altura = 100mm, ancho = 50mm, peso 10.6 Kg/m misma (valor obtenido de la tabla 3, de Anexos).

Con el módulo real y el momento máximo se calcula el esfuerzo real de trabajo y se compara con el admisible.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{max}}{Z_{real}}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{35750 \text{ Kg.cm}}{41.2\text{cm}^3}$$

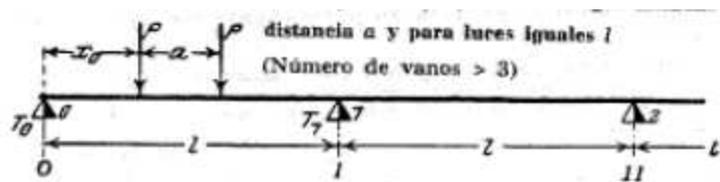
$$\sigma_{adm} = 868 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \leq 1266 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \sigma_{adm}$$

Como el esfuerzo de trabajo es menor que el admisible el perfil seleccionado es el adecuado, y se procederá al dimensionamiento de las cuatro vigas testeras.

3.5.- Cálculo de la viga carril del puente grúa

Para el cálculo de nuestra viga carrilera se dimensionara como una viga carril continua en dos vanos y nuestro puente grúa genera una carga máxima por rueda **P** de 680 Kg valor de la tabla # de puente grúas dirigidas manualmente, siendo la distancia entre ruedas **a** de 1 metro y la distancia entre apoyos **L** de 4.5 metros. La limitación de la flecha es **L/500**.

En la tabla siguiente tenemos para **a/L** tenemos: $1/4.5 = 0.22$ así que realizaremos una media entre los valores en la tabla para buscar los valores a necesitar.



Momentos flectores máximos y reacciones máximas de los apoyos a/L = 0 a 0,3											
a/L	Momentos en los apoyos				Momentos en los vanos				Reacciones de los apoyos		a/L
	M I		M II		Primer vano		Segundo vano				
	xº medido desde el soporte 0		xº medido desde el soporte 1		xº medido desde el soporte 0		xº medido desde el soporte 1		T 1	T 2	
	xº/L	M I	Xº/L	M II	Xº/L	max. M 2 xº	Xº/L	max. M 1 xº			
0	0,678	0,206 PL	0,616	0,172 PL	0,437	0,409 PL	0,495	0,345 PL	2,000 P	2,013 P	0
0,05	0,652	0,206 PL	0,59	0,172 PL	0,417	0,396 PL	0,489	0,321 PL	1,937 P	2,011 P	0,05
0,1	0,525	0,204 PL	0,563	0,171 PL	0,407	0,364 PL	0,484	0,299 PL	1,874 P	2,004 P	0,1
0,15	0,497	0,201 PL	0,534	0,168 PL	0,398	0,343 PL	0,479	0,279 PL	1,811 P	1,994 P	0,15
0,2	0,469	0,197 PL	0,504	0,164 PL	0,389	0,323 PL	0,474	0,261 PL	1,749 P	1,919 P	0,2
0,22	0,454	0,1945 PL	0,488	0,1615 PL	0,3845	0,3135 PL	0,472	0,252 PL	1,718 P	1,94 P	0,22
0,25	0,439	0,192 PL	0,472	0,159 PL	0,38	0,304 PL	0,47	0,243 PL	1,687 P	1,961 P	0,25
0,275	0,4235	0,189 PL	0,455	0,156 PL	0,376	0,2955 PL	0,468	0,2345 PL	1,657 P	1,949 P	0,275
0,3	0,408	0,186 PL	0,438	0,153 PL	0,372	0,287 PL	0,466	0,226 PL	1,627 P	1,937 P	0,3

Tabla 10.- Momentos flectores máximos y reacciones máximas en los apoyos.

Fuente: Aparatos de elevación y transporte, Hellmut Ernst, Tomo II.

Luego determinamos los momentos máximos para una viga carril continua de dos vanos misma (valor obtenido de la tabla 7, de Anexos).

$$M_1 = 0.1945 * 680 \text{ Kg} * 4.5 \text{ m} = 595.17 \text{ Kg.m}$$

$$M_2 = 0.1615 * 680 \text{ Kg} * 4.5 \text{ m} = 494.19 \text{ Kg.m}$$

$$M_{\text{max. 1}} = 0.3135 * 680 \text{ Kg} * 4.5 \text{ m} = 959.31 \text{ Kg.m}$$

$$M_{\text{max. 1}} = 0.252 * 680 \text{ Kg} * 4.5 \text{ m} = 771.12 \text{ Kg.m}$$

Luego encontraremos el perfil adecuado para la viga carrilera con el momento 1 calculado.

$$W = \frac{M_{\text{max.}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{59517 \text{ Kg.cm}}{1266 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 47 \text{ cm}^3$$

Si observamos en la tabla de perfiles buscaremos la más aproximada por exceso es la **IPE 140**, que tiene de momento resistente 77cm^3 misma (valor obtenido de la tabla 2, de Anexos). Ahora comprobaremos si con este perfil se consigue la flecha admisible con la siguiente formula:

$$f_{\text{max.}} = \frac{\frac{P}{2} \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$f_{\text{max.}} = \frac{\frac{680 \text{ Kg}}{2} \cdot (450 \text{ cm})^3}{48 \cdot 2100000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 541 \text{ cm}^4} =$$

$$f_{\text{max.}} = \frac{30982500000 \text{ Kg.cm}^3}{54532800000 \text{ Kg.cm}^4} =$$

$$f_{\max.\text{IPN } 200} = 0.73 \text{ cm}$$

Tenemos una limitación de flecha de **L/500** para vigas carrileras de traslación manual.

$$f_{\max.} = \frac{450}{500} = 0.9 \text{ cm}$$

La flecha máxima calculada es 0.73 cm < 0.9 cm por lo tanto la viga calculada es la adecuada.

3.6.- Cálculo del diámetro de las ruedas para las vigas testera y la viga principal

$$D_r = \frac{P_{\max}}{(b-2*r)*k}$$

Dónde:

k = Es un factor empírico que equivale $k = 20 \frac{Kg}{cm^2}$ para acero sobre acero (valor obtenido de la tabla 5, de Anexos).

b y r = Son valores que dependen del tipo de carril. En este caso usaremos la medida del ala superior de la IPN 140 de 7.3cm de designación acero A-36.

$$P_{\max} = \frac{W_{IZAJE} + W_{CARRO} + W_{POLIPASTO} + W_{VIGA} + W_{ACCESORIOS} + W_{TESTERA}}{N^{\circ} \text{ ruedas}}$$

$$P_{\max} = \frac{1320Kg + 6Kg + 74Kg + 129Kg + 71Kg + 31.8Kg}{2}$$

$$P_{\max} = \frac{1631.8Kg}{2} = 816 \text{ Kg}$$

Entonces el diámetro mínimo de la rueda resulta:

$$D_r = \frac{P_{\max}}{(b-2*r)*k}$$

$$D_r = \frac{816Kg}{[7.3cm - (2*2.35cm)] * 20 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$D_r = 15.69 \text{ cm}$$

Se utilizarán ruedas de 160 mm de diámetro.

CAPÍTULO IV

4.- Construcción, montaje y pruebas de funcionamiento

En este capítulo se muestra la forma como se llevó a cabo la construcción, montaje y afinación del puente grúa. Para su construcción se tomó en cuenta la facilidad de obtención de los materiales en las empresas locales, el cual se utilizaron las instalaciones del taller de la facultad y talleres particulares, donde se emplearon equipos como una caladora de metal, sierra alternativa, taladro vertical, torno, pulidora y el equipo completo de soldadura, entre otros.

4.1.- Sistema estructural

Como la facultad de mecánica naval no contiene una estructura de columnas adecuada con ménsulas sobre la cual se lograra trasladar el puente de la grúa, fue preciso realizar unas adaptaciones adecuada de ménsulas en los pilares de concreto, a la cual se adaptaron en las nueve columnas que conformaran la estructura del puente.

4.1.1.- Montaje de las ménsulas en los pilares de hormigón

Las ménsulas constan de una plancha de 50x48cm con un grosor de 10mm y dos pie de amigos de 21x50cm y una plancha de 21x48cm en la parte superior como pedestal, después se nivelaron las columnas correctamente con respecto a los pedestales (Foto 1), después se procedió a cortar las planchas y luego soldaron entre sí por medio de cordones E7018 (Foto 2). Cada ménsula contiene 6 perforaciones de 5/8", a la que va atornilladas y fijadas con pernos de expansión de 5/8" x 5 pulgadas de longitud en la columna de hormigón, la columna es cuadrada de 38cm, como se observa en la (Foto 3)



Fotografía 2 y 3.- Nivelación, corte, perforado y soldado de ménsulas.

Fuente: Autores.



Fotografía 4.- Atornillado y fijado de ménsulas.

Fuente: Autores.

4.1.2.- Montaje de la viga carrilera a las ménsulas

Con los datos obtenidos en los cálculos de viga carril para puentes grúas de igual vano se obtuvo una viga IPE 140 que posteriormente se compra esta viga por 9 metros de longitud y se pintan. Más adelante se procede al montaje de las vigas IPE, después de estar en la parte superior de las ménsulas se alinean y se comprueba el paralelismo entre las vigas para un buen deslizamiento en el desplazamiento longitudinal, para luego asegurarlas con cordones de soldadura E7018, luego de fijadas se refuerzan el alma de cada punto de los vanos con platinas tipo escuadras para evitar el pandeo de las mismas vigas cerciorándonos de la rigidez de las mismas.



Fotografía 5.- Montaje de los rieles a las ménsulas.

Fuente: Autores.

4.2.- El puente de la grúa

Como se detalló en el capítulo 2 el puente de la grúa está compuesto por la viga principal, las vigas testeras y las cuatro ruedas junto con sus rodamientos y sus ejes.

4.2.1.- Viga principal

El tipo de la viga que se obtuvo de los cálculos realizados en el capítulo 4 resultó ser una viga IPN 180, posteriormente se adquirió este perfil laminado para ser cortado a la medida de la luz indicada para la viga principal.

Luego fueron soldados en los dos extremos de la viga dos planchas de 61x22cm y 10 mm de grosor perforadas, que formará la unión viga-testero.

En los mismos extremos se colocaron planchas pequeñas horizontales para aumentar su rigidez en el desplazamiento longitudinal.



Fotografía 6 y 7.- Construcción de la viga principal.

Fuente: Autores.

4.2.2.- Vigas testeras

El perfil calculado que se requería y el más recomendado para construir las vigas testeras fue el de tipo UPN americano 100 X 55mm, que comercialmente viene de 6m, para armar las vigas testeras primero se cortaron los perfiles en cuatro secciones de 1.25m cada una, luego se procedió a realizar dos perforaciones de 1 1/8" en cada sección para introducir el eje y con dos perforaciones de 5/8" para usar bocines con pernos que se ajustan para la separación de las vigas y por ultimo perforaciones de 5/8" en la parte superior de las alas con hilos que será la unión viga principal y testero.



Fotografía 8.- Viga testera.

Fuente: Autores.

4.2.3.- Ruedas del puente

Las ruedas del puente son cuatro, dos ruedas son motrices y se encuentra acoplado un piñón de cadena de 40 dientes y las otras dos son impulsadas en conjunto. De acuerdo a los cálculos el diámetro de las ruedas fue de 15cm, y su forma como se ve en la fotografía 8, se construyó en acero de transmisión, trabajo que se realizó en el taller de la facultad donde se procedió a maquinirlas.



Fotografía 9.- Rueda del puente.

Fuente: Autores.

4.2.4.- Eje de las ruedas del puente

Los ejes de las ruedas son cuatro, fabricados en acero 705 de 1 1/8 pulgadas, 19cm de longitud, fueron mecanizados como se ve en la figura 9 y 10.



Fotografía 10 y 11. Eje de las ruedas del puente ya acopladas con los rulimanes.

Fuente: Autores.

4.2.5.- Montaje del puente de la grúa

Para el montaje de la viga principal sobre las vigas testeras se atornillaron con ocho pernos de 5/8" x 1 1/2" de largo grado 8 sobre la plancha ya soldada en los extremos de la viga y las perforaciones con hilos de 5/8" de diámetro de las parte superior de las vigas UPN, creando así un acople perfecto como se ve en la figura 12.



Fotografía 12.- Unión de la viga principal-viga testera.

Fuente: Autores.

4.2.6.- Montaje de las ruedas

Los ejes de las ruedas se encuentran acoplados y soportados sobre dos rodamientos, que se encuentran colocados en el interior de las ruedas, las ruedas se encuentran acopladas en el alma del perfil UPN y ajustadas por medio de tuercas. En la figura 20 se observa el montaje de las ruedas en las vigas testeras.



Fotografía 13.- Montaje de las ruedas del puente.

Fuente: Autores.

4.3.- Sistema de translación transversal

El sistema se encuentra compuesto por los ejes, el bastidor del carro y las ruedas.

4.3.1.- Bastidor del carro

El bastidor del carro se fabricó con dos planchas de acero naval de 10mm de grosor, a las dos secciones se les realizaron cuatro perforaciones de 1 1/8 pulgadas, para insertar los ejes y tres agujeros de 5/8" pulgadas para los pernos y separadores que aprietan los la tolerancias de los ejes del soporte.



Fotografía 14.- Bastidor del carro.

Fuente: Autores.

4.3.2.- Ejes del sistema de translación transversal

Los ejes son dos, ambos de acero 705 de 1 3/16" de diámetro, de 21cm de longitud y fueron mecanizados como se ve en la foto 14, se encuentran apoyados sobre rodamientos para permitir el movimiento más suave.



Fotografía 15.- Ejes del sistema de translación transversal.

Fuente: Autores.

4.3.3.- Ruedas del carro

Las ruedas del carro son dos, fueron fabricadas en acero de transmisión y mecanizadas al tamaño definido de las alas superiores del perfil IPN, las ruedas son impulsadas por empuje acoplada a los ejes por medio de rulimanes y ajustadas con pernos de seguridad, como se ve en las fotografías 15 y 16.



Fotografía 16 y 17.- Montaje de las ruedas del carro.

Fuente: Autores.

4.3.4.- Montaje del sistema de traslacion transversal

Luego de acoplar cada una de sus partes del sistema de traslacion tranversal se procede al montaje y ajustes de pruebas del carro de traslacion por empuje.



Fotografía 18.- Montaje del carro de traslación por empuje.

Fuente: Autores.

4.4.- Sistema de translación longitudinal

El sistema se encuentra formado por dos piñones de cadena en cada testero, la polea eslabonada, la cadena, el eje de transmisión con sus apoyos y rodamientos.

4.4.1.- Montaje de la polea de cadena

Debido a la configuración que se eligió un puente grúa monorraíl de translación manual, se requería una polea eslabonada de cadena fue necesaria diseñarla a un lado de la viga testera con sus respectivos soportes y ejes. Fueron soldadas los soportes de los ejes a distancias definidas por el diseño.



Fotografía 19.- Montaje de la polea de cadena.

Fuente: Autores.

4.4.2.- Eje de transmisión

Los ejes de transmisión se apoyaron sobre rodamientos de bolas, la sección del centro de la polea es de acero de transmisión de 6 pulgadas de diámetro y mecanizada en el centro para colocar la polea de la cadena y en sus extremos acoplar un tubo de cedula 40 de 1 1/4" para transmitir al otro testero de la misma forma.



Fotografía 20.- Montaje de eje de transmisión.

Fuente: Autores.

4.4.3.- Montaje del tecele eléctrico

Una vez completado el armado del sistema de traslación transversal se procede al montaje del tecele eléctrico y sus respectivas conexiones de eléctrica.



Fotografía 21 y 22.- Montaje del tecele eléctrico y cables de alimentación eléctrica.

Fuente: Autores.

CAPÍTULO V

5.- Pruebas de funcionamiento del puente grúa

La grúa viajera diseñada debe cumplir las aplicaciones a la que construida, la carga de un peso máximo de 1000 Kg y el traslado y elevación de motores y equipos para facilitar el manejo dentro del laboratorio. Para demostrar y garantizar el cumplimiento de estas operaciones se realizaron varias pruebas de funcionamiento que se detallan a continuación.

5.1.- Prueba de capacidad de carga

En esta prueba se ejecutaron procedimientos para el sistema de traslación transversal, el de elevación y transporte de un equipo con una carga máxima aproximada a la diseñada.

Para esta operación se preparó el tecele eléctrico para elevar y transportar un motor cuyo peso es de 500 Kg, desde la puerta hasta el fondo del laboratorio, allí se bajó y se ubicó en un lugar adecuado. En el transcurso de esta prueba no se perdió de vista la facilidad para elevar y trasladar la carga tanto transversal como longitudinalmente.

5.1.1.- Conclusiones observadas en esta prueba

- Todos los sistemas que actuaron en la prueba de carga funcionaron apropiadamente y no se observó ninguna falla.
- El movimiento transversal del carro es por empuje y fue realizado por el mismo operario que controlaba el izaje de la carga quién estuvo pendiente de la facilidad de maniobrar el carro y ubicar el equipo.
- El desplazamiento longitudinal, es realizado por un sistema de transmisión manual por cadena eslabonada, es rápido y seguro, y tiene una velocidad adecuada de traslación.

- Anteriormente la forma que usaban los estudiantes el traslado de los equipos, en comparación con este puente grúa hicieron menos esfuerzo físico y fue más rápida ya que necesitaron menos operario para esta prueba.



Fotografía 23 y 24.- Prueba de izaje de carga y desplazamiento transversal.

Fuente. Autores.

5.2.- Prueba de traslado de carga

Luego de elevar la carga, el operario responsable maneja la traslación del puente grúa por medio de la cadena, dentro del área del laboratorio y luego posicionada por medio del carro de traslación por empuje.

5.2.1.- Conclusiones de las pruebas de operación de traslado longitudinal

- Se observó la facilidad de operar y maniobrar el puente grúa de traslación manual junto a sus sistemas de elevación y traslación.
- Con el puente grúa se logrará evitar cualquier clase de accidente.
- El posicionamiento de la carga por medio del carro de traslación por empuje es adecuado, y lo puede realizar un operario manualmente y este sistema es sencillo de maniobrar.



Fotografía 25 y 26.- Prueba de desplazamiento longitudinal de la carga.

Fuente: Autores.

5.3.- Operación y Mantenimiento del puente grúa de traslación manual

5.3.1.- Operación

- Para el manejo del puente grúa se necesita de un operador que sea bien observador, divise las fases de traslación y que tenga una buena concentración.
- A partir del momento que comience la operación del puente grúa, se debe impedir el cruce de personas para evitar accidentes; los operadores de la grúa viajera deben contar con equipos de protección tales como una ropa adecuada, casco, gafas de seguridad y guantes.
- Antes de poner en marcha el puente grúa se debe observar que la toma trifásica este bien asegurada y luego conectar la alimentación eléctrica controlada por breakers eléctricos.
- Al comenzar la movilidad en la traslación longitudinal se lo realizará en forma lenta halando la cadena lo más suave posible para no producir daños en sus elementos de traslación. El operador debe estar preparado para evitar velocidades de traslación rápidas para evitar choques fuertes, descarrilamiento del puente grúa o del carro por empuje.

- No se debe exceder la carga máxima de una tonelada, para evitar esto se recomienda conocer el peso exacto de la carga y no considerarlo por suposición.
- Al concluir la operación del puente grúa todos los dispositivos de maniobras se colocarán en su posición de parada y se desconectará la alimentación eléctrica.

5.4.- Mantenimiento

El mantenimiento de una grúa consistirá en el conjunto de comprobaciones, actuaciones, sustituciones y ajustes que se realizan para que la misma mantenga un nivel de seguridad aceptable y brindar una operación segura.

5.5.- Sistema estructural

- Verificar que las tuercas y tornillos de las ménsulas sean ajustada una vez por mes.
- Comprobar que las soldaduras de fijación no estén agrietadas una vez por mes.

5.5.1.- El puente de la grúa

- Comprobar los ajustes de los pernos que unen la viga principal con los testeros una vez al mes.
- Engrasar los rodamientos de las ruedas del puente de la grúa quincenalmente.
- Observar el desgaste del borde de las ruedas del puente una vez al mes.
- Inspeccionar las cuñas y prisioneros de los acoples una vez al mes.

5.5.2.- Carro de traslación transversal por empuje

- Engrasar los rodamientos de las ruedas del carro quincenalmente.
- Comprobar el ajuste de las tuercas de seguridad una vez al mes.
- Inspeccionar el desgaste de las ruedas del carro mensualmente.

5.5.3.- Sistema de traslación longitudinal

- Revisar posibles desgastes en la cadena eslabonada de la polea de mando una vez al mes.
- Inspeccionar piñones y cadenas una vez al mes.
- Verificar el ajustes de los pernos de las bridas del eje de transmisión manual una vez al mes.
- Lubricar el ala superior de las vigas carrileras quincenalmente.
- Lubricar los rodamientos del eje de transmisión quincenalmente.
- Inspeccionar los finales de carrera mensualmente.

CONCLUSIONES

- Con el presente proyecto de grado se consigue innovar un aporte al desarrollo tecnológico en el laboratorio de motores en la manipulación y traslado de cargas pesadas.
- Se consiguió diseñar y construir un puente grúa adecuada para la elevación y traslado de maquinarias pesadas, que cumple con las necesidades y delimitación de laboratorios de motores.
- Con el puente grúa construido se logra disminuir el esfuerzo físico, como los riesgos que se encontraban sometidos los estudiantes al realizar sus trabajos en el laboratorio de motores.
- La grúa diseñada y construida ofrece una gran facilidad de conducción, permitiendo que el operario maniobre con facilidad el sistema longitudinal, transversal y de elevación se maniobre con rapidez y seguridad.
- La estructura del sistema permite una facilidad en el mantenimiento de todas sus partes, en el laboratorio se cuenta con la herramienta necesaria para ejecutar estas maniobras y los repuestos se pueden obtener de una manera fácil en las empresas locales.

RECOMENDACIONES.

- Que se sigan innovando nuevos proyectos para el futuro y así aportar al desarrollo tecnológico.
- El puente grúa tiene que ser utilizado a la capacidad que fue diseñado, no realizar trabajos que excedan la carga del diseño.
- Que la grúa sea aprovechada al máximo para realizar todos los trabajos pesados y que los operadores eviten los esfuerzos físicos.
- Se deberá tomar en cuenta que el manejo del puente grúa deberá ser realizado por personal capacitado con el fin de disminuir los factores de riesgos.
- Se tendrá que realizar mantenimiento de forma periódica de todos los elementos, especialmente de los rodamientos y piezas que estén en contacto con estos, para de esta manera aumentar la vida útil del puente grúa.

BIBLIOGRAFÍA.

Hellmut, Ernst. (1972). 1 ed. Aparatos de Elevación y Transporte. Editorial Blume, Barcelona. 347 p.

Fratelli, Maria. (2006). Proyecto Estructurales de Acero. Ediciones Unive. Venezuela. 615 p.

Mc Cormac, Jack. (2007). 2 ed. Diseño de Estructuras de Acero. Metodo Lfrd. Grupo Editor Alfaomega. México. 704 p.

Arguelles, A. Ramón. (2005). 2 ed. Estructuras de Acero. Calculo. BELLISCO Ediciones Técnicas y Científicas Bellisco. Madrid. 276 p.

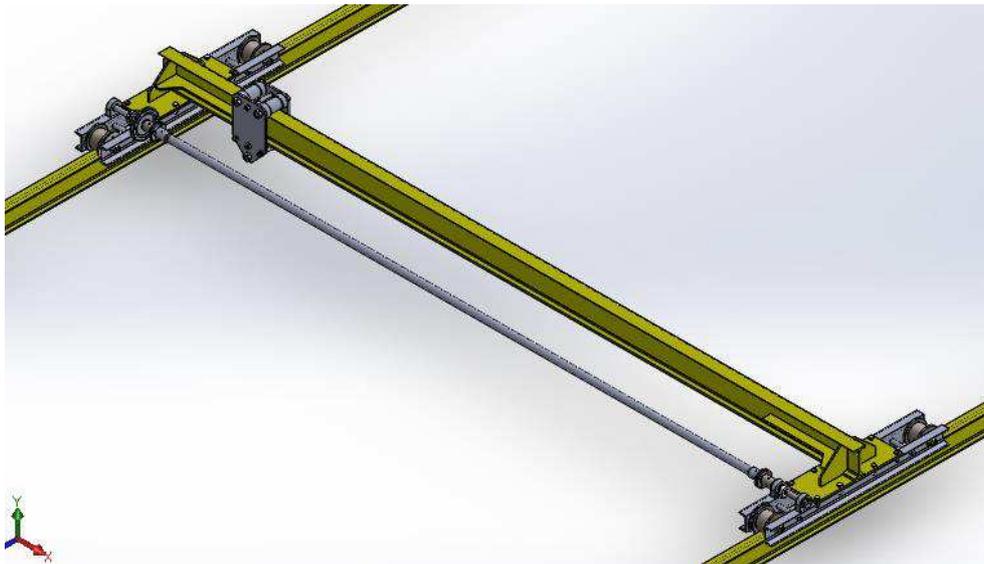
Arguelles, A. Ramón. (2006). 1 ed. Estructura de Acero. Uniones y Sistemas Estructurales. Ediciones Técnicas y Científicas Bellisco. Madrid. 246 p.

Vinnakota, Sriramulu. (2006). Estructuras de Acero: Comportamiento y Lfrd. McGraw-Hill Interamericana. México. 904 p.

ANEXOS

MANUAL DE PRÁCTICAS

PUENTE GRÚA DE UNA TONELADA DE TRASLACIÓN MANUAL.



ESTE MANUAL DE PRÁCTICAS HA SIDO ELABORADO
POR LOS AUTORES DE ESTE PROYECTO PARA
REALIZAR PRÁCTICAS DE OPERACIÓN A PARTIR DEL
PUENTE GRÚA.

LAS PRÁCTICAS REPRESENTAN UN PRIMER NIVEL DE
FORMACIÓN.

ABARCAN DIFERENTES MÓDULOS EDUCATIVOS Y VAN
EN AUMENTO EN CUANTO A SU DIFICULTAD.

PRACTICA N° 1

NOMBRE: PUENTE GRÚA

OBJETIVO: QUE LOS ESTUDIANTES CONOZCAN E IDENTIFIQUEN LAS PARTES FUNDAMENTALES QUE COMPONEN UN PUENTE GRÚA.

DESCRIPCION: SE ANALIZARÁN LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN UN PUENTE GRÚA.

PROCEDIMIENTOS: 1.- CON EL PUENTE GRÚA COMO HERRAMIENTA SE INICIA LA OBSERVACIÓN PARA IDENTIFICAR LAS PARTES QUE LO CONSTITUYEN.

2.- UNA VEZ CONCLUÍDA LA OBSERVACIÓN SE ELABORARÁ UN DIBUJO ESQUEMÁTICO EN DONDE SE SEÑALEN CADA UNA DE LAS PARTES EN CUESTIÓN Y SE ENUMERARÁ COMO SIGUE:

1.- VIGA PRINCIPAL

2.- TESTERO

3.- CARRO DE TRASLACIÓN TRANVERSAL POR EMPUJE.

4.- CADENA DE TRASLACIÓN

5.- EJE DE TRANSMISIÓN MANUAL

6.- RUEDAS ADAPTADAS PARA LA VIGA CARRILERA

7.- CABLEADO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL TECLE.

8.- TECLE ELÉCTRICO.

9.- POLEA ESLABONADA.

10.- VIGA CARRILERA

11.- MENSULAS



Identificación de las partes que conforman el puente grúa.

PRACTICA N° 2

NOMBRE: MEDIDAS PREVENTIVAS

OBJETIVO: QUE LOS ESTUDIANTES CONOZCAN LAS MEDIDAS PREVENTIVAS DE OPERACIÓN DE UN PUENTE GRÚA.

DESCRIPCION: ESTE ES UNA DE LOS PASOS MÁS IMPORTANTES EN LA OPERACIÓN DEL PUENTE GRÚA Y SE REALIZA SEGÚN DATOS OBTENIDOS DE NORMAS INTERNACIONALES.

PROCEDIMIENTOS: 1.- ESTA OPERACIÓN PUEDE EJECUTARSE EN CUALQUIER PUENTE GRÚA, APLICANDO LAS SIGUIENTES MEDIDAS DE SEGURIDAD:

MEDIDAS PREVENTIVAS

- * MANEJAR ÚNICAMENTE EL PUENTE-GRÚA SI SE ESTÁ LO SUFICIENTEMENTE CAPACITADO PARA ELLO Y SE CUENTA CON LA FORMACIÓN ESPECÍFICA NECESARIA Y LA AUTORIZACIÓN DE LA FACULTAD.
- * REALIZAR UNA VERIFICACIÓN VISUAL PREVIA DEL ESTADO DE LOS ACCESORIOS DE ELEVACIÓN A UTILIZAR, CON OBJETO DE DETECTAR POSIBLES FISURAS, ALARGAMIENTOS, DESGASTES, ETC., ASÍ COMO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.
- * SELECCIONAR EL ACCESORIO MÁS ADECUADO DE ACUERDO CON EL PESO Y LA FORMA DE LA CARGA A ELEVAR. LA CAPACIDAD DEL ACCESORIO DEBE VENIR

INDICADA POR SU CMU (CARGA MÁXIMA DE UTILIZACIÓN).

- * NO TRANSPORTAR A ESTUDIANTES SUJETOS EN EL GANCHO DE ELEVACIÓN DEL PUENTE-GRÚA.
- * NO TRANSPORTAR CARGAS POR ENCIMA DE LOS ESTUDIANTES.
- * BLOQUEAR LA BOTONERA CUANDO NO SE VAYA A UTILIZAR PARA EVITAR SU USO INDEBIDO.
- * EVITAR LA UTILIZACIÓN DE LAS CONTRAMARCHAS EN LOS MANDOS DE ACCIONAMIENTO (BOTONERAS).
- * NO ARRASTRAR CARGAS CON EL PUENTE-GRÚA NI ELEVAR ELEMENTOS CON ANCLAJE A UNA ESTRUCTURA.
- * EVITAR ACOMPAÑAR A LA CARGA EN LA PROXIMIDAD DE ELEMENTOS RÍGIDOS O FIJOS; SI BALANCEA O SE PRODUCE UN FALLO EN LA SUJECCIÓN SE PUEDEN PRODUCIR APLASTAMIENTOS.
- * NO GUIAR LAS CARGAS ELEVADAS CON LA MANO; UTILIZAR DISPOSITIVOS PARA SU POSICIONAMIENTO CON OBJETO DE EVITAR SER ALCANZADO EN CASO DE ROTURAS O BALANCEOS.
- * EVITAR TRABAJAR CON ÁNGULOS ENTRE LAS ESLINGAS SUPERIORES A 90°; EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE, TRABAJAR CON ÁNGULOS ENTRE 45° Y 60° PARA EVITAR SOBRECARGAS DE LAS ESLINGAS.
- * VERIFICAR LA CORRECTA IDENTIFICACIÓN DE LOS MANDOS DE

ACCIONAMIENTO (BOTONERA, RADIO CONTROL, ETC.)

- * NO UTILIZAR LOS FINALES DE CARRERA PARA DETENER LOS MOVIMIENTOS DE LAS CARGAS.
- * AVISAR MEDIANTE UN DISPOSITIVO ACÚSTICO A LOS ESTUDIANTES QUE SE ENCUENTREN PRÓXIMOS AL RADIO DE LA ACCIÓN DEL PUENTE GRÚA CUANDO SE ESTÁ TRANSPORTANDO UNA CARGA.
- * NO UTILIZAR LA PARADA DE EMERGENCIA COMO ELEMENTO DE MANIOBRA HABITUAL.
- * ANTES DE LA ELEVACIÓN COMPLETA DE LA CARGA, ASEGURARSE DE QUE LA SUJECIÓN SE HA REALIZADO CORRECTAMENTE TENSANDO SUAVEMENTE LA ESLINGA O EL CABLE DE ELEVACIÓN Y LEVANTANDO UNOS CENTÍMETROS LA CARGA DEL SUELO O DE LA PLATAFORMA DONDE ESTÉ SITUADA.
- * NO SOMETER UN CABLE NUEVO DE UN PUENTE-GRÚA A SU CARGA MÁXIMA; EN LAS PRIMERAS OPERACIONES SE RECOMIENDA IZAR LAS PESOS ENTRE EL 80 Y 90 % DE LA CARGA MÁXIMA.
- * SI SE UTILIZAN “GARRAS” PARA ELEVAR MATERIALES CON EL PUENTE-GRÚA, VERIFICAR QUE LA PIEZA A ELEVAR QUEDA SUJETA DE FORMA ADECUADA A LA PROFUNDIDAD DE LA “GARRA” PARA EVITAR LA CAÍDA DE LA PIEZA.

- * EN LA MANIPULACIÓN DE PIEZAS CILÍNDRICAS COLOCAR EL GANCHO DE SUJECCIÓN DE FORMA ADECUADA CON RESPETO AL TIRO DE ELEVACIÓN
- * UTILIZAR LAS SEÑALES GESTUALES REGLAMENTARIAS PARA LA SEÑALIZACIÓN DE LAS MANIOBRAS, DE TAL MANERA QUE SEA UN ÚNICO ESTUDIANTE QUE LOS REALICE.
- * UTILIZAR CASCO DE PROTECCIÓN, GUANTES Y CALZADO DE SEGURIDAD DURANTE LA MANIPULACIÓN DE CARGAS CON EL PUENTE-GRÚA.
- * COMPROBAR QUE, DURANTE LAS LABORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PUENTE-GRÚA, LOS MANDOS DE ACCIONAMIENTO SE ENCUENTRAN BLOQUEADOS Y CON LA ADVERTENCIA CORRESPONDIENTE.



Medidas preventivas para la operación de un puente grúa.

PRACTICA N° 3

NOMBRE: FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE GRÚA

OBJETIVO: QUE LOS ESTUDIANTES APRENDAN EL USO Y EL BUEN MANEJO DEL PUENTE GRÚA DENTRO DEL LABORATORIOS DE MOTORES.

DESCRIPCION: SE REALIZARÁ EL FUNCIONAMIENTO DEL PUENTE GRÚA TOMANDO EN CUENTA LAS MEDIDAS PREVENTIVAS.

PROCEDIMIENTOS: 1.- UNA VEZ APRENDIDA LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN SE PROCEDERÁ AL USO DEL PUENTE GRÚA.

2.- CON EL PUENTE GRÚA LISTO A ENTRAR EN FUNCIONAMIENTO DETALLAMOS LOS PASOS A REALIZAR:

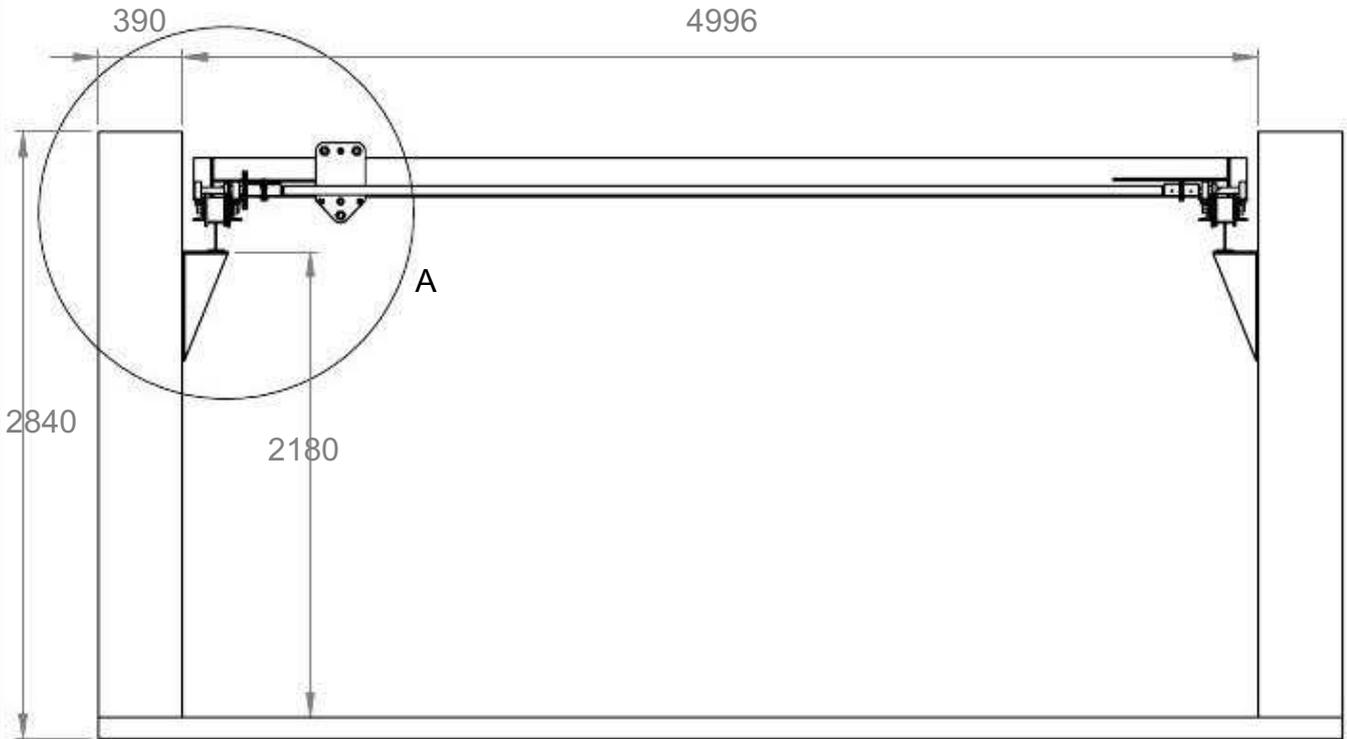
- * UTILIZAR LOS EPP.
- * CONECTAR LA ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE.
- * MOVER LA GRÚA POR LA CADENA DE TRASLACIÓN LONGITUDINAL DEL PUENTE PRINCIPAL AL LUGAR A EMPLEARSE.
- * UBICAR EL CARRO DE TRASLACIÓN TRANSVERSAL POR EMPUJE AL CENTRO DE LA CARGA A TRASLADAR.
- * PRESIONAR EN EL MANDO DE LA BOTONERA Y BAJAR EL GANCHO.
- * FIJAR CORRECTAMENTE LAS ESLINGAS A LA CARGA A TRASLADAR.

- * CENTRAR EL GANCHO SOBRE LA CARGA Y LA ESLINGA, REVISANDO QUE EL PESTILLO DEL GANCHO QUEDE BIEN ASEGURADO.
- * PRESIONAR EL BOTON DE SUBIR DE LA BOTONERA, DEJANDO SUSPENDIDA LA CARGA A UNA ALTURA ADECUADA.
- * PROCEDEMOS EL TRASLADO DE LA CARGA REALIZANDO LOS MOVIMIENTOS DE LA GRÚA DE ACUERDO AL LUGAR A UBICAR.
- * DESPUÉS DE HABER UBICADO LA CARGA, SACAMOS LA ESLINGA DEL GANCHO PRESIONANDO EL PESTILLO.
- * LUEGO SUBIMOS LA CADENA PRESIONANDO EL BOTON DE LA BOTONERA HASTA QUE EL GANCHO ESTO LO MÁS ALTO POSIBLE.
- * EL CARRO DE TRASLACIÓN TRANSVERSAL SE LO EMPUJARÁ A UN LADO DE LA VIGA PRINCIPAL, PARA NO ENTORPECER EL PASO DE LOS ESTUDIANTES.
- * CON LA CADENA DE TRASLACIÓN LONGITUDINAL UBICAMOS EL PUENTE GRÚA EN LA POSICIÓN DE ESTACIONAMIENTO.
- * AL FINAL DESCONECTAMOS LA ALIMENTACIÓN DE VOLTAJE DE LA GRÚA.

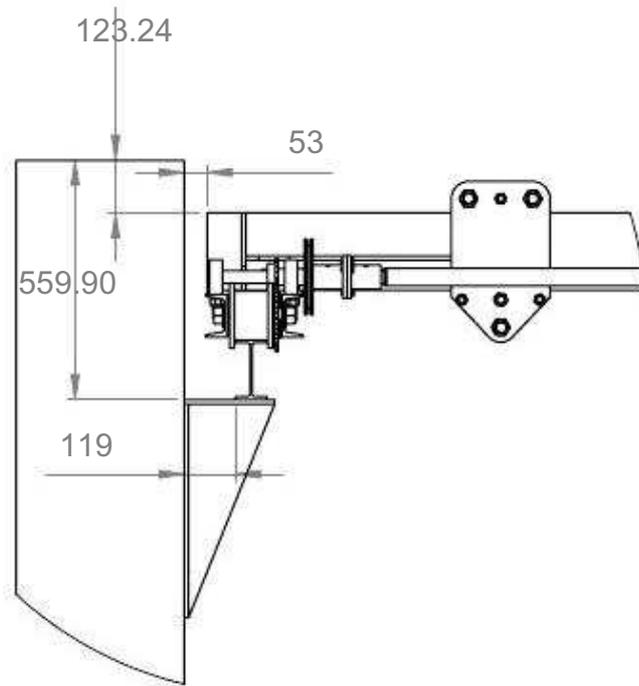


Los estudiantes aprendiendo el uso y el buen manejo del puente grúa dentro del laboratorio de motores y observado por el coordinador de carrera.

PLANOS DEL PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD

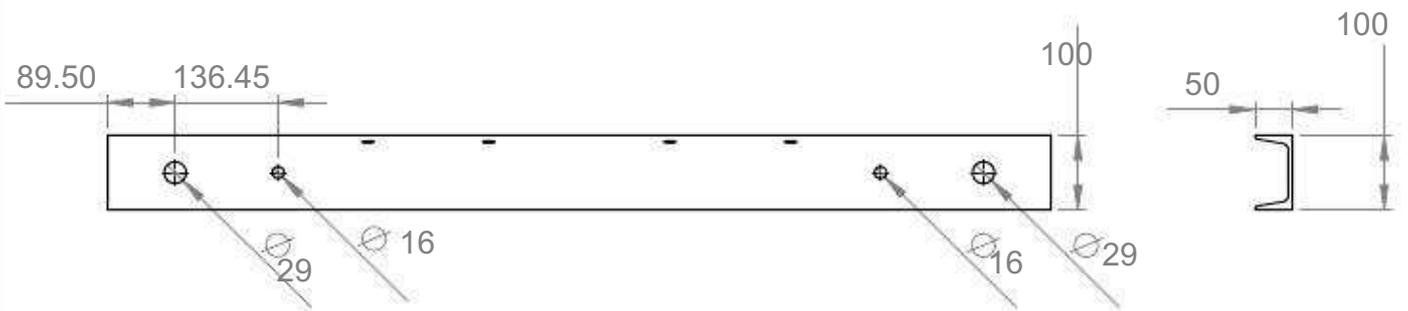
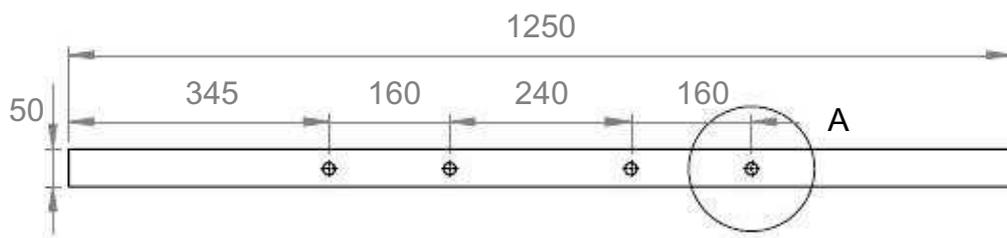
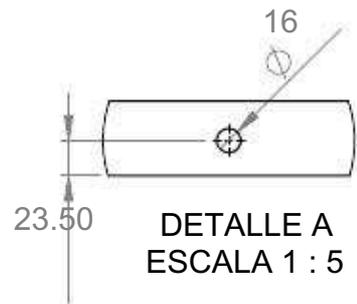
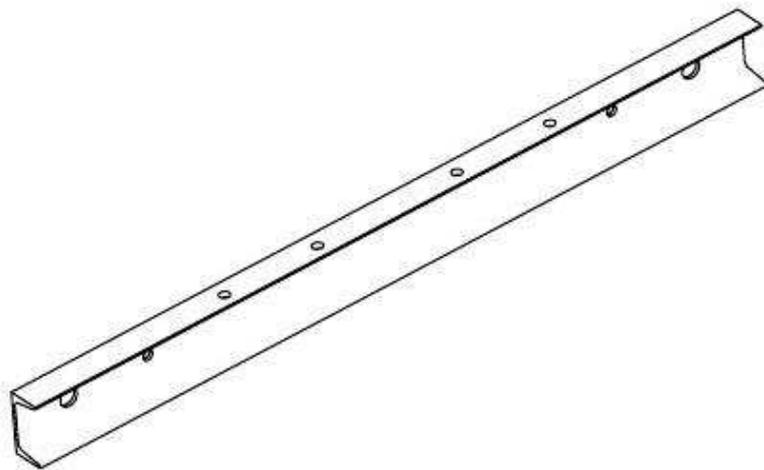


ESCALA 1 : 35

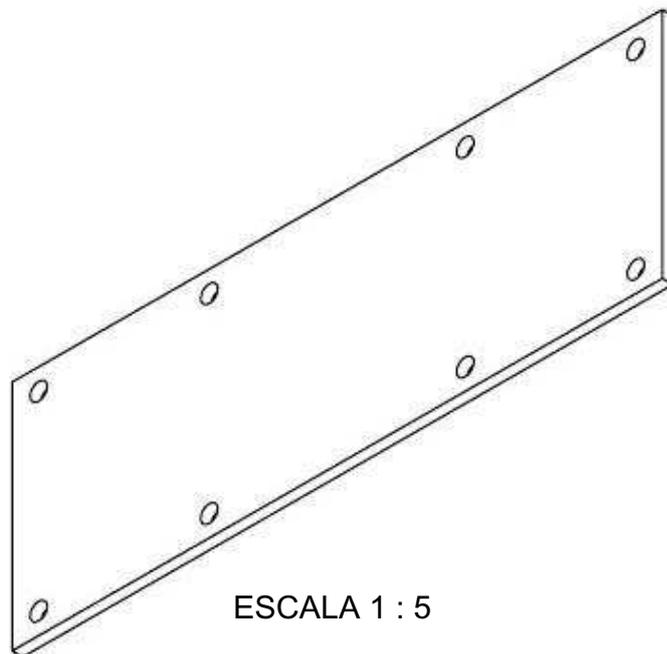
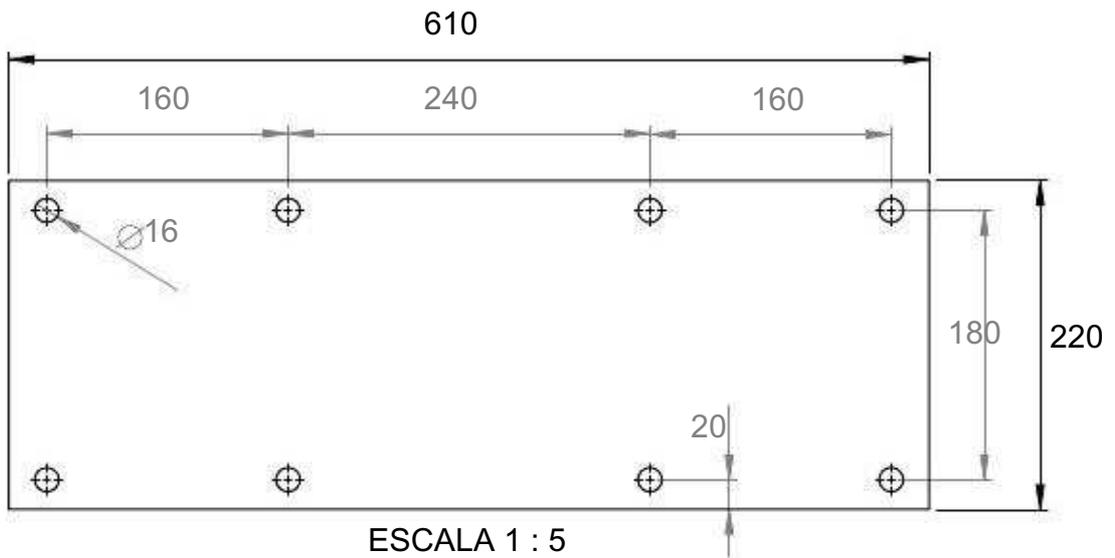


DETALLE A
ESCALA 2 : 35

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001		
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL						
				TÍTULO:						
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD						
				MATERIAL:				NOMBRE DE DIBUJO:		A4
				DESCRITOS EN PLANOS				DIMENSIONES DE DISEÑO		
				PESO: N/A				ESCALA: INDICADAS		HOJA 1 DE 1

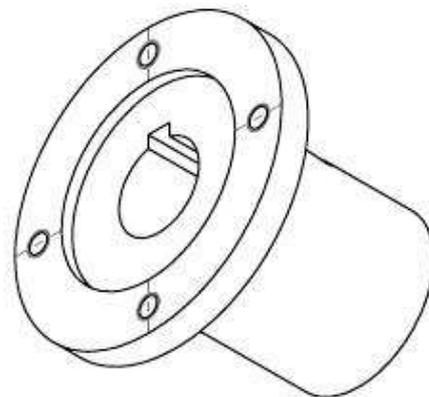
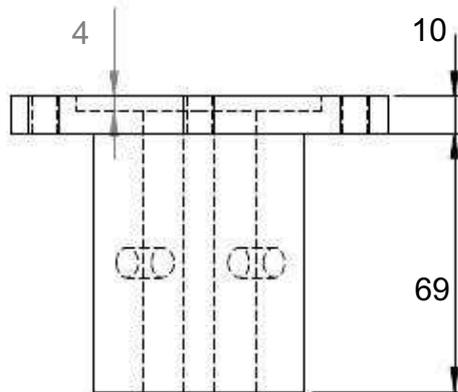
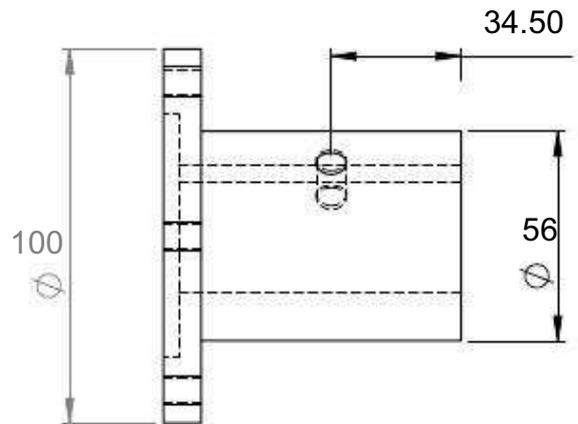
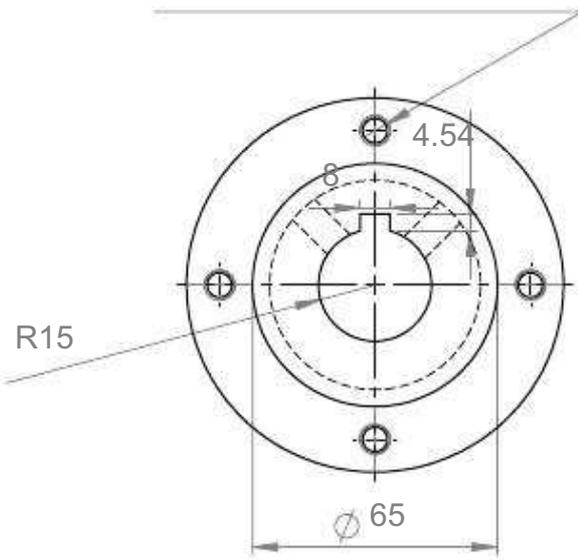


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			A4
				ACERO ASTM A-36		UPN 100 TESTERO			
				PESO: 13,3 Kg		ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	



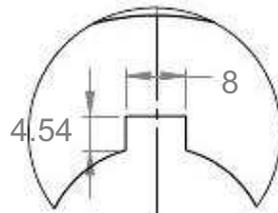
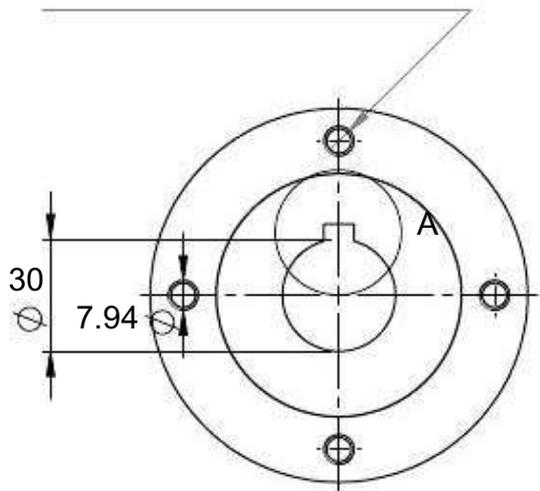
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
						FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL			
						TÍTULO: DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD			
NOMBRE		FIRMA		FECHA		MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:	
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14		ACERO ASTM A-36		BASE DE VIGA PRINCIPAL	
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14					
						PESO: 10,4 Kg		ESCALA: 1:5	
								HOJA 1 DE 1	
								A4	

4x \varnothing 6.53 POR TODO
5/16-18 UNC POR TODO

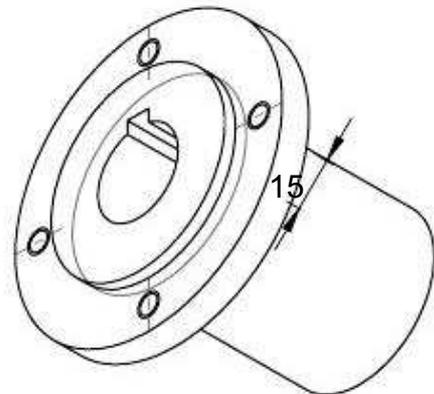
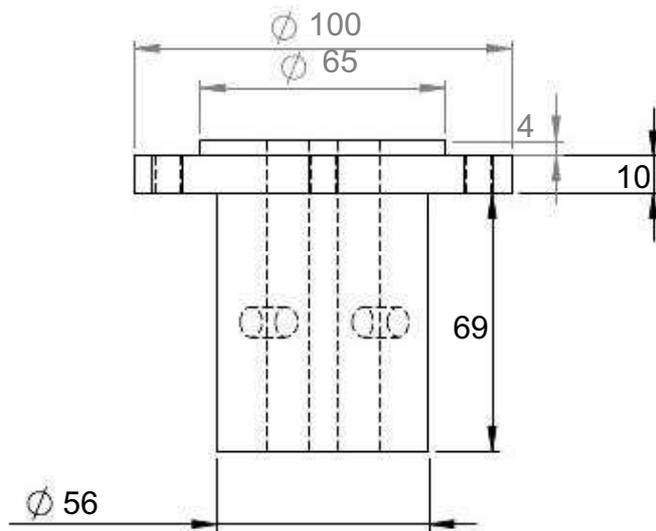
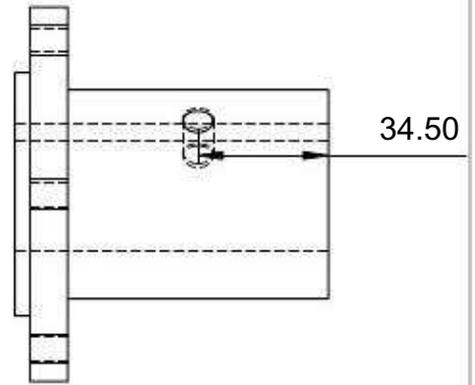


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN: 001
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL	
				TÍTULO:	
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD	
NOMBRE			FIRMA	FECHA	NOMBRE DE DIBUJO:
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14	
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14	BRIDA HEMBRA
MATERIAL:				ESCALA: 1:5	
ACERO DE TRANSMISIÓN				HOJA 1 DE 1	
PESO: 1,4 Kg				A4	

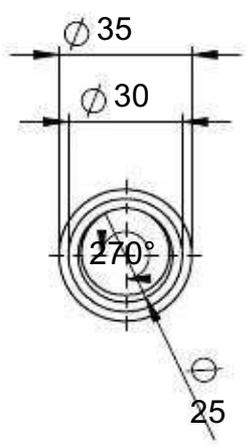
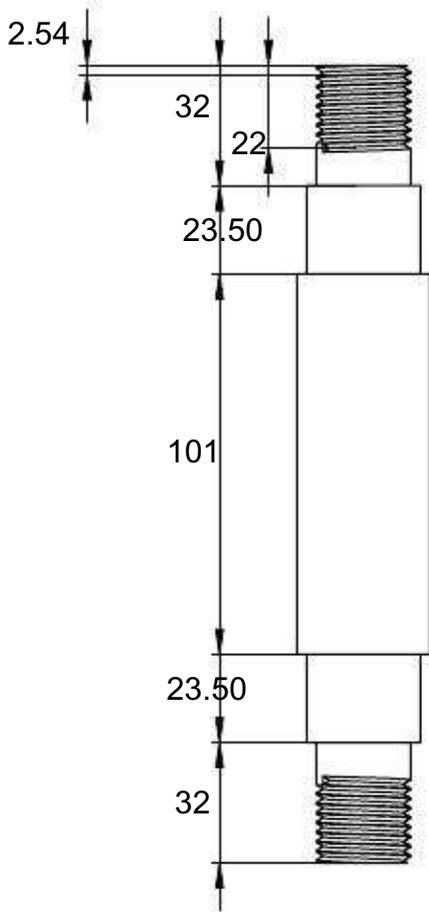
4x6.53 \varnothing POR TODO
5/16-18 UNC POR TODO



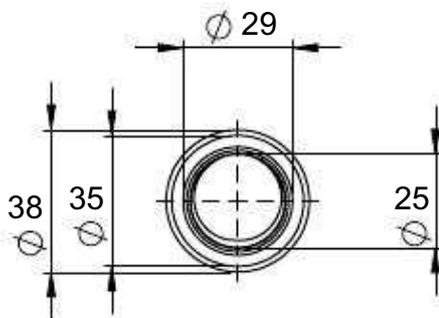
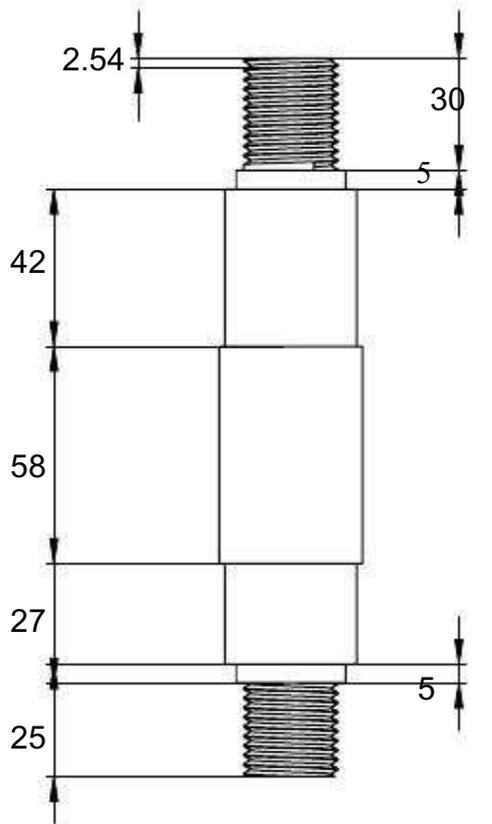
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



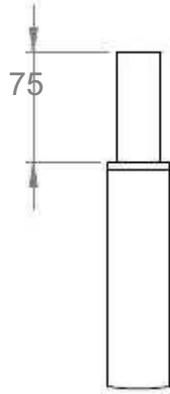
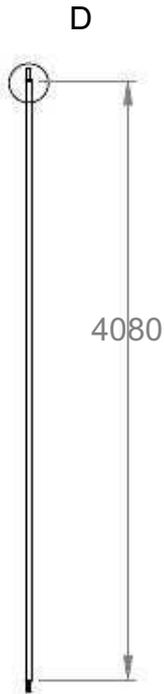
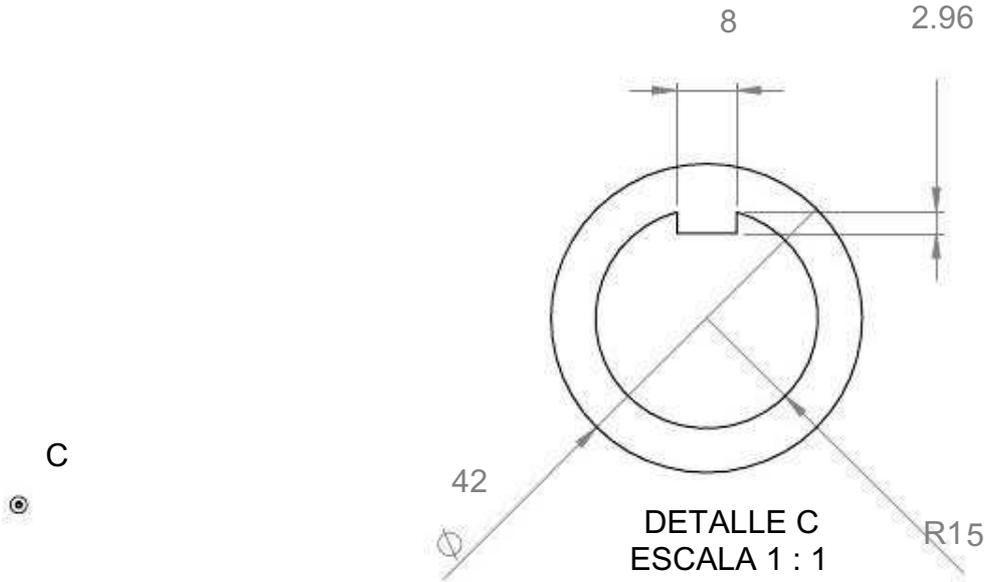
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			A4
				ACERO DE TRANSMISIÓN 1010		BRIDA MACHO			
				PESO: 1.6 Kg		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL			
				TÍTULO: DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD			
NOMBRE		FIRMA		MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:	
DIBUJ.	J.CEVALLOS			ACERO ASTM A-36		EJE DE RUEDA DE CARRO	
DIBUJ.	J.CASTRO						
				PESO: 1.25 Kg		ESCALA: 1:2	
						HOJA 1 DE 1	
						A4	

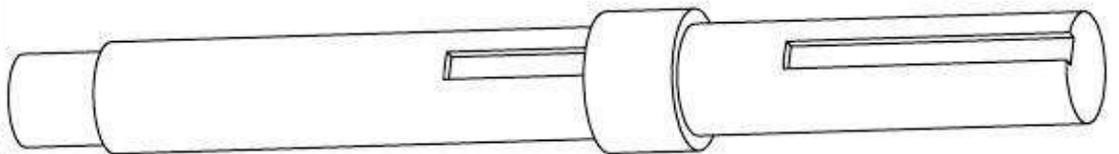
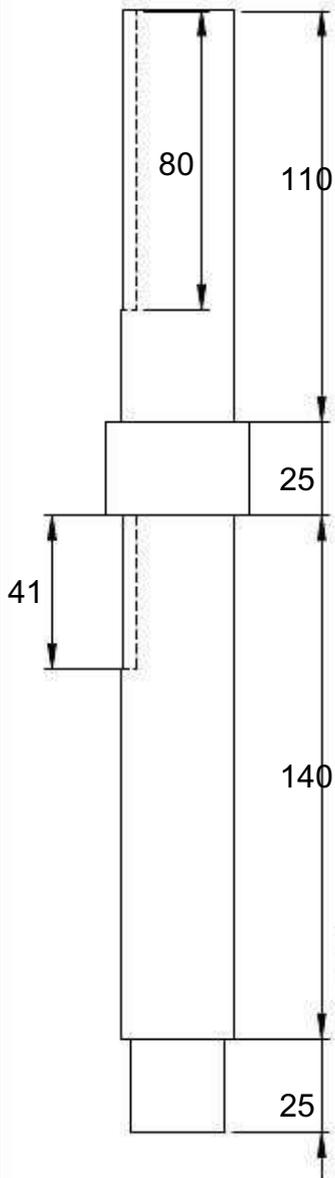
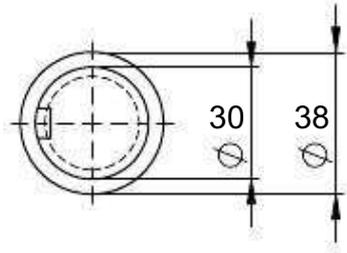


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL			
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14		DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD	
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14			
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:	
				ACERO 705		EJE DE RUEDA PARA TESTERO	
				PESO: 1,3 Kg		ESCALA: 1:2	
						A4	
						HOJA 1 DE 1	

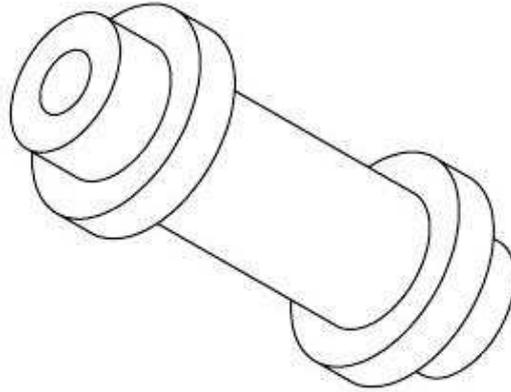
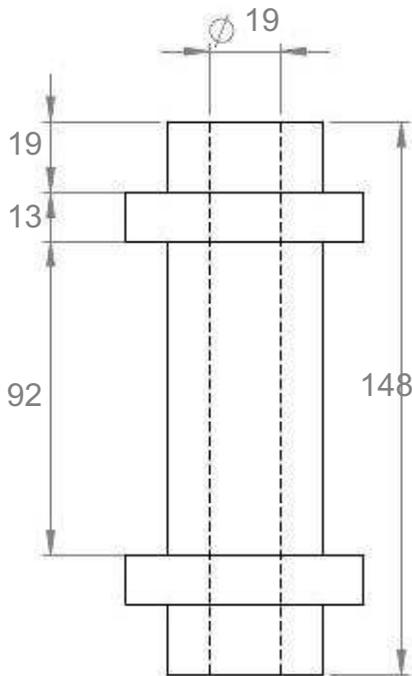
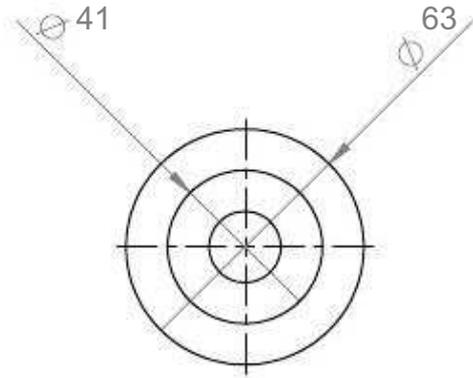


DETALLE D
ESCALA 1 : 5

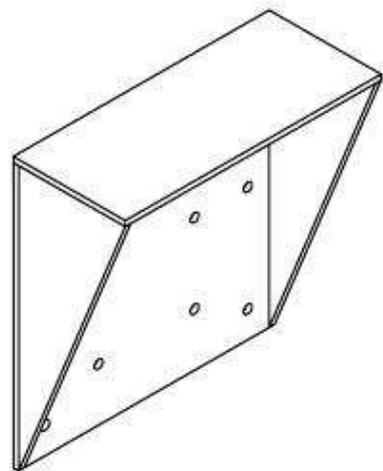
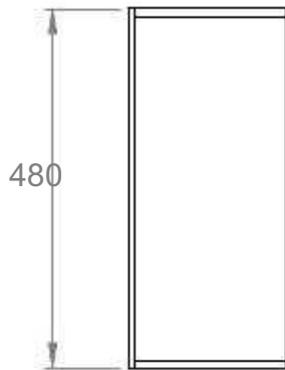
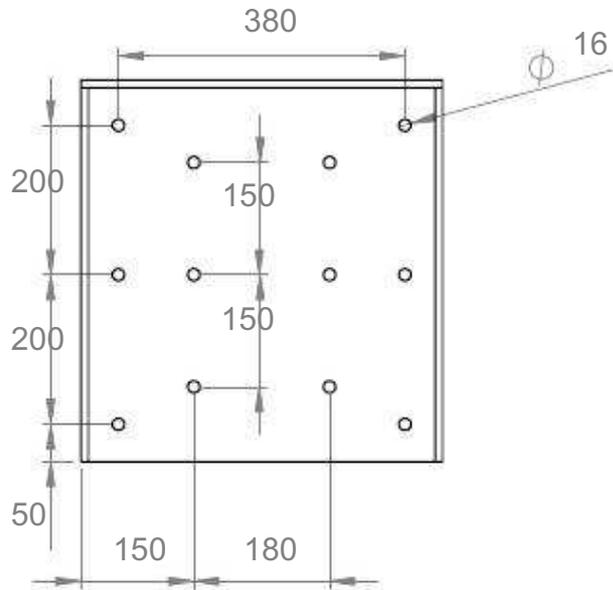
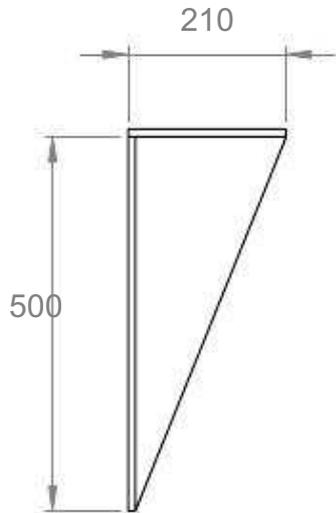
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001		
						FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL				
						TÍTULO:				
						DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD				
NOMBRE		FIRMA		FECHA		MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:		A4
DIBUJ.	J.CEVALLOS			10/06/14		ACERO DE TRANSMISIÓN		E-EJE DE TRANSMISIÓN		
DIBUJ.	J.CASTRO			10/06/14		PESO: 10,4 Kg		ESCALA: 1:50		HOJA 1 DE 1



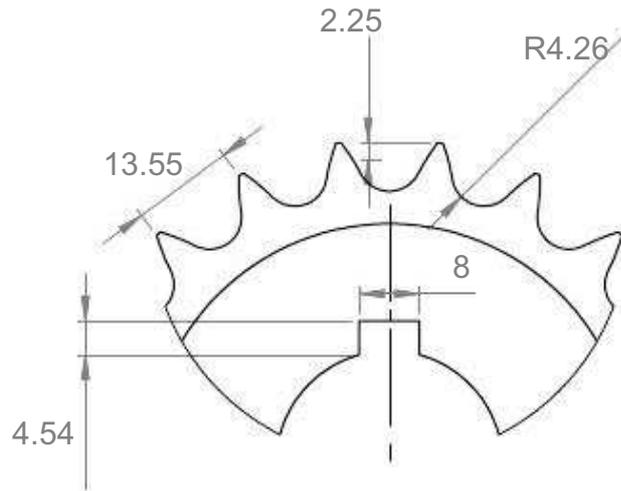
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:			NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001		
						FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL				
						TÍTULO:				
						DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD				
NOMBRE			FIRMA			MATERIAL:			NOMBRE DE DIBUJO:	
DIBUJ. J.CEVALLOS						ACERO TRANSMISIÓN 1010				
DIBUJ. J.CASTRO						PESO: 1.7 Kg			A4	
			FECHA			ESCALA: 1:2			HOJA 1 DE 1	
			10/06/14							
			10/06/14							



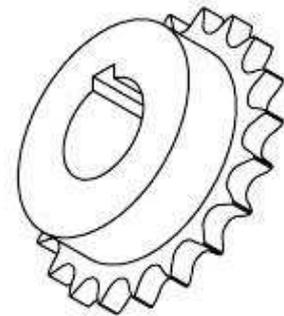
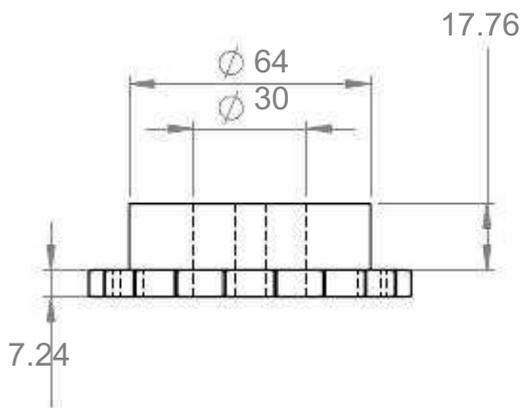
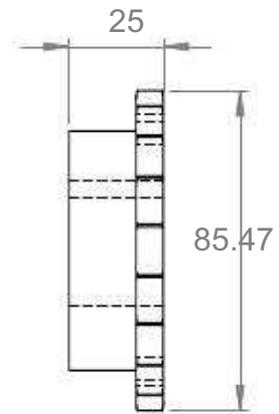
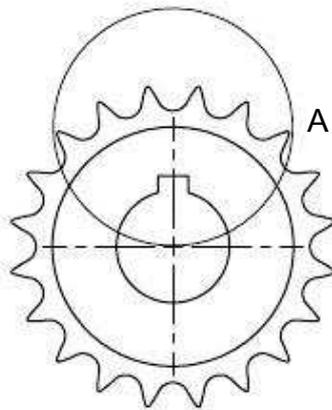
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
								FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL	
				TÍTULO:		DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD			
NOMBRE		FIRMA		FECHA					
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14				A4	
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14					
				MATERIAL:		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	
				ACERO TRANSMISIÓN 1010					
				PESO: 1,6 Kg					



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			A4
				ACERO ASTM A-36		MENSULAS			
				PESO: 34,4 Kg		ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	

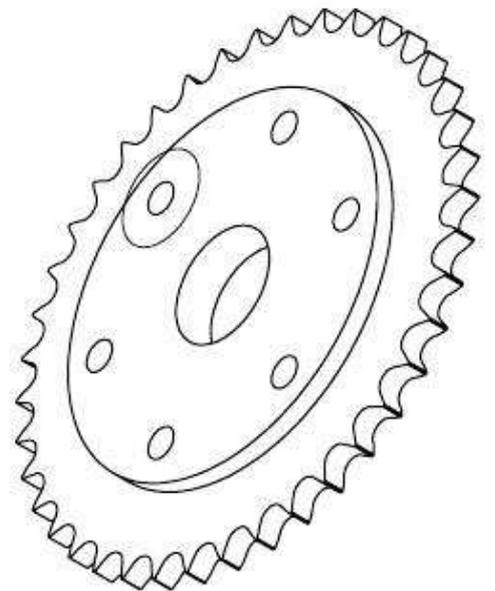
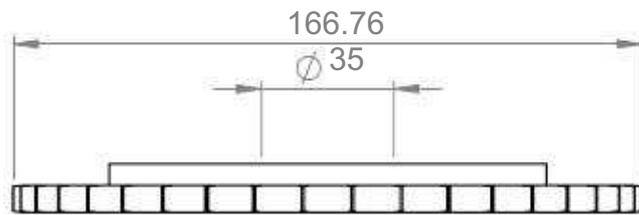
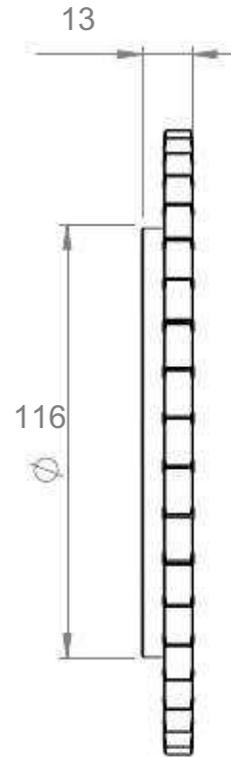
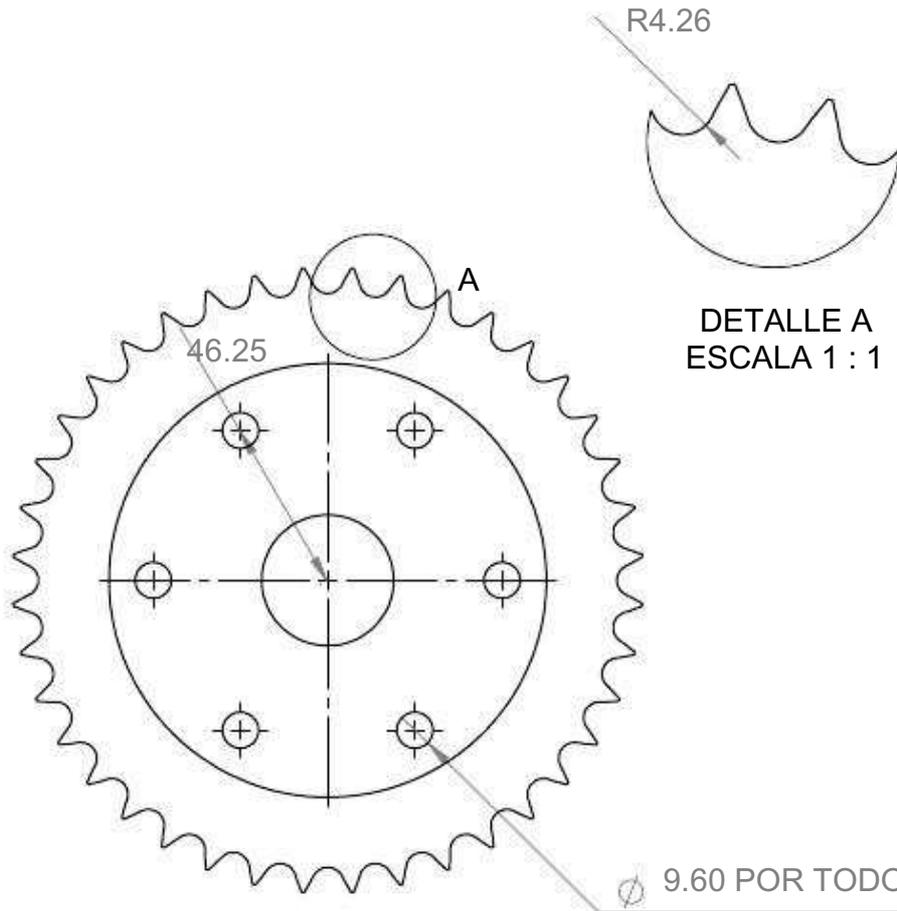


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

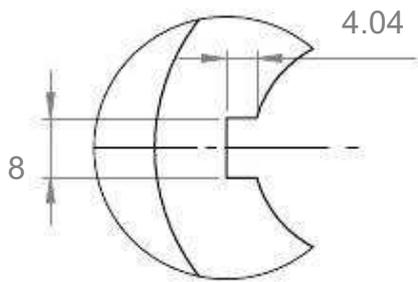


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			A4
				ACERO ALEADO		PIÑÓN DE CADENA DE 20 DIENTES			
				PESO: 0.6Kg		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	

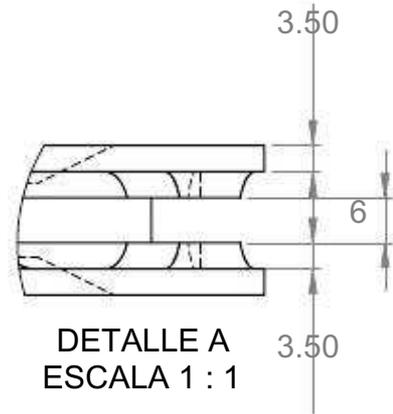
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	J.CEVALLOS		10/06/14
DIBUJ.	J.CASTRO		10/06/14



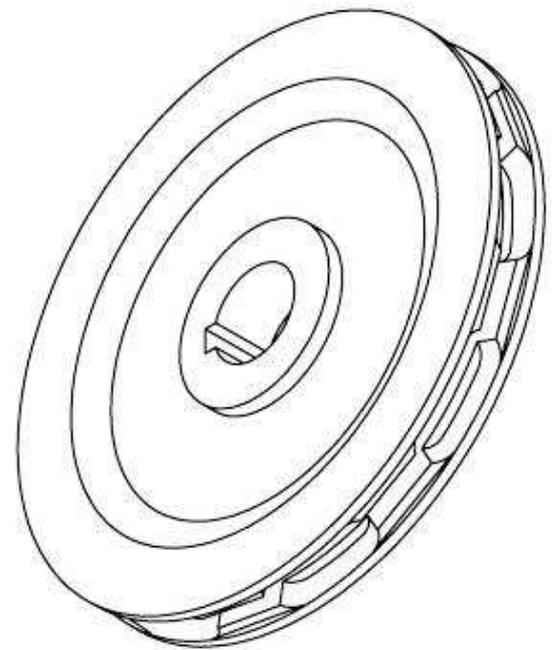
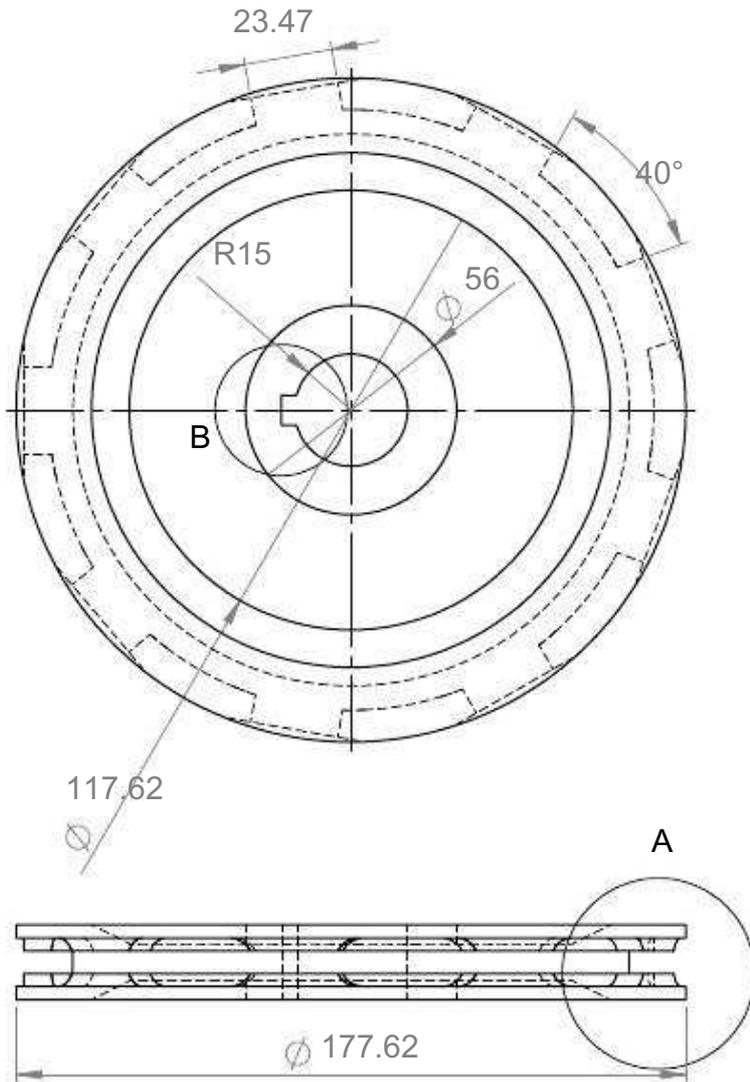
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN: 001
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL	
				TÍTULO: DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD	
NOMBRE	FIRMA	FECHA		NOMBRE DE DIBUJO:	A4
DIBUJ. J.CEVALLOS		10/06/14		PIÑON DE CADENA DE 40 DIENTES	
DIBUJ. J.CASTRO		10/06/14			
			MATERIAL:		
			ACERO ALEADO		
			PESO: 1,42 Kg	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



DETALLE B
ESCALA 1 : 1

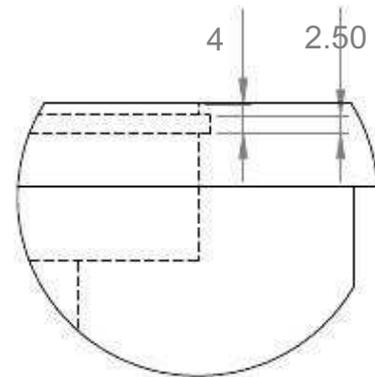
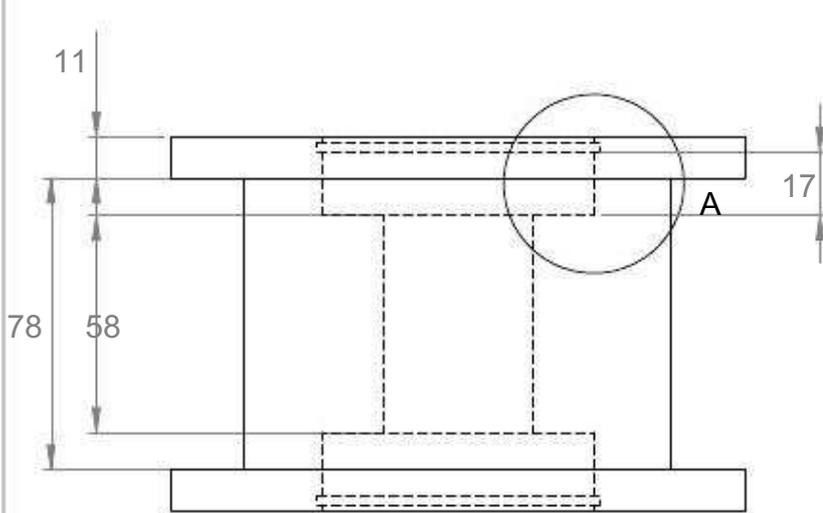


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

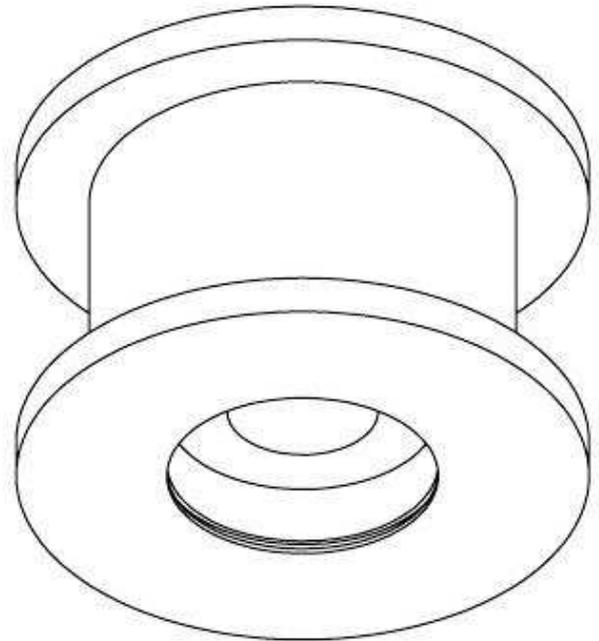
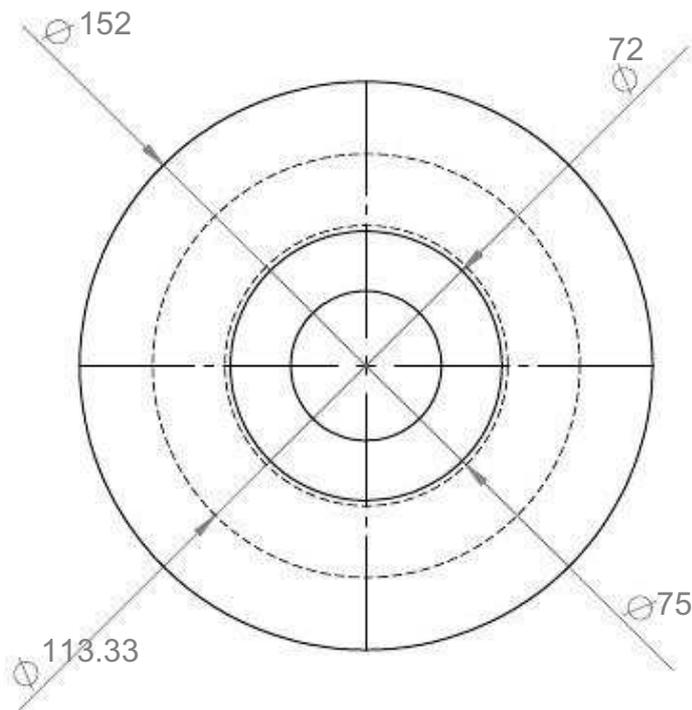


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			A4
				ACERO ASTM A-36		POLEA ESLABONADA			
				PESO: 10,4 Kg		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	

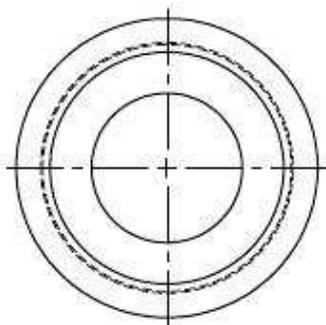
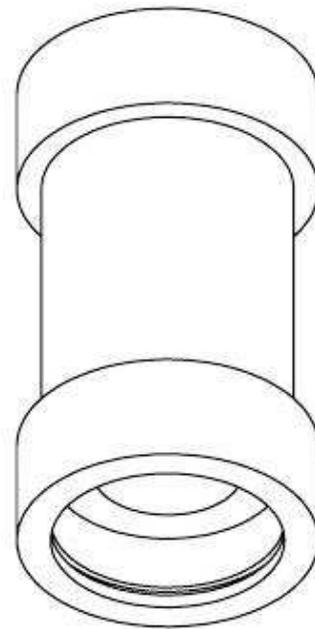
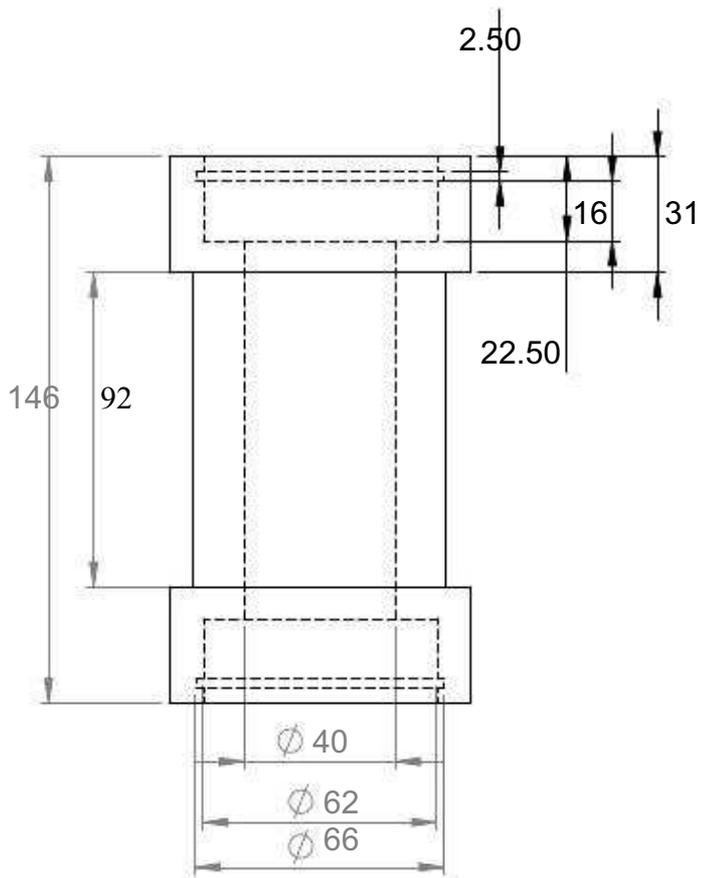
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	J.CEVALLOS		10/06/14
DIBUJ.	J.CASTRO		10/06/14



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
NOMBRE		FIRMA		FECHA		NOMBRE DE DIBUJO:			
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14		RUEDA DE TESTERO 2			
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14					
MATERIAL:						ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	
ACERO TRANSMISIÓN 1010						PESO: 7,4 Kg		A4	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

ACABADO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN: 001

FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: MECANICA NAVAL

TÍTULO:

DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE
PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD

NOMBRE DE DIBUJO:

RUEDA DE CARRO

A4

MATERIAL:

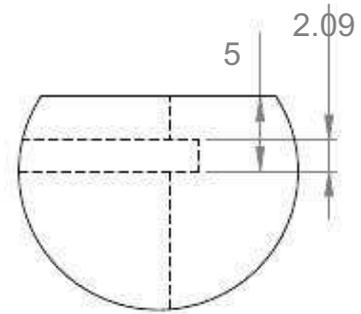
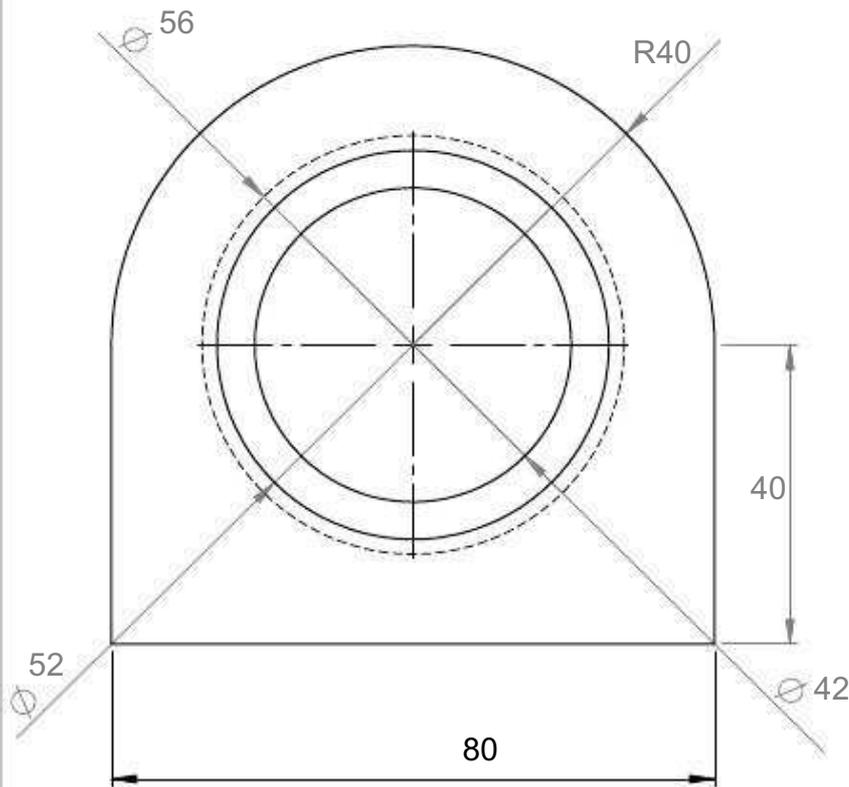
ACERO ASTM A-36

PESO: 2.7 Kg

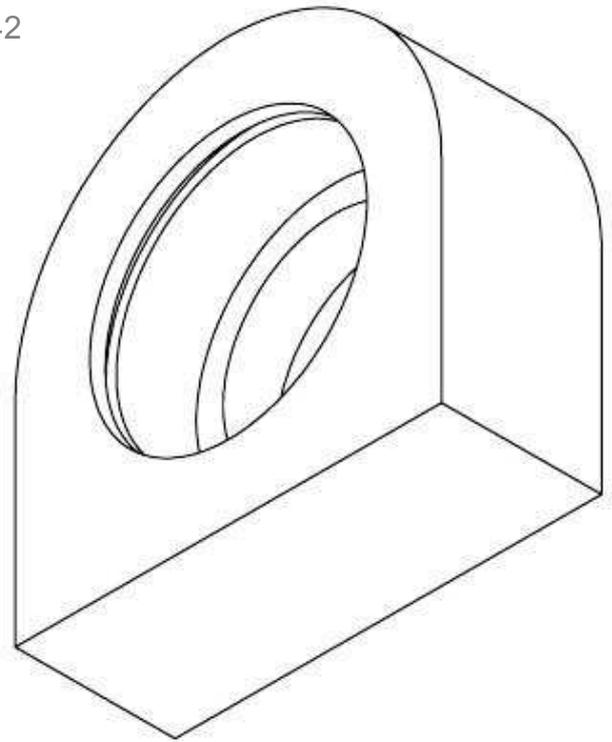
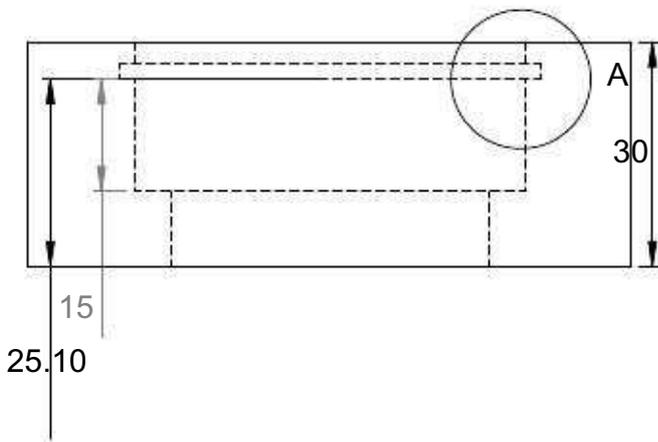
ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

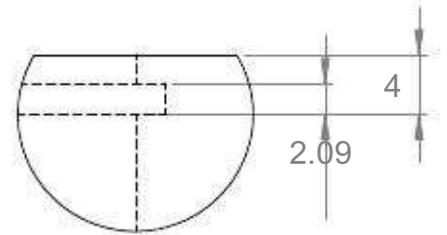
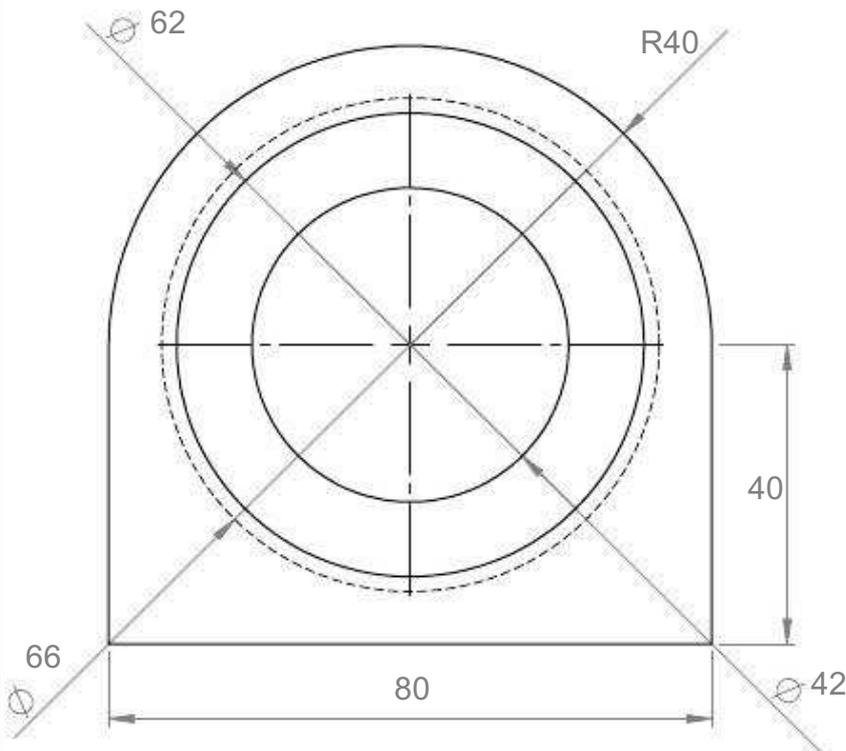
NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ. J.CEVALLOS		10/06/14
DIBUJ. J.CASTRO		10/06/14



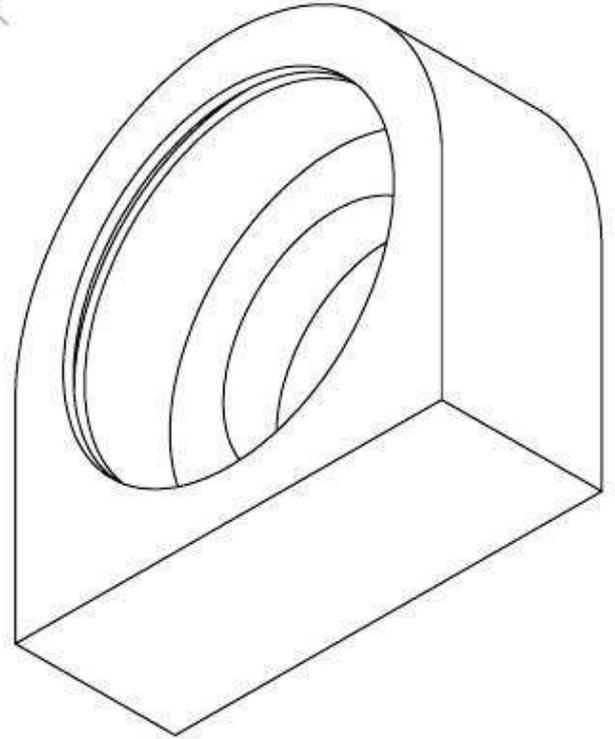
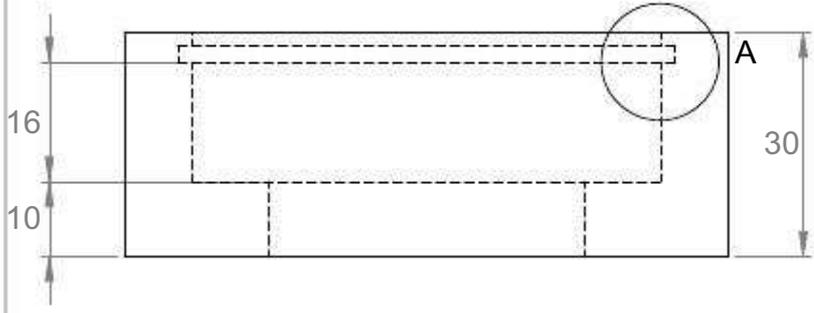
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



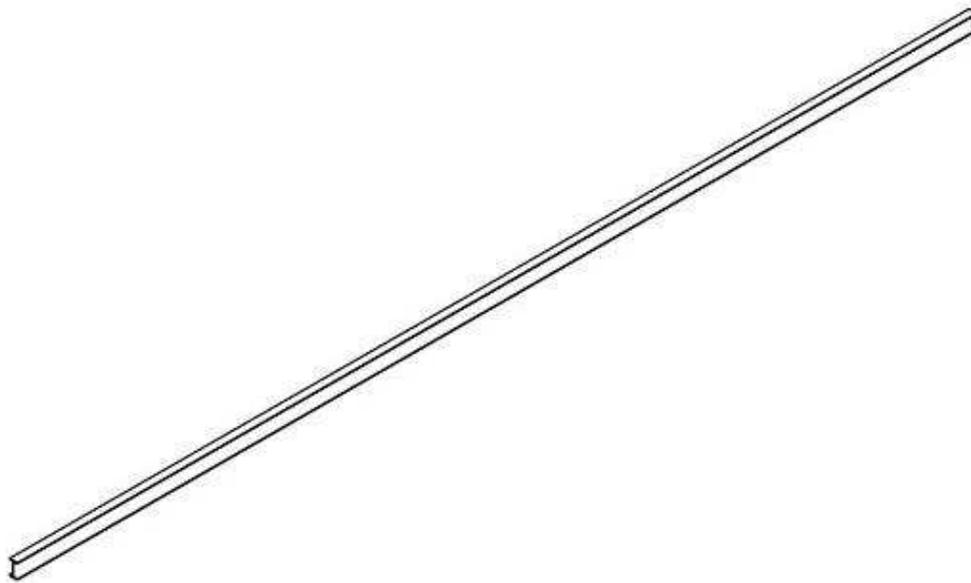
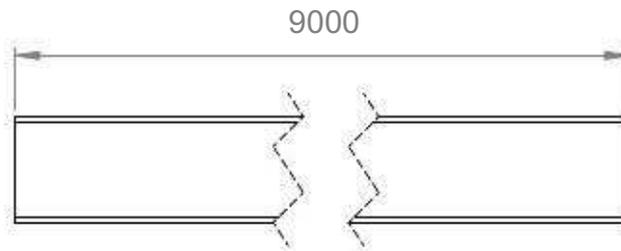
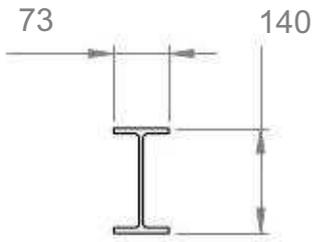
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL			
NOMBRE		FIRMA		TÍTULO:			
DIBUJ.	J.CEVALLOS			DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD			
DIBUJ.	J.CASTRO						
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:	
				ACERO ASTM A-36		SOPORTE DE RULIMAN 6205	
				PESO: 0,9 Kg		ESCALA: 1:1	
						HOJA 1 DE 1	
						A4	



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

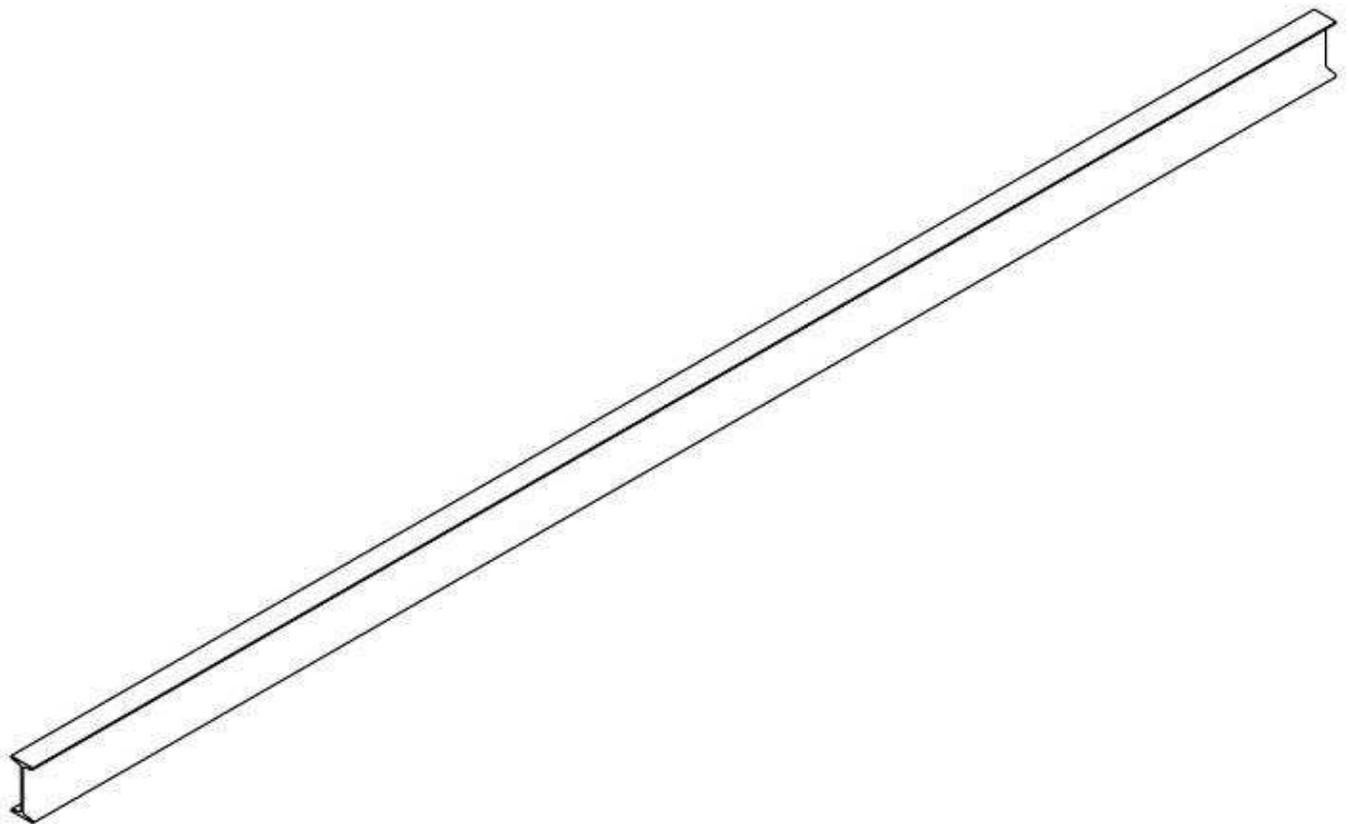
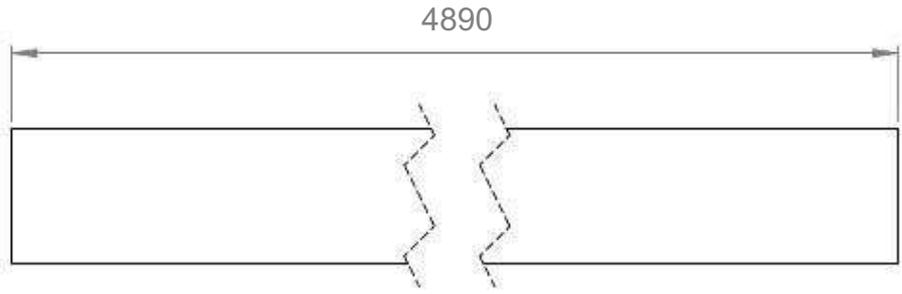
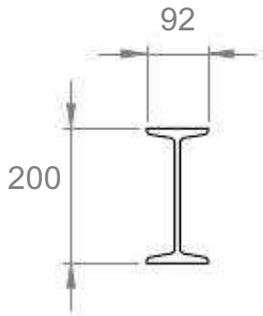


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
						FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL			
						TÍTULO: DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD			
NOMBRE		FIRMA		FECHA		NOMBRE DE DIBUJO:		A4	
DIBUJ. J.CEVALLOS				10/06/14		SOPORTE DE RULIMAN 6206			
DIBUJ. J.CASTRO				10/06/14					
						MATERIAL: ACERO ASTM A-36			
						PESO: 10,4 Kg		ESCALA: 1:5	
								HOJA 1 DE 1	



ESCALA 1 : 50

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001		
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL						
						TÍTULO:				
						DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD				
						MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:		A4
						ACERO ASTM A-36		VIGA CARRILERA 9M		
						PESO: 116 Kg		ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1



ESCALA 1 : 20

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 001	
				FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA: MECANICA NAVAL					
				TÍTULO:					
				DISEÑO, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN DE PUENTE GRÚA DE 1 Tn DE CAPACIDAD					
				MATERIAL:		NOMBRE DE DIBUJO:			
				ACERO ASTM A-36		VIGA PRINCIPAL IPN 200			
				PESO: 107 Kg		ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	
								A4	

TABLAS GENERALES.

2.2. Perfiles propiamente dichos y barras de acero laminado

2.2.1. Vigas I

2.2.1.1. Vigas I de ala estrecha, taluzada interiormente, serie I (laminada en caliente), según DIN 1025 hoja 1, Edición octubre 1963

F = Sección
 G = Peso
 U = Superficie exterior por m de pieza
 J = Momento de inercia
 W = Momento resistente
 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ = Radio de giro
 S_x = Momento estático de media sección de la I
 $s_x = \frac{J_x}{S_x}$ Separación entre los centros de tracción y compresión

} referido al eje correspondiente de flexión

Datos sobre largos, ejemplos de designación, de pedidos, y tolerancias, ver capítulo 2.9.

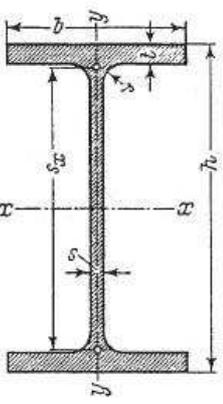
Material : Preferentemente clases de acero según DIN 17 100

Designación I	Dimensiones en mm					F cm ²	G kg/m	U m ² /m	Para el eje de flexión						S _x cm ³	s _x cm
	h	b	s = r ₁	t ₁	t ₂				x - x			y - y				
									J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y = i ₁ (min) cm		
80	80	42	3,9	5,9	2,3	7,57	5,94	0,304	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	11,4	6,84
100	100	50	4,5	6,8	2,7	10,6	8,34	0,370	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	19,9	8,57
120	120	58	5,1	7,7	3,1	14,2	11,1	0,439	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	31,8	10,3
140	140	66	5,7	8,6	3,4	18,2	14,3	0,502	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	47,7	12,0
160	160	74	6,3	9,5	3,8	22,8	17,9	0,575	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	68,0	13,7
180	180	82	6,9	10,4	4,1	27,9	21,9	0,640	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	93,4	15,5
200	200	90	7,5	11,3	4,5	33,4	26,2	0,709	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87	125	17,2
220	220	98	8,1	12,2	4,9	39,5	31,1	0,775	3 060	278	8,80	162	33,1	2,02	162	18,9
240	240	106	8,7	13,1	5,2	46,1	36,2	0,844	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20	206	20,6
260	260	113	9,4	14,1	5,6	53,3	41,9	0,906	5 740	442	10,4	288	51,0	2,32	257	22,3
280	280	119	10,1	15,2	6,1	61,0	47,9	0,966	7 590	542	11,1	364	61,2	2,45	316	24,0
300	300	125	10,8	16,2	6,5	69,0	54,2	1,03	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56	381	25,7
320	320	131	11,5	17,3	6,9	77,7	61,0	1,09	12 510	782	12,7	555	84,7	2,67	457	27,4
340	340	137	12,2	18,3	7,3	86,7	68,0	1,15	15 700	923	13,5	674	98,4	2,80	540	29,1
360	360	143	13,0	19,5	7,8	97,0	76,1	1,21	19 610	1 090	14,2	818	114	2,90	638	30,7
380	380	149	13,7	20,5	8,2	107	84,0	1,27	24 010	1 260	15,0	975	131	3,02	741	32,4
400	400	155	14,4	21,6	8,6	118	92,4	1,33	29 210	1 460	15,7	1 160	149	3,13	857	34,1
425	425	163	15,3	23,0	9,2	132	104	1,41	36 970	1 740	16,7	1 440	176	3,30	1 020	36,2
450	450	170	16,2	24,3	9,7	147	115	1,48	45 850	2 040	17,7	1 730	203	3,43	1 200	38,3
475	475	178	17,1	25,6	10,3	163	128	1,55	56 480	2 380	18,6	2 090	235	3,60	1 400	40,4
500	500	185	18,0	27,0	10,8	179	141	1,63	68 740	2 750	19,6	2 480	268	3,72	1 620	42,4
550	550	200	19,0	30,0	11,9	212	166	1,80	99 180	3 610	21,6	3 490	349	4,02	2 120	46,8
600	600	215	21,6	32,4	13,0	254	199	1,92	139 000	4 630	23,4	4 670	434	4,30	2 730	50,9

Tablas 1.- Tabla de los perfiles IPN.

Fuente: Tabla de perfiles de acero laminado.

2.2.1.5. Vigas I de ala mediana y caras paralelas — Serie IPE *) — (laminadas en caliente) según DIN 1025 hoja 5, Edición marzo 1965



F = Sección
 G = Peso
 U = Superficie exterior por m de longitud
 J = Momento de inercia
 W = Momento resistente
 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ = radio de giro
 S_x = Momento estático de media sección I
 $s_x = \frac{J_x}{S_x}$ = separación entre los centros de tracción y compresión

Datos sobre largos, ejemplos de designación, ejemplos de pedido, y tolerancias admisibles, ver cap. 2.9.
 Material: Preferentemente calidades de acero según DIN 17 100

Abreviatura IPE	Dimensiones en mm para					F cm ²	G kg/m	U m ² /m	Referido al eje de flexión							
	h	b	s	t	r				x-x			y-y			S _x cm ³	S _y cm ³
									J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm		
80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,00	0,328	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	11,6	6,90
100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,10	0,400	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	19,7	8,68
120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	0,475	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	30,4	10,5
140	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	0,551	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	44,2	12,3
160	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	0,623	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	61,9	14,0
180	180	91	5,3	8,0	9	23,9	18,8	0,698	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	83,2	15,8
200	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	0,768	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	110	17,6
220	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	0,848	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	143	19,4
240	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	0,922	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	183	21,2
270	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	1,041	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	242	23,9
300	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	1,159	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	314	26,6
330	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	1,254	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	402	29,3
360	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	1,353	16270	904	15,0	1040	123	3,79	510	31,9
400	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	1,467	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	654	35,4
450	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	1,605	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	851	39,7
500	500	200	10,2	16,0	21	116	90,7	1,744	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	1100	43,9
550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	1,877	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	1390	48,2
600	600	220	12,0	19,0	24	156	122	2,015	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	1760	52,4

*) La serie IPE corresponde a la EURO-norma 19. Se suministran también vigas IPE que completan esta serie (ver apéndice).

Tabla 2.- Tabla de los perfiles IPE.

Fuente: Tabla de perfiles de acero laminado.

2.2.2. Perfiles \square de canto redondo ¹⁾ (lámin. en caliente), DIN 1026, Ed. Oct. 1963

F = Sección
 G = Peso
 U = Superficie exterior por m de pieza
 J = Momento de inercia
 W = Momento resistente
 $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ = Radio de giro

S_x = Momento estático de media sección \square
 $s_x = \frac{J_x}{S_x}$ = Separación entre los centros de compresión y tracción
 x_M = Distancia del centro del esfuerzo cortante al eje y-y

} referido al eje correspondiente de flexión

Datos sobre largos, ejemplos de designación, de hojas de pedido, y tolerancias, ver capítulo 2.9.
 Material: Preferentemente clases de acero según DIN 17 100

Para $\square \leq 300$ Para $\square > 300$

Designación \square	Dimensiones en mm						F cm ²	G kg/m	U m ² /m	Para el eje de flexión						S _x cm ³	s _x cm	Dis-tancia del eje y-y e _y cm	x _M cm
	h	b	s	t ^{*)} =r ₁	r ₂	J _x cm ⁴				W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm					
30 × 15	30	15	4	4,5	2	2,21	1,74	0,103	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	—	—	0,52	0,74	
30	30	33	5	7	3,5	5,44	4,27	0,174	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	—	—	1,31	2,22	
40 × 20	40	20	5	5,5 ^{*)}	2,5	3,66	2,87	0,142	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	—	—	0,67	1,01	
40	40	35	5	7	3,5	6,21	4,87	0,199	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	—	—	1,33	2,32	
50 × 25	50	25	5	6	3	4,92	3,86	0,181	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	—	—	0,81	1,34	
50	50	38	5	7	3,5	7,12	5,59	0,232	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	—	—	1,37	2,47	
60	60	30	6	6	3	6,46	5,07	0,215	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	—	—	0,91	1,50	
65	65	42	5,5	7,5	4	9,03	7,09	0,273	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	—	—	1,42	2,60	
80	80	45	6	8	4	11,0	8,64	0,312	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	15,9	6,65	1,45	2,67	
100	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,6	0,372	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	24,5	8,42	1,55	2,93	
120	120	55	7	9	4,5	17,0	13,4	0,434	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	36,3	10,0	1,60	3,03	
140	140	60	7	10	5	20,4	16,0	0,489	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	51,4	11,8	1,75	3,37	
160	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	18,8	0,546	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	68,8	13,3	1,84	3,56	
180	180	70	8	11	5,5	28,0	22,0	0,611	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	89,6	15,1	1,92	3,75	
200	200	75	8,5	11,5	6	32,2	25,3	0,661	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	114	16,8	2,01	3,94	
220	220	80	9	12,5	6,5	37,4	29,4	0,718	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	146	18,5	2,14	4,20	
240	240	85	9,5	13	6,5	42,3	33,2	0,775	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	179	20,1	2,23	4,39	
260	260	90	10	14	7	48,3	37,9	0,834	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	221	21,8	2,36	4,66	
280	280	95	10	15	7,5	53,3	41,8	0,890	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	266	23,6	2,53	5,02	
300	300	100	10	16	8	58,8	46,2	0,950	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	316	25,4	2,70	5,41	
320	320	100	14	17,5	8,75	75,8	59,5	0,982	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	413	26,3	2,60	4,82	
350	350	100	14	16	8	77,3	60,6	1,047	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	459	28,6	2,40	4,45	
380	380	102	13,5	16	8	80,4	63,1	1,110	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	507	31,1	2,38	4,58	
400	400	110	14	18	9	91,5	71,8	1,182	20350	1020	14,9	846	102	3,04	618	32,9	2,65	5,11	

¹⁾ Otros perfiles \square : para la construcción de vagones, ver 2.2.3.2.; Perfiles en frío, ver 2.3.2.

^{*)} $t = r_1$ con excepción del perfil $\square 40 \times 20$. En este caso $t = 5,5$ mm, $r_1 = 5$ mm.

Tabla 3.- Tablas de perfil UPN.

Fuente: Tabla de perfiles de acero laminado.

Fuerza portante t	Luz l m	Dimensiones principales en mm									Rueda			Carril		Peso con ~ 5 m de altura de la vía	
		A		Ejecución según B			A y B			Distancia entre ejes de ruedas mm	K ¹ mm	Presión de rueda mm	Ø rueda mm	Ancho Altura	Grúa completa t	Carro kg	
		a	c	a ₁	c sobre carril	c ₂ bajo carril	b	e	f								
1	4	585	55	495	—	35				1 250		0,65			0,5		
	6	625	95	535	5	—				1 250		0,71			0,7		
	8	645	115	555	25	—	125	240	500	1 250	175	0,76	250	30	0,9	110	
	10	695	165	585	55	—				1 500		0,87		20	1,3		
	12	735	205	625	95	—				1 500		1,00			1,8		
2	4	670	95	560	—	15				1 350		1,2			0,7		
	6	710	135	600	25	—				1 350		1,3			0,95		
	8	750	175	640	65	—	150	320	520	1 350	200	1,4	300	40	1,25	170	
	10	800	225	670	95	—				1 600		1,5		25	1,8		
	12	840	265	710	135	—				1 600		1,7			2,3		
3	4	800	50	670	—	80				1 450		1,7			0,8		
	6	840	90	710	—	40				1 450		1,8			1,1		
	8	880	130	750	0	0	155	350	580	1 450	200	1,9	300	40	1,4	210	
	10	930	180	780	30	—				1 700		2,0		25	2,0		
	12	970	220	820	70	—				1 700		2,2			2,6		
5	4	905	55	—	—	—				1 500		2,7			1,2		
	6	965	115	815	—	35				1 500		2,9			1,6		
	8	1 005	155	855	5	—	170	430	540	1 500	250	3,0	400	40	2,0	370	
	10	1 055	205	885	35	—				1 750		3,2		25	2,6		
	12	1 095	245	925	75	—				1 750		3,4			3,4		
7,5	4	1 090	120	920	—	50				1 600		4,0			1,6		
	6	1 130	160	960	—	10				1 600		4,2			1,9		
	8	1 170	200	1 000	30	—	175	430	590	1 600	300	4,4	500	50	2,4	500	
	10	1 240	270	1 050	80	—				1 850		4,6		25	3,3		
	12	1 285	315	1 095	125	—				1 850		4,9			4,0		
10	4	1 260	205	—	—	—						5,2			2,0		
	6	1 300	165	1 090	—	375						5,5			2,4		
	8	1 360	105	1 150	—	315	180	450	760	1 900	300	5,8	500	50	3,0	680	
	10	1 400	65	1 190	—	275						6,0		25	3,8		
	12	1 450	15	1 240	—	225						6,3			4,8		
12,5	4	1 440	140	—	—	—						6,4			2,0		
	6	1 480	180	1 250	—	50						6,8			3,1		
	8	1 540	240	1 310	10	—	200	600	840	2 000	350	7,1	600	60	3,8	1 000	
	10	1 585	285	1 355	55	—						7,4		30	4,6		
	12	1 635	335	1 405	105	—						7,8			5,7		
15	4	1 545	100	—	—	—						7,4			2,9		
	6	1 585	140	1 335	—	110						7,8			3,4		
	8	1 645	200	1 395	—	50	210	650	950	2 100	350	8,3	600	60	4,2	1 150	
	10	1 695	250	1 445	0	0						8,6		30	5,1		
	12	1 745	300	1 495	50	—						9,0			6,3		
20	4	1 885	135	—	—	—						9,5			4,0		
	6	1 945	195	1 650	—	100						10,4			4,7		
	8	1 990	240	1 695	—	55	225	770	1 060	2 400	405	10,8	700	60	5,4	1 650	
	10	2 040	290	1 745	—	5						11,3		30	6,4		
	12	2 115	365	1 820	70	—						11,9			8,0		

1 K = Medida desde el extremo de la viga de cabeza hasta el centro de la rueda de traslación.

Tabla 4.- Dimensiones principales y pesos de puentes grúas de accionamiento manual con 4 ruedas de traslación.

Fuente: Aparatos de elevación y transporte, Hellmut Ernst, Tomo II

Plena carga	Frecuencia de utilización	Velocidad de traslación (m/min)	Tipo de servicio	Valores admisibles de k		
				Acero moldeado 60 kg	Acero moldeado 60 kg temple al soplete	Ruedas de bandaie
raramente	rara	inferior a 60	ligero	70	80 ÷ 90	90
raramente	rara	superior a 60	normal	60	70 ÷ 80	80
raramente frecuente	elevada rara	inferior a 60				
raramente frecuente	elevada rara	superior a 60	semipesado	50	60 ÷ 70	70
frecuente	rara elevada	superior a 60				
frecuente	elevada	inferior a 60	pesado	40	50 ÷ 60	60
frecuente	elevada	superior a 60				

Tabla 5.- Valores admisibles para el cociente k (Kg/cm²).

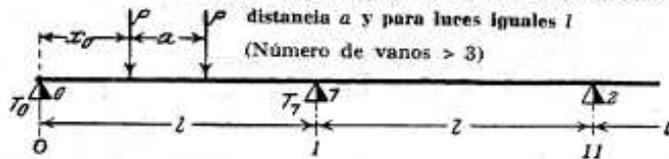
Fuente: Aparatos de elevación y transporte, Hellmut Ernst, Tomo II

Nº	Tipo de puente grúa	Grupo	Grupo	Tiempo de funcionamiento	Tipo de la carga	Choques
1	Puentes grúa con movimiento de traslación a mano	I	I	poco	pequeña	normal.
2	Puentes grúas con movimiento de traslación eléctrico para patios de almacenamiento.	I-II	II	mucho poco poco	pequeña grande pequeña	normal fuertes fuertes
3	Puentes grúa de poca carga para talleres y almacenes	II-III	III	mucho poco	grande pequeña grande	normal fuertes fuertes
4	Puentes grúa como los anteriores pero con carga grande.	II	IV	mucho	grande	fuertes
5	Puentes grúa para locomotoras.	II	Grupo	Coeficiente de compensación ψ		
6	Puentes grúa para astilleros.	II-III	I II III IV	1,2 1,4 1,6 1,9		
Puentes grúas especiales para Siderúrgicas						
7	Puentes grúa para talleres de Fundición.	II-III	Velocidad de traslación m/seg.		Coeficiente choque	
8	Puentes grúa para talleres de laminación.	II-IV	Unión de los carriles normales	Unión de los carriles sold. o sin ellas	φ	
9	Puentes grúa para Hornos de Acero.	III-IV	$\leq 1,0$		$\leq 1,5$	
10	Puentes grúa para Hornos de Fosa.	III-IV	$> 1,0$		$> 1,5$	

Tabla 6.- Coeficiente de compensación y de choque.

Fuente: El proyectista de estructuras metálicas-Vol-1,pag.250.

10.2.2.2.10. Momentos en los vanos y en los apoyos y reacciones de caminos de rodadura de grúas ¹⁾ para dos cargas aisladas móviles y de igual magnitud P a la



Cuadro resumen corregido según BLEICH: Stahlhochbauten (1933), tomo 2, pág. 712

Momentos flectores máximos y reacciones máximas de los apoyos para $a/l = 0$ a $1,00$											
$\frac{a}{l}$	Momentos en los apoyos				Momentos en los vanos				Reacciones de los apoyos		$\frac{a}{l}$
	M_I		M_{II}		Primer vano		Segundo vano				
	x_0 medido desde el soporte 0		x_0 medido desde el soporte I		x_0 medido desde el soporte 0		x_0 medido desde el soporte I				
	$\frac{x_0}{l}$	M_I	$\frac{x_0}{l}$	M_{II}	$\frac{x_0}{l}$	$\max M_{1,x_0}$	$\frac{x_0}{l}$	$\max M_{2,x_0}$	T_0	T_I	
0	0,578	0,206 Pl	0,616	0,172 Pl	0,437	0,409 Pl	0,495	0,345 Pl	2,000 P	2,013 P	0
0,05	0,552	0,206 "	0,590	0,172 "	0,417	0,396 "	0,489	0,321 "	1,937 "	2,011 "	0,05
0,10	0,525	0,204 "	0,563	0,171 "	0,407	0,364 "	0,484	0,299 "	1,874 "	2,004 "	0,10
0,15	0,497	0,201 "	0,534	0,168 "	0,398	0,343 "	0,479	0,279 "	1,811 "	1,994 "	0,15
0,20	0,469	0,197 "	0,504	0,164 "	0,389	0,323 "	0,474	0,261 "	1,749 "	1,979 "	0,20
0,25	0,439	0,192 "	0,472	0,159 "	0,380	0,304 "	0,470	0,243 "	1,687 "	1,961 "	0,25
0,30	0,408	0,186 "	0,438	0,153 "	0,372	0,287 "	0,466	0,226 "	1,627 "	1,937 "	0,30
0,35	0,375	0,179 "	0,402	0,147 "	0,366	0,271 "	0,462	0,212 "	1,568 "	1,911 "	0,35
0,40	0,342	0,170 "	0,365	0,139 "	0,361	0,256 "	0,458	0,200 "	1,510 "	1,881 "	0,40
0,45	0,307	0,161 "	0,323	0,131 "	0,357	0,242 "	0,455	0,190 "	1,454 "	1,847 "	0,45
0,50	0,272	0,150 "	0,280	0,123 "	0,351	0,229 "	0,453	0,180 "	1,399 "	1,810 "	0,50
0,55	0,237	0,138 "	0,237	0,115 "	0,345	0,218 "	0,450	0,172 "	1,347 "	1,771 "	0,55
0,60	0,202	0,126 "	0,194	0,107 "	0,340	0,208 "	0,448	0,165 "	1,297 "	1,728 "	0,60
0,65	0,167	0,114 "	0,151	0,100 "	0,335	0,199 "	0,446	0,159 "	1,249 "	1,683 "	0,65
0,70	0,132	0,102 "	0,108	0,093 "	0,330	0,191 "	0,444	0,155 "	1,204 "	1,633 "	0,70
0,75	0,097	0,090 "	0,065	0,086 "	0,325	0,185 "	0,441	0,151 "	1,162 "	1,583 "	0,75
0,80	0,062	0,078 "	0,022	0,079 "	0,320	0,180 "	0,438	0,148 "	1,123 "	1,529 "	0,80
0,85	0,027	0,066 "	-0,022	0,072 "	0,315	0,177 "	0,435	0,146 "	1,087 "	1,474 "	0,85
0,90	-0,008	0,054 "	-0,067	0,065 "	0,310	0,174 "	0,432	0,145 "	1,054 "	1,417 "	0,90
0,95	-0,043	0,042 "	-0,110	0,058 "	0,305	0,173 "	0,429	0,145 "	1,025 "	1,358 "	0,95
1,00	-0,078	0,030 "	-0,153	0,051 "	0,300	0,173 "	0,426	0,145 "	1,000 "	1,297 "	1,00

Interpólese linealmente para valores intermedios de a/l

EJEMPLO: determinar los momentos flectores máximos para una viga carril continua a lo largo de 10 vanos recorrida por una grúa eléctrica de 10 t de resistencia y de luz $s = 12,0$ m.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Luz de los vanos } l = 8 \text{ m,} \\ \text{Interjes de las ruedas } a = 2,40 \text{ m,} \\ \text{Presión máxima en la rueda } P = 9,40 \text{ t.} \end{array} \right\} \text{Según ello resulta } \frac{a}{l} = \frac{2,40}{8,00} = 0,30, \\ Pl = 9,40 \cdot 8,00 = 75,2 \text{ tm.}$$

De la tabla anterior se deduce:

$$\begin{array}{l} \text{Momentos en los apoyos } \left\{ \begin{array}{l} M_I = 0,186 \cdot 75,2 = 13,987 = \text{rd. } 14,0 \text{ tm,} \\ M_{II} = 0,153 \cdot 75,2 = 11,506 = \text{rd. } 11,5 \text{ " " } \end{array} \right. \\ \text{Momentos en los vanos } \left\{ \begin{array}{l} M_{1,x_0} = 0,287 \cdot 75,2 = 21,582 = \text{rd. } 21,6 \text{ " " } \\ M_{2,x_0} = 0,226 \cdot 75,2 = 16,992 = \text{rd. } 17,0 \text{ " " } \end{array} \right. \\ \text{Reacción máxima del apoyo } T_I = 1,937 \cdot 9,40 = 18,2078 = \text{rd. } 18,2 \text{ t.} \end{array}$$

Los 8 vanos intermedios se calculan a base del momento flector $M_{1,x_0} = 21,6$ tm y los dos vanos extremos según el momento flector máximo ($M_{1,x_0} = 21,6$ tm). Las juntas se disponen en correspondencia con los apoyos y han de ser adecuadas para resistir los momentos M_I para los empalmes extremos y M_{II} para todos los otros empalmes. (Tener en cuenta la consideración de la flecha.)

¹⁾ Cálculo y disposición constructiva de vigas carril, ver BLEICH: Stahlhochbauten, tomo 2, § 22 Die Kranlaufbahnen, pág. 689 (Berlin: Springer-Verl.). STEUDING: Die Schwingung von Trägern bei beweglichen Lasten, Ing.-Archiv 5. Tomo (1934), pág. 275. SCHALLENKAMP: Schwingungen von Trägern bei bewegten Lasten, ebenda 8. Tomo (1937), pág. 182. BÜLTMANN: Der 1-P-Träger als durchlaufender Kranbahnträger (Drilling von 1-Trägern), Der P-Träger 1941, C. 1, pág. 7. FRITZSCHE: Eine vereinfachte Berechnung von Walzträgern für den Kranbau (Gebrauchsformen für reine Biegung u. Durchbiegung mit 9 Tafeln), Fördertechnik, 1944, pág. 67/72. Weitere Angaben s. Abschn. 10.3.

Tabla 7.- Momentos en los apoyos y reacciones.

Fuente: El proyectista de estructuras metálicas-Vol-1.pag.250.

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Tabla 8.- Características de los aceros según la norma ASTM.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>

Forma de utilización en obra	Formas de trabajo	Caso de carga	
		1	2
Piezas de construcción.	Compresión	1.200	1.400
	Tracción	1.200	1.400
	Flexión	1.200	1.400
	Cortadura	960	1.120
	Tensión transversal	960	1.120
Uniones de remaches	Cortadura	1.200	1.400
	Compresión contra las paredes	2.400	2.800
Uniones de tornillos (ajustados)	Cortadura	960	1.120
	Compresión contra las paredes	2.400	2.800
	Tracción	850	1.000
Uniones de tornillos (no ajustados)	Cortadura	700	800
	Compresión contra las paredes	1.600	1.800
	Tracción	600	700
Tornillos y barras de anclaje	Tracción	850	1.000

Tabla 9.- Tensiones de trabajo recomendadas.

Fuente: El proyecto de estructuras, R. Nonnast