



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Proyecto Nº: PFC 1805A

Autores: Lapalma, Guillermo.
Kautz, Diego.

Tutor: Reynoso, Guillermo

Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Carli, Carlos Aníbal

AÑO 2018

Resumen

Debido a la necesidad de mejorar el sistema de elevación de barcos que presenta el puerto de Colón, Entre Ríos, se da paso a la realización de este proyecto, el cual consiste en el diseño de un sistema de elevación modernizado, simplificado y seguro en el izaje y su manejo.

El sistema actual de izaje de barcos cuenta con una grúa móvil con una capacidad de veinte toneladas, la cual se encuentra en una zona frecuentemente inundable, haciendo necesario mover la grúa cada vez que esto ocurre, con todos los problemas que esto acarrea. El paso del tiempo sobre la grúa ha llevado a que el mecanismo de la misma sea totalmente obsoleto en la actualidad, cuenta con frenos mecánicos de cinta los cuales ya han presentado fallos, a su vez estructuralmente presenta corrosión, envejecimiento y desgaste en sus partes constructivas lo que puede llegar a acarrear en un futuro cercano problemas de gran costo económico para el puerto. Debido a la complejidad que presentan los mandos mecánicos, es necesario contar con un operario que se encuentre familiarizado con este tipo de grúa.

Para solucionar los problemas antes mencionados, se propuso un diseño de grúa tipo Derrick la cual presenta una capacidad de carga de seis toneladas (Más que suficiente para el tipo de embarcaciones que el puerto de Colón maneja). Constructivamente se ha simplificado el diseño lo más posible, generando una grúa simple en su montaje y desmontaje, fácil en su manejo, robusta estructuralmente y de simple mantenimiento. Se diseñó para que el sistema de elevación se encuentre aproximadamente a nueve metros de altura, junto con el sistema de comando y potencia estancos, lo cual asegura la protección de los mecanismos en juego frente a la inundación.

Abstract

To begin with, the existing lifting system for ships located at the port of Colón, Entre Ríos, needs many improvements and modernizations. It is in this frame, that this project takes place with the objective of designing a new, simplified and safe lifting system which complies with the necessities of the users of this port.

First of all, the system that is currently used has a mobile crane with a lifting capacity of twenty tons, which is located in an area that is frequently flooded. This makes the crane being able to be re-positioned a must, with all the issues that this carries with.

Secondly, the aging of the current crane has rendered its mechanisms completely useless. Furthermore, its band brakes have already shown flaws, while the structure has visible corrosion, aging and wear. Each of these malfunctions could lead to big economical costs in the near future. On top of all these issues, the complexity of the mechanical commands requires an experienced operator to operate it.

In order to have the previously mentioned issues solved, the design of a Derrick type crane was proposed. This kind of crane can handle loads of up to six tons, which is more than enough considering the weight of the ships that are going to be using the crane.

One of the main objectives was to design a crane that had easy assembling and disassembling processes, a user-friendly command, simple maintenance and was structurally strong. The lifting system was calculated for it to be set up at around nine meters high from the ground, altogether with the waterproof command and power systems, assuring the protection and sturdiness of the mechanisms against floods and adverse weather conditions.

ÍNDICE GENERAL.

- 1. C-PFC-1805A -INTRODUCCION Y SITUACION PROBLEMÁTICA**
- 2. D-PFC-1805A - OBJETIVOS ALCANCES Y PLAN DE TRABAJOS**
- 3. E-PFC-1805A - INGENIERIA BASICA**
- 4. F-PFC-1805A - INGENIERIA DE DETALLE**
- 5. G-PFC-1805A - MEMORIAS DE CÁLCULO**
- 6. H-PFC-1805A- ANEXOS COMPLEMENTARIO**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Introducción y situación problemática.

Proyecto N°: PFC 1805A

**Autores: Lapalma, Guillermo.
Kautz, Diego.**

Tutor: Reynoso, Guillermo

**Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Carli, Carlos Aníbal**

AÑO 2018

Contenido

Introducción y situación problemática	1
Marco teórico y estado del arte.....	2
Antecedentes	3
Grúas pórtico.....	3
Grúa Luffing o de puerto.....	4
Grúa giratoria de columna giratoria.....	5
Grúa giratoria de columna fija	5
Carros elevadores	6
Grúa móvil.....	7

Introducción y situación problemática.

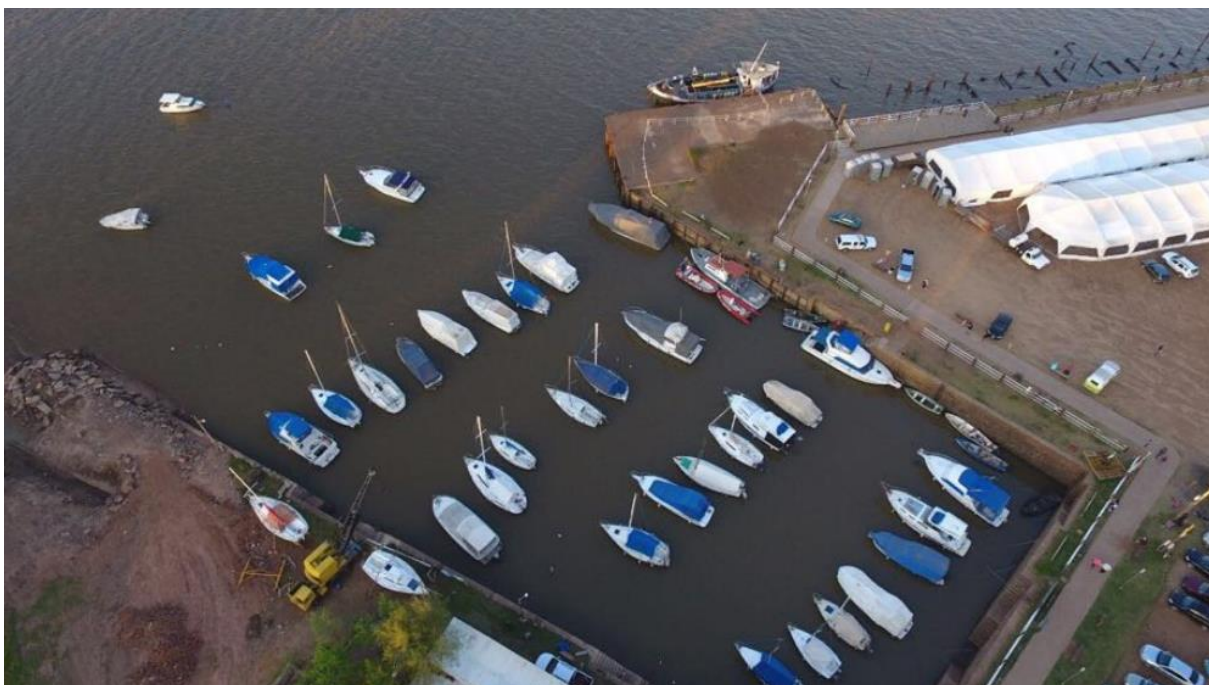
Se plantea por parte de las autoridades del puerto de Colón la posibilidad de renovar el sistema actual de izaje de barcos. Dicho sistema con el paso de los años se ha vuelto inseguro tanto para los barcos que deben ser sacados del agua como también para el personal encargado de manejar la grúa, otro problema importante que posee el actual sistema es la necesidad de al menos un operario calificado para hacer funcionar y manejar la grúa, siendo este un costo económico que el puerto de Colón debe pagar.

La grúa en cuestión posee características constructivas sobredimensionadas (20000 kg) para las embarcaciones que serán sacadas (máximo 6000 kg), generando una ocupación de espacio el cual podría estar destinado a otros fines.

Finalmente la grúa se encuentra en una zona inundable, por lo que es necesario retirarla del lugar cada vez que el río crece generando gastos de combustible, necesidad de personal calificado y un lugar apropiado para el guardado.

Se calculará un sistema de izaje acorde a los requerimientos del personal del puerto de Colón, los cuales son los siguientes:

- Carga máxima a izar 6000 kg.
- Facilidad de operación.
- Resistente a las inundaciones.
- Facilidad en el desmontaje.
- Bajo costo.
- Seguridad en el izaje.



Marco teórico y estado del arte.

El marco normativo actual regula en general todo lo inherente al personal, su calificación y la seguridad del mismo.

En nuestro país las normas que rigen estos aspectos con las normas IRAM, las cuales no posee gran información de los aspectos constructivos que debe poseer el sistema de izaje, por lo que para el cálculo se utilizara la bibliografía nombrada en el apartado correspondiente.

Por ultimo existen normativas europeas las cuales hablan de la clasificación de los diferentes aparatos de elevación, como también de la importancia a la hora del cálculo de las cargas adicionales debido al viento tanto en la etapa de operación como también en la de reposo.

Las normas a utilizar se resumen a continuación:

UNE 58-112-91	Grúas y aparatos de elevación – Clasificación
UNE 58-113-85	Grúas – Acción del viento.
IRAM 3927	Seguridad en equipos de izaje. Grúas hidráulicas de pluma articulada montadas sobre vehículos o en superficie. Características constructivas, operación, inspecciones, ensayos y mantenimiento.
IRAM 3920	Seguridad en equipos de izaje. Condiciones generales para la operación y calificación del personal.

Antecedentes

En la actualidad se pueden ver diferentes tipos de equipos para elevar embarcaciones, estos se clasifican de la siguiente manera:

Grúas pórtico

La grúa pórtico es un aparato de elevación compuesto por dos o cuatro postes que elevan una estructura puente por donde circula el mecanismo de elevación, el movimiento longitudinal se realiza a nivel del suelo a través de unos paquetes de rodadura situados en las partes inferiores de los postes. El movimiento transversal se lleva a cabo en la viga puente, elevada, sobre unos carriles metálicos dispuestos a tal efecto. El movimiento vertical se realiza a través del mecanismo de elevación situado en el carro móvil.



Grúa Luffing o de puerto

Las grúas de puerto presentan cuatro movimientos fundamentales

- Movimiento de cambio de alcance, normalmente este movimiento suele encontrarse en la misma pluma.
- Movimiento de giro de la grúa, se utilizan fundamentalmente rodillos o también rodamientos de bolas de gran tamaño los cuales trabajan bajo el movimiento de un sistema de tornillo sin fin y corona. Este sistema es accionado por motores eléctricos.
- Movimiento de elevación de la carga, por necesidades constructivas este está ubicado en el interior de la cabina, en la parte inferior de la estructura giratoria. A partir del tambor, el cable recorre diversas poleas, hasta llegar al gancho o aparejo.
- Movimiento de traslación del pórtico de sustento, el movimiento de traslación de estas estructuras, generalmente se da sobre rieles y es generado por motorreductores eléctricos acoplados a cada una de las ruedas de la grúa.



Si bien este tipo de grúas es común en puertos para el manejo de cargas de normalmente de hasta 30 toneladas, se suelen ver en los astilleros, donde su carga máxima se ve elevada hasta 50 toneladas y presentan un alcance máximo de 30 metros.

Grúa giratoria de columna giratoria

Este tipo de aparatos de elevación consiste básicamente en una pluma giratoria, solidaria a una columna articulada verticalmente en sus extremos inferior y superior.

El movimiento de giro se realiza a través de dos cojinetes dispuestos en los soportes que articulan la columna. El movimiento de traslación del carro se lleva a cabo a lo largo de la parte superior de la pluma. El movimiento de elevación se realiza a través del carro o polipasto.



Este tipo de grúas se utilizan en naves de trasbordo, almacenes, puertos, talleres de máquinas, herramientas y transporte de piezas. Su capacidad máxima es alrededor de 6 toneladas. El máximo alcance alrededor de los 8 metros. Una limitación importante es la necesidad de ubicar el aparato próximo a una pared para el anclaje superior de la columna. Es echo imposibilita el giro completo de la pluma.

Grúa giratoria de columna fija

Este tipo de grúa consta de una estructura formada por una pluma y un soporte de contrapeso. La citada estructura está anclada a una columna fija en dos puntos situados a diferentes alturas. La columna esta fija al suelo debido a un rígido empotramiento a un macizo de anclaje.



Se utiliza en el servicio ferroviario, patios de fábricas y puertos. Su capacidad máxima alcanza las 5 toneladas, su alcance máximo es de 5 metros. Presenta la ventaja de que su anclaje se realiza en el suelo, de manera que la pluma puede girar 360°.

El contrapeso se dispone con objeto a disminuir el momento de vuelco y mejorar, así, la estabilidad de la grúa.

Carros elevadores

Se trata de vehículos a 4 o más ruedas, que están equipados con un mecanismo elevador que lleva incorporadas dos barras metálicas orientadas hacia delante y el motor y contrapesos en la parte posterior, las dos barras sirven para sujetar la cama elevadora. Existe una gran variedad de modelos tanto de formas, como de capacidades de elevación, de 0,5 toneladas hasta aproximadamente 7 toneladas. Presentan dos variedades de motorización, eléctricos o de combustión interna, pero todos ellos tienen la dirección en el eje trasero.



Grúa móvil.

En obras publicas de construcción y en operaciones de elevación y transporte donde se precisa un aparato por un corto espacio de tiempo es muy utilizado el vehículo grúa. Un vehículo, caracterizado por poseer un chasis especialmente resistente, aloja en su parte posterior un aparato constituido básicamente por una pluma, fija o extensible. En un vehículo grúa existen los siguientes movimientos:

- Movimiento de vehículo convencional por medio de neumáticos.
- Movimiento de extensión de la pluma.
- Movimiento de elevación de la pluma.
- Movimiento de giro de la estructura giratoria.
- Movimiento de elevación de la carga.
- Movimiento de extensión del contrapeso.
- Movimiento de extensión de las vigas estabilizadoras.
- Movimiento de extensión de cilindros verticales de apoyo.

Los motores que existen en el aparato son del tipo térmico alimentados por gasoil. Una bomba hidráulica genera presión en un circuito que alimenta los cilindros de extensión y verticales de apoyo, los cilindros de extensión del contrapeso, la junta giratoria de la estructura y el reductor de planetarios de giro del tambor de elevación de la carga.



Luego de que la estructura está estabilizada pueden comenzar las operaciones de elevación por medio de la extensión y elevación de la pluma, giro de la estructura giratoria y elevación de la carga.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Objetivos, alcances y plan de trabajo.

Proyecto N°: PFC 1805A

**Autores: Lapalma, Guillermo.
Kautz, Diego.**

Tutor: Reynoso, Guillermo

**Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Carli, Carlos Aníbal**

AÑO 2018

Contenido

Objetivos	1
Alcances	1
Impacto	1
Plan de Trabajo	2

Objetivos

El objetivo de este proyecto final de carrera (PFC) es el de diseñar un sistema de elevación para barcos de hasta 6000 kg a ser instalado en el puerto de Colón, Entre Ríos, bajo los requisitos demandados por los encargados de dicho puerto, los cuales se mencionan en la introducción del PFC y cumpliendo con la normativa de higiene y seguridad actual para el manejo de equipos de izaje.

Alcances

Los alcances del PFC son los siguientes:

- Realizar la ingeniería de detalle del sistema de elevación de barcos.
- Realizar la ingeniería de detalle de la percha de izaje.
- Se evaluará el costo del sistema de elevación y la percha de izaje, tanto para la producción como para el montaje de los mismos.
- No se harán los cálculos de fundación que el sistema requiera ya que es incumbencia de ingeniería civil.
- No se diseñará el sistema de suministro eléctrico que el mecanismo requiera.

Impacto

El PFC generará en el puerto de Colón un impacto positivo tanto para los operarios de la grúa como para los usuarios del sistema de elevación de barcos, generando los siguientes beneficios.

Seguridad e Higiene	Mejoramiento en el manejo de la maquinaria. Disminución de riesgo en la elevación de barcos.
Económico	Evitar daños y contratiempos operativos legales. Mayor número de barcos fuera del agua simultáneamente. Menor costo de operación. Flexibilidad del sistema.

Plan de Trabajo

1. Relevamiento de instalación actual.
2. Estudio de la Problemática.
3. Estudio de normativa vigente.
4. Propuesta de Ingeniería Básica.
5. Ingeniería de detalle de la instalación de acuerdo a alcances.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Ingeniería Básica.

Proyecto Nº: PFC 1805A

Autores:

Lapalma, Guillermo.

Kautz, Diego.

Tutor:

Reynoso, Guillermo

Dirección de Proyectos:

Ing. Puente, Gustavo

Ing. De Carli, Carlos Aníbal

AÑO 2018

Contenido

Adopción de tipo constructivo de grúa a utilizar.....	1
Diseños propuestos.....	1
Diseño de grúa soportada por puntales rígidos.....	1
PM1 – Pluma de izaje.....	4
PM2 – Puntal.....	4
PM3 – Puntales rígidos.....	4
PM4 – Tensor.....	5
SE1 – Sistema de elevación de carga.....	5
Diseño de grúa soportada por cables.....	7
PM3 – Vientos de sustento.....	9
SE2 – Sistema de movimiento de la pluma sobre el eje vertical.....	10
Elección final de diseño.....	10

Adopción de tipo constructivo de grúa a utilizar.

Analizando los requerimientos de las autoridades del puerto de Colón se optó por el sistema de grúa tipo Derrick, la cual cumple con una gran cantidad de los requerimientos antes mencionados, por ejemplo:

- Alcance en carga de izaje entre 5000 y 7000 kg.
- Fácil montaje – desmontaje.
- Muy bajo costo comparado con las demás alternativas.
- Simple y robusta.
- No posee sistemas electromecánicos complejos haciéndolo resistente a inundaciones y facilitando su desmontaje.
- Es muy utilizada como sistema para izar embarcaciones en los puertos de la zona.

Diseños propuestos.

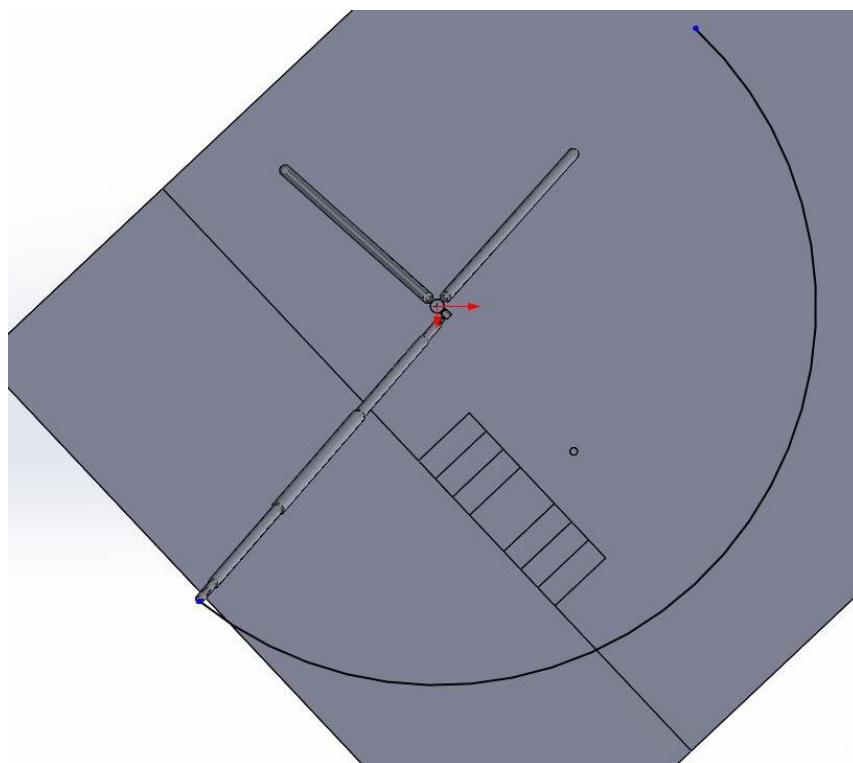
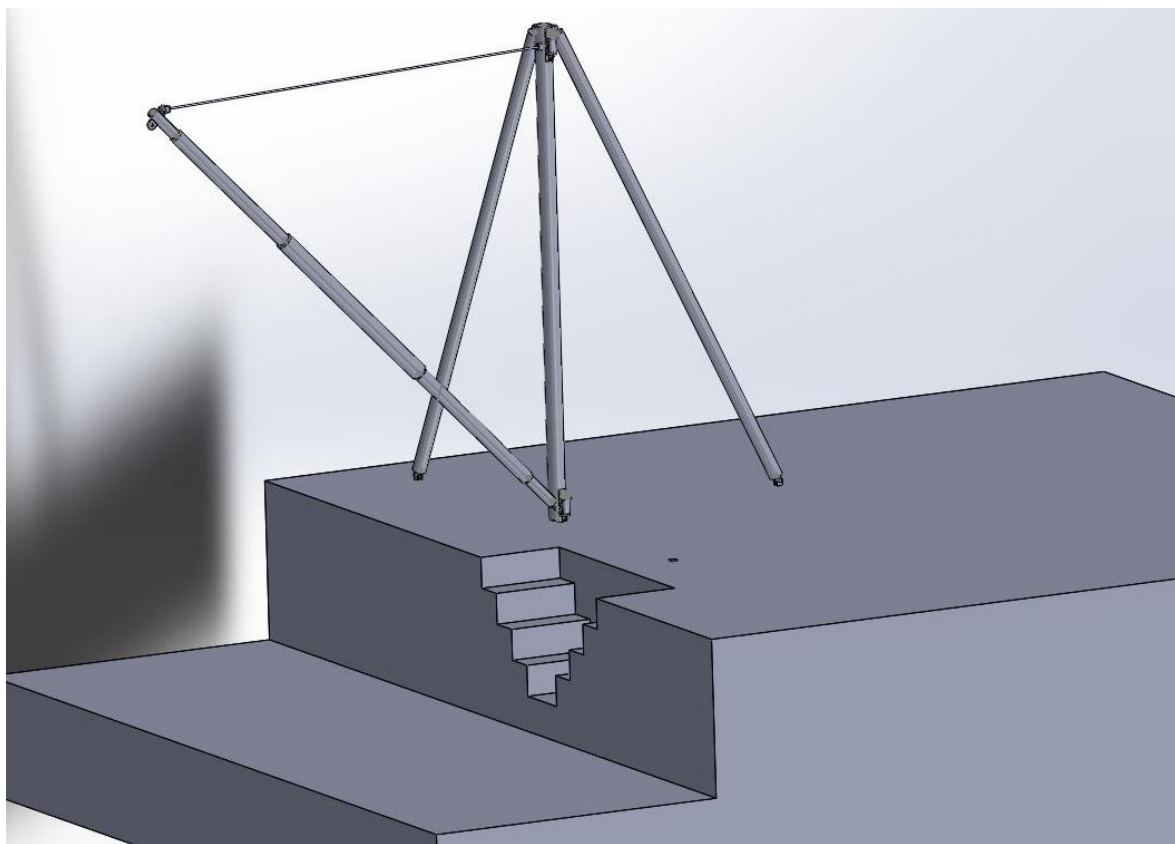
Para cumplir con dichos requisitos se plantearon dos posibles alternativas las cuales fueron enviadas a las autoridades del puerto de Colón para la elección del diseño que mejor se ajuste a sus requerimientos.

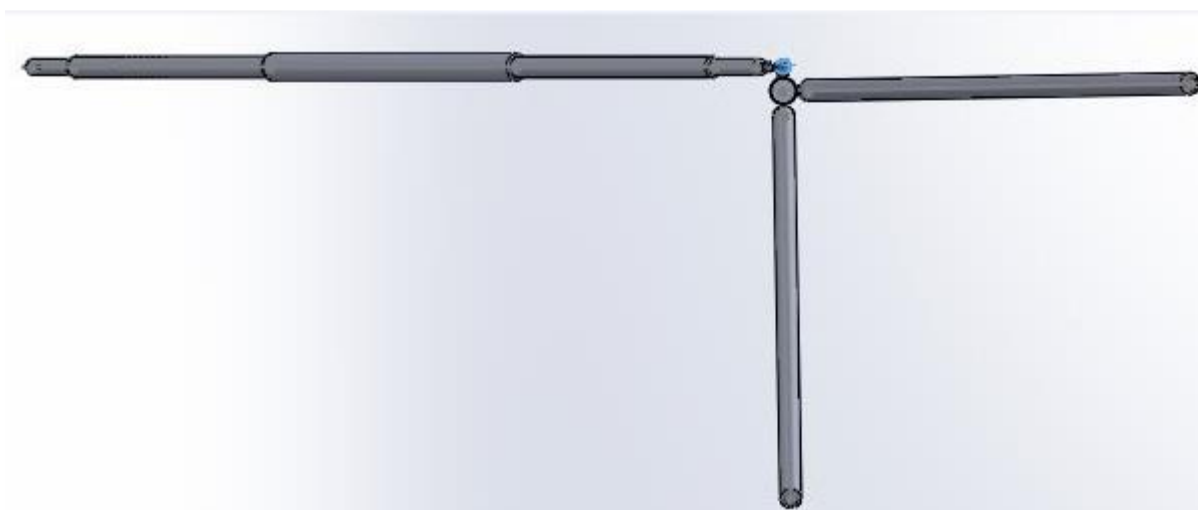
Diseño de grúa soportada por puntales rígidos.

Este diseño se propone colocar uno de los lados del espacio disponible, habilitando el espacio al costado y hacia atrás como lugar de trabajo para las reparaciones que sean necesarias realizar a los barcos fuera del agua. Hay que destacar que este diseño posee un ángulo de giro de 180°, permitiendo maniobras. Cabe aclarar que este diseño es más costoso que el que se propondrá más adelante.

El diseño es el siguiente:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP – 01/10/2018	Aprobó:	Página 1 de 10
---	----------------------------	---------	----------------





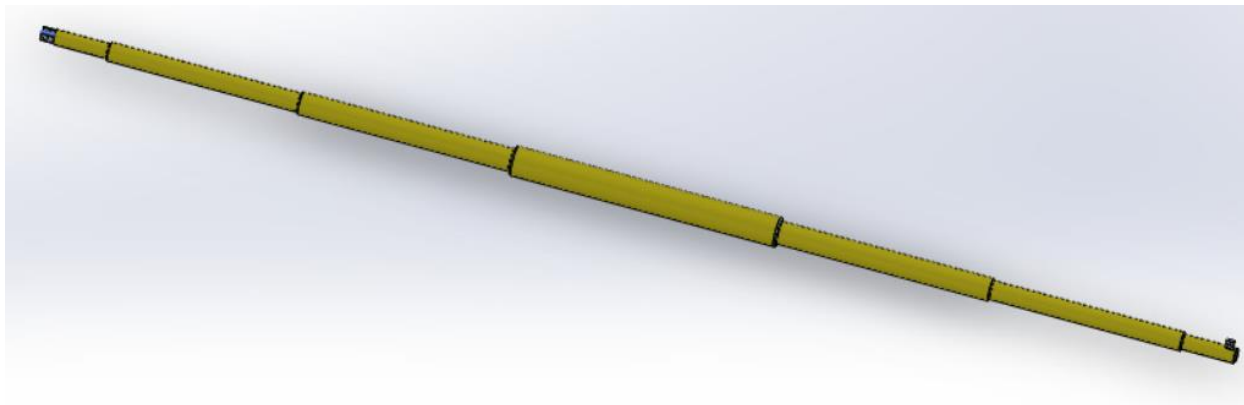
A continuación se muestra un bosquejo de la grúa en la que se mencionan las partes constructivas principales de la misma.



Donde:

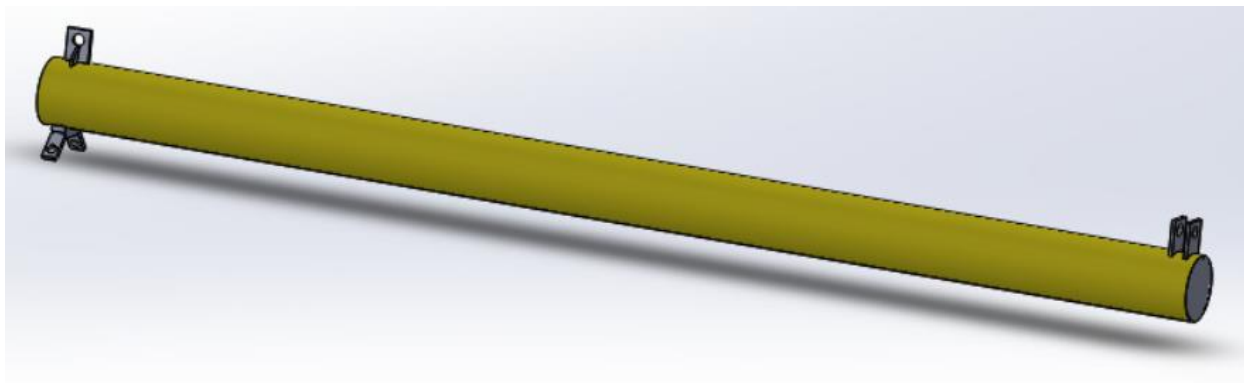
PM1 – Pluma de izaje.

Este elemento constructivo se encuentra construido en tramos de diferentes secciones de caños, con el fin de disminuir el peso de la estructura, sin disminuir sus características mecánicas. Sobre esta pieza irá montado el sistema de elevación de carga SE 1. En su parte inferior se encontrará un sistema de rotulas que le permite tomar movimientos verticales y desplazarse horizontalmente.



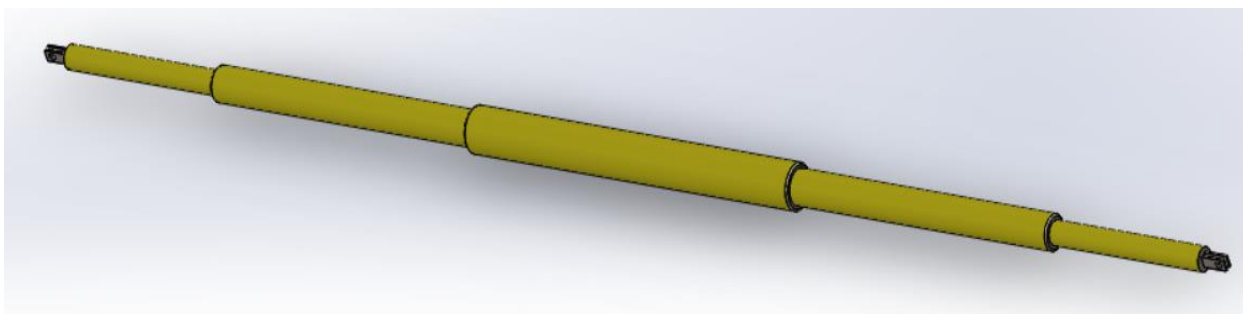
PM2 – Puntal.

Esta es la pieza estructural principal de la grúa ya que es la encargada de soportar gran parte de los esfuerzos producidos en el momento del izaje y transmitir dichos esfuerzos hacia el macizo de la base y los vientos de sustentos.



PM3 – Puntales rígidos.

Son los encargados de transmitir los esfuerzos tanto de tracción como de compresión desde la parte superior del puntal hacia sus macizos de anclaje correspondientes, su construcción es de caños Mannesmann y se encuentran separados uno de otro en un ángulo de 90.



PM4 - Tensor.

Este elemento constructivo es el encargado de variar el ángulo vertical que posee la pluma de izaje y a su vez transmitir esfuerzos desde la pluma de izaje hacia el puntal. Se encuentra construido de cables de acero.



SE1 - Sistema de elevación de carga.

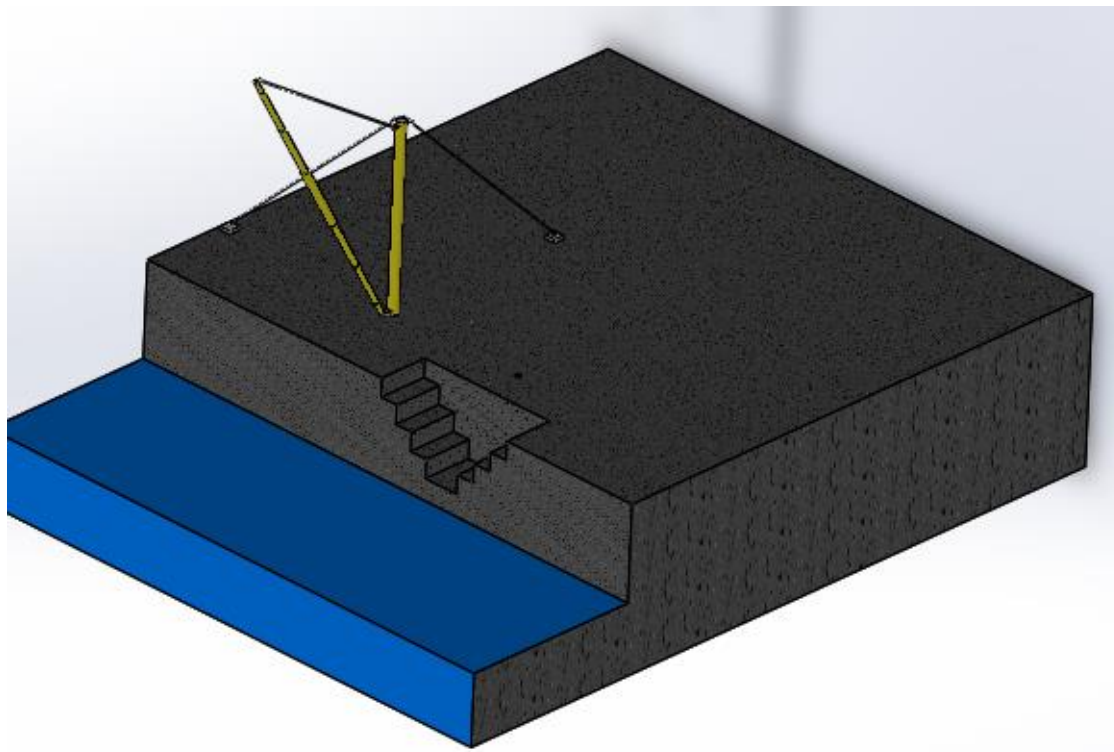
Es el encargado de elevar las embarcaciones desde el agua hasta la altura deseada. Cumple con los requerimientos de seguridad e higiene en el izaje de cargas, se seleccionará de un fabricante nacional para asegurar servicio postventa, mantenimiento y disponibilidad de repuestos.

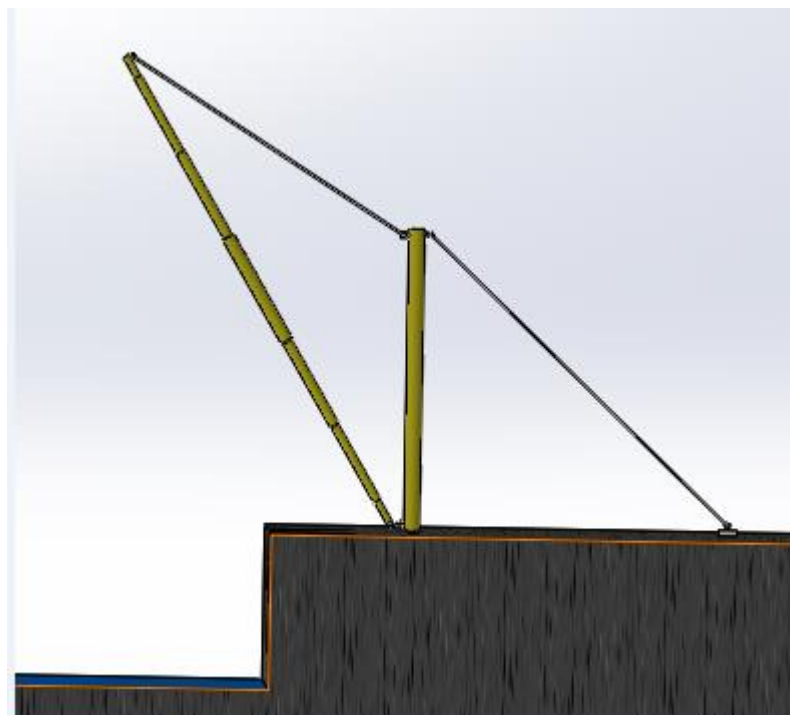
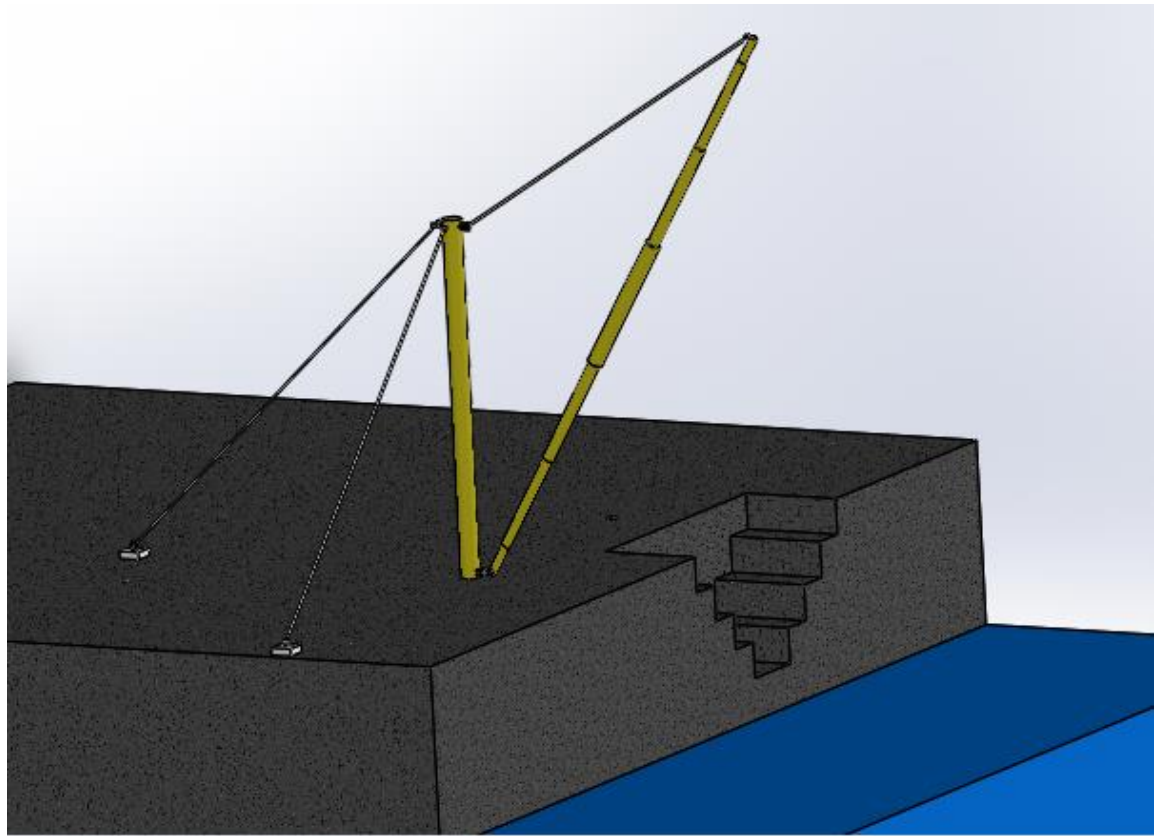


Diseño de grúa soportada por cables.

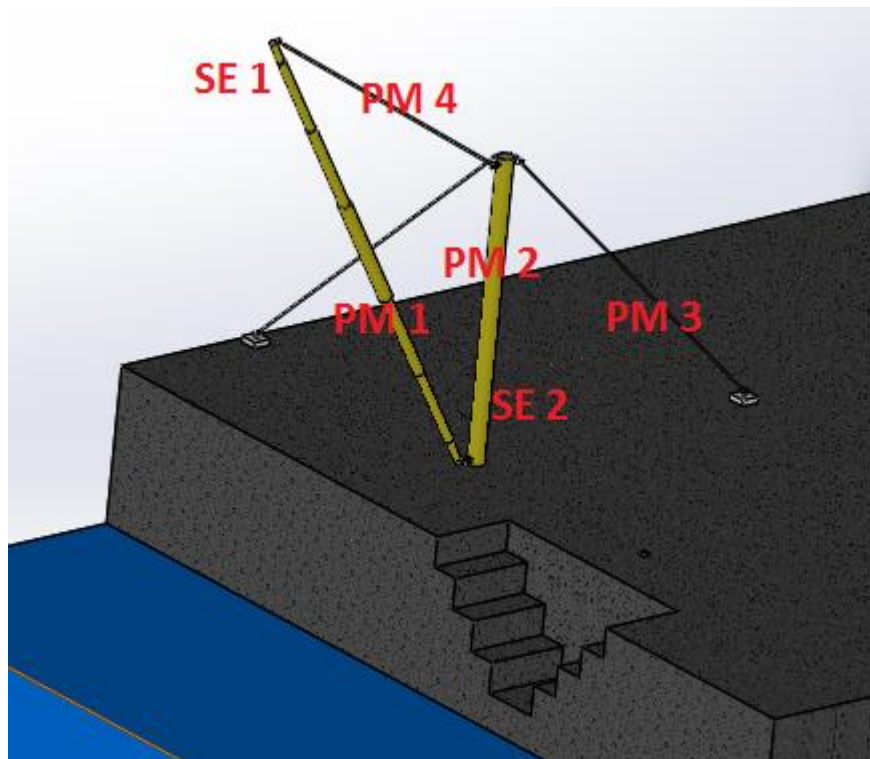
Este diseño se propone colocar a un lado del espacio libre disponible, habilitando el resto del espacio como playa de maniobras y lugar de trabajo para las reparaciones que sean necesarias realizar a los barcos fuera del agua. Hay que destacar que este diseño posee un ángulo de giro de 90°.

El diseño es el siguiente:





A continuación se muestra un bosquejo de la grúa en la que se mencionan las partes constructivas principales de la misma, son todas muy parecidas a las del diseño anterior salvo por las partes PM3 y SE2.



Donde:

PM3 - Vientos de sustento.

Son los encargados de transmitir el esfuerzo de la parte superior del puntal hacia sus macizos de anclaje correspondientes, su construcción es de cables de acero y se encuentran separados uno de otro en un ángulo de 90° para posibilitar el movimiento de la pluma de izaje en dicho ángulo.



SE2 – Sistema de movimiento de la pluma sobre el eje vertical.

Es el encargado de posicionar la pluma de izaje en cualquier punto de su recorrido vertical. Cumple con los requerimientos de seguridad e higiene en el izaje de cargas, se seleccionará de un fabricante nacional para asegurar servicio postventa, mantenimiento y disponibilidad de repuestos.



Elección final de diseño.

Luego de explicar cada uno de los diseños y las partes constructivas de los mismos como también de las ventajas y desventajas que cada uno posee, las autoridades del puerto de Colón optaron por el diseño que está soportado por puntales rígidos, por lo que en los apartados siguientes se procederá con el cálculo en detalle del mismo.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Ingeniería en Detalle.

Proyecto N°: PFC 1805A

Autores:

Lapalma, Guillermo.

Kautz, Diego.

Tutor:

Reynoso, Guillermo

Dirección de Proyectos:

Ing. Puente, Gustavo

Ing. De Carli, Carlos Aníbal

AÑO 2018

Contenido

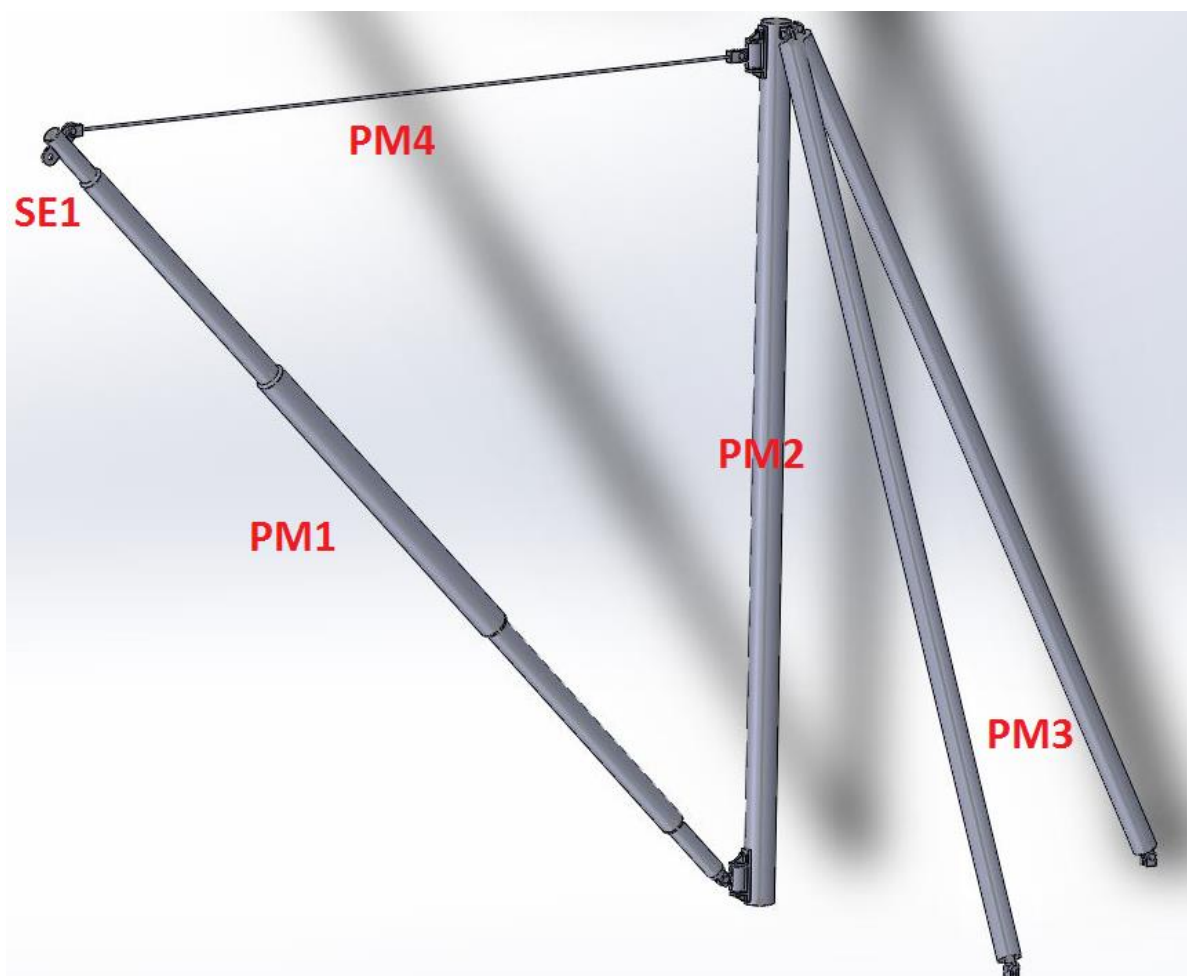
Diseño de grúa soportada por puntales rígidos.....	1
PM1 – Pluma de izaje.....	1
PM1.....	2
ER1.....	3
ER5.....	4
PM2 – Puntal.....	5
PM2.....	6
ER4.....	7
ER5.....	8
ER5 – 1.....	8
ER5 – 2.....	9
ER5 – 3.....	10
ER5 – 4 y ER5 - 5.....	12
ER5 – 6.....	14
PM3 – Vientos rígidos.....	15
PM3.....	16
ER3.....	17
Rigidizadores (Rig).....	18
PM4 – Tensor.....	19
Pernos.....	21
PE1.....	21
PE2.....	22
SE1 – Sistema de elevación de carga.....	22
PM5.....	25
PM6 – Cables tensor.....	26
ER7.....	29
ER8.....	30
Pernos.....	30
PE3.....	30
PE4.....	31

Eslingas.....	31
Instalación eléctrica.	32
Cable.....	32
Caja estanca.	34
Protecciones.....	34
Llave termomagnetica.	34
Llave termomagnetica del polipasto.....	35
Llave termomagnetica de las luminarias.	36
Llave disyuntora.	37
Pintura.....	38
Resumen cargas actuantes sobre la estructura.	39

Diseño de grúa soportada por puntales rígidos.

Este diseño se propone colocar uno de los lados del espacio disponible, habilitando el espacio al costado y hacia atrás como lugar de trabajo para las reparaciones que sean necesarias realizar a los barcos fuera del agua. Hay que destacar que este diseño posee un ángulo de giro de 180°, permitiendo maniobras.

El diseño es el siguiente:

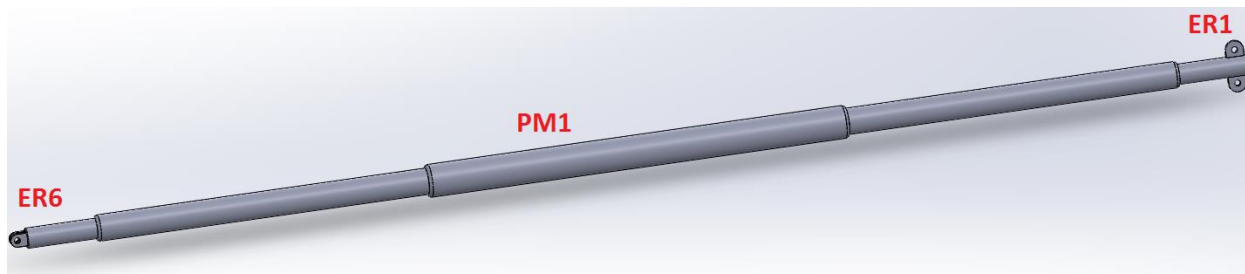


Donde:

PM1 - Pluma de izaje.

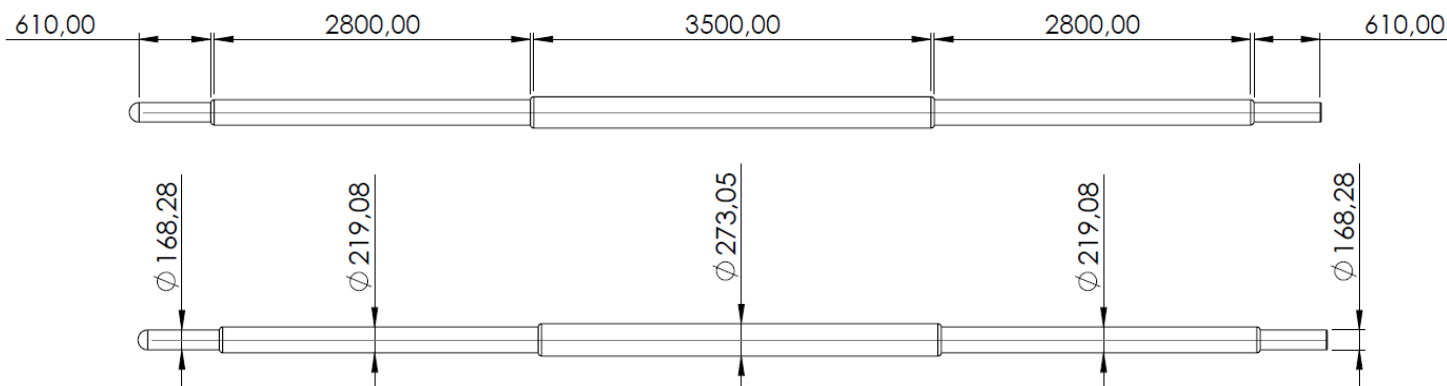
Este elemento constructivo se encuentra construido en tramos de diferentes secciones de caños, con el fin de disminuir el peso de la estructura, sin disminuir sus características mecánicas. Sobre esta pieza irá montado el sistema de elevación de carga SE 1 a un lado del herraje ER1 y en su

otro extremo se fijará el cable tensor PM4. En su parte inferior se encuentra un par de planchuelas ER6 que le permite tomar movimientos verticales y su unión con el puntal PM2.



PM1.

Está construido de caños con costura ASTM A53 Grado A Schedule 40 de 10", 8" y 6" con la siguiente distribución:



Los datos de espesor y de peso por metro del material se pueden ver en la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES												
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
1/8	10.3	ESP 1.73	2.41					1.73		2.41				
	HG/M	0.37	0.47					0.37		0.47				
1/4	13.7	ESP 2.24	3.03					2.24		3.03				
	HG/M	0.63	0.80					0.63		0.80				
3/8	17.1	ESP 2.31	3.20					2.31		3.20				
	HG/M	0.84	1.10					0.84		1.10				
1/2	21.3	ESP 2.77	3.73	7.47				2.77		3.73				4.78
	HG/M	1.27	1.62	2.55				1.27		1.62				1.95
3/4	26.7	ESP 2.87		7.82				2.87		3.91				5.56
	HG/M	1.69		3.64				1.69		2.20				2.90
1	33.4	ESP 3.38	4.55	9.09	2.77			3.38		4.55				6.35
	HG/M	2.50	3.24	5.45	2.09			2.50		3.24				4.24
1 1/4	42.2	ESP 3.56	4.85	9.70	2.77			3.56		4.85				6.35
	HG/M	3.39	4.47	7.70	2.69			3.39		4.47				5.61
1 1/2	48.3	ESP 3.68	5.08	10.16	2.77			3.68		5.08				7.14
	HG/M	4.05	5.41	9.56	3.11			4.05		5.41				7.25
2	60.3	ESP 3.91	5.54	11.07	2.77			3.91		5.54				8.74
	HG/M	5.44	7.48	13.44	3.93			5.44		7.48				11.11
2 1/2	73.0	ESP 5.16	7.01	14.02	3.05			5.16		7.01				9.53
	HG/M	8.63	11.41	20.39	5.26			8.63		11.41				14.92
3	88.9	ESP 5.49	7.62	15.24	3.05			5.49		7.62				11.13
	HG/M	11.29	15.27	27.68	6.46			11.29		15.27				21.35
3 1/2	101.6	ESP 5.74	8.08		3.05			5.74		8.08				
	HG/M	13.57	18.64		7.41			13.57		18.64				
4	114.3	ESP 6.02	8.56	17.12	3.05			6.02		8.56		11.13		13.49
	HG/M	16.08	22.32	41.03	8.37			16.08		22.32		28.32		33.54
5	141.3	ESP 6.55	9.53	19.05	3.40			6.55		9.53		12.70		15.88
	HG/M	21.77	30.97	57.43	11.56			21.77		30.97		40.28		49.12
6	168.3	ESP 7.11	10.97	21.95	3.40			7.11		10.97		14.27		18.26
	HG/M	28.26	42.56	79.22	13.83			28.26		42.56		54.21		67.57
8	219.1	ESP 8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
	HG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP 9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
	HG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP 9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
	HG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP 9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
	HG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72

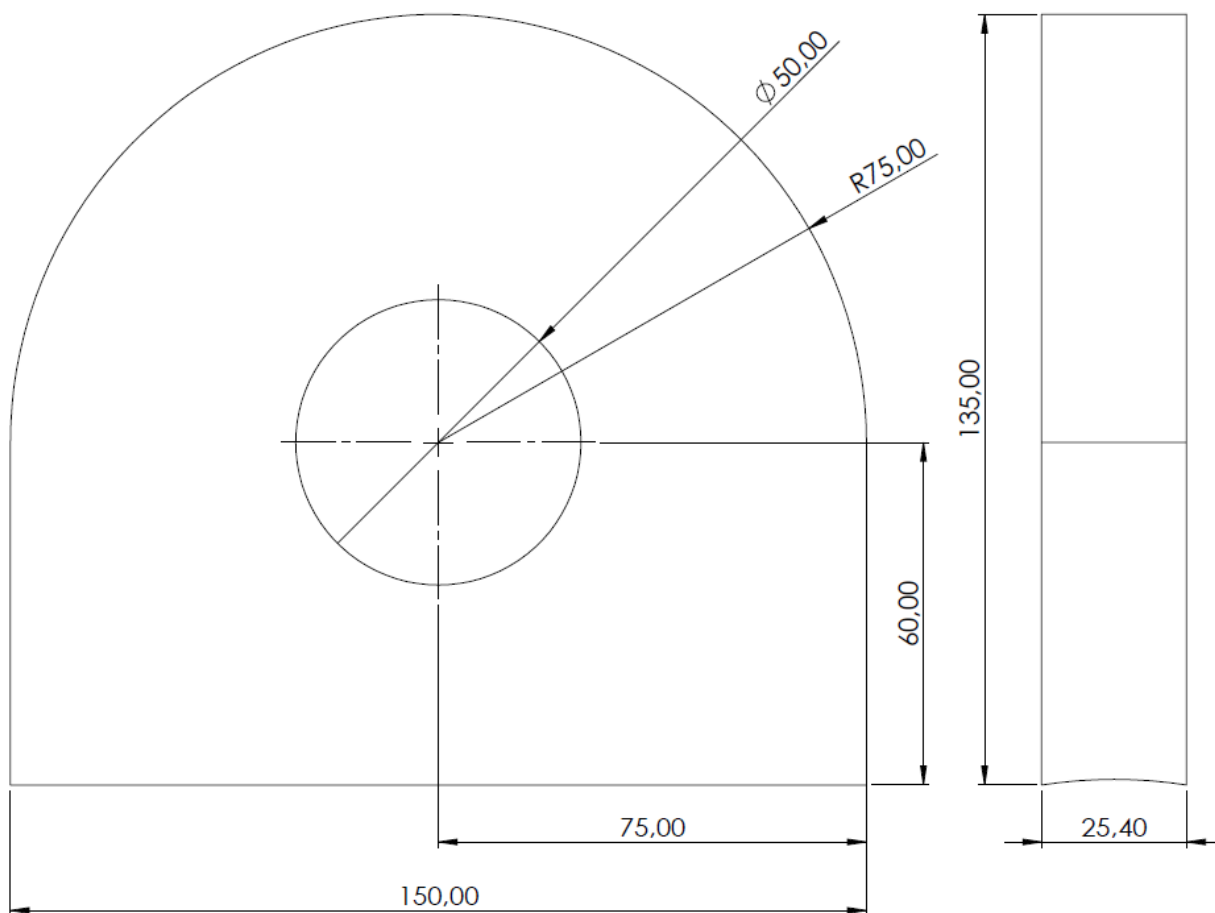
Se deben soldar tapas a ambos lados del mástil.

El soldado debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	5 mm.
Longitud mínima del cordón:	325 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

ER1

La grúa posee dos de estos herrajes, uno para la sujeción del cable tensor al mástil y otro para sostener el polipasto de elevación de carga. Están contruidos de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:

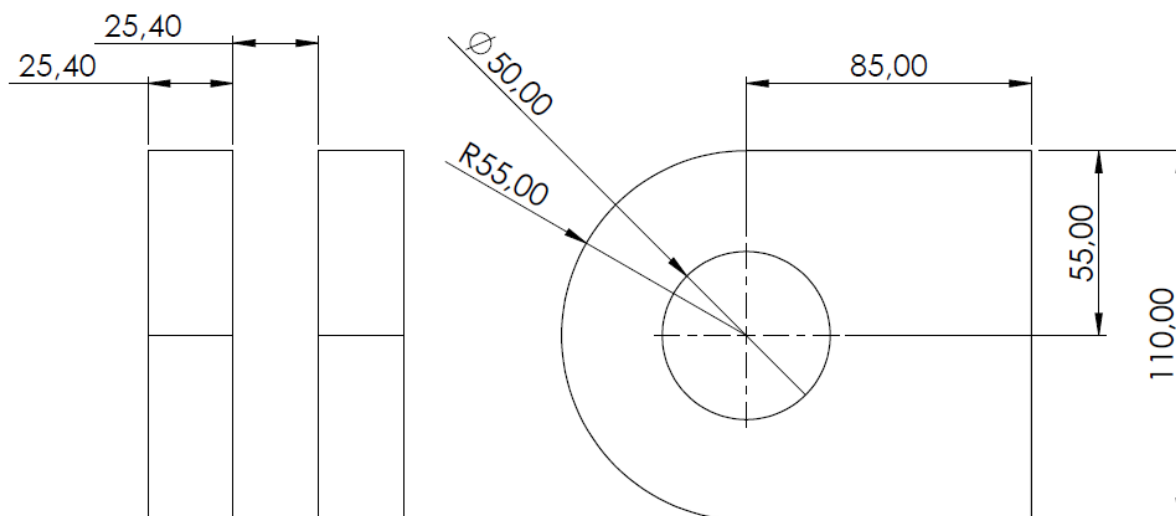


El soldado entre el herraje y el mástil debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	5 mm.
Longitud mínima del cordón:	262 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

ER5

Este herraje es el encargado de vincular el mástil con la base giratoria que está unida al puntal. Está construido por dos planchuelas de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:

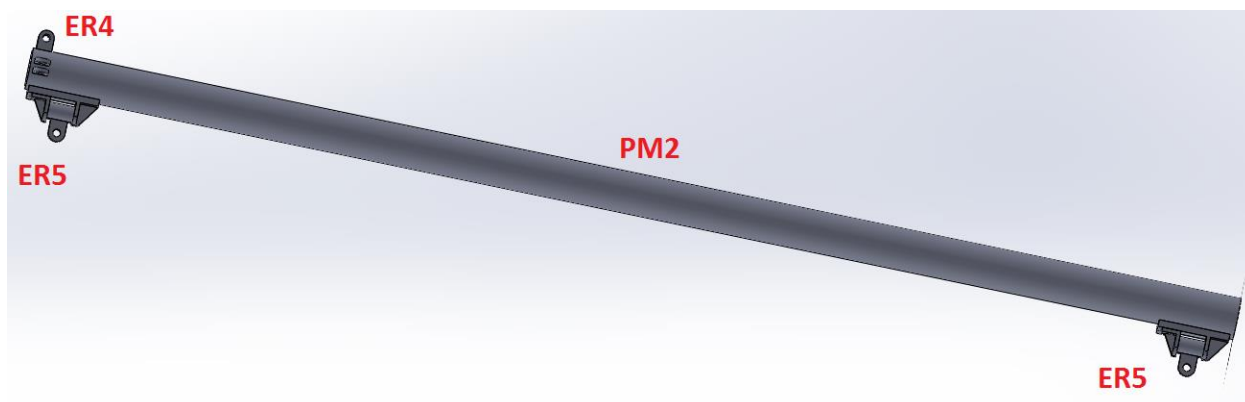


El soldado entre el herraje y el mástil debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	6,7 mm.
Longitud mínima del cordón:	383 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

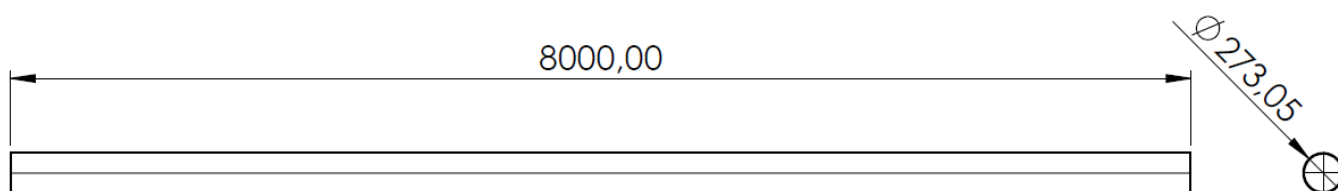
PM2 - Puntal.

Esta pieza es la encargada de vincular el mástil con los vientos rígidos, a su vez soportar parte de la carga a izar. Está construida de caños de 10" acero ASTM A53 en su parte inferior y superior se encuentran los herrajes ER5 que son los encargados de guiar los movimientos del mástil y vincularlo con el puntal, en la parte superior, a 90 y 180 grados del herraje ER5 se encuentran los anclajes de los vientos rígidos al puntal, estos herrajes son los ER4.



PM2.

Está construido de caños con costura ASTM A53 Grado A Schedule 40 de 10" con la siguiente distribución:



Los datos de espesor y de peso por metro del material se pueden ver en la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40			6.55		9.53		12.70		15.88
		KGM	21.77	30.97	57.43	11.56			21.77		30.97		40.28		49.12
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40			7.11		10.97		14.27		18.26
		KGM	28.26	42.56	79.22	13.83			28.26		42.56		54.21		67.57
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		KGM	42.55	64.64	107.93	25.26	33.37	36.87	42.55	53.09	64.64	75.97	90.44	106.93	111.77
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		KGM	60.29	81.53	155.10	27.28	41.26	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		KGM	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		KGM	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		KGM	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.55	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		KGM	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.69	309.78	363.76	408.48	459.62
20	508.0	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		KGM	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	442.52	508.15	564.85
24	609.6	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		KGM	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	ESP	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		KGM	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20	349.46						

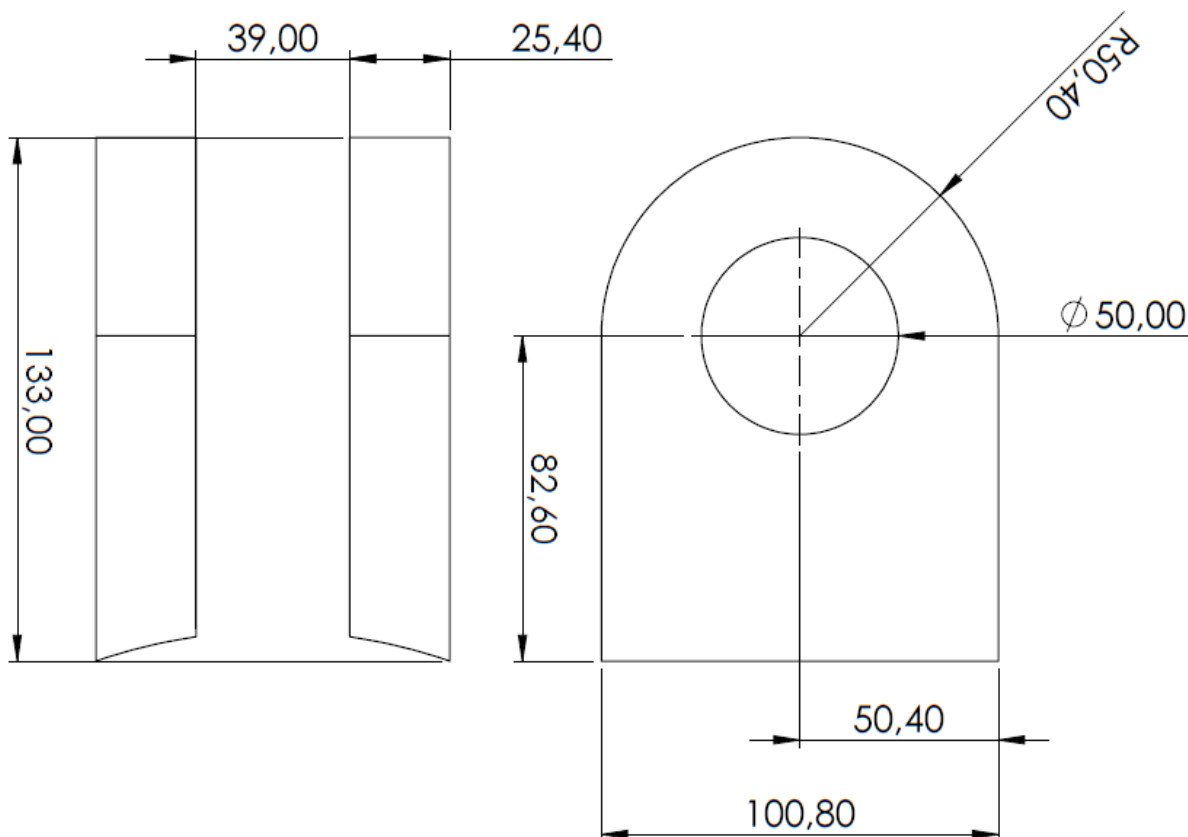
El soldado debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros para soldar tramos del mismo caño de 10" son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	6,7 mm.
Longitud mínima del cordón:	353 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

También se debe soldar una tapa en la parte superior del mástil.

ER4

El puntal posee dos de estos herrajes, ubicados a 90 grados uno del otro, los cuales cumplen la función de vincular los vientos rígidos con el puntal. Están contruidos de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:

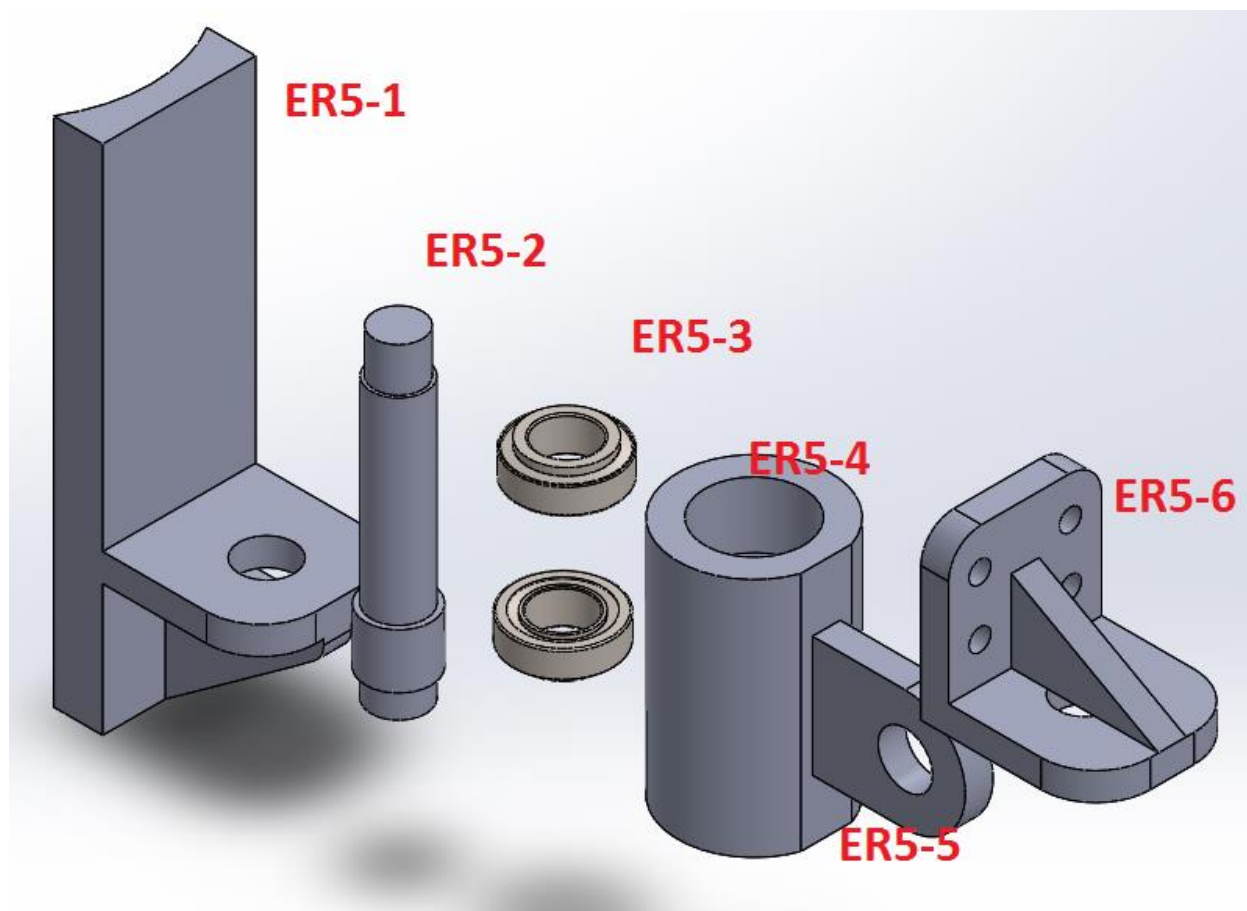


El soldado entre el herraje y el puntal debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	6,7 mm.
Longitud mínima del cordón:	383 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

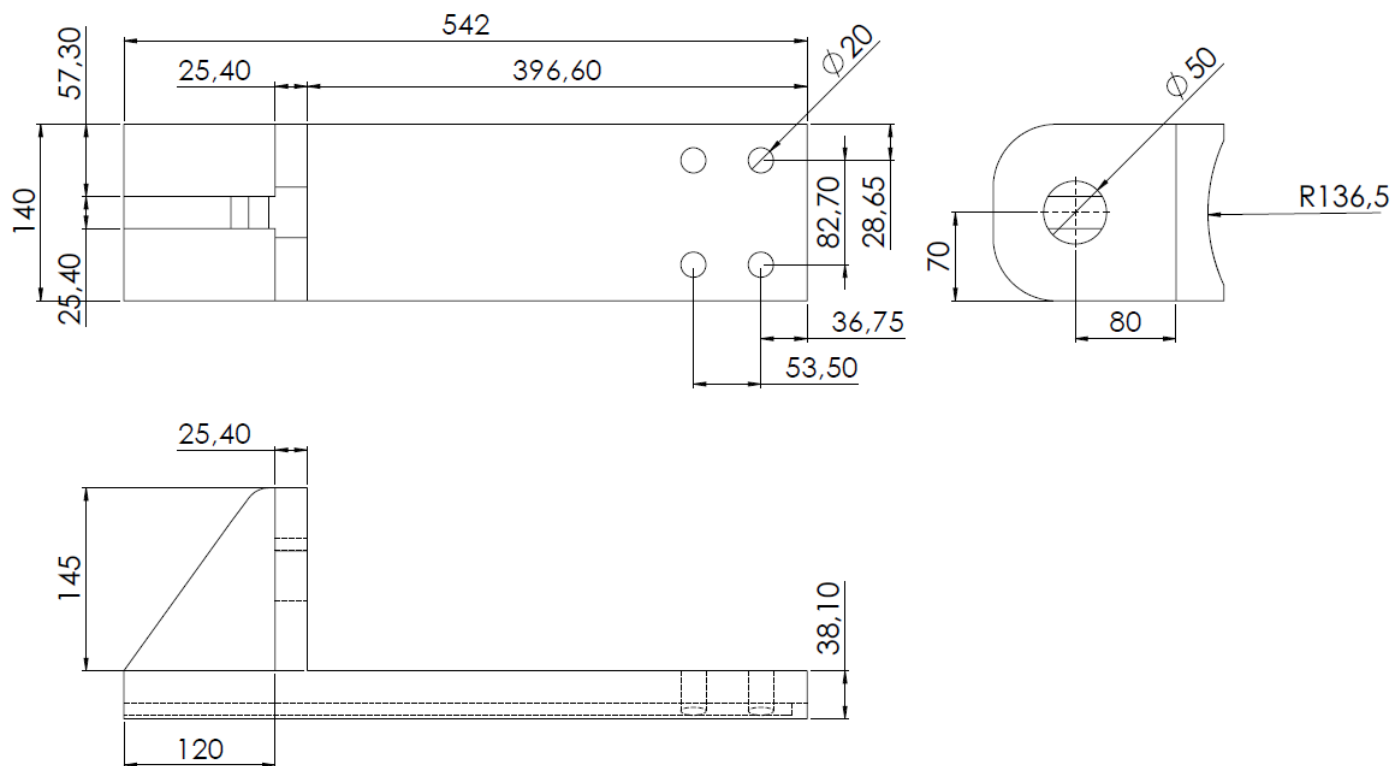
ER5

El puntal posee dos de estos herrajes, ubicados uno arriba y otro abajo. Son los encargados de posibilitar el giro del mástil. Están contruidos de acero S.A.E 1020 en las planchuelas y de acero S.A.E 1045 en el eje, estos herrajes poseen la siguiente construcción:



ER5 - 1

Esta pieza es la encargada de unir todos los demás elementos al puntal, está construida de acero S.A.E 1020 y posee la siguiente geometría:

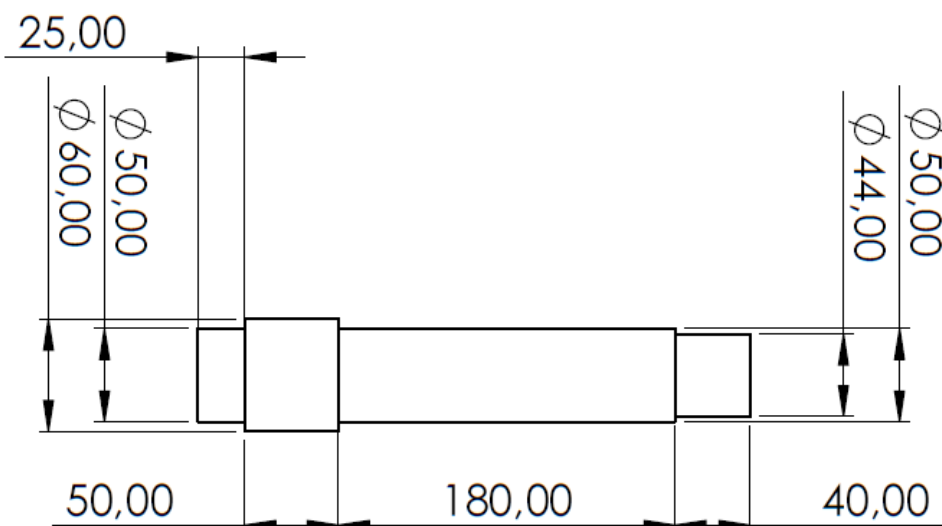


El soldado del ala de la pieza debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	18 mm.
Longitud mínima del cordón:	100 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

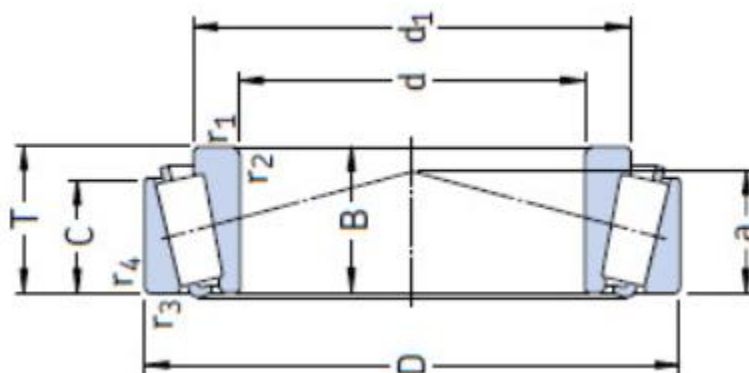
ER5 - 2

Este eje, está construida de acero S.A.E 1045, las tolerancias se mostrarán en los planos de la pieza. La geometría es la siguiente:



ER5 - 3

Los rodamientos cónicos de rodillos seleccionados para este herraje son de la marca SKF, el cual se muestra a continuación:






Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación	Serie de dimensiones según la ISO 355 (ABMA)
d	D	T	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg	-	-
mm						rpm				
50	80	20	60,5	88	9,65	6 000	8 000	0,37	32010 X/Q	3CC
	80	20	60,5	88	9,65	6 000	8 000	0,37	32010 X/QCL7CVB026	3CC
	80	24	69,3	102	11,4	6 000	8 000	0,45	33010/Q	2CE
	82	21,5	72,1	100	11	6 000	8 500	0,43	JLM 104948 AA/910 AA/Q	(LM 104900)
	85	26	85,8	122	13,4	5 600	7 500	0,59	33110/Q	3CE
	90	21,75	76,5	91,5	10,4	5 600	7 500	0,54	30210 J2/Q	3DB
	90	24,75	82,5	100	11,4	5 600	7 500	0,61	32210 J2/Q	3DC
	90	28	106	140	16	5 300	8 000	0,75	JM 205149/110/Q	(M 205100)
	90	28	106	140	16	5 300	8 000	0,75	JM 205149/110 A/Q	(M 205100)
	90	32	114	160	18,3	5 000	7 000	0,90	33210/Q	3DE

d	d ₁	B	C	r _{1,2} min	r _{3,4} min	a	d _a máx	d _b min	D _a min	D _a máx	D _b min	C _a min	C _b min	r _a máx	r _b máx	e	Y	Y ₀
mm							mm									-		
50	65,6	20	15,5	1	1	18	57	56	72	74	77	4	4,5	1	1	0,43	1,4	0,8
	65,6	20	15,5	3	1	18	57	62	72	74	77	4	4,5	2,5	1	0,43	1,4	0,8
	64,9	24	19	1	1	17	56	56	72	74	76	4	5	1	1	0,31	1,9	1,1
	65,1	21,5	17	3,6	1,2	16	57	62	74	76	78	4	4,5	3,4	1,2	0,3	2	1,1
	67,9	26	20	1,5	1,5	20	57	57	74	78	82	4	6	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8
	67,9	20	17	1,5	1,5	19	58	57	79	83	85	3	4,5	1,5	1,5	0,43	1,4	0,8
	68,5	23	19	1,5	1,5	21	58	57	78	83	85	3	5,5	1,5	1,5	0,43	1,4	0,8
	68,7	28	23	3	2,5	20	58	64	78	78	85	5	5	2,5	2	0,33	1,8	1
	68,7	28	23	3	0,8	20	58	64	78	85	85	5	5	2,5	0,6	0,33	1,8	1
	70,7	32	24,5	1,5	1,5	23	57	57	77	83	87	5	7,5	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8

Junto con esto se seleccionaron retenes para impedir el ingreso de agua del exterior hacia los rodamientos y también cumplen la función de impedir que la grasa de lubricación interna se escape, los retenes seleccionados son de la marca DBH.

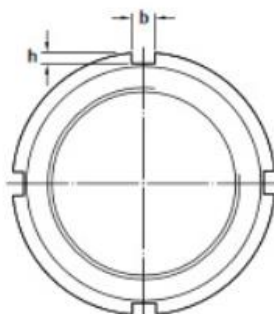
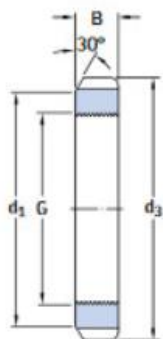
En la parte superior de la caja porta rodamientos irá alojado un retén LX 9961 y en la parte inferior el retén LX 5278.

Catálogo general de medidas DBH							
	DIMENSIONES			Nº DBH	TIPO	GIRO	COMPUESTO
	EJE	ALOJ.	ALTURA				
	45.00	60.00	8.00	9294	Lx	L	NBR
Kz	.	60.00	8.00	9905	Lx	Bidi	ACM
	.	60.00	9.00	8709	Lx-R	H	ACM / FPM
Kx	.	60.00	10.00	5588	Lx	L	NBR / ACM
	.	60.00	10.00	8032	Lx-R	H	ACM
	.	61.00	10.00	5540	Mz	L	NBR
	.	63.00	7.50	9882	Lx-R	H	FPM
	.	64.00	9.00	8048	Lx	L	NBR
Lx	.	65.00	5.00	8656	Mx	L	NBR
	.	65.00	8.00	5231	Lx	L	NBR/WQ/ACM/FPM
	.	65.00	8.00	9287	Lx-R	AH	ACM
	.	85.00	12.00	6767	Lx	L	NBR
	.	100.00	10.00	9961	Lx	L	FPM

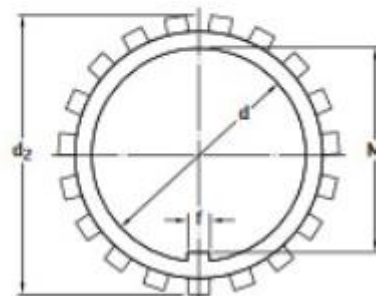
60.00	70.00	9.10	8084	A 155	L	NBR
.	72.00	8.00	9444	Lx	L	NBR
.	73.00	10.50	9684	A 156	Bidi	FPM
.	74.00	8.00	9930	Mx	Bidi	ACM
.	75.00	7.00	1185	Lx-R	H	FPM
.	75.00	8.00	5356	Lz	L	NBR / MVQ / FPM
.	75.00	8.00	8154	Lx	L	NBR
.	77.00	7,5/14	1141	A 373	L	NBR
.	78.00	10.00	5358	Lz	L	NBR
.	85.10	12.70	8700	Lz	L	NBR
.	90.00	9.20	6649	A 099	L	NBR
.	90.00	10.00	5278	Lx	L	NBR / MVQ
.	90.00	10.00	5724	Lz	L	NBR
.	90.00	12.00	8952	Lx	L	NBR

El rodamiento superior del pivote debe asegurarse mediante una tuerca de fijación con una arandela de retención para que el mismo no posea ningún tipo de holgura y se mantenga rígidamente en su sitio, para esto se seleccionan los siguientes componentes del fabricante SKF.

Tuercas de fijación KM(L) con arandelas de retención
M 10x0,75 – M 200x3



Arandelas de retención MB(L)
d 10 – 200 mm

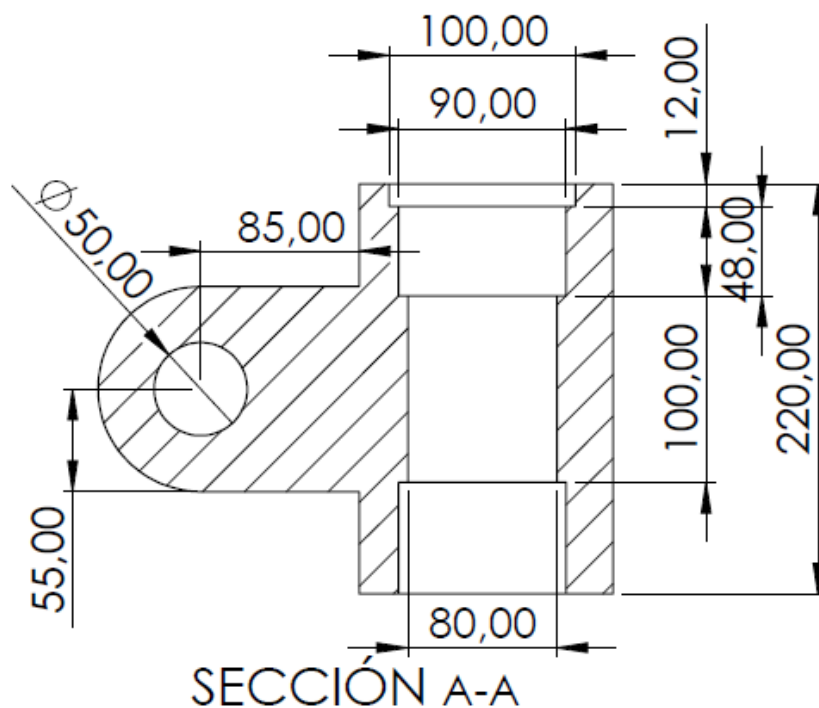
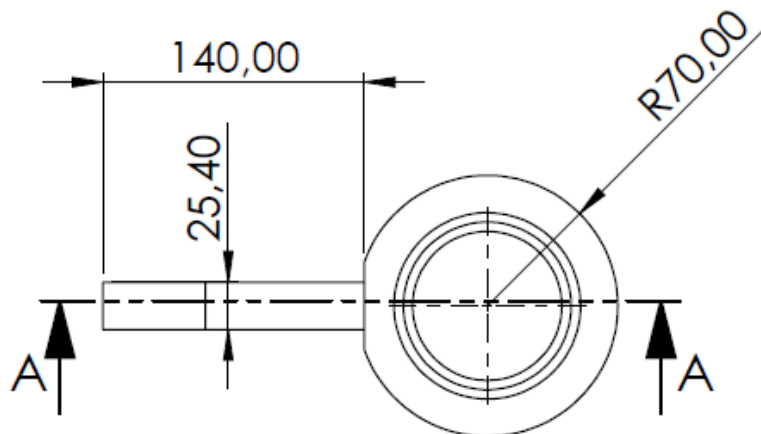


Componente	Cantidad	Diámetro	Denominación
Tuerca de fijación	2	50 x 1,5 mm	KM 10
Arandela de retención	2	50 mm	MB 10

ER5 - 4 y ER5 - 5

Esta pieza es la encargada de unir el mástil, está construida de acero S.A.E 1020 y posee la siguiente geometría:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 12 de 40
---	----------------------------	---------	-----------------

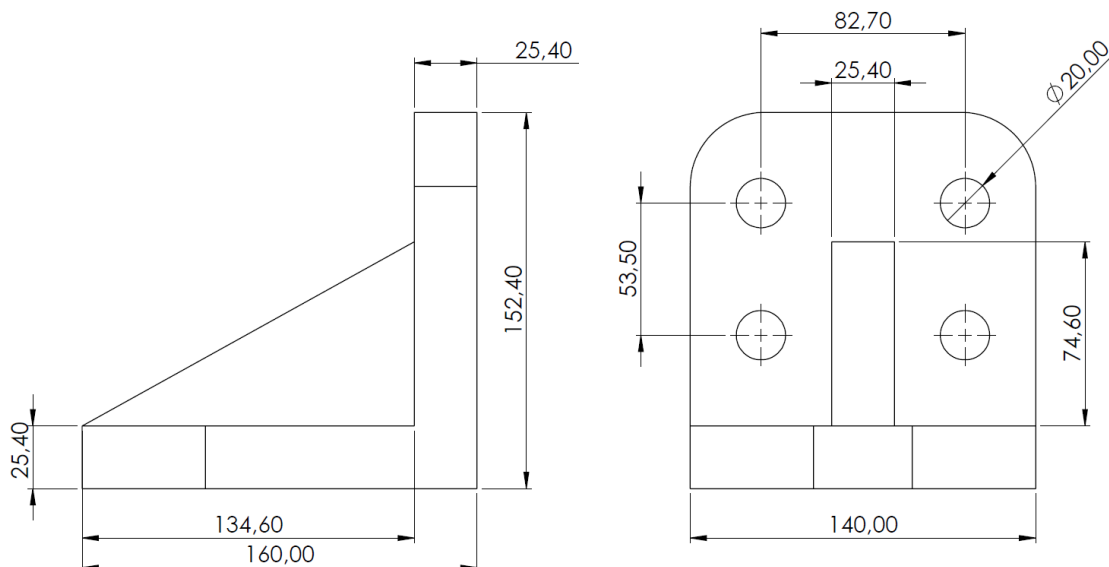


El soldado del ala de la pieza debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	18 mm.
Longitud mínima del cordón:	100 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

ER5 - 6

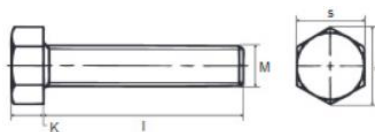
Esta pieza es la encargada de unir todos elementos de este herraje, está fijada a la base por medio de tornillos lo que posibilita la extracción de la pieza y el recambio o acondicionamiento de los retenes y rodamientos. Está construida de acero S.A.E 1020 y posee la siguiente geometría:



El soldado del ala de la pieza debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	18 mm.
Longitud mínima del cordón:	100 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

Los cuatro tornillos que se le colocarán a la pieza fueron seleccionados del proveedor Echebarria Suministros y sus especificaciones son las siguientes:

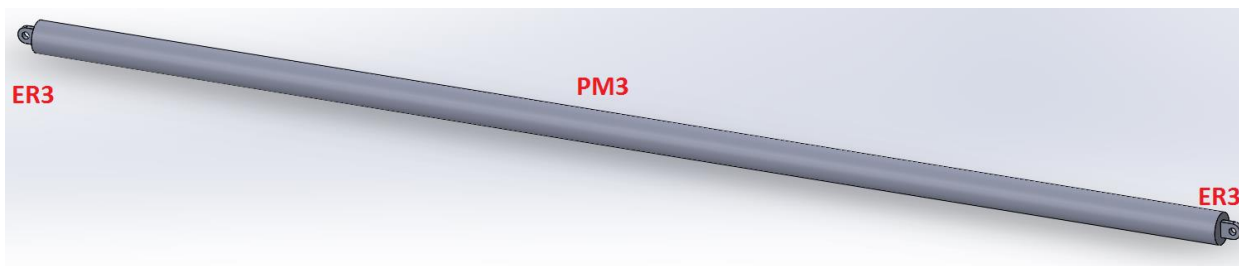


d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
s	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
k	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15
Paso	0,7	0,8	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
e	7,66	8,79	11,05	14,38	18,90	21,10	24,49	26,75	30,14	33,53	35,72	39,98

Calidad 6.8 Ref. Catálogo	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13010127	13010288	13010449	M18x80
13010128	13010289	13010450	M18x90
13010129	13010290	13010451	M18x100
13010130	13010291	13010452	M20x30
13010131	13010292	13010453	M20x35
13010132	13010293	13010454	M20x40
13010133	13010294	13010455	M20x45
13010134	13010295	13010456	M20x50
13010135	13010296	13010457	M20x55
13010136	13010297	13010458	M20x60
13010137	13010298	13010459	M20x65
13010138	13010299	13010460	M20x70
13010139	13010300	13010461	M20x80
13010140	13010301	13010462	M20x90
13010141	13010302	13010463	M20x100
13010142	13010303	13010464	M22x40
13010143	13010304	13010465	M22x45
13010144	13010305	13010466	M22x50

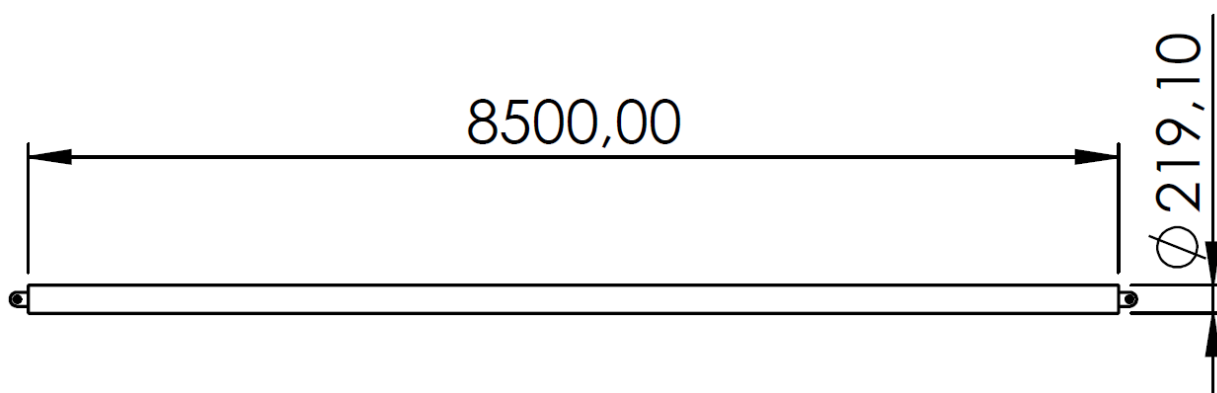
PM3 – Vientos rígidos.

Son los encargados de transmitir los esfuerzos tanto de tracción como de compresión desde la parte superior del puntal hacia sus macizos de anclaje correspondientes, su construcción es de caños de acero ASTM A53 Grado A de 8" Schedule 80 y se encuentran separados uno de otro en un ángulo de 90.



PM3.

Está construido de caños con costura ASTM A53 Grado A Schedule 80 de 8'' con la siguiente distribución:



Los datos de espesor y de peso por metro del material se pueden ver en la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES												
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
4	114.3	6.02	8.56	17.12	3.05			6.02		8.56		11.13		13.49
5	141.3	6.55	9.53	19.05	3.40			6.55		9.53		12.70		15.88
6	168.3	7.11	10.97	21.95	3.40			7.11		10.97		14.27		18.26
8	219.1	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
10	273.0	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
12	323.8	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
14	355.6	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
16	406.4	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
18	457.2	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
20	508.0	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
24	609.6	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
30	762.0	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						

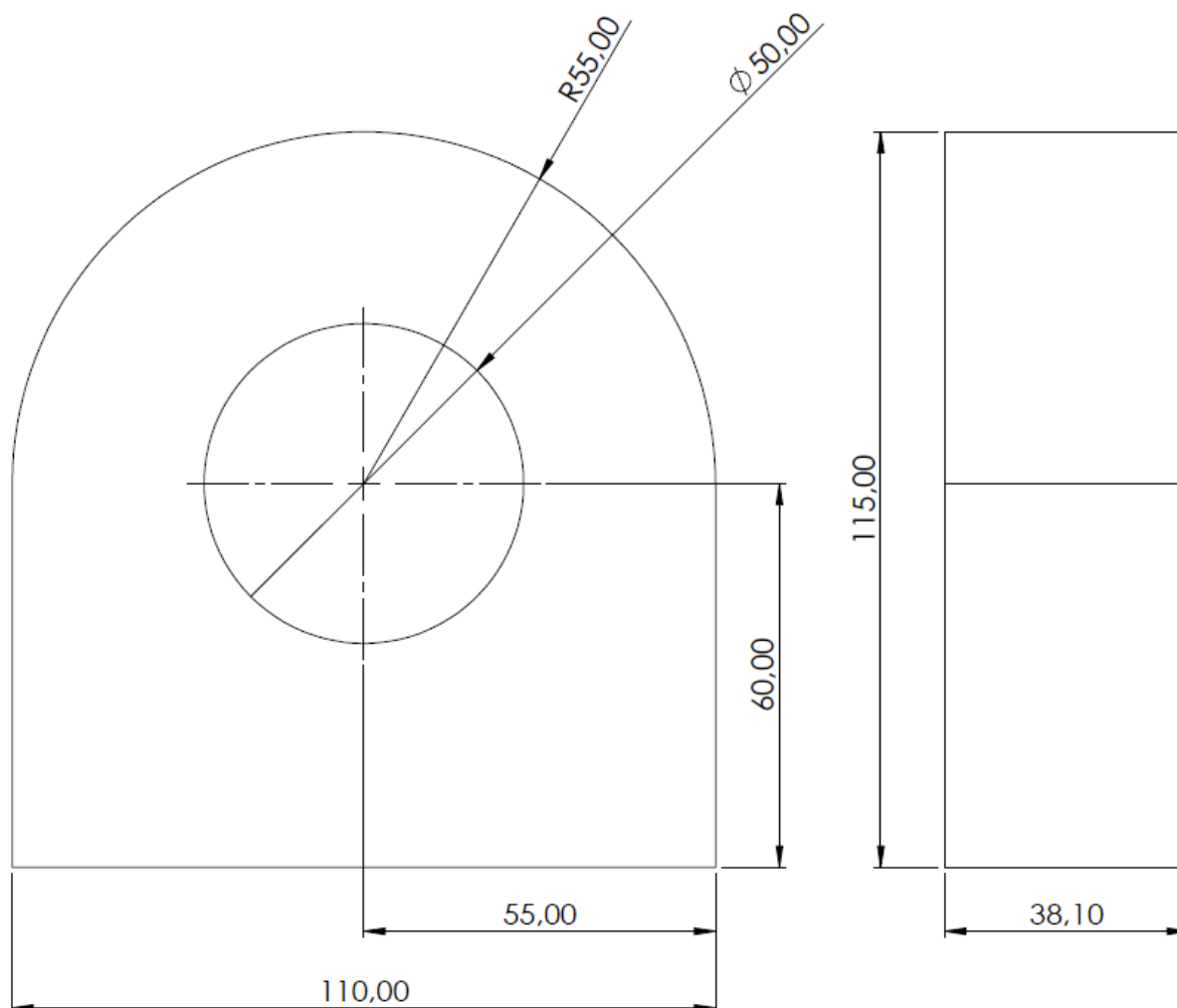
El soldado debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros para soldar tramos del mismo caño de 8" son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	9 mm.
Longitud mínima del cordón:	298 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

También se debe soldar una tapa en la parte superior e inferior de los vientos rígidos.

ER3

Cada viento rígido posee dos de estos herrajes, estos son los encargados de vincular dichos vientos con el puntal. Están contruidos de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:

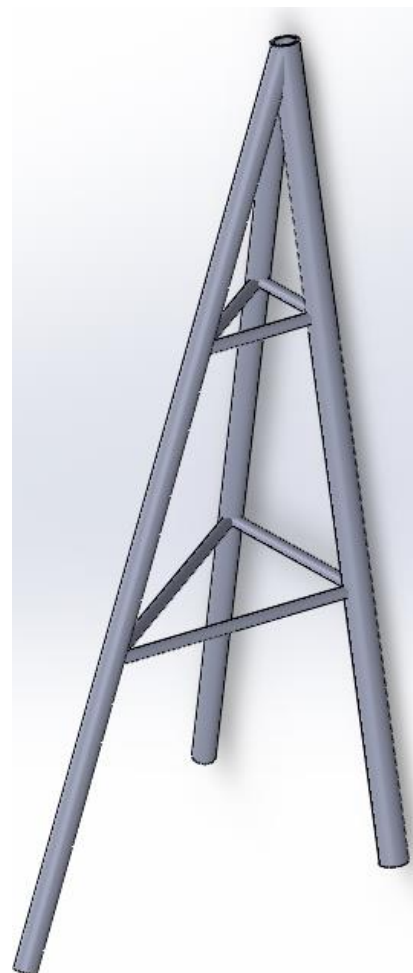
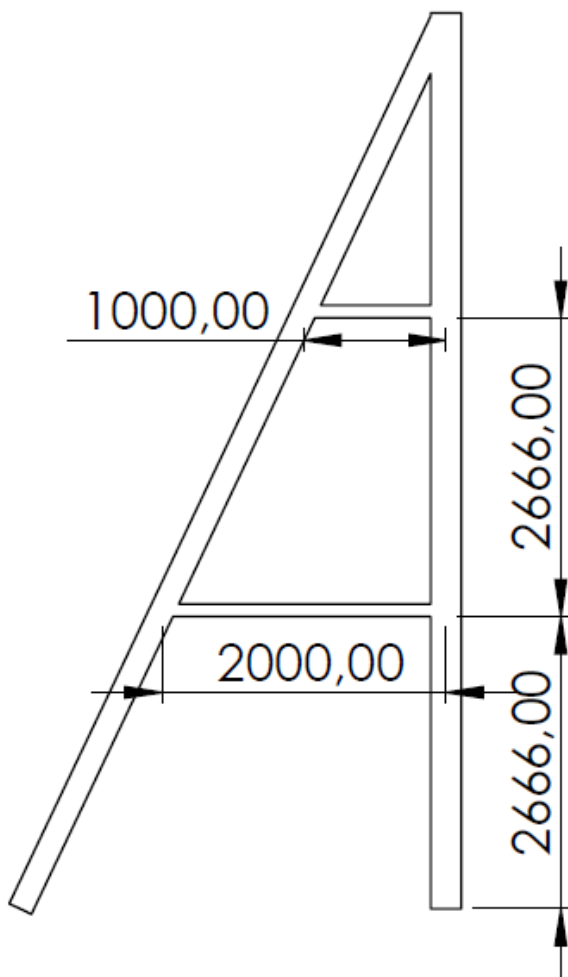


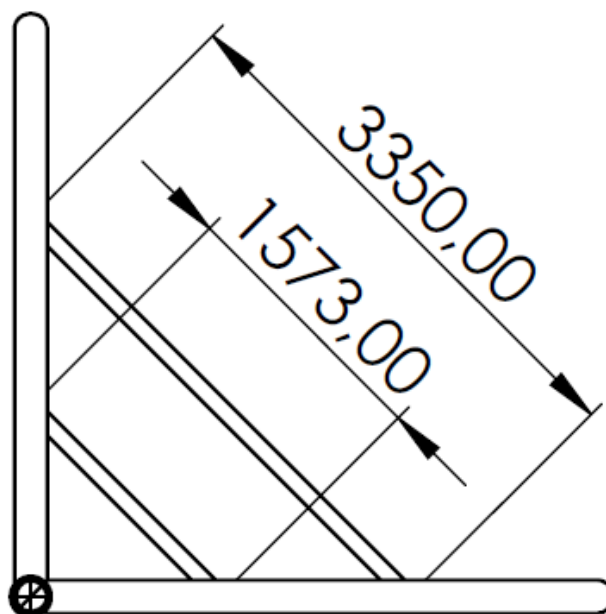
El soldado entre el herraje y el viento rígido debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	9 mm.
Longitud mínima del cordón:	294 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

Rigidizadores (Rig).

Se colocarán dos rigidizadores entre el puntal y cada viento rígido que tiene la estructura y también uniendo los vientos rígidos entre sí. Se construirán de caño de acero ASTM A53 de 4" Sch 40 y se colocarán según la siguiente distribución.





PM4 - Tensor

Este elemento constructivo es el encargado de transmitir esfuerzos desde la pluma de izaje hacia el puntal. Se encuentra construido de cables de acero el cual se selecciona del fabricante IPH.



Diámetro	Masa aprox.	Carga mínima de rotura			
		AFS		Grado	
[mm]	[kg/m]	Grado 1770 [kN]	Grado 1770 [t]	Grado 1960 [kN]	Grado 1960 [t]
3,00	0,032	4,9	0,5	5,8	0,6
5,00	0,087	13,6	1,4	16,2	1,7
8,00	0,230	37,4	3,8	41,2	4,2
9,50	0,320	52,7	5,4	58,8	6,0
11,00	0,433	70,7	7,2	78,4	8,0
13,00	0,607	98,7	10,1	109	11,1
14,00	0,704	114	11,6	127	13,0
16,00	0,919	150	15,3	166	16,9
19,00	1,300	211	21,5	233	23,8
22,00	1,740	283	28,9	313	31,9
26,00	2,430	395	40,3	437	44,6
28,00	2,810	458	46,7	507	51,7
32,00	3,680	598	61,0	662	67,6
35,00	4,400	716	73,1	792	80,8
38,00	5,180	843	86,0	934	95,3
44,00	6,950	1130	115	1250	128
51,00	9,340	1520	155	168	171

Los herrajes de sujeción del cable de acero se seleccionan del catálogo Crosby y estos son:



G-450
Grapas Crosby®, Clip

Todas las grapas Crosby de tamaño 1/4" y mayores cumplen con la Especificación Federal FF-C-450 TYPE 1 CLASE 1, excepto por aquellas provisiones exigidas por el contratista. Para mayores informaciones ver página 452.

- Cada base lleva forjada el código de identificación del producto (PIC) para rastrear el material, el nombre Crosby o "CG" y el tamaño.
- Basado en la carga de ruptura del cable de acero indicado en el catálogo, las grapas Crosby tienen una eficiencia del 80% para tamaños de 1/8" a 7/8", y 90% para tamaños de 1" hasta 3 1/2".
- La grapa en su totalidad es galvanizada para resistir la acción corrosiva y oxidante.
- Las grapas de 1/8" a 2 1/2" y 3" (3mm a 65mm y 75-78mm) tienen bases forjadas.
- Todas las grapas se empaquetan y etiquetan individualmente con las instrucciones de aplicación y las advertencias apropiadas.
- Las grapas hasta 1 1/2" tienen rosca rolada.
- Crosby Cumple o excede todos los requerimientos de ASME B30.26 incluyendo identificación, ductilidad, factor de diseño, carga de prueba y requisitos de temperatura. Además, estas grapas para cable cumplen con otros requisitos críticos de rendimiento que incluyen índices de fatiga, propiedades de impacto, y capacidad de rastrear el material que no han sido abordados por ASME B30.26.
- Busque la marca Red-U-Bolt®, su garantía de Auténticas Grapas Crosby.



3. Cuando se requieran tres o más grapas, coloque las grapas adicionales espaciadas a la misma distancia entre las dos primeras –tense el cable flojo– y apriete uniformemente las tuercas en cada perno en U con torquímetro, alternando de una tuerca a la otra hasta lograr el valor de torque recomendado. (Ver Figura 3).



Figura 3

Tabla 1				
Tamaño grapa (pulg.)	Tamaño cable (pulg.)	No. mínimo de grapas	Cantidad de cable a doblar en pulgadas	* Torque en pies-lb
1/8	1/8	2	3-1/4	4.5
3/16	3/16	2	3-3/4	7.5
1/4	1/4	2	4-3/4	15
5/16	5/16	2	5-1/4	30
3/8	3/8	2	6-1/2	45
7/16	7/16	2	7	65
1/2	1/2	3	11-1/2	65
9/16	9/16	3	12	95
5/8	5/8	3	12	95
3/4	3/4	4	18	130
7/8	7/8	4	19	225
1	1	5	26	225
1-1/8	1-1/8	6	34	225
1-1/4	1-1/4	7	44	360
1-3/8	1-3/8	7	44	360
1-1/2	1-1/2	8	54	360
1-5/8	1-5/8	8	58	430
1-3/4	1-3/4	8	61	590
2	2	8	71	750
2-1/4	2-1/4	8	73	750
2-1/2	2-1/2	9	84	750
2-3/4	2-3/4	10	100	750
3	3	10	106	1200
3-1/2	3-1/2	12	149	1200

Si se utiliza una polea para doblar el cable, adicionar una grapa más. Ver figura 4.

Si se utiliza un mayor número de grapas que las indicadas en las tablas, se debe incrementar proporcionalmente la longitud del cable que se dobla.

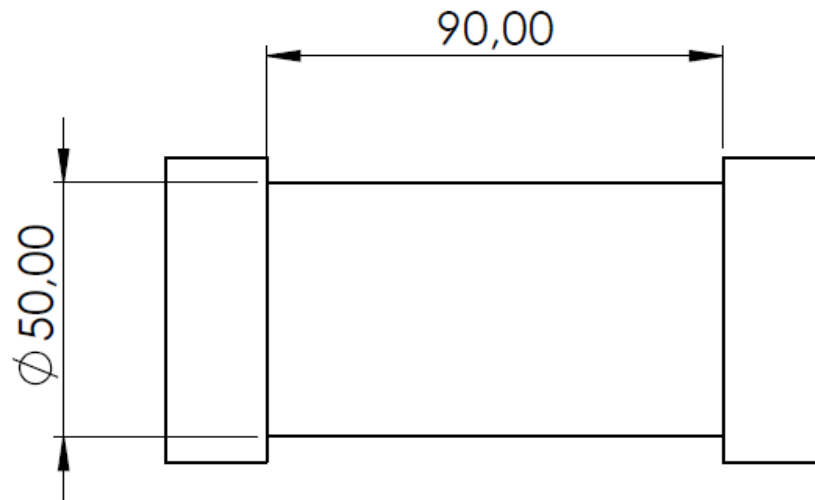
*Los valores de torque se indican para cables limpios, secos y sin lubricación.

Pernos.

En la grúa existen dos tipos de pernos diferentes, uno es el que vincula los vientos rígidos con el puntal PE1 y otro el que vincula el mástil con el puntal PE2. Ambos pernos se muestran a continuación:

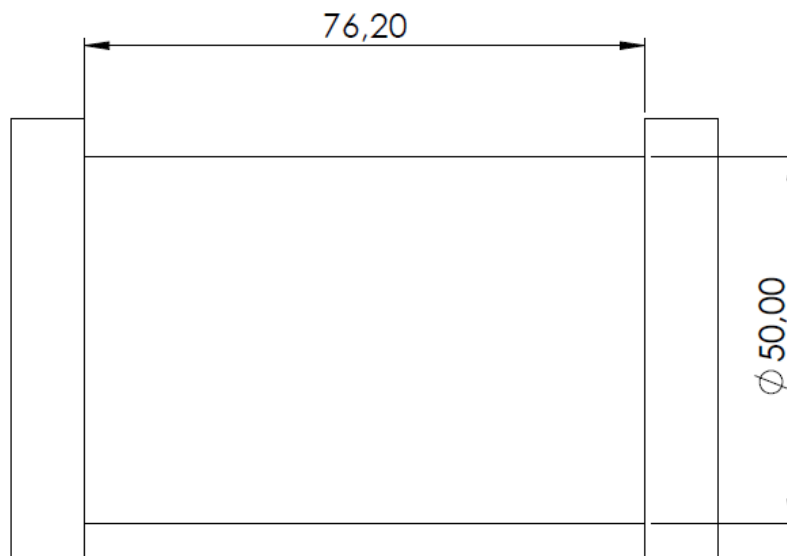
PE1

Este perno está construido de acero S.A.E 1045 laminado en frio y su geometría es la siguiente:



PE2

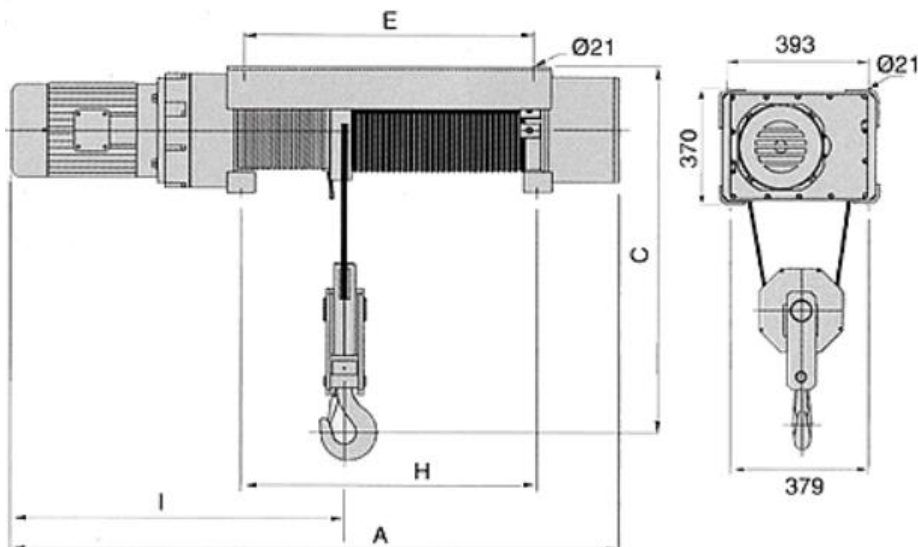
Este perno está construido de acero S.A.E 1045 laminado en frío y su geometría es la siguiente:



SE1 - Sistema de elevación de carga.

Es el encargado de elevar las embarcaciones desde el agua hasta la altura deseada. Cumple con los requerimientos de seguridad e higiene en el izaje de cargas, se seleccionó de un fabricante nacional para asegurar servicio postventa, mantenimiento y disponibilidad de repuestos, en este caso es un polipasto del fabricante Forvis.

**POLIPASTO ELECTRICO MODELO FV. 4
FIJO SIN CARRO**

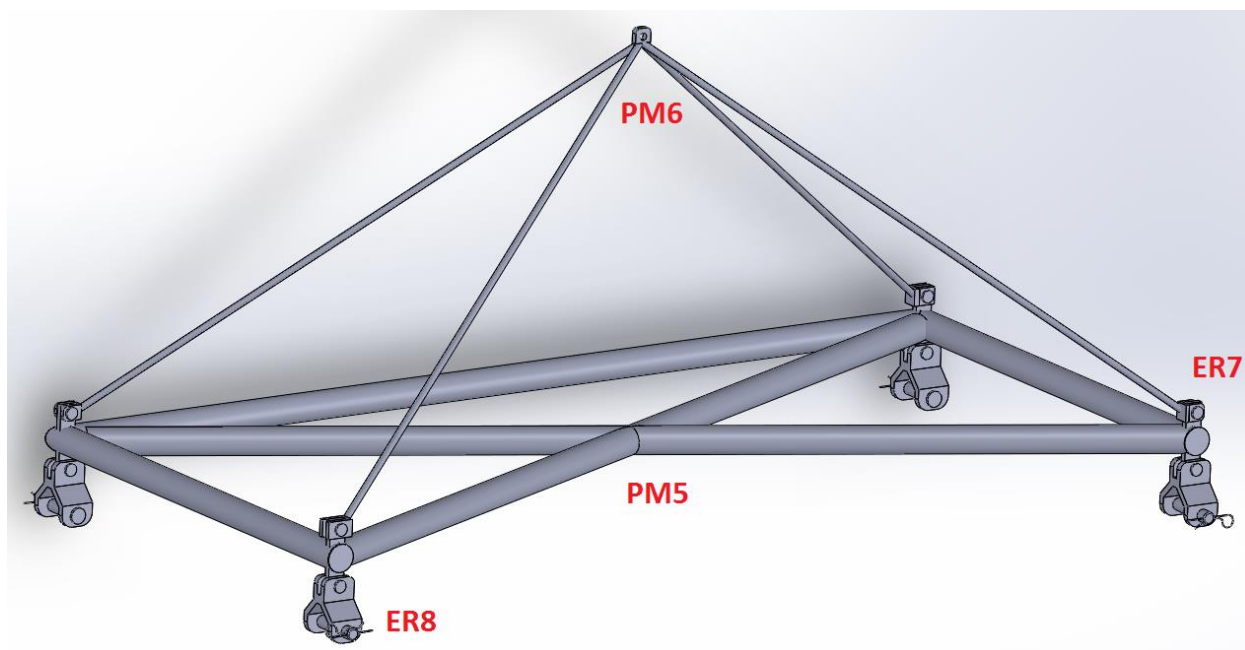


Capacidad de carga (kg)	Altura de elevación (m)	Velocidad de elevación (m/min)	Grupo FEM	Modelo	Ramales de cable	Motor eléctrico (HP)	Peso en kg		
							Sin carro	Con carro eléctrico	
								Monorriel	Biriel
3200	20	8	2m	FV4 3220	2/1	7.5	422	511	702
3200	20	6/1,5	2m	FV4 3220M	2/1	6/1,5	435	524	715
4000	20	6	1Am	FV4 4020	2/1	7.5	469	558	749
4000	20	4,4/1,1	1Am	FV4 4020M	2/1	6/1,5	482	571	762
5000	20	6	1Bm	FV4 5020	2/1	7.5	469	558	749
5000	20	4,4/1,1	1Bm	FV4 5020M	2/1	6/1,5	482	571	762
6400	10	4	2m	FV4 6410	4/1	7.5	495	584	775
6400	10	3/0,75	2m	FV4 6410M	4/1	6/1,5	508	597	788
8000	10	3	1Am	FV4 8010	4/1	7.5	542	713	942
8000	10	2,2/0,5	1Am	FV4 8010M	4/1	6/1,5	555	726	955
10000	10	3	1Bm	FV4 10010	4/1	7.5	542	713	942
10000	10	2,2/0,5	1Bm	FV4 10010M	4/1	6/1,5	555	726	955
15000	8	2	1Bm	FV4 15008	6/1	7.5	654	*	1154
15000	8	1,5/0,4	1Bm	FV4 15008M	6/1	6/1,5	667	*	1167
20000	6	1.5	1Bm	FV4 20006	8/1	7.5	741	*	1241
20000	6	1,2/0,3	1Bm	FV4 20006M	8/1	6/1,5	754	*	1254

Capacidad de carga (kg)	Dimensiones Principales (en mm)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3200	1855	500	850	1060	826	393	47	808	840	550
3200	1895	500	850	1060	826	393	47	808	879	550
4000	2100	500	850	1060	1026	393	47	1008	882	550
4000	2140	500	850	1060	1026	393	47	1008	921	550
5000	2100	500	850	1060	1026	393	47	1008	882	550
5000	2140	500	850	1060	1026	393	47	1008	921	550
6400	1855	590	870	1080	826	393	47	808	932	570
6400	1895	590	870	1080	826	393	47	808	971	570
8000	2100	590	870	1170	1026	482	84	1008	974	270
8000	2140	590	870	1170	1026	482	84	1008	1013	270
10000	2100	590	870	1170	1026	482	84	1008	974	270
10000	2140	590	870	1170	1026	482	84	1008	1013	270
15000	2300	500	1200 (I)	*	1226	*	*	1208	1109	600
15000	2340	500	1200 (I)	*	1226	*	*	1208	1148	600
20000	2300	500	1350 (I)	*	1226	*	*	1208	1244	750
20000	2340	500	1350 (I)	*	1226	*	*	1208	1283	750

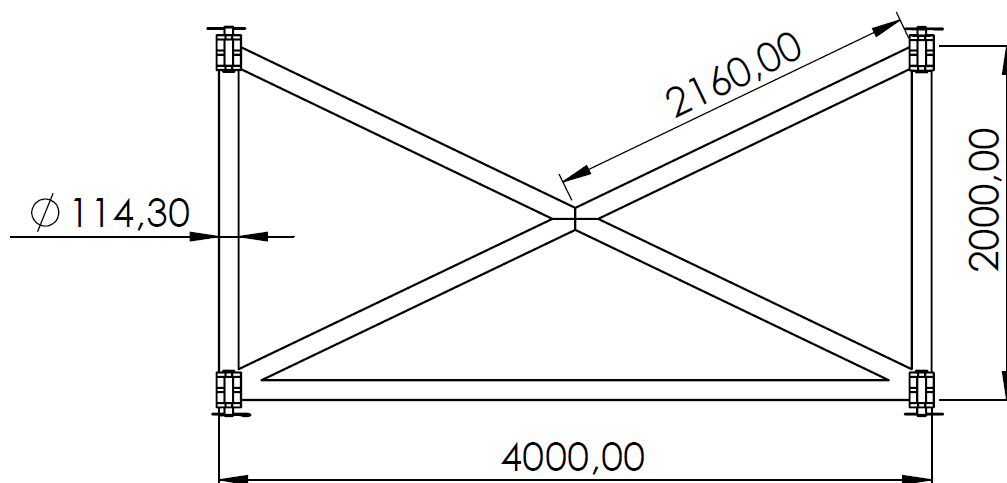
Percha de izaje.

Este elemento se encuentra construido en caños de 4" Sch 40. Sobre esta pieza irá montado el sistema de elevación de carga SE 1 a un lado de la percha y en su otro extremo se fijará el barco por medio de eslingas. En su parte inferior se encuentran planchuelas ER7 que le posibilitan la unión con el cable PM6 y por el otro extremo con el herraje ER8.



PM5.

Está construido de caños con costura ASTM A53 Grado A Schedule 40 de 4" con la siguiente distribución:



Los datos de espesor y de peso por metro del material se pueden ver en la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL		S C H E D U L E S													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		HG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		HG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		HG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73				4.78	
		HG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62					1.95
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		HG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		HG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24					4.24
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		HG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47					5.61
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		HG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41					7.25
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		HG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48					11.11
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		HG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41					14.92
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		HG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27					21.35
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		HG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56			11.13	13.49	
		HG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32			28.32	33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53			12.70	15.88	
		HG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97			40.28	49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97			14.27	18.26	
		HG/M	28.26	42.56	79.22	13.83		28.26		42.56			54.21	67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		HG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		HG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		HG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		HG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72

El soldado debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	4,2 mm.
Longitud mínima del cordón:	125 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

PM6 – Cables tensor.

Este elemento constructivo es el encargado de transmitir esfuerzos desde la percha de izaje hasta el polipasto. Se encuentra construido de cables de acero el cual se selecciona del fabricante IPH.



Diámetro	Masa aprox.	Carga mínima de rotura			
		AFS		Grado 1960	
[mm]	[kg/m]	Grado 1770 [kN]	Grado 1770 [t]	Grado 1960 [kN]	Grado 1960 [t]
3,00	0,032	4,9	0,5	5,8	0,6
5,00	0,087	13,6	1,4	16,2	1,7
8,00	0,230	37,4	3,8	41,2	4,2
9,50	0,320	52,7	5,4	58,8	6,0
11,00	0,433	70,7	7,2	78,4	8,0
13,00	0,607	98,7	10,1	109	11,1
14,00	0,704	114	11,6	127	13,0
16,00	0,919	150	15,3	166	16,9
19,00	1,300	211	21,5	233	23,8
22,00	1,740	283	28,9	313	31,9
26,00	2,430	395	40,3	437	44,6
28,00	2,810	458	46,7	507	51,7
32,00	3,680	598	61,0	662	67,6
35,00	4,400	716	73,1	792	80,8
38,00	5,180	843	86,0	934	95,3
44,00	6,950	1130	115	1250	128
51,00	9,340	1520	155	168	171

Los herrajes de sujeción del cable de acero se seleccionan del catálogo Crosby y estos son:



G-450

Grapas Crosby®, Clip

Todas las grapas Crosby de tamaño 1/4" y mayores cumplen con la Especificación Federal FF-C-450 TYPE 1 CLASE 1, excepto por aquellas provisiones exigidas por el contratista. Para mayores informaciones ver página 452.

- Cada base lleva forjada el código de identificación del producto (PIC) para rastrear el material, el nombre Crosby o "CG" y el tamaño.
- Basado en la carga de ruptura del cable de acero indicado en el catálogo, las grapas Crosby tienen una eficiencia del 80% para tamaños de 1/8" a 7/8", y 90% para tamaños de 1" hasta 3 1/2".
- La grapa en su totalidad es galvanizada para resistir la acción corrosiva y oxidante.
- Las grapas de 1/8" a 2 1/2" y 3" (3mm a 65mm y 75-78mm) tienen bases forjadas.
- Todas las grapas se empaquetan y etiquetan individualmente con las instrucciones de aplicación y las advertencias apropiadas.
- Las grapas hasta 1 1/2" tienen rosca rolada.
- Crosby Cumple o excede todos los requerimientos de ASME B30.26 incluyendo identificación, ductilidad, factor de diseño, carga de prueba y requisitos de temperatura. Además, estas grapas para cable cumplen con otros requisitos críticos de rendimiento que incluyen índices de fatiga, propiedades de impacto, y capacidad de rastrear el material que no han sido abordados por ASME B30.26.
- Busque la marca Red-U-Bolt®, su garantía de Auténticas Grapas Crosby.



3. Cuando se requieran tres o más grapas, coloque las grapas adicionales espaciadas a la misma distancia entre las dos primeras –tense el cable flojo– y apriete uniformemente las tuercas en cada perno en U con torquímetro, alternando de una tuerca a la otra hasta lograr el valor de torque recomendado. (Ver Figura 3).



Figura 3

Tabla 1				
Tamaño grapa (pulg.)	Tamaño cable (pulg.)	No. mínimo de grapas	Cantidad de cable a doblar en pulgadas	* Torque en pies-lb
1/8	1/8	2	3-1/4	4.5
3/16	3/16	2	3-3/4	7.5
1/4	1/4	2	4-3/4	15
5/16	5/16	2	5-1/4	30
3/8	3/8	2	6-1/2	45
7/16	7/16	2	7	65
1/2	1/2	3	11-1/2	65
9/16	9/16	3	12	95
5/8	5/8	3	12	95
3/4	3/4	4	18	130
7/8	7/8	4	19	225
1	1	5	26	225
1-1/8	1-1/8	6	34	225
1-1/4	1-1/4	7	44	360
1-3/8	1-3/8	7	44	360
1-1/2	1-1/2	8	54	360
1-5/8	1-5/8	8	58	430
1-3/4	1-3/4	8	61	590
2	2	8	71	750
2-1/4	2-1/4	8	73	750
2-1/2	2-1/2	9	84	750
2-3/4	2-3/4	10	100	750
3	3	10	106	1200
3-1/2	3-1/2	12	149	1200

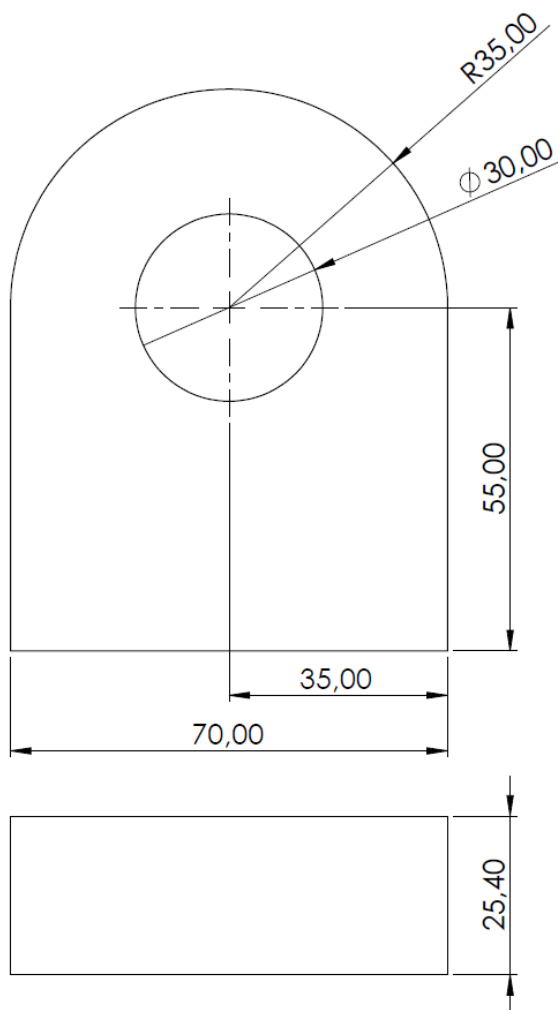
Si se utiliza una polea para doblar el cable, adicionar una grapa más. Ver figura 4.

Si se utiliza un mayor número de grapas que las indicadas en las tablas, se debe incrementar proporcionalmente la longitud del cable que se dobla.

*Los valores de torque se indican para cables limpios, secos y sin lubricación.

ER7

La percha posee ocho de estos herrajes, unos para la sujeción del cable de sujeción y otros para sostener la manopla. Están contruidos de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:

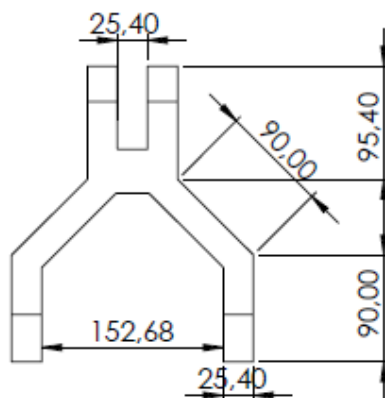
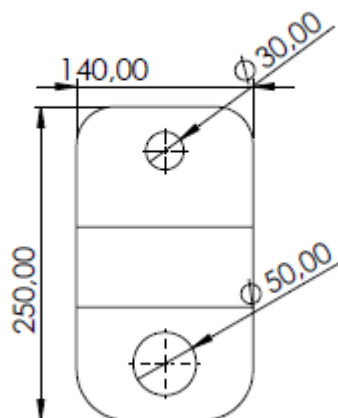


El soldado entre el herraje y la percha debe de ser realizado con atmosfera controlada utilizando electrodos E6010, los parámetros de soldadura son los siguientes:

Espesor de soldadura mínimo:	4,2 mm.
Longitud mínima del cordón:	92 mm.
Longitud recomendada del cordón:	Todo el perímetro disponible.

ER8

La percha posee cuatro de estos herrajes, estos son los encargados de unir la percha de izaje con las eslingas. Están contruidos de acero S.A.E 1020 y poseen la siguiente geometría:



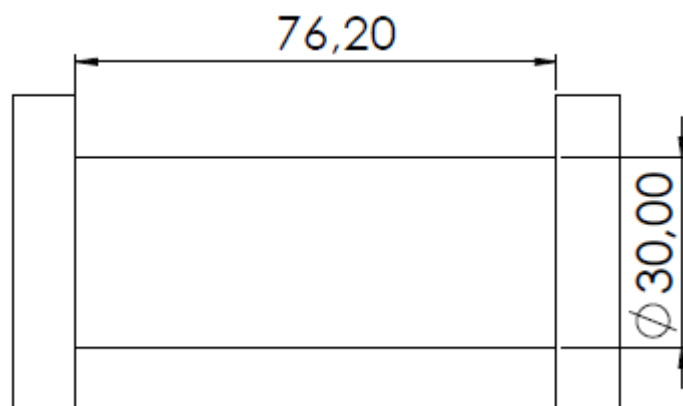
Pernos.

En la percha existen dos tipos de pernos diferentes, uno es el que vincula los herrajes inferiores con las manoplas (PE3), y el otro vincula las eslingas con la manopla (PE4), cabe destacar que este último posee un seguro de acople rápido para la fácil remoción.

PE3

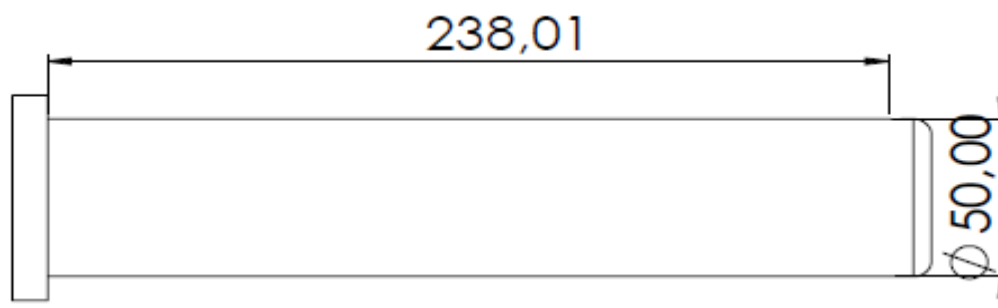
Este perno está construido de acero S.A.E 1045 laminado en frio y su geometría es la siguiente:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 30 de 40
---	----------------------------	---------	-----------------



PE4

Este perno está construido de acero S.A.E 1045 laminado en frio y su geometría es la siguiente:









Eslingas

Para las eslingas se seleccionarán las siguientes, estas son de un ancho de 100 mm, color gris y de dos capas, que cada una de las eslingas puede soportar 11,2 toneladas en posición de U:

IZAJE
ESLINGA PLANA OJO - OJO
ESLINGAS DE POLIÉSTER DE CINTA PLANA "OJO-OJO"
Estándar ASME B30.9-2006 / Factor de Diseño 5:1



Ancho		Color	Largo Ojo Cm	Carga Límite Trabajo m ton						
mm	Inch			Nº Capas	 Axial	 Lazo	 U	 60º	 45º	 30º
25	1	Violeta	30	1	1	1	1	1	1	
				2	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				3	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				4	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
50	2	Verde	30	1	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				2	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				3	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				4	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6
75	3	Amarillo	30	1	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				2	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				3	6,3	5,0	12,6	11,3	8,8	6,3
				4	8,4	6,7	16,8	15,1	11,8	8,4
100	4	Gris	40	1	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				2	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6
				3	8,4	6,7	16,8	15,1	11,8	8,4
				4	11,2	9,0	22,4	20,2	15,7	11,2
125	5	Rojo	40	1	3,5	2,8	7,0	6,3	4,9	3,5
				2	7,0	5,6	14,0	12,6	9,8	7,0
				3	10,5	8,4	21,0	18,9	14,7	10,5
				4	14,0	11,2	28,0	25,2	19,6	14,0

Instalación eléctrica.

Cable.

Como la instalación eléctrica se encuentra expuesta a las inundaciones se decidió colocar cables subterráneos. El cable seleccionado es de la marca Prysmian el cual se muestra a continuación.

Baja Tensión

0,6 / 1,1 kV

VV-K / VV-R



NORMAS DE REFERENCIA ▶

DESCRIPCION ▶

Instalaciones Fijas

SINTENAX VALIO

IRAM 2178

> **CONDUCTOR**
Metal: Cobre electrolítico ó aluminio grado eléctrico según IRAM NM 280.
Forma: redonda flexible o compacta y sectorial, según corresponda.



Flexibilidad:
 - Conductores de cobre :

									
Norma de Fabricación	Tensión nominal	Temperatura de servicio	Cuerdas flexibles hasta 35 mm ²	No propagación de la llama	No propagación del incendio	Resistencia a agentes químicos	Sello IRAM	Sello de Seguridad Eléctrica	Marcación secuencial de longitud

CONDICIONES DE EMPLEO

			
En bandejas	Directamente enterrado	Enterrado en canaletas	Enterrado en cañerías



A continuación se detalla la cantidad de metros de cable necesario junto con el tipo de cable.

Tipo de conductor	Metros necesarios
Sintenax Valio 2 x 2,5 mm ²	8 m
Sintenax Valio 3 x 6 mm ²	15 m

Caja estanca.

Como el sistema estará sometido a inundaciones, es necesario colocar cajas estancas que resistan al ingreso de agua, para esto se selecciona la siguiente caja.



Descripción	Proveedor	Dimensiones	Grado
Gabinete Polipropileno	Electricity	207 x 284 x 120 mm	IP 67

Protecciones.

Para la protección de los artefactos colocados y la seguridad de los operarios se colocan los siguientes sistemas de protección.

Llave termomagnética.

Se colocarán 2 llaves Termomagnéticas, una dedicada a la protección del polipasto y otra destinada a las luminarias, las llaves seleccionadas se muestran a continuación.

Llave termomagnetica del polipasto.



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	C60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal	10 A
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	D
Poder de corte	6 kA - 440 V CA 50/60 Hz 10 kA - 415 V CA 50/60 Hz 20 kA - 240 V CA 50/60 Hz 30 kA - <= 125 V CC 6000 A conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz

Llave termomagnetica de las luminarias.



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	C60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal	2 A
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	C
Poder de corte	6 kA - 440 V CA 50/60 Hz 10 kA - 415 V CA 50/60 Hz 20 kA - 240 V CA 50/60 Hz 20 kA - <= 125 V CC 6000 A conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz

Llave disyuntora.

Se colocará una llave disyuntora para la protección de los operarios, la llave seleccionada se muestra a continuación.



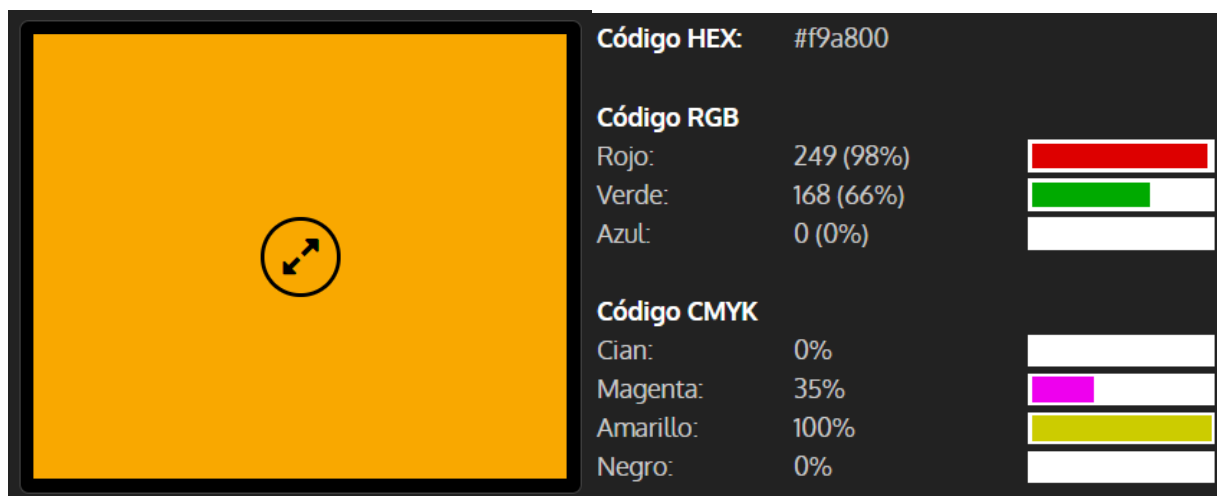
Principal

Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IID
Tipo de producto o componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Modelo de dispositivo	IID
Número de polos	4P
Posición de polo de neutro	Izquierda
Corriente nominal	25 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad a la fuga a tierra	30 mA
Retraso tiempo protec. pérdida a tierra	Instantáneo
Prot. c. fuga a tier.(tabular)	Tipo A-SI

Pintura.

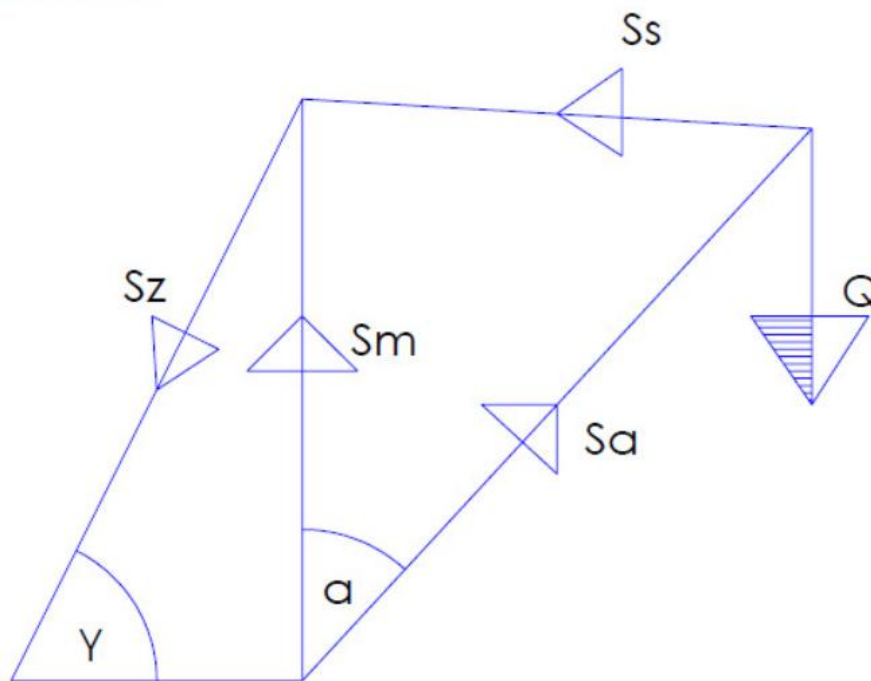
Para lograr una buena protección de la estructura es necesario seguir los siguientes pasos para su pintado.

- Limpieza de superficie: Método de limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 1/SSPC – SP5).
- Primera capa: Debe ser aplicado un imprimante anticorrosivo o también conocido como base anticorrosiva.
- Segunda capa: Sello epóxico aducto amina – trietilen tetra amina.
- Capa final: Para esta capa se debe aplicar un esmalte de alto brillo como por ejemplo un poliéster hidroxilado de color Amarillo señal. Y en color negro grande y visible la capacidad de elevación de la grúa (6 ton).



Resumen cargas actuantes sobre la estructura.

Como el proyecto no involucra la parte de cimentaciones ni obras civiles se muestra a continuación una tabla con el valor de fuerzas actuantes en la estructura.



Grados	Fuerza	Valor [kg]	Dirección de la fuerza
0°	Sa	13882,76	Compresión
	Sm	19015,17	Compresión
	Sz	20672	Tracción
90°	Sa	13882,76	Compresión
	Sm	19015,17	Compresión
	Sz	20672	Tracción
180°	Sa	13882,76	Compresión
	Sm	19015,17	Compresión
	Sz	20672	Compresión

Ángulos	Valor
α	47,35°
γ	63,43°



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

(P F C)

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Memoria de cálculo.

Proyecto Nº: PFC 1805A

Autores:

Lapalma, Guillermo.

Kautz, Diego.

Tutor:

Reynoso, Guillermo

Dirección de Proyectos:

Ing. Puente, Gustavo

Ing. De Carli, Carlos Aníbal

AÑO 2018

Contenido

Dimensiones principales de la grúa.....	1
Cálculo geométrico del mástil.....	1
Dimensionamiento de la longitud horizontal del mástil.....	1
Dimensionamiento de la longitud vertical del mástil.....	1
Longitud total del mástil.....	1
Adopción de longitud de tramos.....	2
Adopción de diámetros y espesores de tramos.....	2
Cálculo geométrico del puntal.....	6
Adopción de longitud del tramo.....	6
Adopción de diámetro y espesor del tramo.....	6
Dimensionamiento de la longitud del cable de izaje.....	8
Mecanismo de elevación.....	8
Clase de utilización.....	8
Estado de carga del mecanismo.....	9
Selección del polipasto.....	10
Cálculo estructural del mástil.....	12
Cálculo del momento de inercia del tramo central.....	12
Cálculo del módulo resistente del tramo central.....	12
Cálculo del momento de inercia de los tramos externos.....	12
Cálculo del módulo resistente de los tramos exteriores.....	13
Cálculo del momento de inercia ideal.....	13
Cálculo del radio de giro ideal.....	14
Cálculo del coeficiente de esbeltez.....	14
Coeficiente de pandeo.....	15
Cálculo de las excentricidades.....	15
Peso del mástil.....	16
Cálculo del momento flector máximo debido al peso propio del mástil.....	16
Esfuerzos actuantes sobre el mástil.....	17
Cálculo del esfuerzo axial sobre el mástil.....	17
Cálculo del esfuerzo axial debido al peso propio del mástil.....	17
Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el mástil.....	18
Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el mástil.....	19
Cálculo del esfuerzo axial total del mástil.....	20

Cálculo de la tensión máxima sobre el mástil.....	20
Cálculo de tenciones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.....	21
Verificación de tenciones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.....	21
Cálculo estructural del mástil corregido.	23
Cálculo del momento de inercia del tramo central.	23
Cálculo del módulo resistente del tramo central.....	23
Cálculo del momento de inercia de los tramos externos.....	23
Cálculo del módulo resistente de los tramos exteriores.....	24
Cálculo del momento de inercia ideal.....	24
Cálculo del radio de giro ideal.....	25
Cálculo del coeficiente de esbeltez.	25
Coeficiente de pandeo.	26
Cálculo de las excentricidades.	26
Peso del mástil.	27
Cálculo del momento flector máximo debido al peso propio del mástil.....	27
Esfuerzos actuantes sobre el mástil.	28
Cálculo del esfuerzo axial sobre el mástil.	28
Cálculo del esfuerzo axial debido al peso propio del mástil.	28
Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el mástil.....	29
Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el mástil.....	30
Cálculo del esfuerzo axial total del mástil.....	31
Cálculo de la tensión máxima sobre el mástil.....	31
Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para el mástil.....	32
Cálculo de aplastamiento para el mástil.	32
Cálculo de tenciones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.....	33
Verificación de tenciones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.....	34
Cálculo estructural del puntal.	35
Cálculo del momento de inercia del puntal.	35
Cálculo del módulo resistente del puntal.	35
Cálculo del radio de giro del puntal.	35
Cálculo del coeficiente de esbeltez.	36
Coeficiente de pandeo.	36
Cálculo de las excentricidades.	37
Esfuerzos actuantes sobre el puntal.	38
Cálculo del esfuerzo axial sobre el puntal.....	38
Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el puntal.....	39

Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el puntal.	40
Cálculo del esfuerzo axial total del puntal.	40
Cálculo de la tensión máxima sobre el puntal.	40
Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para el puntal.	41
Cálculo de aplastamiento para el puntal.	41
Cálculo de tenciones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.	42
Verificación de tenciones para el puntal de acero ASTM A53 Gr A.	42
Esfuerzos actuantes sobre los vientos rígidos.	44
Cálculo del esfuerzo en los vientos rígidos.	45
Cálculo estructural de los vientos rígidos.	45
Cálculo del momento de inercia de los vientos rígidos.	45
Cálculo del módulo resistente de los vientos rígidos.	46
Cálculo del radio de giro de los vientos rígidos.	46
Cálculo del coeficiente de esbeltez.	47
Coeficiente de pandeo.	47
Cálculo de las excentricidades.	47
Cálculo del esfuerzo debido al viento en los vientos rígidos.	48
Cálculo del esfuerzo total en los vientos rígidos.	49
Cálculo del momento flector debido al peso propio de los vientos rígidos.	49
Cálculo de la tensión máxima sobre el viento rígido.	49
Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para los vientos rígidos.	50
Cálculo de aplastamiento para el viento rígido.	50
Cálculo de tenciones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.	51
Verificación de tenciones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.	51
Esfuerzos actuantes sobre el tensor.	52
Selección de cable y componentes del tensor.	53
Dimensionamiento de los herrajes.	56
Calculo de soldaduras en la estructura.	57
Electrodo.	57
Soldadura en el mástil.	58
Soldadura en el puntal.	60
Soldadura en los vientos rígidos.	61
Herraje ER1 - Sujeción tensor y polipasto SE1.	63
Verificaciones.	64
Herraje ER2 - Perno viento rígido.	66
Herraje ER3 - Sujeción viento rígido a perno.	67

Verificaciones.....	69
Herraje ER4 - Mástil a perno de viento.....	71
Verificaciones.....	72
Herraje ER5 - Sujeción puntal – mástil y puntal - tensor.....	74
Perno de unión.....	74
Planchuela de unión.....	75
Verificaciones.....	76
Eje de pivote.....	78
Rodamientos.....	79
Camisa porta rodamientos.....	81
Selección de los retenes.....	83
Tuerca de retención de rodamiento.....	84
Soporte de pivote.....	85
Verificaciones.....	87
Soporte de pivote desmontable.....	89
Verificaciones.....	91
Instalación eléctrica.....	93
Llave termomagnetica.....	93
Llave termomagnetica del polipasto.....	93
Llave termomagnetica de las luminarias.....	94
Llave disyuntora.....	95
Cable.....	96
Caja estanca.....	98
Cálculo estructural de la percha de izaje.....	98
Cálculo del momento de la percha.....	99
Cálculo del módulo resistente de la percha.....	99
Cálculo del radio de giro de la percha.....	99
Cálculo del coeficiente de esbeltez.....	100
Coeficiente de pandeo.....	100
Cálculo de las excentricidades.....	101
Esfuerzos actuantes sobre la percha.....	102
Cálculo del esfuerzo axial sobre la percha.....	102
Cálculo de la tensión máxima sobre la percha.....	103
Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para la percha.....	103
Cálculo de tenciones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.....	104
Verificación de tenciones para el puntal de acero ASTM A53 Gr A.....	104

Soldadura en la percha.....	104
Herraje ER7 – Sujeciones en la percha.....	106
Verificaciones.....	107
Selección de cable y componentes de la percha.	109
Cables.....	109
Grampas.....	111
Eslingas.....	112
Pintura.....	113
Presupuesto	115

Dimensiones principales de la grúa.

Para determinar las dimensiones principales que tendrá la grúa es necesario conocer la ubicación física en la que se instalará junto con las dimensiones de la mayor embarcación a elevar. Dichas medidas son las siguientes:

Altura máxima de cota: 4 m

Distancia al agua: 2,4 m (Esta medida incluye la distancia de la columna al borde)

Distancia horizontal total que se dispone: 12 m

Las dimensiones del barco que se considerarán serán las de barco más grande que se tiene previsto izar, estas son:

Manga: 3,5 m

Eslora: 10 m

Altura borda: 1,5 m

Altura quilla y borda: 3,2 m

Cálculo geométrico del mástil.

En esta sección se determinarán las dimensiones preliminares que tendrá el mástil, posteriormente se procederá a la verificación de las medidas adoptadas bajo todos los tipos de esfuerzos a la cual se encuentra solicitado.

Dimensionamiento de la longitud horizontal del mástil.

Esta distancia está compuesta por los siguientes componentes:

$$d_h = \text{Distancia al agua} + \frac{\text{Manga}}{2} + \text{Margen}$$

$$d_h = 4,4 \text{ m} + \frac{3,5 \text{ m}}{2} + 0,8 \text{ m}$$

$$d_h = 6,95 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

Dimensionamiento de la longitud vertical del mástil.

Esta distancia está compuesta por los siguientes componentes:

$$d_v = \text{Altura polipasto} + \text{Altura percha} + \text{Altura quilla y borda} + \text{Margen}$$

$$d_v = 0,87 \text{ m} + 2,2 \text{ m} + 3,2 \text{ m} + 1,3 \text{ m}$$

$$d_v = 7,57 \text{ m} \approx 7,6 \text{ m}$$

Longitud total del mástil.

Con las longitudes horizontales y verticales calculadas anteriormente, se calcula la longitud del mástil de izaje.

$$lm = \sqrt{d_h^2 + d_v^2}$$

$$lm = \sqrt{(7 \text{ m})^2 + (7,6 \text{ m})^2}$$

$$lm = 10,33$$

Adopción de longitud de tramos.

Debido a que el mástil estará principalmente solicitada en compresión, tenderá a sufrir de pandeo, por lo que es necesario dimensionar principalmente el tramo central el cual se encuentra en el punto más crítico de este fenómeno. Por lo tanto se decidió que el mástil sea construido de distintos diámetros (telescópico) para principalmente eliminar peso a la estructura. Para la adopción de longitud de tramos se basaran los cálculos en el libro "Trasporti Meccanici" de Vittorio Zignoli el cual propone lo siguiente.

Para el mástil se adoptan los siguientes coeficientes:

- Tramo central (Tr_1) de 2 a 4 metros de longitud.
- Tramo adyacente (Tr_2) al central, 0,8 de la longitud del tramo central.
- Para los tramos subsiguientes ($Tr_{3,4,5\dots}$), 0,9 de la longitud del tramo anterior.
- Tramos extremos (Tr_{ex}) entre 0,5 a 1 metro de longitud.

Considerando estos coeficientes se procede al cálculo de los tramos del mástil:

Para el tramo central se adoptará 3,5 metros de longitud, por tanto el tramo adyacente se calcula con la siguiente expresión:

$$Tr_1 = 3,5 \text{ m}$$

$$Tr_2 = 0,8 * Tr_1 = 0,8 * 3,5 \text{ m}$$

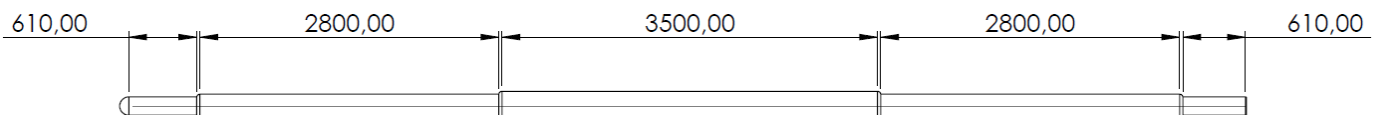
$$Tr_2 = 2,8 \text{ m}$$

$$Tr_{ex} = \frac{10,33 \text{ m} - Tr_1 - (2 * Tr_2)}{2}$$

$$Tr_{ex} = \frac{10,33 \text{ m} - 3,5\text{m} - (2 * 2,8 \text{ m})}{2}$$

$$Tr_{ex} = 0,61 \text{ m}$$

Las medidas tentativas de longitud del mástil se resumen en el esquema que se muestra a continuación:



Adopción de diámetros y espesores de tramos.

Como ya se explicó en el apartado anterior, para reducir el peso del mástil, esta se realizará telescópica. Para la determinación de los diámetros en cada una de las

secciones se utilizaran nuevamente los criterios propuestos por el libro "Trasporti Meccanici" de Vittorio Zignoli, los cuales son los siguientes.

Para el diámetro del mástil se adoptan los siguientes coeficientes:

- Diámetro central (D_{i1}), 0,021 de la longitud total del mástil.
- Diámetro de los extremos (D_{iex}), 0,64 a 0,75 del diámetro central.
- Espesor de caños ($E_{s1, 2, 3...}$), 0,022 a 0,023 del diámetro del caño.

Por lo tanto los diámetros preliminares son los siguientes:

$$D_{i1} = 0,021 * lm$$

$$D_{i1} = 0,021 * 10,33 m$$

$$D_{i1} = 0,2169 m$$

Para la selección de caños normalizados según ASTM A53 utilizaremos el fabricante nacional Cardalda S.A, con el diámetro obtenido anteriormente se busca el que mejor se ajuste a este.

DIAMETRO NOMINAL		S C H E D U L E S													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		HG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		HG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		HG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73			4.78		
		HG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62			1.95		
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		HG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		HG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24				4.24	
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		HG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47				5.61	
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		HG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41				7.25	
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		HG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48				11.11	
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		HG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41				14.92	
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		HG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27				21.35	
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		HG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56		11.13		13.49	
		HG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32		28.32		33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53		12.70		15.88	
		HG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97		40.28		49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97		14.27		18.26	
		HG/M	28.26	42.56	79.22	13.83		28.26		42.56		54.21		67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		HG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		HG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		HG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		HG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		HG/M	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.55	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		HG/M	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.69	309.78	363.76	408.48	459.62
20	508.0	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		HG/M	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	442.52	508.15	564.85
24	609.6	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		HG/M	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	ESP	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		HG/M	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20	349.46						

El diámetro en los extremos, tomando en cuenta el diámetro del caño normalizado antes seleccionado será:

$$Di_{ex} = 0,64 * Di_1$$

$$Di_{ex} = 0,64 * 0,2191 m$$

$$Di_{ex} = 0,140 m$$

Para la selección de caños normalizados según ASTM A53 utilizaremos el mismo fabricante. Con el diámetro obtenido anteriormente se busca el que mejor se ajuste a este.

DIAMETRO NOMINAL		S C H E D U L E S													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		HG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		HG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		HG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73				4.78	
		HG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62				1.95	
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		HG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		HG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24				4.24	
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		HG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47				5.61	
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		HG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41				7.25	
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		HG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48				11.11	
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		HG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41				14.92	
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		HG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27				21.35	
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		HG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56		11.13		13.49	
		HG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32		28.32		33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53		12.70		15.88	
		HG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97		40.28		49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97		14.27		18.26	
		HG/M	28.26	42.56	79.22	13.83		28.26		42.56		54.21		67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		HG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		HG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		HG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		HG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		HG/M	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.55	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		HG/M	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.69	309.78	363.76	408.48	459.62
20	508.0	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		HG/M	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	442.52	508.15	564.85
24	609.6	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		HG/M	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	ESP	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		HG/M	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20	349.46						

Como se puede observar la medida del tramo intermedio será de:

$$Di_2 = 0.1683 m$$

El espesor de los caños normalizados anteriormente seleccionados es:

$$Es_1 = 0,023 * Di_1$$

$$Es_1 = 0,023 * 0.2191 m$$

$$Es_1 = 0,00504 m = 5,04 mm$$

$$Es_2 = 0,023 * Di_2$$

$$Es_2 = 0,023 * 0,1683 m$$

$$Es_2 = 0,00387 m = 3,87 mm$$

$$Es_{ex} = 0,023 * Di_{ex}$$

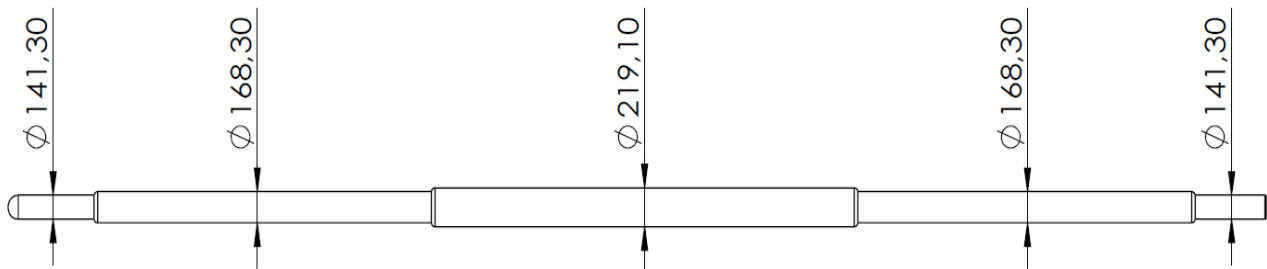
$$Es_{ex} = 0,023 * 0,1413 m$$

$$Es_{ex} = 0,00325 m = 3,25 mm$$

Como se puede ver en la siguiente tabla, los valores normalizados para los valores obtenidos son los siguientes y corresponden a caños Schedule 40.

DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP 0.37	2.41 0.47					1.73 0.37		2.41 0.47					
1/4	13.7	ESP 0.63	3.03 0.80					2.24 0.63		3.03 0.80					
3/8	17.1	ESP 0.84	3.20 1.10					2.31 0.84		3.20 1.10					
1/2	21.3	ESP 1.27	3.73 1.62	7.47 2.55				2.77 1.27		3.73 1.62				4.78 1.95	
3/4	26.7	ESP 1.69		7.82 3.64				2.87 1.69		3.91 2.20				5.56 2.90	
1	33.4	ESP 2.50	3.38 3.24	9.09 5.45	2.77 2.09			3.38 2.50		4.55 3.24				6.35 4.24	
1 1/4	42.2	ESP 3.39	3.56 4.47	9.70 7.70	2.77 2.69			3.56 3.39		4.85 4.47				6.35 5.61	
1 1/2	48.3	ESP 4.05	3.68 5.41	10.16 9.56	2.77 3.11			3.68 4.05		5.08 5.41				7.14 7.25	
2	60.3	ESP 5.44	3.91 7.48	11.07 13.44	2.77 3.93			3.91 5.44		5.54 7.48				8.74 11.11	
2 1/2	73.0	ESP 8.63	5.16 11.41	14.02 20.39	3.05 5.26			5.16 8.63		7.01 11.41				9.53 14.92	
3	88.9	ESP 11.29	5.49 15.27	15.24 27.68	3.05 6.46			5.49 11.29		7.62 15.27				11.13 21.35	
3 1/2	101.6	ESP 13.57	5.74 18.64	8.08 18.64	3.05 7.41			5.74 13.57		8.08 18.64					
4	114.3	ESP 16.08	6.02 22.32	8.56 41.03	17.12 8.37	3.05		6.02 16.08		8.56 22.32		11.13		13.49 33.54	
5	141.3	ESP 21.77	6.55 30.97	9.53 57.43	19.05 11.56	3.40		6.55 21.77		9.53 30.97		12.70		15.88 49.12	
6	168.3	ESP 28.76	7.11 42.56	10.97 74.72	21.95 13.83	3.40		7.11 28.76		10.97 42.56		14.27		18.26 67.57	
8	219.1	ESP 42.55	8.18 64.64	12.70 107.93	22.23 25.26	4.78 33.32	7.04 36.82	8.18 42.55	10.31 53.09	12.70 64.64	15.09 75.92	18.26 90.44	20.62 100.93	23.01 111.27	
10	273.0	ESP 60.29	9.27 81.53	12.70 155.10	25.40 27.78	4.19 41.76	6.35 51.01	7.80 61.92	9.53 81.53	12.70 95.98	15.09 114.71	18.26 159.87	21.44 155.10	28.58 172.27	
12	323.8	ESP 73.79	9.52 97.44	12.70 186.92	25.40 35.98	4.57 49.71	6.35 65.19	8.38 79.71	10.31 108.93	14.27 132.05	17.48 159.87	21.44 186.92	25.40 159.87	33.32 238.69	
14	355.6	ESP 81.25	9.52 107.40	12.70 107.40	25.40 54.69	4.57 67.91	6.35 81.25	7.92 9.52	9.52 94.30	11.10 126.72	15.09 158.11	19.05 194.98	23.83 224.66	27.79 253.58	35.71 281.72
16	406.4	ESP 93.18	9.52 123.31	12.70 123.31	25.40 62.65	4.57 77.83	6.35 93.18	7.92 9.52	9.52 123.31	12.70 160.13	16.66 203.55	21.44 245.57	26.19 286.66	30.96 333.21	40.49 365.38
18	457.2	ESP 105.11	9.52 139.22	12.70 139.22	25.40 70.60	4.57 87.75	6.35 117.03	7.92 9.52	9.52 155.13	14.27 183.43	19.05 205.84	23.83 254.69	29.36 309.78	34.93 363.76	45.24 408.48
20	508.0	ESP 117.03	9.52 155.13	12.70 155.13	25.40 78.56	4.57 117.03	6.35 155.13	7.92 9.52	9.52 183.43	15.09 247.84	20.62 311.19	26.19 381.55	32.54 442.52	38.10 508.15	50.01 564.85
24	609.6	ESP 140.89	9.52 186.95	12.70 186.95	25.40 94.47	4.57 140.89	6.35 209.51	7.92 9.52	9.52 255.25	17.48 355.04	24.61 441.80	30.96 547.36	38.89 639.62	46.02 719.68	59.54 807.68
30	762.0	ESP 176.67	9.52 234.68	12.70 234.68	25.40 147.29	4.57 234.68	6.35 292.20	7.92 9.52	9.52 349.46	19.05					

Las medidas tentativas de diámetros del mástil se resumen en el esquema que se muestra a continuación:



Cálculo geométrico del puntal.

En esta sección se determinaran las dimensiones preliminares que tendrá el puntal, posteriormente se procederá a la verificación de las medidas adoptadas bajo todos los tipos de esfuerzos a la cual se encuentra solicitado.

Adopción de longitud del tramo.

Para el cálculo del puntal se adopta una longitud del mismo de 8 metros.

$$l_p = 8 \text{ m}$$

Adopción de diámetro y espesor del tramo.

Para la determinación del diámetro en la sección se utilizaran nuevamente los criterios propuestos por el libro "Trasporti Meccanici" de Vittorio Zignoli, los cuales son los siguientes.

Para el puntal se adoptan los siguientes coeficientes:

- Diámetro del puntal (D_p), 0,021 a 0,026 de la longitud total del mástil.
- Espesor del puntal (E_p), 0,022 a 0,023 del diámetro del puntal.

Considerando estos coeficientes se procede al cálculo del puntal:

$$D_p = 0,026 * l_m$$

$$D_p = 0,026 * 10,33 \text{ m}$$

$$D_p = 0,2685 \text{ m}$$

Para la selección de caños normalizados según ASTM A53 utilizaremos el fabricante nacional Cardalda S.A, con el diámetro obtenido anteriormente se busca el que mejor se ajuste a este.

En este caso, se adopta un caño de 10' o bien 273 mm de diametro, por lo que el espesor según criterio adoptado será de:

$$E_p = 0,023 * D_p$$

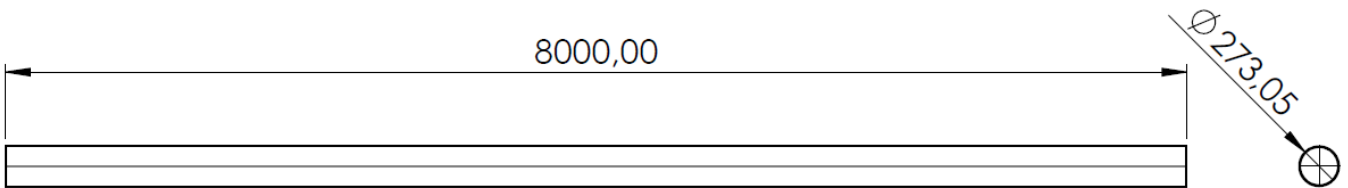
Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 6 de 115
---	----------------------------	---------	-----------------

$$E_p = 0,023 * 0,273 \text{ m}$$

$$E_p = 0,00627 \text{ m} = 6,27 \text{ mm}$$

Resultando finalmente en un caño de 10' o bien 273 mm de diámetro con 9,53 mm de espesor (Schedule 40)

Las medidas tentativas del puntal se resumen en el esquema que se muestra a continuación:



DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		KG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		KG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		KG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73				4.78	
		KG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62				1.95	
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		KG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		KG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24				4.24	
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		KG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47				5.61	
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		KG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41				7.25	
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		KG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48				11.11	
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		KG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41				14.92	
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		KG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27				21.35	
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		KG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56		11.13		13.49	
		KG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32		28.32		33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53		12.70		15.88	
		KG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97		40.28		49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97		14.27		18.26	
		KG/M	28.26	42.56	79.22	13.83		28.26		42.56		54.21		67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		KG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		KG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		KG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		KG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		KG/M	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.55	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		KG/M	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.69	309.78	363.76	408.48	459.62
20	508.0	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		KG/M	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	442.52	508.15	564.85
24	609.6	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		KG/M	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	ESP	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		KG/M	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20	349.46						

Dimensionamiento de la longitud del cable de izaje.

Esta distancia está compuesta por los siguientes componentes:

$$d_c = \text{Altura percha} + \text{Altura quilla y borda} + \text{Altura gancho a borde} + \text{Margen}$$

Donde:

$$\text{Altura gancho a borde} = \text{Altura maxima de cota} - \text{Altura percha} - \text{Altura borda}$$

$$\text{Altura gancho a borde} = 4 \text{ m} - 2,2 \text{ m} - 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Altura gancho a borde} = 0,3 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$d_c = \text{Altura percha} + \text{Altura quilla y borda} + \text{Altura gancho a borde} + \text{Margen} \\ + \text{Altura encastre}$$

$$d_c = 2,2 \text{ m} + 3,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 1,3 \text{ m}$$

$$d_c = 7 \text{ m}$$

Mecanismo de elevación.

Para determinar la clasificación del mecanismo de elevación se utilizara la norma citada en la introducción UNE 58-112-91/1.

Según dicha norma para clasificar el aparato se debe conocer: la clase de utilización y el estado de cargas.

Clase de utilización.

La clase de utilización es un parámetro al cual le podemos dar un valor de número de ciclos esperado, o cantidad de horas de servicio en un ciclo determinado.

Para nuestra selección se considerara el criterio de horas de servicio.

La grúa se utiliza para el mantenimiento de la obra viva de las embarcaciones así como también para reparaciones estructurales, las cuales se llevan a cabo sobre tráiler acondicionados para soportar las embarcaciones, por lo que el tiempo de servicio de la grúa es al momento del izaje y la puesta en el tráiler, así como también al momento de posar el barco sobre el agua.

Habiendo recolectado datos de las maniobras del puerto se pudo estimar que la grúa trabaja media hora por día, durante doscientos días al año.

Se estima una vida útil hasta el primer mantenimiento intensivo de quince años. Dando un total de horas de:

$$\text{duracion tltal del servicio} = 15 \text{ años} * 200 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 0,5 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$$

$$\text{duracion total del servicio} = 1500 \text{ Horas.}$$

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 8 de 115
---	----------------------------	---------	-----------------

Clases de utilización de los aparatos		
Clases de utilización de los aparatos	Duración total del servicio (h)	Observaciones
T ₀	200	Utilización ocasional
T ₁	400	
T ₂	800	
T ₃	1600	
T ₄	3200	Utilización regular en servicio ligero
T ₅	6300	Utilización regular en servicio intermitente
T ₆	12000	Utilización regular en servicio intensivo
T ₇	25000	Utilización intensiva
T ₈	50000	
T ₉	100000	

De la siguiente tabla suministrada por la norma entrando con la cantidad de horas de la duración total de servicio, obtenemos la clase de utilización, la misma es: T₃

Esta clase de utilización corresponde para utilizaciones ocasionales del aparato.

Estado de carga del mecanismo.

Para obtener este parámetro es necesario conocer la cantidad de veces que se va a elevar la máxima carga sobre la cantidad total de elevaciones.

Para nuestro caso la carga máxima a izar según las autoridades del puerto es de 6000 kilos, se realizara el dimensionamiento estructural para un 60% más de la carga máxima a izar, este valor permitirá que el mecanismo de elevación trabaje más aliviado, que presente menos desgaste, y que se extiendan los plazos de mantenimiento

$$P_n = 6000Kg * 1,6$$

$$P_n = 9600Kg \approx 10000Kg$$

Por lo que se adoptara como carga nominal a izar 10000Kg, ya que no se tuvo en cuenta el peso de la percha de izaje y de las fajas de izaje.

Reemplazando en la ecuación

$$K_m = \frac{\text{numero de veces a elevar la carga maxima}}{\text{numero total de elevaciones}}$$

Como en nuestro caso nunca se elevara la carga máxima ya que fue aumentada un 60% de la real, se adopta el valor de *K_m mas bajo*

Coeficientes nominales del espectro de cargas para los mecanismos, K_m		
Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de cargas K_m	Observaciones
L1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas.
L2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas pequeñas.
L3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas medianas.
L4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga útil.

Para el $K_m = 0,125$ la norma define un estado de carga ligero (L1) que corresponde a un aparato que levanta raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas.

Entrando en la siguiente tabla con el estado de carga y la clase de utilización obtenemos la clasificación final de nuestro aparato.

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de cargas K_m	Clases de utilización										
		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
L1 - Ligero	0,125	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
L2 - Moderado	0,25	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	
L3 - Pesado	0,5	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	
L4 - Muy pesado	1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8	

Dando como resultado la clasificación M2.

Selección del polipasto.

El polipasto que se utilizara es de la marca FORVIS ya que es una empresa nacional con muy buenas referencias en el ámbito.

Para la grúa se seleccionará un polipasto Modelo FV 4 Fijo sin carro ya que este modelo es el único que cumple con la carga a izar que se requiere. Las características del polipasto se expresan a continuación.



Nosotros



FORVIS es una empresa constituida en el año 1951, con amplia experiencia en la fabricación y comercialización de equipos industriales de elevación y transporte, siendo reconocida nacional e internacionalmente por la alta calidad y seguridad de sus productos.

FORVIS ofrece una amplia gama de equipos, de fabricación propia y algunos fabricados por empresas de primera línea, a las cuales representa.

Entre los productos que ofrecemos, podemos mencionar: **polipastos eléctricos a cable y a cadena, puentes grúa, pórticos grúa, semipórticos grúa, carrosgrúa, polipastos manuales, polipastos neumáticos, plumas giratorias, sistemas de electrificación y equipos antiexplosivos.**

La filosofía de FORVIS no consiste solamente en fabricar y comercializar productos, sino en lograr la máxima satisfacción de las necesidades de sus clientes, ya que a ellos le debe su existencia

Para ello, nuestra Empresa cuenta con un Departamento de Desarrollo Tecnológico, cuya misión es la de desarrollar productos y procesos que, atendiendo al avance de la tecnología y a la evolución de las necesidades del mercado, tengan la capacidad de brindar adecuadas soluciones a las mismas.

Paralelamente el Departamento de Ingeniería, elabora las especificaciones tanto técnicas como funcionales de los productos de serie y especiales, ajustándose a las exigencias de las **normas norteamericanas CMAA**. Y **europas FEM**, a fin de garantizar los más altos niveles de calidad y seguridad de diseño.

Nuestro Departamento de Calidad por su parte, monitorea permanentemente el cumplimiento de los requisitos de fabricación, habiendo implementado un Sistema de Gestión de Calidad, con base en la norma IRAM ISO 9001:2008, ya certificado.

Finalmente nuestra planta industrial de 5000 m², ubicada en la ciudad de Colón Pcia. de Buenos Aires - Argentina, cuenta con todos lo elementos técnicos necesarios para garantizar una calidad de fabricación acorde con los requisitos del diseño y con personal altamente especializado, que en realidad constituye la base de sustentación más importante con que cuenta la Empresa.

Capacidad de carga (kg)	Altura de elevación (m)	Velocidad de elevación (m/min)	Grupo FEM	Modelo	Ramales de cable	Motor eléctrico (HP)	Peso en kg		
							Sin carro	Con carro eléctrico	
								Monorriel	Biriel
3200	20	8	2m	FV4 3220	2/1	7.5	422	511	702
3200	20	6/1,5	2m	FV4 3220M	2/1	6/1,5	435	524	715
4000	20	6	1Am	FV4 4020	2/1	7.5	469	558	749
4000	20	4,4/1,1	1Am	FV4 4020M	2/1	6/1,5	482	571	762
5000	20	6	1Bm	FV4 5020	2/1	7.5	469	558	749
5000	20	4,4/1,1	1Bm	FV4 5020M	2/1	6/1,5	482	571	762
6400	10	4	2m	FV4 6410	4/1	7.5	495	584	775
6400	10	3/0,75	2m	FV4 6410M	4/1	6/1,5	508	597	788
8000	10	3	1Am	FV4 8010	4/1	7.5	542	713	942
8000	10	2,2/0,5	1Am	FV4 8010M	4/1	6/1,5	555	726	955
10000	10	3	1Bm	FV4 10010	4/1	7.5	542	713	942
10000	10	2,2/0,5	1Bm	FV4 10010M	4/1	6/1,5	555	726	955
15000	8	2	1Bm	FV4 15008	6/1	7.5	654	*	1154
15000	8	1,5/0,4	1Bm	FV4 15008M	6/1	6/1,5	667	*	1167
20000	6	1.5	1Bm	FV4 20006	8/1	7.5	741	*	1241
20000	6	1,2/0,3	1Bm	FV4 20006M	8/1	6/1,5	754	*	1254

Cálculo estructural del mástil.

En esta sección se verificarán las medidas adoptadas anteriormente. Los cálculos se llevarán a cabo siguiendo los criterios del "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel.

Cálculo del momento de inercia del tramo central.

El momento de inercia del mástil se dividirá en el cálculo de su tramo central y en el de los extremos para un mejor modelado del diseño propuesto.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{tc}^4 - d_{tc}^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia del tramo central.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

d_{tc} : Diámetro interior del tramo central.

$$I = \frac{\pi}{64} ((21,91 \text{ cm})^4 - (20,274 \text{ cm})^4)$$

$$I = 3219.94 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente del tramo central.

$$W = \frac{I}{D_{tc}/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente del tramo central.

I : Momento de inercia del tramo central.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$W = \frac{3219.94 \text{ cm}^4}{21,91 \text{ cm}/2}$$

$$W = 146.96 \text{ cm}^3$$

Cálculo del momento de inercia de los tramos externos.

Para el cálculo del momento de inercia en los extremos se procede de la misma forma que se hizo en el cálculo del tramo central.

$$I_0 = \frac{\pi}{64} (D_{te}^4 - d_{te}^4)$$

Siendo:

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

D_{te} : Diámetro exterior de los tramos externos.

d_{te} : Diámetro interior de los tramos externos.

$$I_0 = \frac{\pi}{64} ((14,13 \text{ cm})^4 - (12,82 \text{ cm})^4)$$
$$I_0 = 630,83 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente de los tramos exteriores.

$$W_0 = \frac{I_0}{D_{te}/2}$$

Siendo:

W_0 : Modulo resistente de los tramos externos.

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

D_{te} : Diámetro exterior de los tramos externos.

$$W_0 = \frac{630,83 \text{ cm}^4}{14,13 \text{ cm}/2}$$
$$W_0 = 89.3 \text{ cm}^3$$

Cálculo del momento de inercia ideal.

Tomando en cuenta ambos momentos de inercia calculados anteriormente se realiza el cálculo del momento de inercia ideal del mástil.

$$I_i = I * \left(0,6 + 0,4 * \sqrt{\frac{I_0}{I}} \right)$$

Siendo:

I_i : Momento de inercia ideal.

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

I : Momento de inercia del tramo central.

$$I_i = 3219.94 \text{ cm}^4 * \left(0,6 + 0,4 * \sqrt{\frac{630,83 \text{ cm}^4}{3219.94 \text{ cm}^4}} \right)$$
$$I_i = 2502,05 \text{ cm}^4$$

Cálculo del radio de giro ideal.

Una vez calculado el momento de inercia ideal y calculando el área transversal de material del caño, calculamos el radio de giro ideal del mástil.

$$i_i = \sqrt{\frac{I_i}{A}}$$

Siendo:

i_i : Radio de giro ideal.

I_i : Momento de inercia ideal.

A : Área de la sección transversal del caño central la cual se calcula a continuación.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_{tc}^2 - d_{tc}^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} ((21,91 \text{ cm})^2 - (20,274 \text{ cm})^2)$$

$$A = 54,2 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$i_i = \sqrt{\frac{I_i}{A}}$$

$$i_i = \sqrt{\frac{2502,05 \text{ cm}^4}{54,2 \text{ cm}^2}}$$

$$i_i = 6,79 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de esbeltez.

Para el cálculo de pandeo de la estructura se utilizara el criterio del coeficiente de pandeo planteado por Dubbel en su manual de construcción de máquinas.

$$\lambda = \frac{I_m}{i_i}$$

Siendo:

λ : Coeficiente de esbeltez.

I_m : Largo del mástil.

i_i : Radio de giro ideal.

$$\lambda = \frac{10,33 \text{ m}}{0,0679 \text{ m}}$$

$$\lambda = 152,135$$

Coeficiente de pandeo.

De la tabla de factores de pandeo del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel, entrando con el acero St 37 y con el coeficiente de esbeltez se obtiene el coeficiente de pandeo que se expresa a continuación:

$$\omega = 5,4$$

Cálculo de las excentricidades.

En esta sección se calculará mediante criterios del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel la máxima excentricidad que puede tener la estructura por errores en el montaje o bien en la conformación de los materiales que la constituyen. Dicha excentricidad nos da una idea de la desalineación una vez montadas las piezas.

$$e_1 = \frac{l_m}{500} + \frac{D_{tc}}{40}$$

Siendo:

e_1 : Excentricidad debido a imperfecciones del laminado.

l_m : Largo del mástil.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$e_1 = \frac{10,33 \text{ m}}{500} + \frac{0,2191 \text{ m}}{40}$$

$$e_1 = 26,13 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{l_m}{100} + \frac{D_{tc}}{40}$$

Siendo:

e_2 : Excentricidad debido a defectos de montaje.

l_m : Largo del mástil.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$e_2 = \frac{10,33 \text{ m}}{100} + \frac{0,2191 \text{ m}}{40}$$

$$e_2 = 108,77 \text{ mm}$$

Por último se tiene en cuenta el caso más desfavorable en el cual las dos excentricidades máximas se sumen dando como resultado:

$$e = e_1 + e_2$$

$$e = 26,13 \text{ mm} + 108,77 \text{ mm}$$

$$e = 134,9 \text{ mm}$$

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 15 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

Peso del mástil.

Para calcular el peso del mástil se utilizarán los datos de la tabla que proporciona el fabricante en la cual se muestran los pesos por metro de cada caño.

$$Q = Tr_1 * Pm_1 + 2 * Tr_2 * Pm_2 + 2 * Tr_3 * Pm_3$$

Siendo:

Q : Peso total del mástil.

Tr_1 : Longitud del tramo central.

Tr_2 : Longitud del tramo intermedio.

Tr_3 : Longitud del tramo exterior.

Pm_1 : Peso por metro del tramo central.

Pm_2 : Peso por metro del tramo intermedio.

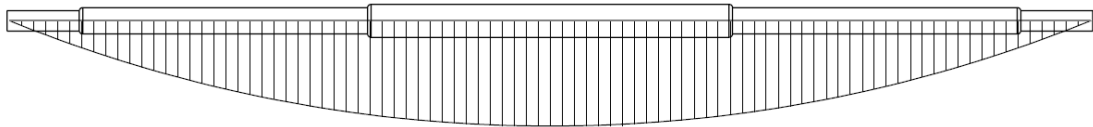
Pm_3 : Peso por metro del tramo exterior.

$$Q = 3,5 m * 42,53 \frac{kg}{m} + 2 * 2,8 m * 28,26 \frac{kg}{m} + 2 * 0,61 * 21,77 \frac{kg}{m}$$

$$Q = 333,67 kg$$

Cálculo del momento flector máximo debido al peso propio del mástil.

Con el valor del peso total de la estructura, se calcula el momento flector máximo que el peso propio genera. Este se da cuando el mástil se encuentra totalmente horizontal, el valor de dicho momento se calcula a continuación.



$$Mf_{max} = \frac{Q * l_m}{8}$$

Siendo:

Mf_{max} : Momento flector máximo.

Q : Peso total del mástil.

l_m : Longitud del mástil.

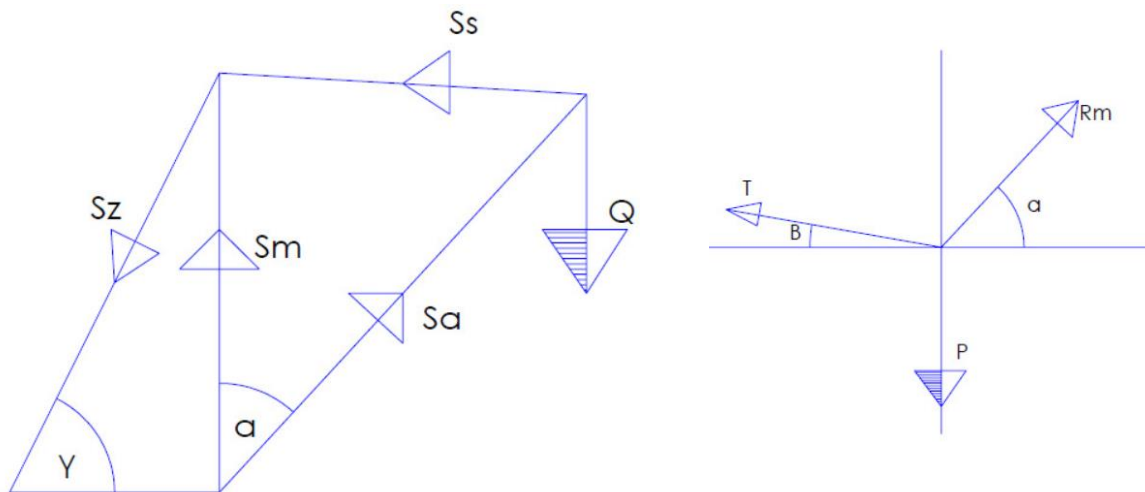
$$Mf_{max} = \frac{333,67 kg * 10,33 m}{8}$$

$$Mf_{max} = 430,85 \text{ kgm}$$

Esfuerzos actuantes sobre el mástil.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados junto con los valores de carga máxima afectados por el coeficiente de seguridad, para determinar la carga total a la cual está solicitado el mástil.

Cálculo del esfuerzo axial sobre el mástil.



$$S_a = P * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

S_a : Esfuerzo axial sobre el mástil.

P : Carga máxima a izar.

l_m : Longitud del mástil.

l_p : Longitud del puntal.

$$S_a = 10500 \text{ kg} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$

$$S_a = 13558,125 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo axial debido al peso propio del mástil.

$$\Delta S_a = \frac{Q}{2} * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

ΔS_a : Esfuerzo axial sobre el mástil debido al peso propio.

Q : Peso propio del mástil.

l_m : Longitud del mástil.

l_p : Longitud del puntal.

$$\Delta S_a = \frac{333,67 \text{ kg}}{2} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$
$$\Delta S_a = 215,42 \text{ kg}$$

Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el mástil.

Para el cálculo de la fuerza debida al viento, es necesario conocer dos variables, la presión del viento y el área expuesta a este. Para el cálculo se utilizará el valor de presión de viento brindado por el "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel, el cual propone una presión de 50 kg/m².

$$V = P_v * A_{total}$$

Siendo:

V : Fuerza debido al viento sobre el mástil.

P_v : Presión del aire sobre el mástil.

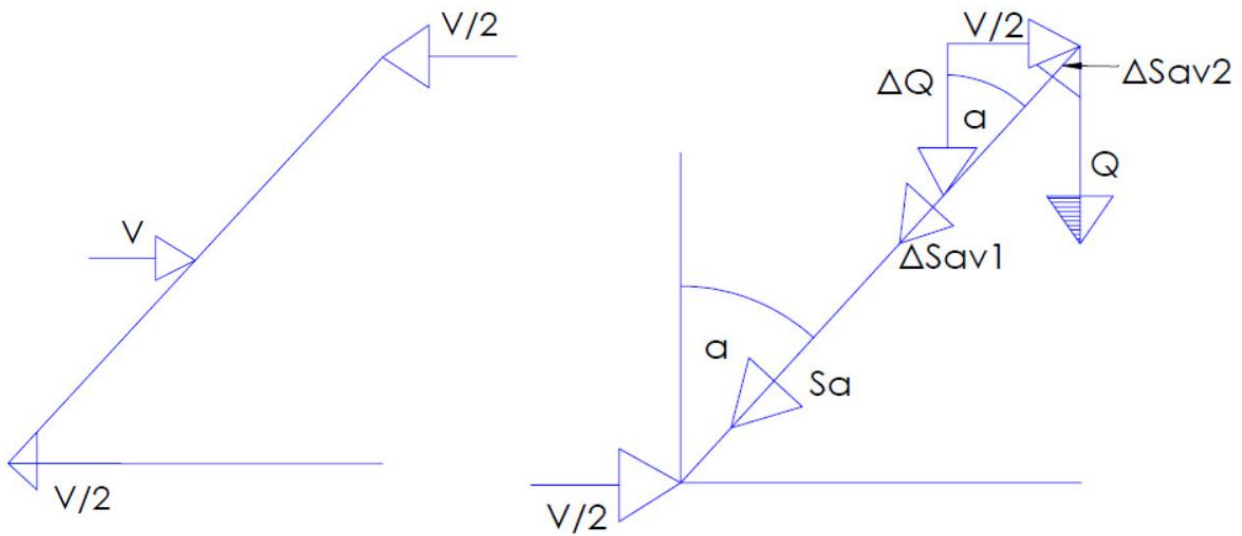
A_{total} : Área expuesta al viento. Esta área se calculará a continuación, considerando que el mástil está construida en su totalidad por una única sección, la más grande, para así considerar más desfavorable el sistema.

$$A_{total} = l_m * a$$
$$A_{total} = 10,33 \text{ m} * 0,2191 \text{ m}$$
$$A_{total} = 2,26 \text{ m}^2$$

Reemplazando:

$$V = P_v * A_{total}$$
$$V = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 2,26 \text{ m}^2$$
$$V = 113,16 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el mástil.



Con la fuerza que el viento ejerce sobre el mástil, esta puede producir un esfuerzo sobre el sentido de la carga y otro sobre la dirección del mástil. Por tanto estas son:

$$\Delta Q = \frac{V}{2 * tg \alpha}$$

Siendo:

ΔQ : Esfuerzo en sentido de la carga.

V : Fuerza debido al viento sobre el mástil.

$$\Delta Q = \frac{113,16 \text{ kg}}{2 * tg 45}$$

$$\Delta Q = 56,58 \text{ kg}$$

Por otro lado tenemos que el esfuerzo en dirección al puntal es el siguiente:

$$\Delta S_{av1} = \Delta Q * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

ΔS_{av1} : Esfuerzo axial sobre el mástil debido al viento.

ΔQ : Esfuerzo en sentido de la carga.

l_m : Longitud del mástil.

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 19 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

l_p : Longitud del puntal.

$$\Delta S_{av1} = 56,58 \text{ kg} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$
$$\Delta S_{av1} = 73,06 \text{ kg}$$

La otra componente del viento viene dada por:

$$\Delta S_{av2} = \frac{V}{2 * \text{sen } \alpha}$$
$$\Delta S_{av2} = \frac{113,16 \text{ kg}}{2 * \text{sen } 45}$$
$$\Delta S_{av2} = 80 \text{ kg}$$

El esfuerzo real sobre el mástil será:

$$\Delta S_{av} = \Delta S_{av1} - \Delta S_{av2}$$
$$\Delta S_{av} = 80 \text{ kg} - 73,06 \text{ kg}$$
$$\Delta S_{av} = 7 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo axial total del mástil.

Con los esfuerzos axiales calculados anteriormente obtenemos el esfuerzo axial total que soporta el mástil.

$$P_{total} = S_a + \Delta S_a + \Delta S_{av}$$
$$P_{total} = 13558,125 \text{ kg} + 215,42 \text{ kg} + 7 \text{ kg}$$
$$P_{total} = 13780 \text{ kg}$$

Cálculo de la tensión máxima sobre el mástil.

Sumando la carga de pandeo, las por excentricidades y la debida al momento flector máximo, se obtiene el sigma necesario que debe tener el material que conforme el mástil.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{total} * \omega}{A} + \frac{P_{total} * e}{W} + \frac{Mf_{max}}{W}$$

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima que posee el mástil.

P_{total} : Esfuerzo axial total del mástil.

ω : Coeficiente de pandeo.

A : Área de la sección transversal del caño central.

e : Excentricidad del mástil.

W : Modulo resistente del tramo central.

Mf_{max} : Momento flector máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{13780 \text{ kg} * 5,4}{54,2 \text{ cm}^2} + \frac{13780 \text{ kg} * 10,87 \text{ cm}}{146,96 \text{ cm}^3} + \frac{43085 \text{ kgcm}}{146,96 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max1} = 2685,33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de tensiones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.

En esta sección se consideraran criterios de autores para la adopción de coeficientes de seguridad para comparar las tensiones obtenidas en el cálculo con las tensiones admisibles del material de construcción de la pluma.

$$\sigma_{fl} = 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro "Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño".

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_{fl}$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verificación de tensiones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.

Se procederá a comparar los resultados de tensión y su verificación.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max1}$$

$$\sigma_{adm} \geq 2685,33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \geq 2685,33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

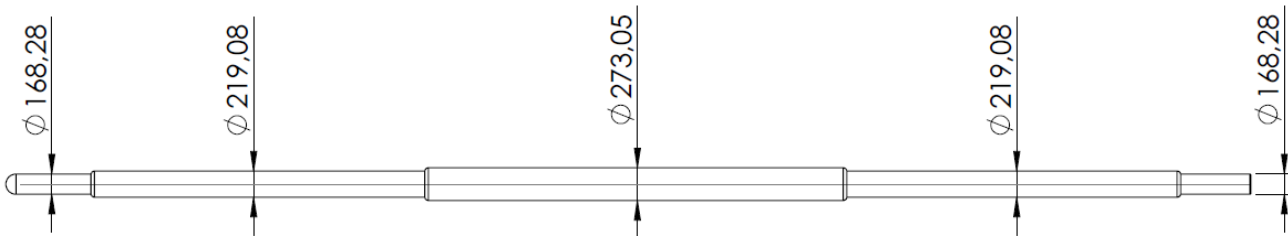
No verifica

Como no verifican las secciones preseleccionadas se procede a aumentar una unidad el diametro de cada tramo, dando como resultado las siguientes medidas:

Como se puede ver en la siguiente tabla, los valores normalizados para los valores obtenidos son los siguientes y corresponden a caños Schedule 40.

DIAMETRO NOMINAL		SCHEDULES													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		HG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		HG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		HG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73				4.78	
		HG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62				1.95	
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		HG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		HG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24				4.24	
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		HG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47				5.61	
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		HG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41				7.25	
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		HG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48				11.11	
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		HG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41				14.92	
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		HG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27				21.35	
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		HG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56		11.13		13.49	
		HG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32		28.32		33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53		12.70		15.88	
		HG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97		40.28		49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97		14.27		18.26	
		HG/M	28.26	42.56	79.22	13.83		28.26		42.56		54.21		67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01	
		HG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		HG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		HG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		HG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72

Las medidas tentativas de diámetros del mástil se resumen en el esquema que se muestra a continuación:



Cálculo estructural del mástil corregido.

En esta sección se verificarán las medidas adoptadas anteriormente. Los cálculos se llevarán a cabo siguiendo los criterios del manual de construcción de máquinas del autor Dubbel.

Cálculo del momento de inercia del tramo central.

El momento de inercia del mástil se dividirá en el cálculo de su tramo central y en el de los extremos para un mejor modelado del diseño propuesto.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{tc}^4 - d_{tc}^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia del tramo central.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

d_{tc} : Diámetro interior del tramo central.

$$I = \frac{\pi}{64} ((27,3 \text{ cm})^4 - (25,39 \text{ cm})^4)$$

$$I = 6866,38 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente del tramo central.

$$W = \frac{I}{D_{tc}/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente del tramo central.

I : Momento de inercia del tramo central.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$W = \frac{6866,38 \text{ cm}^4}{27,3 \text{ cm}/2}$$

$$W = 503 \text{ cm}^3$$

Cálculo del momento de inercia de los tramos externos.

Para el cálculo del momento de inercia en los extremos se procede de la misma forma que se hizo en el cálculo del tramo central.

$$I_0 = \frac{\pi}{64} (D_{te}^4 - d_{te}^4)$$

Siendo:

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

D_{te} : Diámetro exterior de los tramos externos.

d_{te} : Diámetro interior de los tramos externos.

$$I_0 = \frac{\pi}{64} ((16,83 \text{ cm})^4 - (15,41 \text{ cm})^4)$$

$$I_0 = 1170,18 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente de los tramos exteriores.

$$W_0 = \frac{I_0}{D_{te}/2}$$

Siendo:

W_0 : Modulo resistente de los tramos externos.

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

D_{te} : Diámetro exterior de los tramos externos.

$$W_0 = \frac{1170,18 \text{ cm}^4}{16,83 \text{ cm}/2}$$

$$W_0 = 139 \text{ cm}^3$$

Cálculo del momento de inercia ideal.

Tomando en cuenta ambos momentos de inercia calculados anteriormente se realiza el cálculo del momento de inercia ideal del mástil.

$$I_i = I * \left(0,6 + 0,4 * \sqrt{\frac{I_0}{I}} \right)$$

Siendo:

I_i : Momento de inercia ideal.

I_0 : Momento de inercia de los tramos externos.

I : Momento de inercia del tramo central.

$$I_i = 6866,38 \text{ cm}^4 * \left(0,6 + 0,4 * \sqrt{\frac{1170,18 \text{ cm}^4}{6866,38 \text{ cm}^4}} \right)$$
$$I_i = 5253,66 \text{ cm}^4$$

Cálculo del radio de giro ideal.

Una vez calculado el momento de inercia ideal y calculando el área transversal de material del caño, calculamos el radio de giro ideal del mástil.

$$i_i = \sqrt{\frac{I_i}{A}}$$

Siendo:

i_i : Radio de giro ideal.

I_i : Momento de inercia ideal.

A : Área de la sección transversal del caño central la cual se calcula a continuación.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_{tc}^2 - d_{tc}^2)$$
$$A = \frac{\pi}{4} ((27,3 \text{ cm})^2 - (25,39 \text{ cm})^2)$$
$$A = 79,44 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$i_i = \sqrt{\frac{I_i}{A}}$$
$$i_i = \sqrt{\frac{5253,66 \text{ cm}^4}{79,44 \text{ cm}^2}}$$
$$i_i = 8,13 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de esbeltez.

Para el cálculo de pandeo de la estructura se utilizara el criterio del coeficiente de pandeo planteado por Dubbel en su manual de construcción de máquinas.

$$\lambda = \frac{I_m}{i_i}$$

Siendo:

λ : Coeficiente de esbeltez.

I_m : Largo del mástil.

i_i : Radio de giro ideal.

$$\lambda = \frac{10,33 \text{ m}}{0,0813 \text{ m}}$$

$$\lambda = 127$$

Coeficiente de pandeo.

De la tabla de factores de pandeo del manual de construcción de máquinas del autor Dubbel, entrando con el acero st 37 y con el coeficiente de esbeltez se obtiene el coeficiente de pandeo que se expresa a continuación:

$$\omega = 3,823$$

Cálculo de las excentricidades.

En esta sección se calculará mediante criterios del manual de construcción de máquinas del autor Dubbel la máxima excentricidad que puede tener la estructura por errores en el montaje o bien en la conformación de los materiales que la constituyen. Dicha excentricidad nos da una idea de la desalineación una vez montadas las piezas.

$$e_1 = \frac{l_m}{500} + \frac{D_{tc}}{40}$$

Siendo:

e_1 : Excentricidad debido a imperfecciones del laminado.

l_m : Largo del mástil.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$e_1 = \frac{10,33 \text{ m}}{500} + \frac{0,273 \text{ m}}{40}$$

$$e_1 = 27,48 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{l_m}{100} + \frac{D_{tc}}{40}$$

Siendo:

e_2 : Excentricidad debido a defectos de montaje.

l_m : Largo del mástil.

D_{tc} : Diámetro exterior del tramo central.

$$e_2 = \frac{10,33 \text{ m}}{100} + \frac{0,273 \text{ m}}{40}$$

$$e_2 = 110,125 \text{ mm}$$

Por último se tiene en cuenta el caso más desfavorable en el cual las dos excentricidades máximas se sumen dando como resultado:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 26 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

$$e = e_1 + e_2$$

$$e = 27,48 \text{ mm} + 110,125 \text{ mm}$$

$$e = 137,6 \text{ mm}$$

Peso del mástil.

Para calcular el peso del mástil se utilizarán los datos de la tabla que proporciona el fabricante en la cual se muestran los pesos por metro de cada caño.

$$Q = Tr_1 * Pm_1 + 2 * Tr_2 * Pm_2 + 2 * Tr_3 * Pm_3$$

Siendo:

Q : Peso total del mástil.

Tr_1 : Longitud del tramo central.

Tr_2 : Longitud del tramo intermedio.

Tr_3 : Longitud del tramo exterior.

Pm_1 : Peso por metro del tramo central.

Pm_2 : Peso por metro del tramo intermedio.

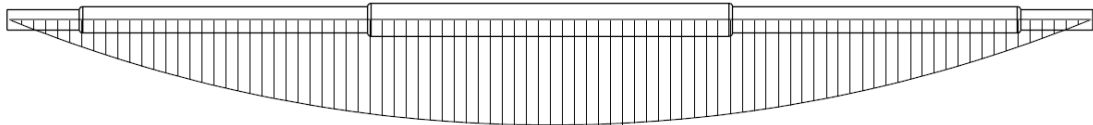
Pm_3 : Peso por metro del tramo exterior.

$$Q = 3,5 \text{ m} * 61,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 2 * 2,8 \text{ m} * 42,53 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 2 * 0,61 * 28,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$Q = 489,36 \text{ kg}$$

Cálculo del momento flector máximo debido al peso propio del mástil.

Con el valor del peso total de la estructura, se calcula el momento flector máximo que el peso propio genera. Este se da cuando el mástil se encuentra totalmente horizontal, el valor de dicho momento se calcula a continuación.



$$Mf_{max} = \frac{Q * l_m}{8}$$

Siendo:

Mf_{max} : Momento flector máximo.

Q : Peso total del mástil.

l_m : Longitud del mástil.

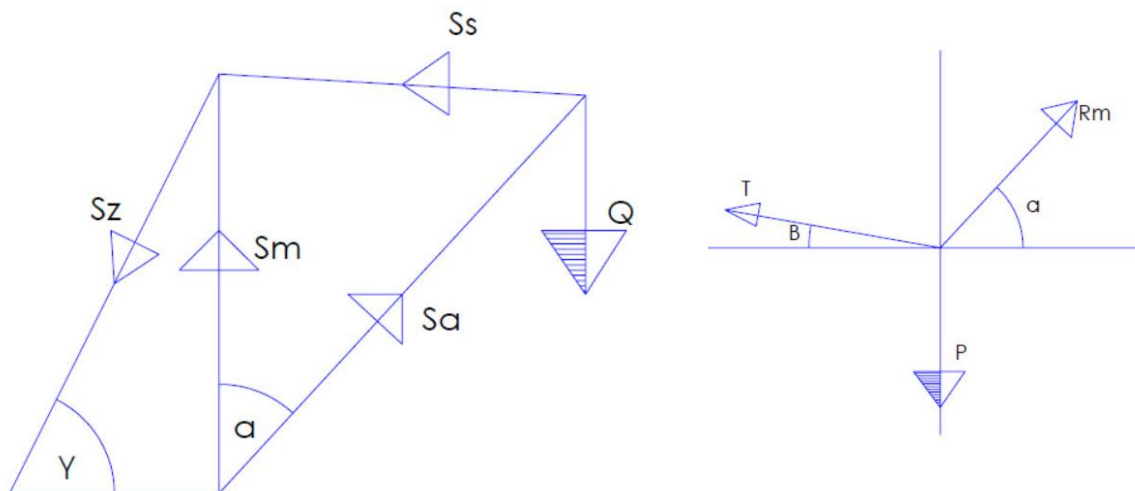
$$Mf_{max} = \frac{489,36 \text{ kg} * 10,33 \text{ m}}{8}$$

$$Mf_{max} = 631,89 \text{ kgm}$$

Esfuerzos actuantes sobre el mástil.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados junto con los valores de carga máxima afectados por el coeficiente de seguridad, para determinar la carga total a la cual está solicitado el mástil.

Cálculo del esfuerzo axial sobre el mástil.



$$S_a = P * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

S_a : Esfuerzo axial sobre el mástil.

P : Carga máxima a izar.

l_m : Longitud del mástil.

l_p : Longitud del puntal.

$$S_a = 10500 \text{ kg} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$

$$S_a = 13558,125 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo axial debido al peso propio del mástil.

$$\Delta S_a = \frac{Q}{2} * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

ΔS_a : Esfuerzo axial sobre el mástil debido al peso propio.

Q : Peso propio del mástil.

l_m : Longitud del mástil.

l_p : Longitud del puntal.

$$\Delta S_a = \frac{489,36 \text{ kg}}{2} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$
$$\Delta S_a = 315,94 \text{ kg}$$

Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el mástil.

Para el cálculo de la fuerza debida al viento, es necesario conocer dos variables, la presión del viento y el área expuesta a este. Para el cálculo se utilizará el valor de presión de viento brindado por el "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel, el cual propone una presión de 50 kg/m².

$$V = P_v * A_{total}$$

Siendo:

V : Fuerza debido al viento sobre el mástil.

P_v : Presión del aire sobre el mástil.

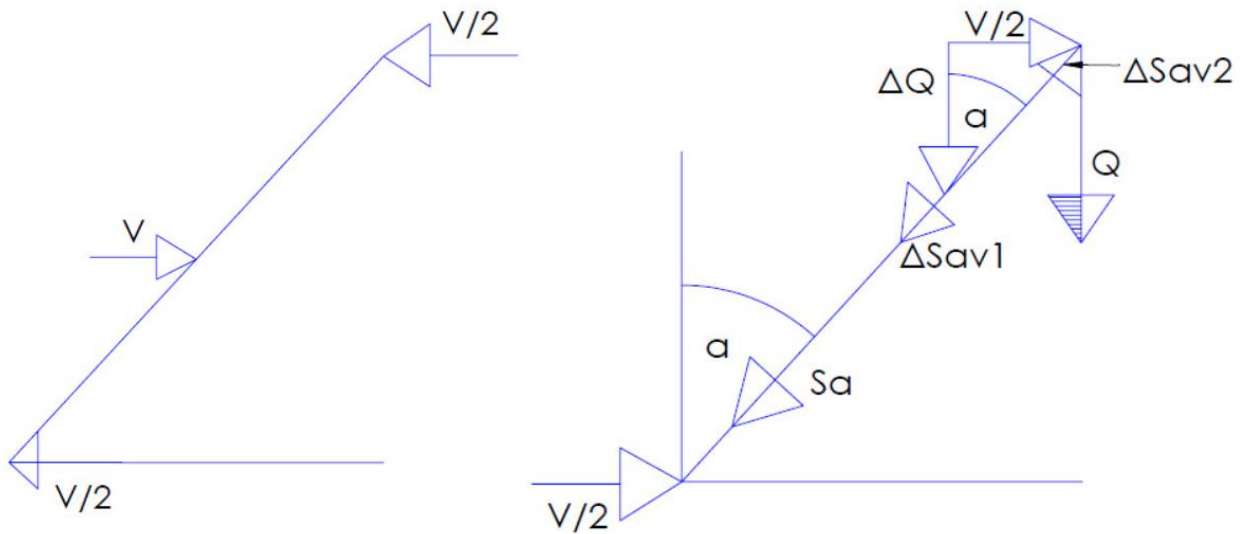
A_{total} : Área expuesta al viento. Esta área se calculará a continuación, considerando que el mástil está construida en su totalidad por una única sección, la más grande, para así considerar más desfavorable el sistema.

$$A_{total} = l_m * a$$
$$A_{total} = 10,33 \text{ m} * 0,273 \text{ m}$$
$$A_{total} = 2,82 \text{ m}^2$$

Reemplazando:

$$V = P_v * A_{total}$$
$$V = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 2,82 \text{ m}^2$$
$$V = 141 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el mástil.



Con la fuerza que el viento ejerce sobre el mástil, esta puede producir un esfuerzo sobre el sentido de la carga y otro sobre la dirección del mástil. Por tanto estas son:

$$\Delta Q = \frac{V}{2 * tg \alpha}$$

Siendo:

ΔQ : Esfuerzo en sentido de la carga.

V : Fuerza debido al viento sobre el mástil.

$$\Delta Q = \frac{141 \text{ kg}}{2 * tg 45}$$

$$\Delta Q = 70,5 \text{ kg}$$

Por otro lado tenemos que el esfuerzo en dirección al puntal es el siguiente:

$$\Delta S_{av1} = \Delta Q * \frac{l_m}{l_p}$$

Siendo:

ΔS_{av1} : Esfuerzo axial sobre el mástil debido al viento.

ΔQ : Esfuerzo en sentido de la carga.

l_m : Longitud del mástil.

l_p : Longitud del puntal.

$$\Delta S_{av1} = 70,5 \text{ kg} * \frac{10,33 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$
$$\Delta S_{av1} = 91 \text{ kg}$$

La otra componente del viento viene dada por:

$$\Delta S_{av2} = \frac{V}{2 * \text{sen } \alpha}$$
$$\Delta S_{av2} = \frac{141 \text{ kg}}{2 * \text{sen } 45}$$
$$\Delta S_{av2} = 99,7 \text{ kg}$$

El esfuerzo real sobre el mástil será:

$$\Delta S_{av} = \Delta S_{av1} - \Delta S_{av2}$$
$$\Delta S_{av} = 99,7 \text{ kg} - 91 \text{ kg}$$
$$\Delta S_{av} = 8,7 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo axial total del mástil.

Con los esfuerzos axiales calculados anteriormente obtenemos el esfuerzo axial total que soporta el mástil.

$$P_{total} = S_a + \Delta S_a + \Delta S_{av}$$
$$P_{total} = 13558,125 \text{ kg} + 315,94 \text{ kg} + 8,7 \text{ kg}$$
$$P_{total} = 13882,76 \text{ kg}$$

Cálculo de la tensión máxima sobre el mástil.

Sumando la carga de pandeo, las por excentricidades y la debida al momento flector máximo, se obtiene el sigma necesario que debe tener el material que conforme el mástil.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{total} * \omega}{A} + \frac{P_{total} * e}{W} + \frac{Mf_{max}}{W}$$

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima que posee el mástil.

P_{total} : Esfuerzo axial total del mástil.

ω : Coeficiente de pandeo.

A : Área de la sección transversal del caño central.

e : Excentricidad del mástil.

W : Modulo resistente del tramo central.

Mf_{max} : Momento flector máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{13882,76 \text{ kg} * 3,823}{79,44 \text{ cm}^2} + \frac{13882,76 \text{ kg} * 13,76 \text{ cm}}{503 \text{ cm}^3} + \frac{63189 \text{ kgcm}}{503 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 1173,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para el mástil.

Se calculará a su vez la resistencia en kilogramos que posee el mástil por medio de la fórmula de Euler.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I_i}{l_m^2}$$

Siendo:

P_{pandeo} : Carga máxima de pandeo.

E : Módulo de Young del material.

I_i : Momento de inercia ideal.

l_m : Longitud del mástil.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2074055,26 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 5253,66 \text{ cm}^4}{(1033 \text{ cm})^2}$$

$$P_{pandeo} = 100781 \text{ kg}$$

Cálculo de aplastamiento para el mástil.

$$\sigma_{apla} = \frac{P_{total}}{A_0}$$

Siendo:

σ_{apla} : Tensión de aplastamiento.

P_{total} : Carga total axial del mástil.

A_0 : Área de los extremos del mástil, la cual se calcula a continuación.

$$A_0 = \frac{\pi}{4} (D_{te}^2 - d_{te}^2)$$
$$A_0 = \frac{\pi}{4} ((16,83 \text{ cm})^2 - (15,4 \text{ cm})^2)$$
$$A_0 = 35,95 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{apla} = \frac{13882,73 \text{ kg}}{35,95 \text{ cm}^2}$$
$$\sigma_{apla} = 386,16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de tensiones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.

En esta sección se consideraran criterios de autores para la adopción de coeficientes de seguridad para comparar las tensiones obtenidas en el cálculo con las tensiones admisibles del material de construcción de la pluma.

$$\sigma_{fl} = 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro "Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño".

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_{fl}$$
$$\sigma_{adm} = 0,6 * 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
$$\sigma_{adm} = 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Pisarenko, Yákovlev y Matvéev en su libro "Manual de resistencia de materiales".

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * \sigma_{adm}$$
$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2582 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verificación de tenciones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.

Se procederá a comparar los resultados de tensión y su verificación.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

$$\sigma_{adm} \geq 1173,5 \frac{kg}{cm^2}$$

$$1291 \frac{kg}{cm^2} \geq 1173,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Verifica

$$P_{pandeo} \geq P_{total}$$

$$P_{pandeo} \geq 13882,76 \text{ kg}$$

$$100781 \text{ kg} \geq 13882,76 \text{ kg}$$

Verifica

$$\sigma_{adm \text{ apla}} \geq \sigma_{apla}$$

$$\sigma_{adm \text{ apla}} \geq 386,16 \frac{kg}{cm^2}$$

$$2582 \frac{kg}{cm^2} \geq 386,16 \frac{kg}{cm^2}$$

Verifica

Cálculo estructural del puntal.

En esta sección se verificarán las medidas adoptadas anteriormente para el puntal. Los cálculos se llevarán a cabo siguiendo los criterios del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel.

Cálculo del momento de inercia del puntal.

El momento de inercia del puntal al ser un único tramo, se calcula de la siguiente forma.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_p^4 - d_p^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia del puntal.

D_p : Diámetro exterior del puntal.

d_p : Diámetro interior del puntal.

$$I = \frac{\pi}{64} ((27,3 \text{ cm})^4 - (25,39 \text{ cm})^4)$$

$$I = 6866,38 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente del puntal.

$$W = \frac{I}{D_p/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente del puntal.

I : Momento de inercia del puntal.

D_p : Diámetro exterior del puntal.

$$W = \frac{6866,38 \text{ cm}^4}{27,3 \text{ cm}/2}$$

$$W = 503 \text{ cm}^3$$

Cálculo del radio de giro del puntal.

Una vez calculado el momento de inercia y calculando el área transversal de material del caño, calculamos el radio de giro del puntal.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Siendo:

i : Radio de giro.

I : Momento de inercia del puntal.

A : Área de la sección transversal del caño del puntal el cual se calcula a continuación.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_p^2)$$
$$A = \frac{\pi}{4} ((27,3 \text{ cm})^2 - (25,39 \text{ cm})^2)$$
$$A = 79,44 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$
$$i = \sqrt{\frac{6866,38 \text{ cm}^4}{79,44 \text{ cm}^2}}$$
$$i = 9,3 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de esbeltez.

Para el cálculo de pandeo de la estructura se utilizara el criterio del coeficiente de pandeo planteado por Dubbel en su libro "Manual del constructor de máquinas".

$$\lambda = \frac{I_p}{i}$$

Siendo:

λ : Coeficiente de esbeltez.

I_p : Largo del puntal.

i : Radio de giro del puntal.

$$\lambda = \frac{8 \text{ m}}{0,093 \text{ m}}$$
$$\lambda = 86$$

Coeficiente de pandeo.

De la tabla de factores de pandeo del "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel, entrando con el acero st 37 y con el coeficiente de esbeltez se obtiene el coeficiente de pandeo que se expresa a continuación:

$$\omega = 1,764$$

Cálculo de las excentricidades.

En esta sección se calculará mediante criterios del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel la máxima excentricidad que puede tener la estructura por errores en el montaje o bien en la conformación de los materiales que la constituyen. Dicha excentricidad nos da una idea de la desalineación una vez montadas las piezas.

$$e_1 = \frac{l_p}{500} + \frac{D_p}{40}$$

Siendo:

e_1 : Excentricidad debido a imperfecciones del laminado.

l_p : Largo del puntal.

D_p : Diámetro exterior del puntal.

$$e_1 = \frac{8 \text{ m}}{500} + \frac{0,273 \text{ m}}{40}$$

$$e_1 = 22,85 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{l_p}{100} + \frac{D_p}{40}$$

Siendo:

e_2 : Excentricidad debido a defectos de montaje.

l_p : Largo del puntal.

D_p : Diámetro exterior del puntal.

$$e_2 = \frac{8 \text{ m}}{100} + \frac{0,273 \text{ m}}{40}$$

$$e_2 = 86,82 \text{ mm}$$

Por último se tiene en cuenta el caso más desfavorable en el cual las dos excentricidades máximas se sumen dando como resultado:

$$e = e_1 + e_2$$

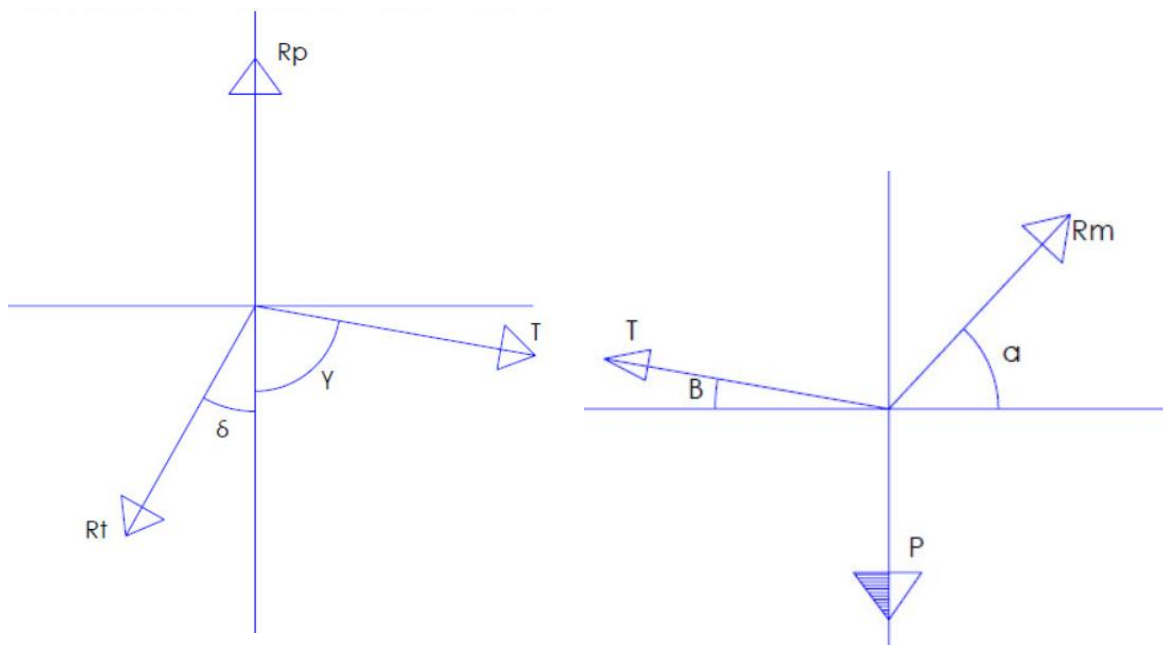
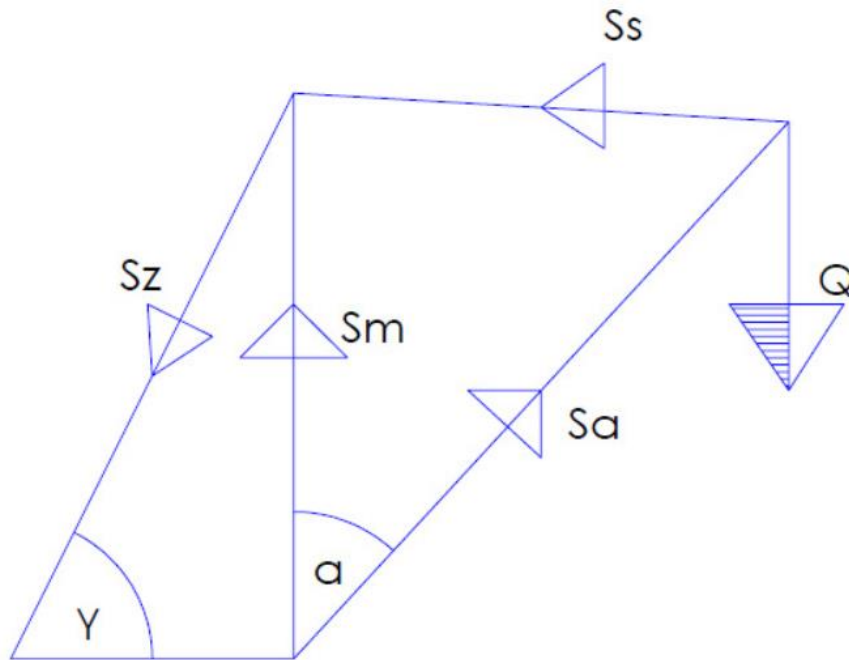
$$e = 22,85 \text{ mm} + 86,82 \text{ mm}$$

$$e = 109,67 \text{ mm}$$

Esfuerzos actuantes sobre el puntal.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados junto con los valores de carga máxima afectados por el coeficiente de seguridad, para determinar la carga total a la cual está solicitado el puntal.

Cálculo del esfuerzo axial sobre el puntal.



Del análisis de fuerzas que se mostró anteriormente se deducen las siguientes ecuaciones:

$$P = S_s * \text{sen } \beta + S_a * \text{sen } \alpha$$

$$0 = S_s * \text{cos } \beta - S_a * \text{cos } \alpha$$

$$10500 = S_s * \text{sen } 3,27 + S_a * \text{sen } 47,35$$

$$0 = S_s * \text{cos } 3,27 - S_a * \text{cos } 47,35$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene:

$$S_s = 9203,6 \text{ kg}$$

$$S_a = 1358,125 \text{ kg}$$

De la misma forma, resolviendo el lado izquierdo del diagrama se obtiene:

$$S_z * \text{sen } (90 - \gamma) - S_s * \text{sen } (90 - \beta) = 0$$

$$S_z = \frac{S_s * \text{sen } (90 - \beta)}{\text{sen } (90 - \gamma)}$$

$$S_z = \frac{9203,6 * \text{sen } (86,73)}{\text{sen } (26,56)}$$

$$S_z = 20550 \text{ kg}$$

$$S_m = S_s * \text{cos } (90 - \beta) + S_z * \text{cos } (90 - \gamma)$$

$$S_m = 9203,6 * \text{cos } (86,73) + 20550 * \text{cos } (26,56)$$

$$S_m = 18906 \text{ kg}$$

Cálculo de la fuerza debido al viento sobre el puntal.

Para el cálculo de la fuerza debida al viento, es necesario conocer dos variables, la presión del viento y el área expuesta a este. Para el cálculo se utilizará el valor de presión de viento brindado por el "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel, el cual propone una presión de 50 kg/m².

$$V = P_v * A_{total}$$

Siendo:

V : Fuerza debido al viento sobre el puntal.

P_v : Presión del aire sobre el puntal.

A_{total} : Área expuesta al viento. Esta área se calculará a continuación.

$$A_{total} = l_p * a$$

$$A_{total} = 8 m * 0,273 m$$

$$A_{total} = 2,184 m^2$$

$$V = P_v * A_{total}$$

$$V = 50 \frac{kg}{m^2} * 2,184 m^2$$

$$V = 109,2 kg$$

Cálculo del esfuerzo debido al viento sobre el puntal.

Con la fuerza que el viento ejerce sobre el puntal, se calcula el esfuerzo debido a este.

$$\Delta S_m = \operatorname{tg} \gamma * \frac{V}{2}$$

Siendo:

ΔS_m : Esfuerzo sobre el puntal.

V : Fuerza debido al viento en el puntal.

$$\Delta S_m = \operatorname{tg} 63,43 * \frac{109,2 kg}{2}$$

$$\Delta S_m = 109,17 kg$$

Cálculo del esfuerzo axial total del puntal.

Con los esfuerzos axiales calculados anteriormente obtenemos el esfuerzo axial total que soporta el puntal.

$$P_{total} = S_m + \Delta S_m$$

$$P_{total} = 18906 kg + 109,17 kg$$

$$P_{total} = 19015,17 kg$$

Cálculo de la tensión máxima sobre el puntal.

Sumando la carga de pandeo y las por excentricidades, se obtiene el sigma necesario que debe tener el material que conforme el puntal.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{total} * \omega}{A} + \frac{P_{total} * e}{W}$$

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima que posee el puntal.

P_{total} : Esfuerzo axial total del puntal.

ω : Coeficiente de pandeo.

A : Área de la sección transversal del caño.

e : Excentricidad del puntal.

$$\sigma_{max} = \frac{19015,17 \text{ kg} * 1,764}{79,44 \text{ cm}^2} + \frac{19015,17 \text{ kg} * 10,967 \text{ cm}}{503 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 836,82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para el puntal.

Se calculará a su vez la resistencia en kilogramos que posee el puntal por medio de la fórmula de Euler.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_p^2}$$

Siendo:

P_{pandeo} : Carga máxima de pandeo.

E : Módulo de Young del material.

I : Momento de inercia.

l_p : Longitud del puntal.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2074055,26 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 6866,34 \text{ cm}^4}{(800 \text{ cm})^2}$$

$$P_{pandeo} = 219616,7 \text{ kg}$$

Cálculo de aplastamiento para el puntal.

$$\sigma_{apla} = \frac{P_{total}}{A}$$

Siendo:

σ_{apla} : Tensión de aplastamiento.

P_{total} : Carga total axial del puntal.

A : Área del puntal.

$$\sigma_{apla} = \frac{19015,17 \text{ kg}}{79,44 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{apla} = 239,36 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de tensiones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.

$$\sigma_{fl} = 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro “Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño”.

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_{fl}$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Pisarenko, Yákovlev y Matvéev en su libro “Manual de resistencia de materiales”.

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2582 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verificación de tensiones para el puntal de acero ASTM A53 Gr A.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

$$\sigma_{adm} \geq 836,82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \geq 836,82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verifica

$$P_{pandeo} \geq P_{total}$$

$$P_{pandeo} \geq 19015,17 \text{ kg}$$

$$219616,7 \text{ kg} \geq 19015,17 \text{ kg}$$

Verifica

$$\sigma_{adm\ apla} \geq \sigma_{apla}$$

$$\sigma_{adm\ apla} \geq 239,36 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$2582 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \geq 239,36 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

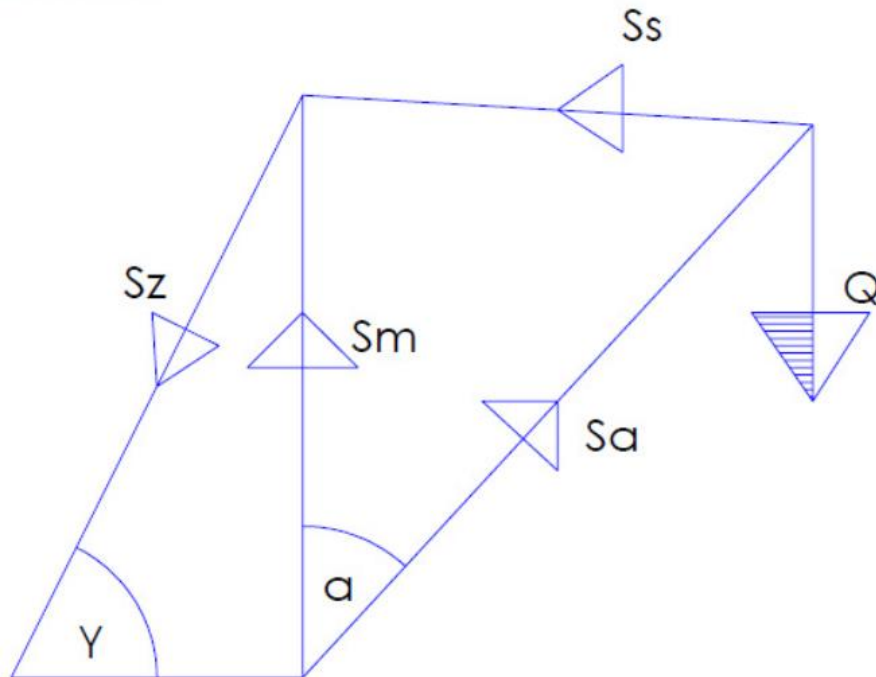
Verifica

Esfuerzos actuantes sobre los vientos rígidos.

En esta sección se utilizaran los valores anteriormente calculados, para determinar la carga total a la cual están solicitados los vientos rígidos y su verificación, el caño seleccionado para la verificación es un caño de 8" Sch 80.

DIAMETRO NOMINAL		S C H E D U L E S													
		STD	XS	XXS	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	
1/8	10.3	ESP	1.73	2.41				1.73		2.41					
		KG/M	0.37	0.47				0.37		0.47					
1/4	13.7	ESP	2.24	3.03				2.24		3.03					
		KG/M	0.63	0.80				0.63		0.80					
3/8	17.1	ESP	2.31	3.20				2.31		3.20					
		KG/M	0.84	1.10				0.84		1.10					
1/2	21.3	ESP	2.77	3.73	7.47			2.77		3.73				4.78	
		KG/M	1.27	1.62	2.55			1.27		1.62				1.95	
3/4	26.7	ESP	2.87		7.82			2.87		3.91				5.56	
		KG/M	1.69		3.64			1.69		2.20				2.90	
1	33.4	ESP	3.38	4.55	9.09	2.77		3.38		4.55				6.35	
		KG/M	2.50	3.24	5.45	2.09		2.50		3.24				4.24	
1 1/4	42.2	ESP	3.56	4.85	9.70	2.77		3.56		4.85				6.35	
		KG/M	3.39	4.47	7.70	2.69		3.39		4.47				5.61	
1 1/2	48.3	ESP	3.68	5.08	10.16	2.77		3.68		5.08				7.14	
		KG/M	4.05	5.41	9.56	3.11		4.05		5.41				7.25	
2	60.3	ESP	3.91	5.54	11.07	2.77		3.91		5.54				8.74	
		KG/M	5.44	7.48	13.44	3.93		5.44		7.48				11.11	
2 1/2	73.0	ESP	5.16	7.01	14.02	3.05		5.16		7.01				9.53	
		KG/M	8.63	11.41	20.39	5.26		8.63		11.41				14.92	
3	88.9	ESP	5.49	7.62	15.24	3.05		5.49		7.62				11.13	
		KG/M	11.29	15.27	27.68	6.46		11.29		15.27				21.35	
3 1/2	101.6	ESP	5.74	8.08		3.05		5.74		8.08					
		KG/M	13.57	18.64		7.41		13.57		18.64					
4	114.3	ESP	6.02	8.56	17.12	3.05		6.02		8.56		11.13		13.49	
		KG/M	16.08	22.32	41.03	8.37		16.08		22.32		28.32		33.54	
5	141.3	ESP	6.55	9.53	19.05	3.40		6.55		9.53		12.70		15.88	
		KG/M	21.77	30.97	57.43	11.56		21.77		30.97		40.28		49.12	
6	168.3	ESP	7.11	10.97	21.95	3.40		7.11		10.97		14.27		18.26	
		KG/M	28.26	42.56	79.77	13.83		28.26		42.56		54.21		67.57	
8	219.1	ESP	8.18	12.70	22.23	4.78	6.35	7.04	8.18	10.31	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01
		KG/M	42.55	64.64	107.93	25.26	33.32	36.82	42.55	53.09	64.64	75.92	90.44	100.93	111.27
10	273.0	ESP	9.27	12.70	25.40	4.19	6.35	7.80	9.53	12.70	15.09	18.26	21.44	25.40	28.58
		KG/M	60.29	81.53	155.10	27.78	41.76	51.01	61.92	81.53	95.98	114.71	159.87	155.10	172.27
12	323.8	ESP	9.52	12.70	25.40	4.57	6.35	8.38	10.31	14.27	17.48	21.44	25.40	28.58	33.32
		KG/M	73.79	97.44	186.92	35.98	49.71	65.19	79.71	108.93	132.05	159.87	186.92	159.87	238.69
14	355.6	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	11.10	15.09	19.05	23.83	27.79	31.75	35.71
		KG/M	81.25	107.40		54.69	67.91	81.25	94.30	126.72	158.11	194.98	224.66	253.58	281.72
16	406.4	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	9.52	12.70	16.66	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49
		KG/M	93.18	123.31		62.65	77.83	93.18	123.31	160.13	203.55	245.57	286.66	333.21	365.38
18	457.2	ESP	9.52	12.70		6.35	7.92	11.13	14.27	19.05	23.83	29.36	34.93	39.67	45.24
		KG/M	105.11	139.22		70.60	87.75	122.44	155.88	205.84	254.69	309.78	363.76	408.48	459.62
20	508.0	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	12.70	15.09	20.62	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01
		KG/M	117.03	155.13		78.56	117.03	155.13	183.43	247.84	311.19	381.55	442.52	508.15	564.85
24	609.6	ESP	9.52	12.70		6.35	9.52	14.27	17.48	24.61	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54
		KG/M	140.89	186.95		94.47	140.89	209.51	255.25	355.04	441.80	547.36	639.62	719.68	807.68
30	762.0	ESP	9.52	12.70		7.92	12.70	15.88	19.05						
		KG/M	176.67	234.68		147.29	234.68	292.20	349.46						

Cálculo del esfuerzo en los vientos rígidos.



Como ya se calculó anteriormente la fuerza sobre los vientos es de:

$$S_z = 20550 \text{ kg}$$

Este valor se da cuando el mástil se encuentra en la misma línea que el viento correspondiente, actuando esta carga tanto en tracción cuando el mástil está a 180 grados del viento como a compresión cuando se encuentra sobre este.

Cálculo estructural de los vientos rígidos.

Los cálculos se llevarán a cabo siguiendo los criterios del "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel.

Se propondrá construirlos de una única sección de caños de 8" Sch 80 o bien XS y se pondrán 2 rigidizadores para disminuir la longitud de pandeo.

Cálculo del momento de inercia de los vientos rígidos.

El momento de inercia de los vientos rígidos al ser un único tramo, se calcula de la siguiente forma.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{vr}^4 - d_{vr}^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia de los vientos rígidos.

D_{vr} : Diámetro exterior de los vientos rígidos.

d_{vr} : Diámetro interior de los vientos rígidos.

$$I = \frac{\pi}{64} ((21,91 \text{ cm})^4 - (19,37 \text{ cm})^4)$$

$$I = 4401 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente de los vientos rígidos.

$$W = \frac{I}{D_{vr}/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente de los vientos rígidos.

I : Momento de inercia de los vientos rígidos.

D_{vr} : Diámetro exterior de los vientos rígidos.

$$W = \frac{4401 \text{ cm}^4}{21,91 \text{ cm}/2}$$

$$W = 401,73 \text{ cm}^3$$

Cálculo del radio de giro de los vientos rígidos.

Una vez calculado el momento de inercia y calculando el área transversal de material del caño, calculamos el radio de giro de los vientos rígidos.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Siendo:

i_i : Radio de giro.

I_i : Momento de inercia.

A : Área de la sección transversal del caño de los vientos rígidos el cual se calcula a continuación.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_{vr}^2 - d_{vr}^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} ((21,91 \text{ cm})^2 - (19,37 \text{ cm})^2)$$

$$A = 82,35 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$i = \sqrt{\frac{4401 \text{ cm}^4}{82,35 \text{ cm}^2}}$$

$$i = 7,31 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de esbeltez.

Para el cálculo de pandeo de la estructura se utilizara el criterio del coeficiente de pandeo planteado por Dubbel en su "Manual del constructor de máquinas".

$$\lambda = \frac{I_{vr}/(1 + N_{rig})}{i}$$

Siendo:

λ : Coeficiente de esbeltez.

I_{vr} : Largo de los vientos rígidos.

i : Radio de giro.

N_{rig} : Número de rigidizadores.

$$\lambda = \frac{9.16 \text{ m}/3}{0,0731 \text{ m}}$$

$$\lambda = 41,76$$

Coeficiente de pandeo.

De la tabla de factores de pandeo del manual de construcción de máquinas del autor Dubbel, entrando con el acero st 37 y con el coeficiente de esbeltez se obtiene el coeficiente de pandeo que se expresa a continuación:

$$\omega = 1,112$$

Cálculo de las excentricidades.

En esta sección se calculará mediante criterios del "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel la máxima excentricidad que puede tener la estructura por errores en el montaje o bien en la conformación de los materiales que la constituyen. Dicha excentricidad nos da una idea de la desalineación una vez montadas las piezas.

$$e_1 = \frac{l_{vr}}{500} + \frac{D_{vr}}{40}$$

Siendo:

e_1 : Excentricidad debido a imperfecciones del laminado.

l_{vr} : Largo de los vientos rígidos.

D_{vr} : Diámetro exterior de los vientos rígidos.

$$e_1 = \frac{9,16 \text{ m}}{500} + \frac{0,2191 \text{ m}}{40}$$

$$e_1 = 23,79 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{l_{vr}}{100} + \frac{D_{vr}}{40}$$

Siendo:

e_2 : Excentricidad debido a defectos de montaje.

l_{vr} : Largo de los vientos rígidos.

D_p : Diámetro exterior de los vientos rígidos.

$$e_2 = \frac{9.16 \text{ m}}{100} + \frac{0,2191 \text{ m}}{40}$$

$$e_2 = 97,07 \text{ mm}$$

Por último se tiene en cuenta el caso más desfavorable en el cual las dos excentricidades máximas se sumen dando como resultado:

$$e = e_1 + e_2$$

$$e = 23,79 \text{ mm} + 97,07 \text{ mm}$$

$$e = 120,86 \text{ mm}$$

Cálculo del esfuerzo debido al viento en los vientos rígidos.

Con la fuerza que el viento ejerce sobre el puntal, se calcula el esfuerzo debido a este en los vientos.

$$\Delta S_z = \frac{V}{2 * \cos \gamma}$$

Siendo:

ΔS_z : Esfuerzo sobre los vientos debida al viento.

V : Fuerza debido al viento del puntal.

$$\Delta S_z = \frac{109,2 \text{ kg}}{2 * \cos 63,43}$$

$$\Delta S_z = 122 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo total en los vientos rígidos.

Con los esfuerzos calculados anteriormente obtenemos el esfuerzo total que soportan los vientos.

$$P_z = S_z + \Delta S_z$$

$$P_z = 20550 \text{ kg} + 122 \text{ kg}$$

$$P_z = 20672 \text{ kg}$$

Cálculo del momento flector debido al peso propio de los vientos rígidos.

Con el valor del peso total de la estructura, se calcula el momento flector máximo que el peso propio genera, el valor de dicho momento se calcula a continuación.

$$Mf = \frac{Q_{vr} * l_{vr} * \text{sen}(90 - \gamma)}{8}$$

Siendo:

Mf : Momento flector.

l_{vr} : Longitud del viento rígido.

Q_{vr} : Peso total del viento rígido, el cual se calcula a continuación:

$$Q_{vr} = l_{vr} * Q_{vr/m}$$

$$Q_{vr} = 9,16 \text{ m} * 64,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$Q_{vr} = 592,1 \text{ kg}$$

Sustituyendo:

$$Mf = \frac{592,1 \text{ kg} * 9,16 \text{ m} * \text{sen}(26,56)}{8}$$

$$Mf = 303,13 \text{ kgm}$$

Cálculo de la tensión máxima sobre el viento rígido.

Sumando la carga de pandeo, las por excentricidades y la debida al momento flector máximo, se obtiene el sigma necesario que debe tener el material que conforme los vientos rígidos.

$$\sigma_{max} = \frac{P_z * \omega}{A} + \frac{P_z * e}{W} + \frac{Mf}{W}$$

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima.

P_z : Esfuerzo axial total de los vientos rígidos.

ω : Coeficiente de pandeo.

A : Área de la sección transversal del caño.

e : Excentricidad de los vientos rígidos.

W : Modulo resistente de los vientos rígidos.

M_f : Momento flector.

$$\sigma_{max} = \frac{20672 \text{ kg} * 1,112}{82,35 \text{ cm}^2} + \frac{20672 \text{ kg} * 12,08 \text{ cm}}{401,73 \text{ cm}^3} + \frac{30313 \text{ kgcm}}{401,73 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max1} = 976,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para los vientos rígidos.

Se calculará a su vez la resistencia en kilogramos que poseen los vientos rígidos por medio de la fórmula de Euler.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_{vr}^2}$$

Siendo:

P_{pandeo} : Carga máxima de pandeo.

E : Módulo de Young del material.

I : Momento de inercia.

l_{vr} : Longitud libre al pandeo.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2074055,26 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 4401 \text{ cm}^4}{(305 \text{ cm})^2}$$

$$P_{pandeo} = 968437 \text{ kg}$$

Cálculo de aplastamiento para el viento rígido.

$$\sigma_{apla} = \frac{P_z}{A}$$

Siendo:

σ_{apla} : Tensión de aplastamiento.

P_z : Carga total axial del viento rígido.

A : Área del viento rígido.

$$\sigma_{apla} = \frac{20672 \text{ kg}}{82,35 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{apla} = 251,02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de tensiones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.

En esta sección se consideraran criterios de autores para la adopción de coeficientes de seguridad para comparar las tensiones obtenidas en el cálculo con las tensiones admisibles del material de construcción de la pluma.

$$\sigma_{fl} = 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro “Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño”.

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_{fl}$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 2151,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según el criterio de los autores Pisarenko, Yákovlev y Matvéev en su libro “Manual de resistencia de materiales”.

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2 * 1291 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm \text{ apla}} = 2582 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verificación de tensiones para el mástil de acero ASTM A53 Gr A.

Se procederá a comparar los resultados de tensión y su verificación.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max1}$$

$$\sigma_{adm} \geq 976,2 \frac{kg}{cm^2}$$

$$1291 \frac{kg}{cm^2} \geq 976,2 \frac{kg}{cm^2}$$

Verifica

$$P_{pandeo} \geq P_{total}$$

$$P_{pandeo} \geq 20672 kg$$

$$968437 kg \geq 20672 kg$$

Verifica

$$\sigma_{adm\ apla} \geq \sigma_{apla}$$

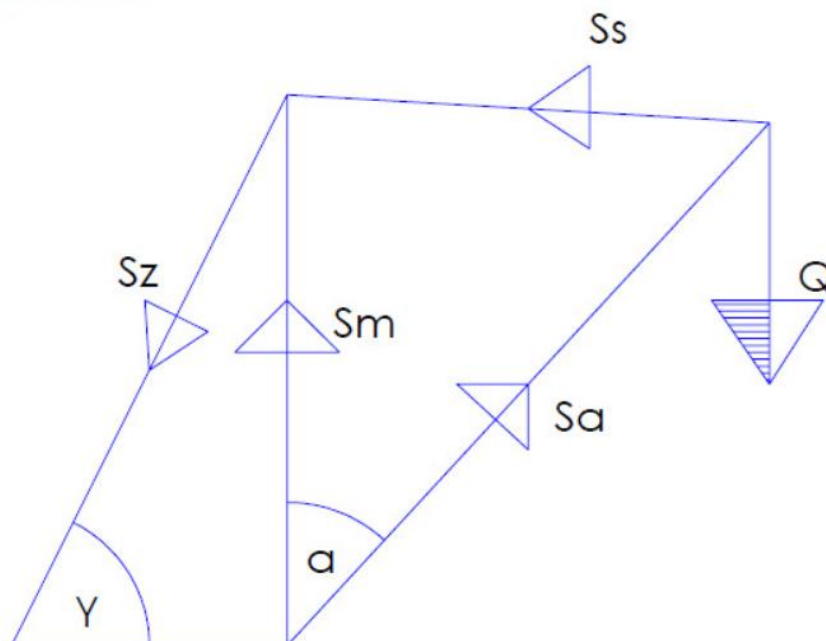
$$\sigma_{adm\ apla} \geq 251,02 \frac{kg}{cm^2}$$

$$2582 \frac{kg}{cm^2} \geq 251,02 \frac{kg}{cm^2}$$

Verifica

Esfuerzos actuantes sobre el tensor.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados para determinar la carga total a la cual está solicitado el tensor.



Como ya se calculó anteriormente el valor de la fuerza en el tensor es de:

$$S_s = 9203,6 \text{ kg}$$

Selección de cable y componentes del tensor.

Para la selección de cable y herrajes correspondientes al tensor, serán utilizados el catálogo de Cables de acero para uso general del fabricante IPH y el catálogo General de productos del fabricante Crosby.

Para la selección del cable se considerará el criterio del proveedor, el cual establece lo siguiente:

Carga que puede aplicarse sobre un cable

Como regla básica, ampliamente utilizada en la industria del izaje general, la carga que puede aplicarse sobre un cable es la carga de tabla (CMR) dividida por 5. Más exactamente, la carga segura de trabajo se determina dividiendo el valor de tabla (CMR) por un factor de seguridad (FS) que varía dependiendo del equipamiento o aplicación. A modo informativo:

- Cables estáticos: 3 a 4
- Elevación de cargas en general, grúas, eslingas, etc.: 5 a 6
- Casos con altas temperaturas u otras condiciones extremas: 8 a 12
- Elevación de personas: 12 a 22

Este factor lo adopta el diseñador del equipo o el usuario, para lo cual debe tener en cuenta recomendaciones del fabricante del equipo y del cable, así como normas relacionadas específicas.

Por lo que para nuestro calculo adoptaremos un coeficiente de seguridad de 5 y la reducción que proporciona la pasteca de 6:1, dando como resultado.

$$S_{s \text{ max seg}} = S_{s \text{ max}} * 4$$

$$S_{s \text{ max seg}} = 9203,6 \text{ kg} * 4$$

$$S_{s \text{ max seg}} = 36814,4 \text{ kg}$$

Por lo que se adopta el cable inmediato superior al valor calculado, el cual es el siguiente:



AFS

Carga mínima de rotura

Diámetro	Masa aprox.	Carga mínima de rotura			
		Grado 1770		Grado 1960	
[mm]	[kg/m]	[kN]	[t]	[kN]	[t]
3,00	0,032	4,9	0,5	5,8	0,6
5,00	0,087	13,6	1,4	16,2	1,7
8,00	0,230	37,4	3,8	41,2	4,2
9,50	0,320	52,7	5,4	58,8	6,0
11,00	0,433	70,7	7,2	78,4	8,0
13,00	0,607	98,7	10,1	109	11,1
14,00	0,704	114	11,6	127	13,0
16,00	0,919	150	15,3	166	16,9
19,00	1,300	211	21,5	233	23,8
22,00	1,740	283	28,9	313	31,9
26,00	2,430	395	40,3	437	44,6
28,00	2,810	458	46,7	507	51,7
32,00	3,680	598	61,0	662	67,6
35,00	4,400	716	73,1	792	80,8
38,00	5,180	843	86,0	934	95,3
44,00	6,950	1130	115	1250	128
51,00	9,340	1520	155	168	171

Y del fabricante Crosby se seleccionan las grampas de sujeción según la recomendación de este.



G-450

Grapas Crosby® Clip

Todas las grapas Crosby de tamaño 1/4" y mayores cumplen con la Especificación Federal FF-C-450 TYPE 1 CLASE 1, excepto por aquellas provisiones exigidas por el contratista. Para mayores informaciones ver página 452.

- Cada base lleva forjada el código de identificación del producto (PIC) para rastrear el material, el nombre Crosby o "CG" y el tamaño.
- Basado en la carga de ruptura del cable de acero indicado en el catálogo, las grapas Crosby tienen una eficiencia del 80% para tamaños de 1/8" a 7/8", y 90% para tamaños de 1" hasta 3 1/2".
- La grapa en su totalidad es galvanizada para resistir la acción corrosiva y oxidante.
- Las grapas de 1/8" a 2 1/2" y 3" (3mm a 65mm y 75-78mm) tienen bases forjadas.
- Todas las grapas se empaquetan y etiquetan individualmente con las instrucciones de aplicación y las advertencias apropiadas.
- Las grapas hasta 1 1/2" tienen rosca rolada.
- Crosby Cumple o excede todos los requerimientos de ASME B30.26 incluyendo identificación, ductilidad, factor de diseño, carga de prueba y requisitos de temperatura. Además, estas grapas para cable cumplen con otros requisitos críticos de rendimiento que incluyen índices de fatiga, propiedades de impacto, y capacidad de rastrear el material que no han sido abordados por ASME B30.26.
- Busque la marca Red-U-Bolt®, su garantía de Auténticas Grapas Crosby.



3. Cuando se requieran tres o más grapas, coloque las grapas adicionales espaciadas a la misma distancia entre las dos primeras –tense el cable flojo– y apriete uniformemente las tuercas en cada perno en U con torquímetro, alternando de una tuerca a la otra hasta lograr el valor de torque recomendado. (Ver Figura 3).



Figura 3

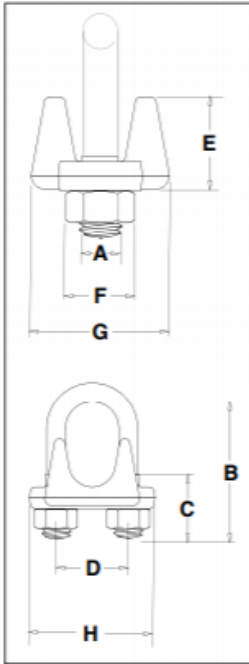
Tamaño grapa (pulg.)	Tamaño cable (pulg.)	No. mínimo de grapas	Cantidad de cable a doblar en pulgadas	* Torque en pies-lb
1/8	1/8	2	3-1/4	4.5
3/16	3/16	2	3-3/4	7.5
1/4	1/4	2	4-3/4	15
5/16	5/16	2	5-1/4	30
3/8	3/8	2	6-1/2	45
7/16	7/16	2	7	65
1/2	1/2	3	11-1/2	65
9/16	9/16	3	12	95
5/8	5/8	3	12	95
3/4	3/4	4	18	130
7/8	7/8	4	19	225
1	1	5	26	225
1-1/8	1-1/8	6	34	225
1-1/4	1-1/4	7	44	360
1-3/8	1-3/8	7	44	360
1-1/2	1-1/2	8	54	360
1-5/8	1-5/8	8	58	430
1-3/4	1-3/4	8	61	590
2	2	8	71	750
2-1/4	2-1/4	8	73	750
2-1/2	2-1/2	9	84	750
2-3/4	2-3/4	10	100	750
3	3	10	106	1200
3-1/2	3-1/2	12	149	1200

Si se utiliza una polea para doblar el cable, adicionar una grapa más. Ver figura 4.

Si se utiliza un mayor número de grapas que las indicadas en las tablas, se debe incrementar proporcionalmente la longitud del cable que se dobla.

*Los valores de torque se indican para cables limpios, secos y sin lubricación.

G-450 Grapas Crosby®



Tamaño Cable (pulg.)	Tamaño Cable (mm)	G-450 No. de Parte	Cantidad en Paq. Estandar	Peso por 100 (lbs.)	Dimensiones (pulg.)							
					A	B	C	D	E	F	G	H
1/8*	3-4*	1010015	100	6	.22	.72	.44	.47	.37	.38	.81	.99
3/16*	5*	1010033	100	10	.25	.97	.56	.59	.50	.44	.94	1.18
1/4	6-7	1010051	100	19	.31	1.03	.50	.75	.66	.56	1.19	1.43
5/16	8	1010079	100	28	.38	1.38	.75	.88	.73	.69	1.31	1.66
3/8	9-10	1010097	100	48	.44	1.50	.75	1.00	.91	.75	1.63	1.94
7/16	11	1010113	50	78	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
1/2	12-13	1010131	50	80	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
9/16	14-15	1010159	50	109	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
5/8	16	1010177	50	110	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
3/4	18-20	1010195	25	142	.62	2.75	1.44	1.50	1.39	1.06	2.25	2.84
7/8	22	1010211	25	212	.75	3.12	1.62	1.75	1.58	1.25	2.44	3.16
1	24-26	1010239	10	252	.75	3.50	1.81	1.88	1.77	1.25	2.63	3.47
1-1/8	28-30	1010257	10	283	.75	3.88	2.00	2.00	1.91	1.25	2.81	3.59
1-1/4	32-34	1010275	10	438	.88	4.44	2.22	2.34	2.17	1.44	3.13	4.13
1-3/8	36	1010293	10	442	.88	4.44	2.22	2.34	2.31	1.44	3.13	4.19
1-1/2	38	1010319	10	544	.88	4.94	2.38	2.59	2.44	1.44	3.41	4.44
1-5/8	41-42	1010337	granel	704	1.00	5.31	2.62	2.75	2.66	1.63	3.63	4.75
1-3/4	44-46	1010355	granel	934	1.13	5.75	2.75	3.06	2.92	1.81	3.81	5.24
2	48-52	1010373	granel	1300	1.25	6.44	3.00	3.38	3.03	2.00	4.44	5.88
2-1/4	56-58	1010391	granel	1600	1.25	7.13	3.19	3.88	3.19	2.00	4.56	6.38
2-1/2	62-65	1010417	granel	1900	1.25	7.69	3.44	4.13	3.69	2.00	4.69	6.63
** 2-3/4	** 68-72	1010435	granel	2300	1.25	8.31	3.56	4.38	4.88	2.00	5.00	6.88
3	75-78	1010453	granel	3100	1.50	9.19	3.88	4.75	4.44	2.38	5.31	7.61
** 3-1/2	** 85-90	1010426	granel	4000	1.50	10.75	4.50	5.50	6.00	2.38	6.19	8.38

*Pernos en U y tuercas electroenclapados. ** La base de la de 2-3/4" y 3-1/2" es de acero fundido.

Dimensionamiento de los herrajes.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados, para determinar la geometría que deben tener todos los herrajes necesarios y su verificación.

Es necesario aclarar que para estos se utilizara planchas de acero 1020 laminado en caliente, 1045 para los pernos y St 38-13 para los tornillos.

Las tensiones admisibles del acero 1020 se calculan a continuación:

$$\sigma_f = 31 \frac{kg}{mm^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro "Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño".

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_f$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 31 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\sigma_{adm} = 18,6 \frac{kg}{mm^2}$$

Según el criterio del autor Stiopin en su libro "Resistencia de materiales".

$$\tau_{adm} = 0,5 * \sigma_{adm}$$

$$\tau_{adm} = 0,5 * 18,6 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\tau_{adm} = 9,3 \frac{kg}{mm^2}$$

Según el criterio de los autores Pisarenko, Yákovlev y Matvéev en su libro “Manual de resistencia de materiales”.

$$\sigma_{adm apl} = 2 * \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adm apl} = 2 * 18,6 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\sigma_{adm apl} = 37,2 \frac{kg}{mm^2}$$

Calculo de soldaduras en la estructura.

En esta sección se calcularan los cordones de soldadura y se seleccionará el electrodo junto con el procedimiento de soldadura, para unir las partes que componen el mástil, el puntal y los vientos rígidos.

Electrodo.

El electrodo seleccionado es del fabricante CONARCO el cual es apto para soldar en múltiples posiciones y es el recomendado para la soldadura de aceros ASTM A 53 y aceros al carbono en general.

CONARCO 10 celulósico

DESCRIPCION / APLICACION

Muy buena penetración para soldadura en toda posición. Electrodo universal para uso en fabricación y montaje donde las condiciones de soldadura no son ideales (óxido, mala preparación de biselés, etc).

Apto para soldadura de cañerías y aceros de baja, media y alta presión, gasoductos, soldadura de aceros API 5L X 42, X46, X52, aceros ASTM A 53 grado A/B, A106 A/B, A134 A/B, A139 A/B, A151 A/B, A155 A/B y similares. Caños con y sin costura. Soldaduras de cascos de barcos en chapa naval, chapa estructural de acero al carbono de baja y media resistencia, calderas, recipientes de presión, estructuras de puentes, muelles, edificios y similares.

CARACTERISTICAS OPERATIVAS

CC (+)

POSICION DE SOLDADURA



CLASIFICACION

AWS A5.1

E6010

COMPOSICION QUIMICA TIPICA DEL METAL DEPOSITADO

C 0,13 %

Mn 0,50 %

Si 0,20 %

PROPIEDADES MECANICAS DEL METAL DEPOSITADO (VALORES TIPICOS)

R 529 MPa

Rf 466 MPa

Al 29 %

CVN(-29 °C) 53 J

El procedimiento de soldado se especifica a continuación:

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldar filetes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45° con cada plancha, oscilándolo en el sentido de avance. El movimiento adelante tiene por objeto obtener una buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo de casi 90°, inclinándolo ligeramente en el sentido de avance.

Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.

Soldadura en el mástil.

Esta soldadura corresponde a la unión de tramos por la que está compuesta el mástil, se calculará en la unión de menor diámetro y espesor, si esta verifica, las uniones con diámetros más grandes también lo harán.

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = k_s * e$$

Donde:

k_s : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $k_s = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{mástil} = 0,7 * 7,11 \text{ mm}$$

$$a_{mástil} = 4,97 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{13882,76 \text{ kg}}{4,97 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$l_u = 332,53 \text{ mm}$$

$$lt = lu + 2 * a$$

$$lt = 332,53 \text{ mm} + 2 * 4,97 \text{ mm}$$

$$lt = 324,47 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = \pi * D_{te}$$

$$Pr = \pi * 168,3$$

$$Pr = 528,7 \text{ mm} \text{ verifica}$$

Soldadura en el puntal.

Esta soldadura corresponde a la unión de tramos por la que está compuesta el puntal, ya que los caños comercialmente son de 6 m se debe agregar un tramo para alcanzar la altura deseada.

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

ks : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $ks = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{puntal} = 0,7 * 9,53 \text{ mm}$$

$$a_{puntal} = 6,671 \text{ mm}$$

lu : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$lu = lt - 2 * a$$

Donde:

lt : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = Kc * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{19015,17 \text{ kg}}{6,671 \text{ mm} * 8,4 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$l_u = 339,33 \text{ mm}$$

$$l_t = l_u + 2 * a$$

$$l_t = 332,53 \text{ mm} + 2 * 6,671 \text{ mm}$$

$$l_t = 352,67 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = \pi * D_{pu}$$

$$Pr = \pi * 273 \text{ mm}$$

$$Pr = 857,65 \text{ mm } \textit{verifica}$$

Soldadura en los vientos rígid.

Esta soldadura corresponde a la unión de tramos por la que está compuesta los vientos rígid, ya que los caños comercialmente son de 6 m se debe agregar un tramo para alcanzar la altura deseada.

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 61 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = k_s * e$$

Donde:

k_s : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $k_s = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{puntal} = 0,7 * 12,7 \text{ mm}$$

$$a_{puntal} = 8,89 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{20672 \text{ kg}}{8,89 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$l_u = 280 \text{ mm}$$

$$l_t = l_u + 2 * a$$

$$l_t = 280 \text{ mm} + 2 * 8,89 \text{ mm}$$

$$l_t = 297,7 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = \pi * D_{vr}$$

$$Pr = \pi * 219,1 \text{ mm}$$

$$Pr = 688 \text{ mm } \textit{verifica}$$

Herraje ER1 - Sujeción tensor y polipasto SE1.

Este herraje se encarga de unir el polipasto SE1 con el mástil de la grúa y también en su lado opuesto se sujeta el cable tensor al mástil.

$$A_{cr} = \frac{P}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

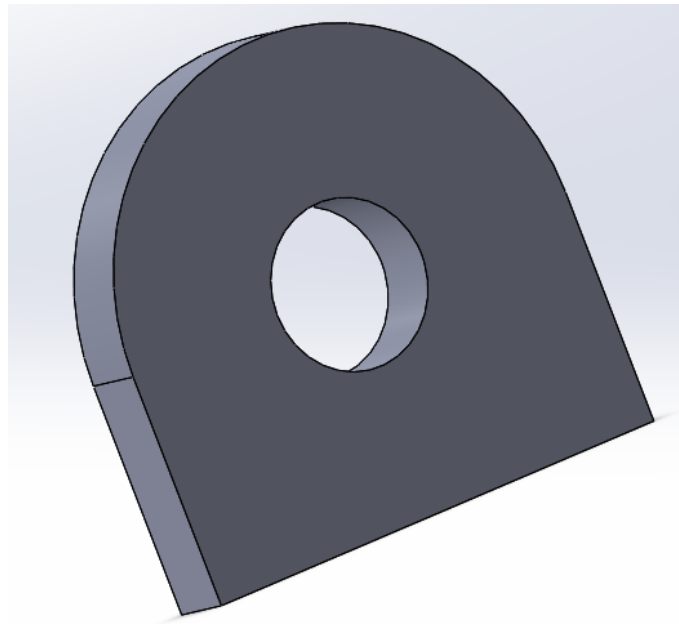
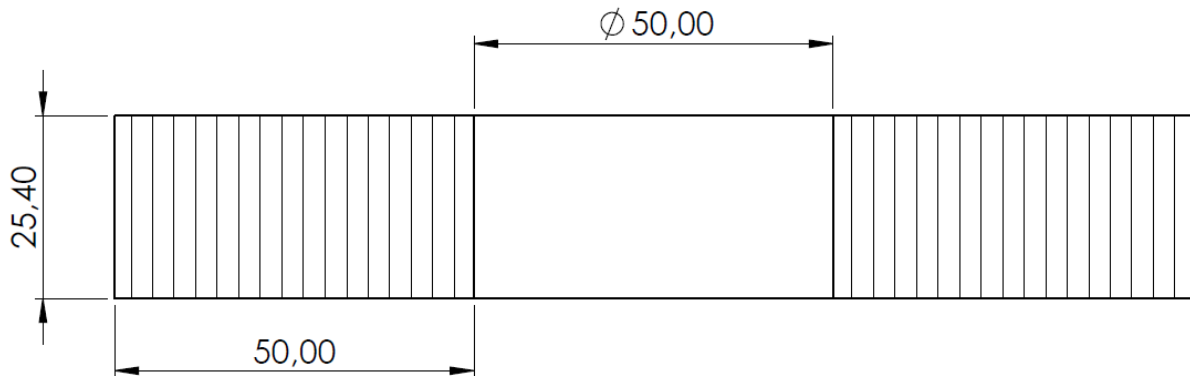
P : Carga a elevar + Polipasto.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela.

$$A_{cr} = \frac{10500 \text{ kg}}{18,6 \text{ kg/mm}^2}$$

$$A_{cr} = 564,5 \text{ mm}^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Verificaciones.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{S_s}{A_{apl}}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

S_s : Tensión del tensor.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = \text{Ancho planchuela} * \text{Díámetro del cable}$$

$$A_{apl} = 25,4 \text{ mm} * 26 \text{ mm}$$

$$A_{apl} = 660,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{9203,6 \text{ kg}}{660,4 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{apl} = 13,93 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible calculado anteriormente, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 37,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \geq \sigma_{apl} = 13,93 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Soldadura:

Se realizará la verificación de la longitud de soldadura entre el herraje y el mástil.

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

ks : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $ks = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{gancho} = 0,7 * 7,11 \text{ mm}$$

$$a_{gancho} = 4,97 \text{ mm}$$

lu : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$lu = lt - 2 * a$$

Donde:

lt : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = Kc * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

$$lu = \frac{10500 \text{ kg}}{4,97 \text{ mm} * 8,4 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$lu = 251,5 \text{ mm}$$

$$lt = lu + 2 * a$$

$$lt = 251,5 \text{ mm} + 2 * 4,97 \text{ mm}$$

$$lt = 261,4 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = 2 * (\text{ancho} + \text{largo})$$

$$Pr = 2 * (25,4 \text{ mm} + 150 \text{ mm})$$

$$Pr = 350,8 \text{ mm} \text{ verifica}$$

Herraje ER2 - Perno viento rígido.

El cálculo de este perno se realiza teniendo como tensión principal, la tensión de corte.

$$A_{cr} = \frac{P_z}{\tau_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tención actuante.

P_z : Carga actuante en los vientos rígidos.

τ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela, la cual se calcula a continuación tomando como material un acero 1045 laminado en caliente.

$$\tau_{adm} = 0,5 * \sigma_{adm}$$

$$\tau_{adm} = 0,5 * 25,8 \frac{kg}{mm^2}$$

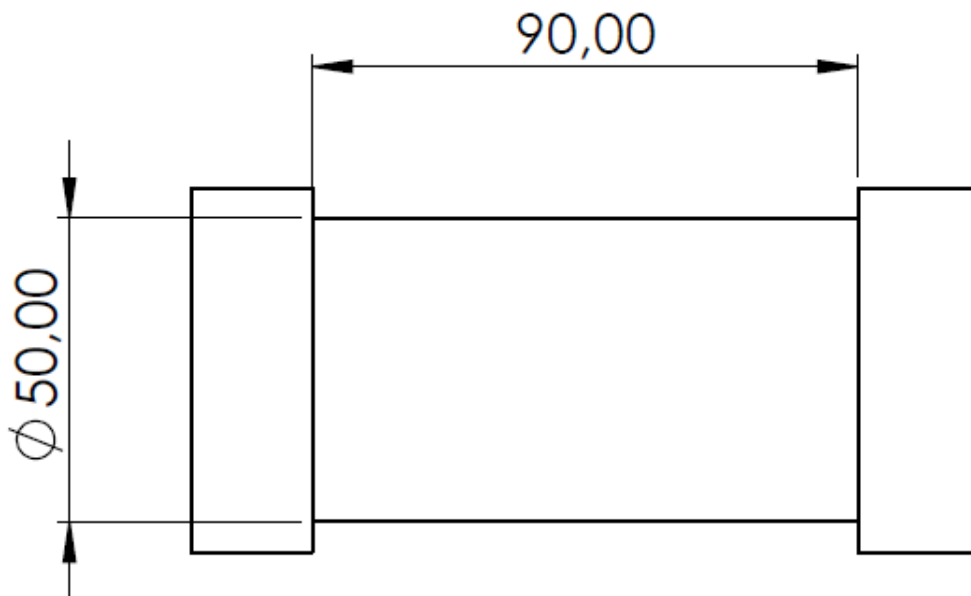
$$\tau_{adm} = 12,9 \frac{kg}{mm^2}$$

Sustituyendo:

$$A_{cr} = \frac{20672 kg}{12,9 kg/mm^2}$$

$$A_{cr} = 1602,4 mm^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Herraje ER3 - Sujeción viento rígido a perno.

$$A_{cr} = \frac{P_z}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 67 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

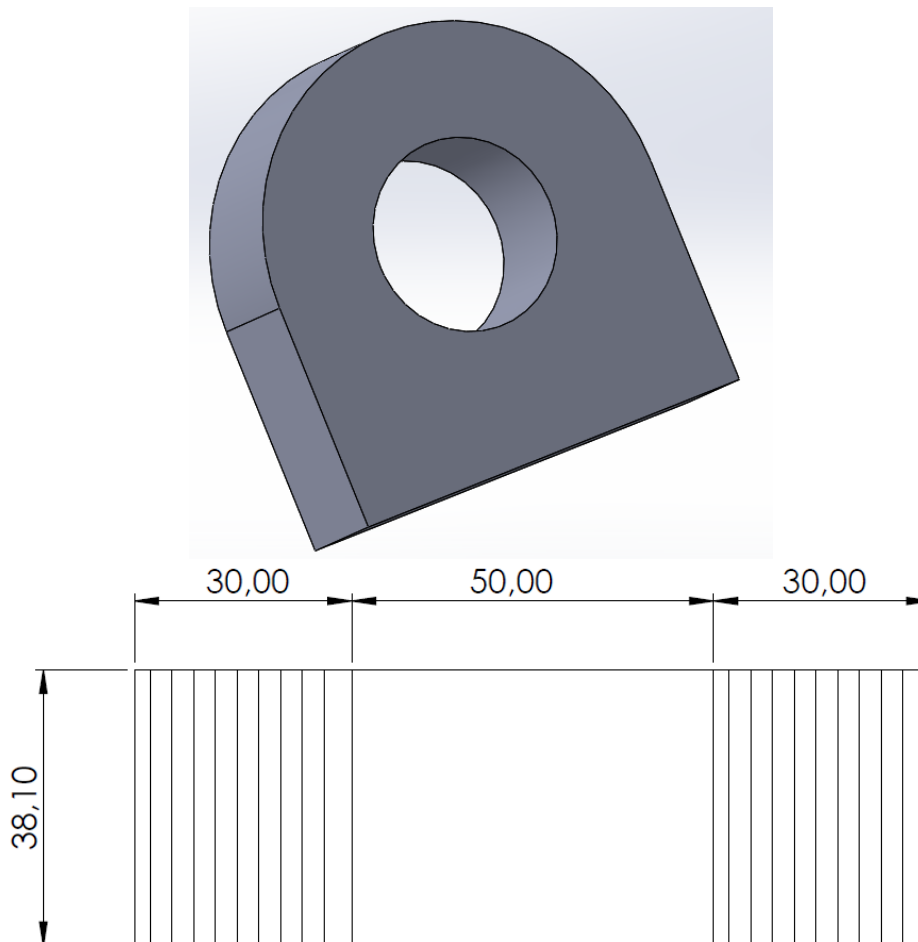
P_z : Carga en vientos rígidos.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela para este caso se utilizará acero 1020 laminado en caliente.

$$A_{cr} = \frac{20672 \text{ kg}}{18,6 \text{ kg/mm}^2}$$

$$A_{cr} = 1111,4 \text{ mm}^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Verificaciones.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{P_z}{A_{apl}}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

P_z : Tensión de los vientos rígid.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = \text{Ancho planchuela} * \text{Dímetro del perno}$$

$$A_{apl} = 38,1 \text{ mm} * 50 \text{ mm}$$

$$A_{apl} = 1905 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{20672 \text{ kg}}{1905 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{apl} = 10,85 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible al aplastamiento del acero 1020 LC, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 37,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \geq \sigma_{apl} = 10,85 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Soldadura:

$$lu = \frac{P_z}{a * \rho}$$

Siendo:

P_z : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

ks : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $ks = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a = 0,7 * 12,7 \text{ mm}$$

$$a = 8,89 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{20672 \text{ kg}}{8,89 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$l_u = 276,8 \text{ mm}$$

$$l_t = l_u + 2 * a$$

$$l_t = 276,8 \text{ mm} + 2 * 8,89 \text{ mm}$$

$$l_t = 294,6 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = 2 * (\text{ancho} + \text{largo})$$

$$Pr = 2 * (38,1 \text{ mm} + 110 \text{ mm})$$

$$Pr = 296,2 \text{ mm} \text{ verifica}$$

Herraje ER4 - Mástil a perno de viento rígido.

$$A_{cr} = \frac{P_z}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

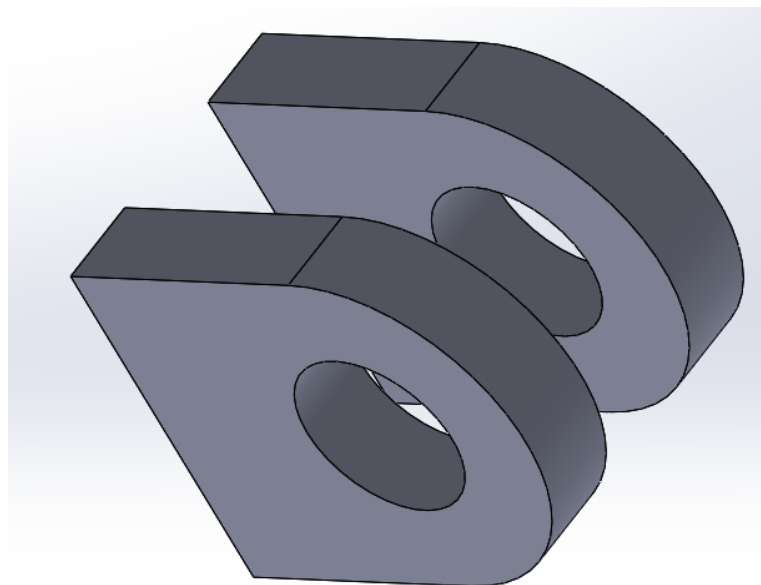
P_z : Carga en vientos rígidos.

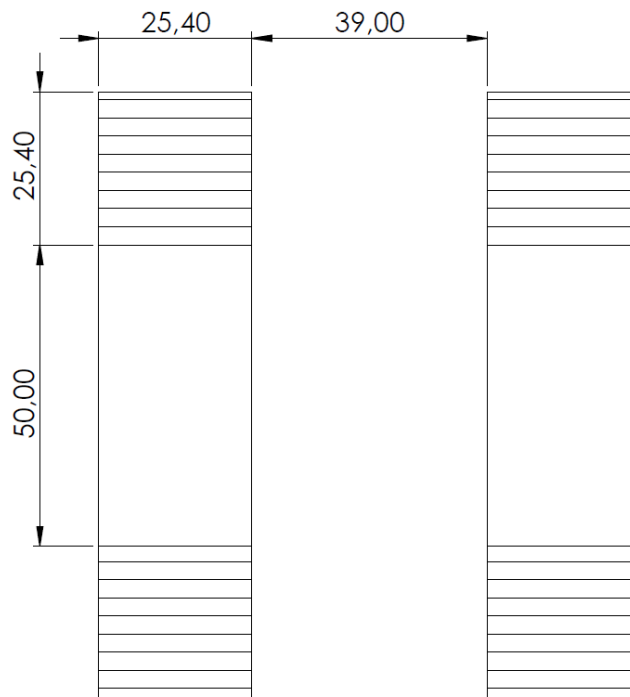
σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela para este caso se utilizará acero 1020 laminado en caliente.

$$A_{cr} = \frac{20672 \text{ kg}}{18,6 \text{ kg/mm}^2}$$

$$A_{cr} = 1111,4 \text{ mm}^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.





Verificaciones.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{P_z}{A_{apl}}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

P_z : Tensión de los vientos rígidos.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = 2 * (\text{Ancho planchuela} * \text{Díametro del perno})$$

$$A_{apl} = 2 * (25.4 \text{ mm} * 50 \text{ mm})$$

$$A_{apl} = 2540 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{20672 \text{ kg}}{2540 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{apl} = 8,13 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible al aplastamiento del acero 1020 LC, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm\ apl} = 37,2 \frac{kg}{mm^2} \geq \sigma_{apl} = 8,13 \frac{kg}{mm^2}$$

Soldadura:

$$lu = \frac{P_z}{a * \rho}$$

Siendo:

P_z : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

ks : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $ks = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a = 0,7 * 9,53 \text{ mm}$$

$$a = 6,671 \text{ mm}$$

lu : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$lu = lt - 2 * a$$

Donde:

lt : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = Kc * \sigma_{adm}$$

Siendo:

Kc : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $Kc = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$
$$lu = \frac{20672 \text{ kg}}{6,671 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$
$$lu = 368,9 \text{ mm}$$

$$lt = lu + 2 * a$$
$$lt = 368,9 \text{ mm} + 2 * 6,671 \text{ mm}$$
$$lt = 382,24 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = 4 * (\text{ancho} + \text{largo})$$
$$Pr = 4 * (25,4 \text{ mm} + 100,8 \text{ mm})$$
$$Pr = 504,8 \text{ mm} \text{ verifica}$$

Herraje ER5 - Sujeción puntal – mástil y puntal - tensor.

Para el diseño de estas sujeciones se utilizarán las fuerzas de la sollicitación más elevada, una vez dimensionado para dicha fuerza se adoptarán las mismas medidas para la otra sujeción.

Perno de unión.

El cálculo de este perno se realiza teniendo como tensión principal, la tensión de corte.

$$A_{cr} = \frac{S_a}{\tau_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

S_a : Carga actuante en el mástil.

τ_{adm} : Tensión admisible del material, la cual se calcula a continuación tomando como material un acero 1045 laminado en caliente.

$$\tau_{adm} = 0,5 * \sigma_{adm}$$
$$\tau_{adm} = 0,5 * 25,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

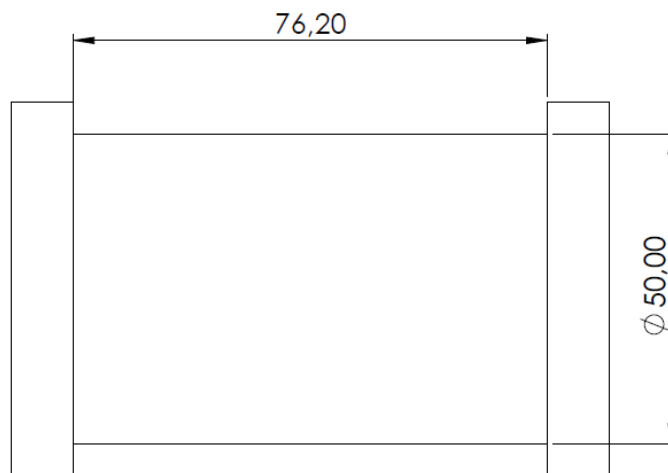
$$\tau_{adm} = 12,9 \frac{kg}{mm^2}$$

Sustituyendo:

$$A_{cr} = \frac{13882,76 kg}{12,9 kg/mm^2}$$

$$A_{cr} = 1076 mm^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Planchuela de unión.

$$A_{cr} = \frac{S_a}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

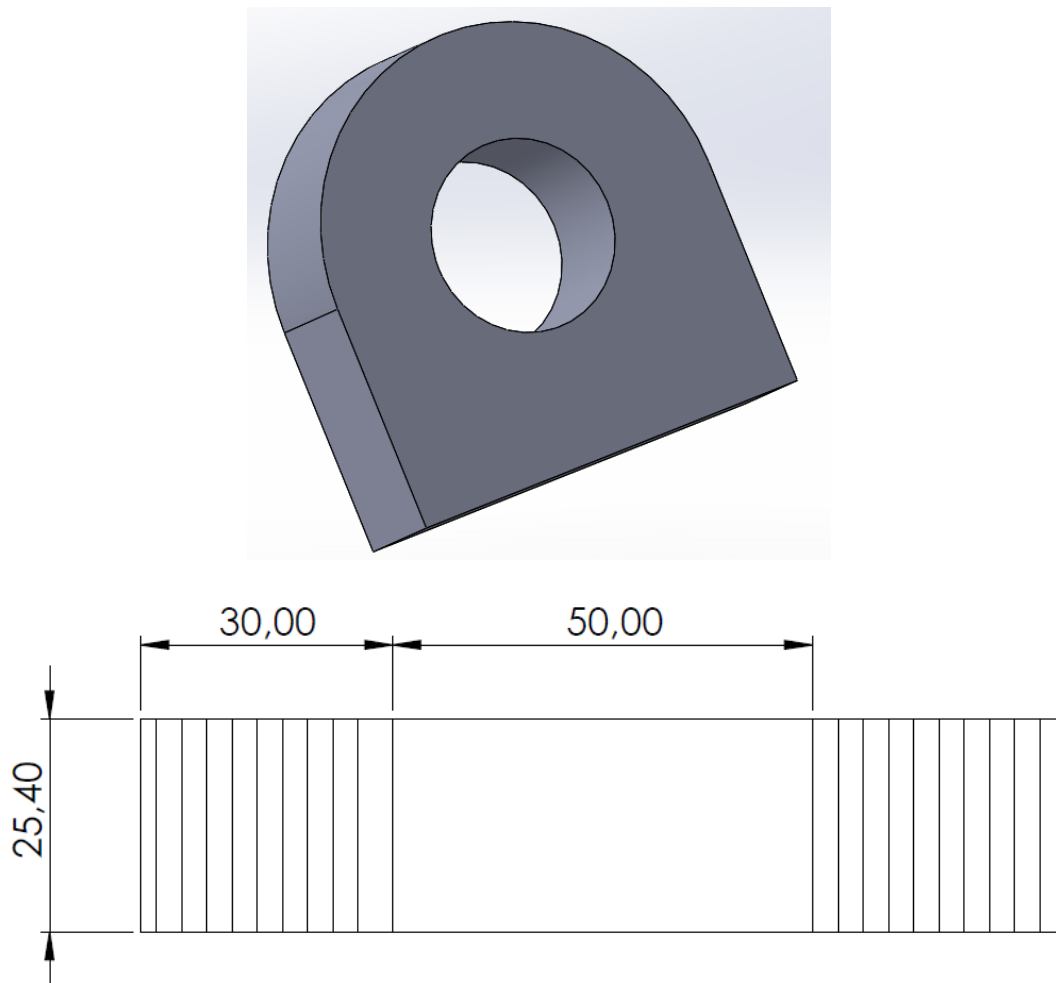
S_a : Carga en el mástil.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela para este caso se utilizará acero 1020 laminado en caliente.

$$A_{cr} = \frac{13882 kg}{18,6 kg/mm^2}$$

$$A_{cr} = 746,38 mm^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Verificaciones.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{S_a}{A_{apl}}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

S_a : Tensión del mástil.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = \text{Ancho planchuela} * \text{Dímetro del perno}$$

$$A_{apl} = 25,4 \text{ mm} * 50 \text{ mm}$$

$$A_{apl} = 1270 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{13882,76 \text{ kg}}{1270 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{apl} = 10,93 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible al aplastamiento del acero 1020 LC, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 37,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \geq \sigma_{apl} = 10,93 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Soldadura:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = k_s * e$$

Donde:

k_s : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $k_s = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a = 0,7 * 25,4 \text{ mm}$$

$$a = 17,78 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 18,6 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero SAE 1020}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 18,6 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 12,09 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

$$lu = \frac{13882,76 \text{ kg}}{17,78 \text{ mm} * 12,09 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$lu = 64,58 \text{ mm}$$

$$lt = lu + 2 * a$$

$$lt = 64,58 \text{ mm} + 2 * 17,78 \text{ mm}$$

$$lt = 100 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = 2 * (\text{ancho} + \text{largo})$$

$$Pr = 2 * (25,4 \text{ mm} + 110 \text{ mm})$$

$$Pr = 270,8 \text{ mm } \textit{verifica}$$

Eje de pivote.

El cálculo de este eje se realiza teniendo como tensión principal, la tensión de corte.

$$A_{cr} = \frac{S_a}{\tau_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

S_a : Carga actuante en el mástil.

τ_{adm} : Tensión admisible del material, la cual se calcula a continuación tomando como material un acero 1045 laminado en caliente.

$$\tau_{adm} = 0,5 * \sigma_{adm}$$

Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 78 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

$$\tau_{adm} = 0,5 * 25,8 \frac{kg}{mm^2}$$

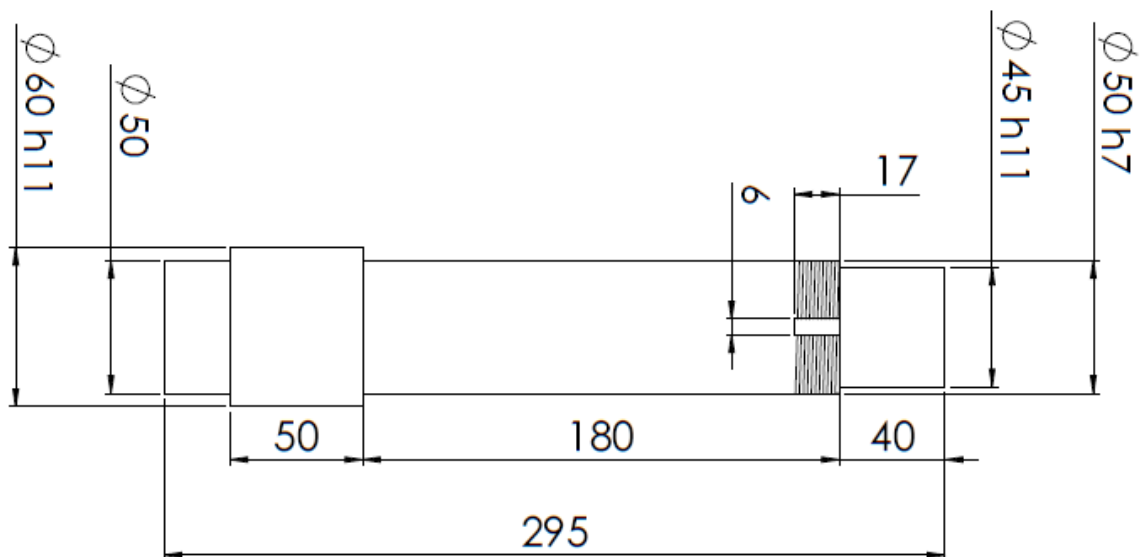
$$\tau_{adm} = 12,9 \frac{kg}{mm^2}$$

Sustituyendo:

$$A_{cr} = \frac{13882,76 kg}{12,9 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$A_{cr} = 1076 mm^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Rodamientos.

El cálculo de los rodamientos se realiza para rodamientos que trabajan de forma estática o con movimientos de giro muy lentos. El cálculo es el siguiente:

$$P_0 = C_0 * S_0$$

Siendo:

S_0 = Factor de seguridad estático. Para nuestro caso al ser el movimiento muy lento y sin golpes, este factor de seguridad, según el catálogo es igual a 1.

C_0 = Coeficiente de carga estático.

P_0 = Carga admisible, la cual se calcula de la siguiente forma:

$$P_0 = X_0 * F_r + Y_0 * F_a$$

Donde:

X_0 = Factor de carga en la dirección radial al rodamiento. Este se encuentra en el catálogo del fabricante de rodamientos, en este caso se utiliza el proveedor SKF.

F_r = Fuerza aplicada en el sentido radial.

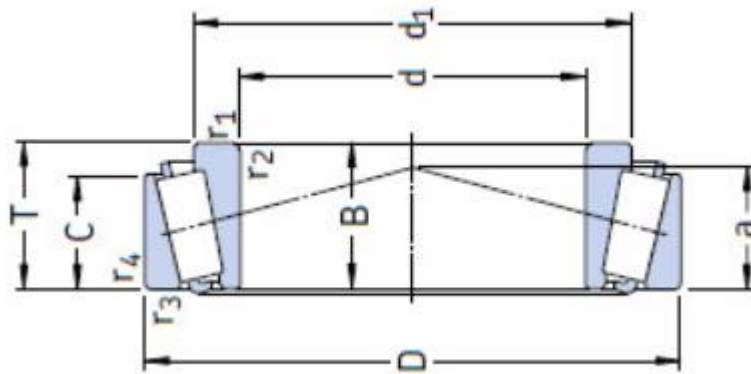
Y_0 = Factor de carga en la dirección axial del rodamiento. Este se encuentra en el catálogo del fabricante de rodamientos, en este caso se utiliza el proveedor SKF.

F_a = Fuerza aplicada en el sentido axial del rodamiento.

$$P_0 = 1 * 4733 \text{ kg} + 0,8 * 10210 \text{ kg}$$

$$P_0 = 12901 \text{ kg} = 126,4 \text{ KN}$$

Con el valor de carga admisible calculado anteriormente, se selecciona en el catálogo un rodamiento cónico de rodillos que posee las siguientes características.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación	Serie de dimensiones según la ISO 355 (ABMA)
d	D	T	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	-
50	80	20	60,5	88	9,65	6 000	8 000	0,37	32010 X/Q	3CC
	80	20	60,5	88	9,65	6 000	8 000	0,37	32010 X/QL7CVB026	3CC
	80	24	69,3	102	11,4	6 000	8 000	0,45	33010/Q	2CE
	82	21,5	72,1	100	11	6 000	8 500	0,43	JLM 104948 AA/910 AA/Q	(LM 104900)
	85	26	85,8	122	13,4	5 600	7 500	0,59	33110/Q	3CE
	90	21,75	76,5	91,5	10,4	5 600	7 500	0,54	30210 J2/Q	3DB
	90	24,75	82,5	100	11,4	5 600	7 500	0,61	32210 J2/Q	3DC
	90	28	106	140	16	5 300	8 000	0,75	JM 205149/110/Q	(M 205100)
	90	28	106	140	16	5 300	8 000	0,75	JM 205149/110 A/Q	(M 205100)
	90	32	114	160	18,3	5 000	7 000	0,90	33210/Q	3DE

d	d ₁	B	C	r _{1,2} min	r _{3,4} min	a	d _a máx	d _b min	D _a min	D _a máx	D _b min	C _a min	C _b min	r _a máx	r _b máx	e	Y	Y ₀
mm							mm										-	
50	65,6	20	15,5	1	1	18	57	56	72	74	77	4	4,5	1	1	0,43	1,4	0,8
	65,6	20	15,5	3	1	18	57	62	72	74	77	4	4,5	2,5	1	0,43	1,4	0,8
	64,9	24	19	1	1	17	56	56	72	74	76	4	5	1	1	0,31	1,9	1,1
	65,1	21,5	17	3,6	1,2	16	57	62	74	76	78	4	4,5	3,4	1,2	0,3	2	1,1
	67,9	26	20	1,5	1,5	20	57	57	74	78	82	4	6	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8
	67,9	20	17	1,5	1,5	19	58	57	79	83	85	3	4,5	1,5	1,5	0,43	1,4	0,8
	68,5	23	19	1,5	1,5	21	58	57	78	83	85	3	5,5	1,5	1,5	0,43	1,4	0,8
	68,7	28	23	3	2,5	20	58	64	78	78	85	5	5	2,5	2	0,33	1,8	1
	68,7	28	23	3	0,8	20	58	64	78	85	85	5	5	2,5	0,6	0,33	1,8	1
	70,7	32	24,5	1,5	1,5	23	57	57	77	83	87	5	7,5	1,5	1,5	0,4	1,5	0,8

Por lo que reemplazando en la ecuación anterior podemos verificar que el rodamiento es el adecuado.

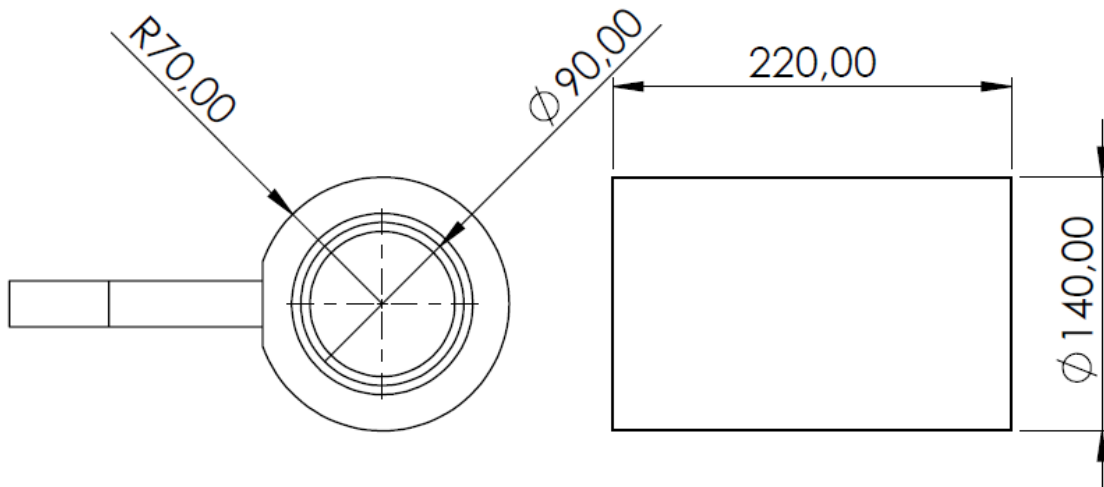
$$P_0 = C_0 * S_0$$

$$126,4 \text{ KN} \leq 160 \text{ KN} * 1$$

Verifica.

Camisa porta rodamientos.

El cálculo de esta caja, se realizara suponiendo las siguientes medidas.



Se calculará la pieza al momento flector que el mástil le está produciendo, la distancia de cálculo es la distancia entre rodamientos más el ancho de un rodamiento.

$$Mf_{max} = \frac{S_a * l_r}{8}$$

Siendo:

Mf_{max} : Momento flector máximo.

S_a : Carga total del mástil.

l_r : Longitud entre rodamientos más un ancho de rodamiento.

$$Mf_{max} = \frac{13882,76 \text{ kg} * 132 \text{ mm}}{8}$$

$$Mf_{max} = 229065 \text{ kgmm}$$

El momento de inercia es:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_c^4 - d_c^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia de la camisa.

D_c : Diámetro exterior de la camisa.

d_c : Diámetro interior de la camisa.

$$I = \frac{\pi}{64} ((140 \text{ mm})^4 - (90 \text{ mm})^4)$$

$$I = 15636786 \text{ mm}^4$$

Cálculo del módulo resistente:

$$W = \frac{I}{D_c/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente de la camisa.

I : Momento de inercia de la camisa.

D_c : Diámetro exterior de la camisa.

$$W = \frac{15636786 \text{ mm}^4}{140 \text{ mm}/2}$$

$$W = 223382 \text{ mm}^3$$

Por lo tanto la tensión máxima que sufre la camisa es de:

$$\sigma_{max} = \frac{Mf_{max}}{W}$$

$$\sigma_{max} = \frac{229064 \text{ kgmm}}{223382 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 1,025 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Verifica.




Preparó: Lapalma, Guillermo; Kautz, Diego.	Revisó: GP - 01/10/2018	Aprobó:	Página 82 de 115
---	----------------------------	---------	------------------

Selección de los retenes.

En cada borde de la caja porta rodamientos se pondrán retenes para impedir el ingreso de agua desde el exterior y a su vez mantener la grasa de lubricación dentro de la caja.

En la parte superior de la caja porta rodamientos irá alojado un retén LX 9961 y en la parte inferior el retén LX 5278.

A continuación se muestran los retenes seleccionados, los cuales son de la marca DBH.

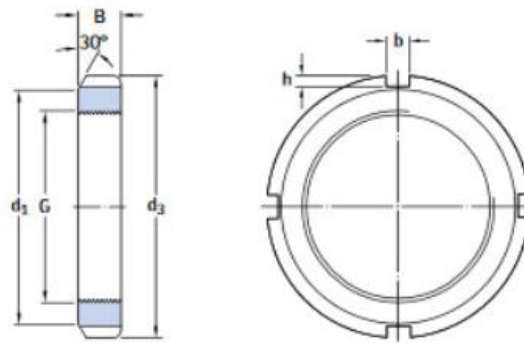
Catálogo general de medidas DBH							
	DIMENSIONES			N° DBH	TIPO	GIRO	COMPUESTO
	EJE	ALOJ.	ALTURA				
	45.00	60.00	8.00	9294	Lx	L	NBR
Kz	.	60.00	8.00	9905	Lx	Bidi	ACM
	.	60.00	9.00	8709	Lx-R	H	ACM / FPM
Kx	.	60.00	10.00	5588	Lx	L	NBR / ACM
	.	60.00	10.00	8032	Lx-R	H	ACM
	.	61.00	10.00	5540	Mz	L	NBR
	.	63.00	7.50	9882	Lx-R	H	FPM
	.	64.00	9.00	8048	Lx	L	NBR
	.	65.00	5.00	8656	Mx	L	NBR
Lx	.	65.00	8.00	5231	Lx	L	NBR/MVQ/ACM/FPM
	.	65.00	8.00	9287	Lx-R	AH	ACM
	.	85.00	12.00	6767	Lx	L	NBR
	.	100.00	10.00	9961	Lx	L	FPM

Retenes Ordenados por ejes						
EJE	DIMENSIONES		N° DBH	TIPO	GIRO	COMPUESTO
	ALOJ.	ALTURA				
60.00	70.00	9.10	8084	A 155	L	NBR
.	72.00	8.00	9444	Lx	L	NBR
.	73.00	10.50	9684	A 156	Bidi	FPM
.	74.00	8.00	9930	Mx	Bidi	ACM
.	75.00	7.00	1185	Lx-R	H	FPM
.	75.00	8.00	5356	Lz	L	NBR / MVQ / FPM
.	75.00	8.00	8154	Lx	L	NBR
.	77.00	7,5/14	1141	A 373	L	NBR
.	78.00	10.00	5358	Lz	L	NBR
.	85.10	12.70	8700	Lz	L	NBR
.	90.00	9.20	6649	A 099	L	NBR
.	90.00	10.00	5278	Lx	L	NBR / MVQ
.	90.00	10.00	5724	Lz	L	NBR
.	90.00	12.00	8952	Lx	L	NBR

Tuerca de retención de rodamiento

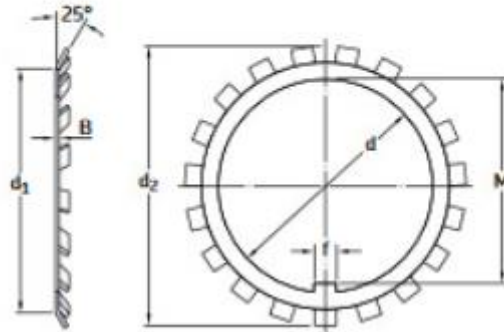
El rodamiento superior del pivote debe asegurarse mediante una tuerca de fijación con una arandela de retención para que el mismo no posea ningún tipo de holgura y se mantenga rígidamente en su sitio, para esto se seleccionan los siguientes componentes del fabricante SKF.

Tuercas de fijación KM(L) con arandelas de retención
M 10×0,75 – M 200×3



Dimensiones						Capacidad de carga axial estática	Masa	Designaciones		
G	d ₁	d ₃	B	b	h			Tuerca de fijación	Arandela de retención adecuada	Llave
mm						kN	kg	-		
M 10×0,75	13,5	18	4	3	2	9,8	0,004	KM 0	MB 0	-
M 12×1	17	22	4	3	2	11,8	0,006	KM 1	MB 1	HN 1
M 15×1	21	25	5	4	2	14,6	0,009	KM 2	MB 2	HN 2
M 17×1	24	28	5	4	2	19,6	0,012	KM 3	MB 3	HN 3
M 20×1	26	32	6	4	2	24	0,025	KM 4	MB 4	HN 4
M 25×1,5	32	38	7	5	2	31,5	0,028	KM 5	MB 5	HN 5
M 30×1,5	38	45	7	5	2	36,5	0,039	KM 6	MB 6	HN 6
M 35×1,5	44	52	8	5	2	50	0,059	KM 7	MB 7	HN 7
M 40×1,5	50	58	9	6	2,5	62	0,078	KM 8	MB 8	HN 8
M 45×1,5	56	65	10	6	2,5	78	0,11	KM 9	MB 9	HN 9
M 50×1,5	61	70	11	6	2,5	91,5	0,14	KM 10	MB 10	HN 10

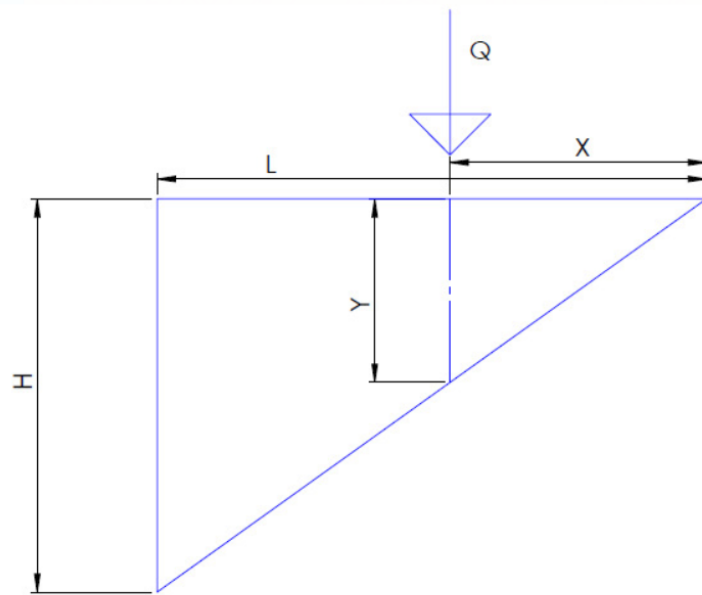
Arandelas de retención MB(L)
d 10 – 200 mm



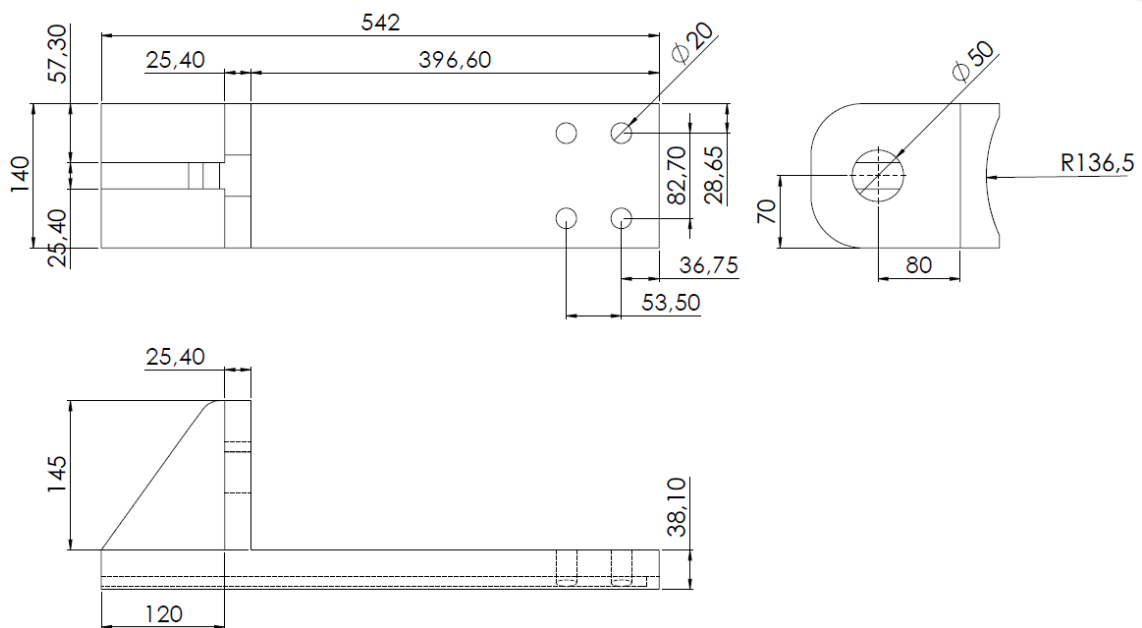
Dimensiones						Masa	Designación
d	d ₁	d ₂	B	f	M		
mm						kg	-
10	13,5	21	1	3	8,5	0,001	MB 0
12	17	25	1	3	10,5	0,002	MB 1
	17	25	1,2	3	10,5	0,002	MB 1 A
15	21	28	1	4	13,5	0,003	MB 2
	21	28	1,2	4	13,5	0,003	MB 2 A
17	24	32	1	4	15,5	0,003	MB 3
	24	32	1,2	4	15,5	0,003	MB 3 A
20	26	36	1	4	18,5	0,004	MB 4
	26	36	1,2	4	18,5	0,005	MB 4 A
25	32	42	1,25	5	23	0,006	MB 5
	32	42	1,8	5	23	0,009	MB 5 A
30	38	49	1,25	5	27,5	0,008	MB 6
	38	49	1,8	5	27,5	0,011	MB 6 A
35	44	57	1,25	6	32,5	0,011	MB 7
	44	57	1,8	6	32,5	0,016	MB 7 A
40	50	62	1,25	6	37,5	0,013	MB 8
	50	62	1,8	6	37,5	0,018	MB 8 A
45	56	69	1,25	6	42,5	0,015	MB 9
	56	69	1,8	6	42,5	0,021	MB 9 A
50	61	74	1,25	6	47,5	0,016	MB 10
	61	74	2,3	6	47,5	0,023	MB 10 A

Soporte de pivote.

Para este cálculo se utilizará el criterio citado en el libro del autor Dubbel, “Manual del constructor de máquinas” el cual es el siguiente:



Para el cálculo se adoptan las siguientes dimensiones:



$$Y = X * \sqrt{\frac{3 * Q}{b * L * \sigma_{adm}}}$$

$$H = \sqrt{\frac{3 * L * Q}{b * \sigma_{adm}}}$$

Siendo:

b : Espesor de la planchuela.

Q : Carga vertical del mástil.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela para este caso se utilizará acero 1020 laminado en caliente.

$$Y = 86,66 \text{ mm} * \sqrt{\frac{3 * 9476 \text{ kg}}{25,4 \text{ mm} * 166,66 \text{ mm} * 18,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}}$$
$$Y = 52,07 \text{ mm}$$

Verifica.

$$H = \sqrt{\frac{3 * 166,66 \text{ mm} * 9476 \text{ kg}}{25,4 * 18,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}}$$
$$H = 100 \text{ mm}$$

Verifica.

Verificaciones.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{S_{ax}}{A_{apl}}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

S_{ax} : Tensión del mástil en dirección axial.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = \text{Ancho planchuela} * \text{Díametro del perno}$$

$$A_{apl} = 25,4 \text{ mm} * 50 \text{ mm}$$

$$A_{apl} = 1270 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{10210 \text{ kg}}{1270 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{apl} = 8,04 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible al aplastamiento del acero 1020 LC, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm\ apl} = 37,2 \frac{kg}{mm^2} \geq \sigma_{apl} = 8,04 \frac{kg}{mm^2}$$

Soldadura:

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

ks : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $ks = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a = 0,7 * 25,4 \text{ mm}$$

$$a = 17,78 \text{ mm}$$

lu : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$lu = lt - 2 * a$$

Donde:

lt : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = Kc * \sigma_{adm}$$

Siendo:

Kc : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $Kc = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 18,6 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero SAE 1020}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 18,6 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 12,09 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

$$lu = \frac{13882,76 \text{ kg}}{17,78 \text{ mm} * 12,09 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$lu = 64,58 \text{ mm}$$

$$lt = lu + 2 * a$$

$$lt = 64,58 \text{ mm} + 2 * 17,78 \text{ mm}$$

$$lt = 100 \text{ mm}$$

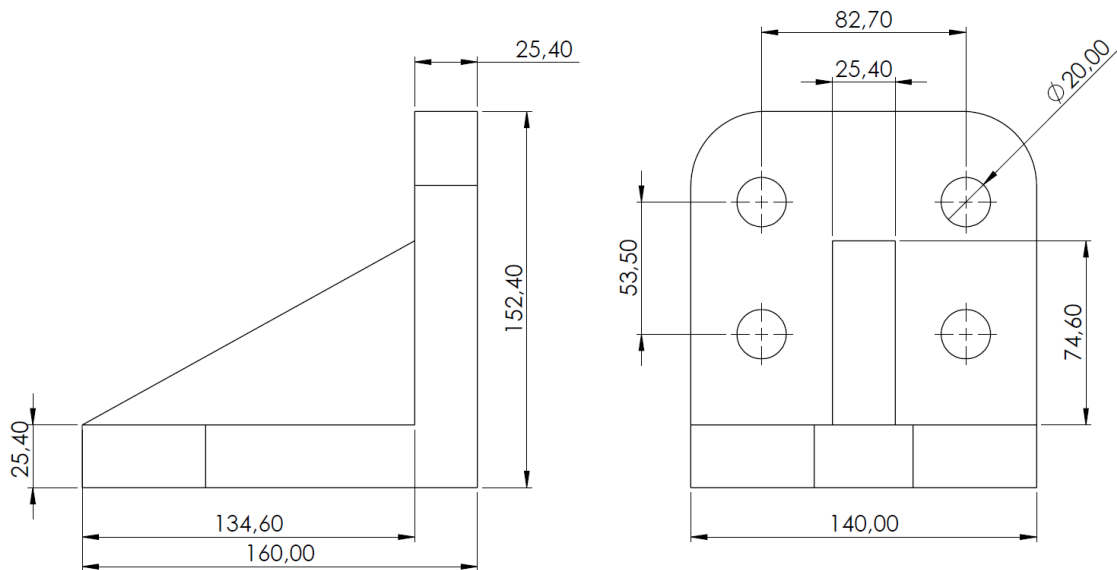
Perímetro disponible:

$$Pr = 140 \text{ mm} + 57,3 \text{ mm} + 57,3 \text{ mm} + 120 \text{ mm} + 120 \text{ mm}$$

$$Pr = 494,6 \text{ mm} \text{ verifica}$$

Soporte de pivote desmontable.

Para este cálculo solo se realizara el dimensionamiento de los tornillos de fijación de este al soporte, las medidas se tomarán iguales a la pieza del soporte. Se adopta colocar 4 tornillos de fijación, las medidas adoptadas para el soporte desmontable son las siguientes:



El cálculo de los pernos se calculan primeramente a tracción dando como resultado:

$$A_{cr} = \frac{S_s/2}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

S_s : Carga actuante en el tensor.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de los tornillos, la cual se calcula a continuación tomando como material un acero St 38 -13.

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_f$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 21 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\sigma_{adm} = 12,6 \frac{kg}{mm^2}$$

Sustituyendo:

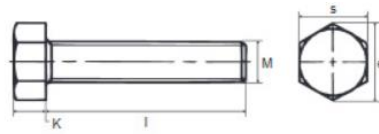
$$A_{cr} = \frac{4601,8 kg}{12,6 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$A_{cr} = 365,22 mm^2$$

Dividiendo esta área por la cantidad de tornillos da como resultado un diámetro de:

$$D_{tor} = 10,78 mm$$

Se adoptara tornillos M20 x 80 los cuales se muestran a continuación, estos se seleccionan del proveedor Echebarria Suministros.



d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
s	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
k	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15
Paso	0,7	0,8	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
e	7,66	8,79	11,05	14,38	18,90	21,10	24,49	26,75	30,14	33,53	35,72	39,98

Calidad 6.8 Ref. Catálogo	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13010127	13010288	13010449	M18x80
13010128	13010289	13010450	M18x90
13010129	13010290	13010451	M18x100
13010130	13010291	13010452	M20x30
13010131	13010292	13010453	M20x35
13010132	13010293	13010454	M20x40
13010133	13010294	13010455	M20x45
13010134	13010295	13010456	M20x50
13010135	13010296	13010457	M20x55
13010136	13010297	13010458	M20x60
13010137	13010298	13010459	M20x65
13010138	13010299	13010460	M20x70
13010139	13010300	13010461	M20x80
13010140	13010301	13010462	M20x90
13010141	13010302	13010463	M20x100
13010142	13010303	13010464	M22x40
13010143	13010304	13010465	M22x45
13010144	13010305	13010466	M22x50

Verificaciones.

Corte.

Cuando la grúa se encuentre en la posición de 0 y 180 grados, los tornillos estarán sometidos principalmente a corte, este esfuerzo se calcula a continuación.

$$\tau_{max} = \frac{S_s/2}{A_{tor} * 4}$$

Siendo:

A_{tor} : Área de material mínimo necesario para resistir la tención actuante la cual se calcula a continuación.

$$A_{tor} = \frac{\pi * D_{util}^2}{4}$$

$$A_{tor} = \frac{\pi * 16,48 \text{ mm}^2}{4}$$

$$A_{tor} = 213,3 \text{ mm}^2$$

S_s : Carga actuante en el tensor.

τ_{max} : Tensión actuante en el tornillo.

$$\tau_{max} = \frac{S_s/2}{A_{tor} * 4}$$
$$\tau_{max} = \frac{9203,6 \text{ kg}/2}{213,3 \text{ mm}^2 * 4}$$
$$\tau_{max} = 5,39 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

La tensión admisible del material es el siguiente:

$$\tau_{adm} = 0,5 * \sigma_{adm}$$
$$\tau_{adm} = 0,5 * 12,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$
$$\tau_{adm} = 6,3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{adm} = 6,3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \geq \tau_{max} = 5,39 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Verifica.

Aplastamiento:

$$\sigma_{apl} = \frac{S_s/2}{A_{apl} * 4}$$

Siendo:

σ_{apl} : Tensión de aplastamiento.

S_s : Tensión del tensor.

A_{apl} : Área de aplastamiento, la cual se calcula a continuación.

$$A_{apl} = \text{Profundidad de la rosca} * \text{Díámetro util del tornillo}$$

$$A_{apl} = 47,63 \text{ mm} * 16,48 \text{ mm}$$

$$A_{apl} = 784,94 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{apl} = \frac{S_s/2}{A_{apl} * 4}$$

$$\sigma_{apl} = \frac{9203,6 \text{ kg}/2}{784,94 \text{ mm}^2 * 4}$$

$$\sigma_{apl} = 23,45 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Tomando el valor de tensión admisible al aplastamiento del acero St 38 -13, vemos que verifica.

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 25,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \geq \sigma_{apl} = 23,45 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Verifica.

Instalación eléctrica.

El sistema cuenta con una potencia instalada que se resume en la siguiente tabla:

Descripción	Cantidad	Potencia unitario	Potencia total	Corriente
Polipasto	1	5,6 kW	5,6 kW	8,5 A
Luminarias LED	2	0,1 kW	0,2 kW	0,9 A

Para la protección de los artefactos colocados y la seguridad de los operarios se colocan los siguientes sistemas de protección.

Llave termomagnética.

Se colocarán 2 llaves Termomagnéticas, una dedicada a la protección del polipasto y otra destinada a las luminarias, las llaves seleccionadas se muestran a continuación.

Llave termomagnética del polipasto.



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	C60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal	10 A
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	D
Poder de corte	6 kA - 440 V CA 50/60 Hz 10 kA - 415 V CA 50/60 Hz 20 kA - 240 V CA 50/60 Hz 30 kA - <= 125 V CC 6000 A conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz

Llave termomagnética de las luminarias.



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	C60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal	2 A
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	C
Poder de corte	6 kA - 440 V CA 50/60 Hz 10 kA - 415 V CA 50/60 Hz 20 kA - 240 V CA 50/60 Hz 20 kA - <= 125 V CC 6000 A conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz

Llave disyuntora.

Se colocará una llave disyuntora para la protección de los operarios, la llave seleccionada se muestra a continuación.



Principal

Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IID
Tipo de producto o componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Modelo de dispositivo	IID
Número de polos	4P
Posición de polo de neutro	Izquierda
Corriente nominal	25 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad a la fuga a tierra	30 mA
Retraso tiempo protec. pérdida a tierra	Instantáneo
Prot. c. fuga a tier.(tabular)	Tipo A-SI

Cable.

Como la instalación eléctrica se encuentra expuesta a las inundaciones se decidió colocar cables subterráneos. El cable seleccionado es de la marca Prysmian el cual se muestra a continuación.

Baja Tensión

0,6 / 1,1 kV

VV-K / VV-R



NORMAS DE REFERENCIA ▶

DESCRIPCION ▶

Instalaciones Fijas

SINTENAX VALIO

IRAM 2178

> **CONDUCTOR**
Metal: Cobre electrolítico ó aluminio grado eléctrico según IRAM NM 280.
Forma: redonda flexible o compacta y sectorial, según corresponda.



Flexibilidad:
 - Conductores de cobre :

IRAM 2178

Norma de Fabricación

0,6/1,1 kV

Tensión nominal

70°C

Temperatura de servicio



Cuerdas flexibles hasta 35 mm²



No propagación de la llama



No propagación del incendio



Resistencia a agentes químicos



Sello IRAM



Sello de Seguridad Eléctrica



Marcación secuencial de longitud

CONDICIONES DE EMPLEO



En bandejas



Directamente enterrado



Enterrado en canaletas







Enterrado en cañerías



Se selecciona un conductor trifásico de 6 mm² para la entrada de potencia al tablero y a su vez, dicho conductor se utiliza para alimentar el polipasto. Para las luminarias se selecciona un cable de 2,5 mm², más que suficiente para satisfacer la carga. A continuación se muestran los conductores seleccionados junto con la corriente admisible de ellos y la cantidad de metros necesarios.

Tipo de conductor	Metros necesarios
Sintenax Valio 2 x 2,5 mm ²	8 m
Sintenax Valio 3 x 6 mm ²	15 m

Sección nominal	Método E Bandeja perforada	
		
mm ²	(5)	(6)
1,5	19	16
2,5	26	22
4	35	30
6	44	37

Sección nominal	Método E Bandeja perforada	
		
mm ²	(5)	(6)
1,5	19	16
2,5	26	22
4	35	30
6	44	37

Caja estanca.

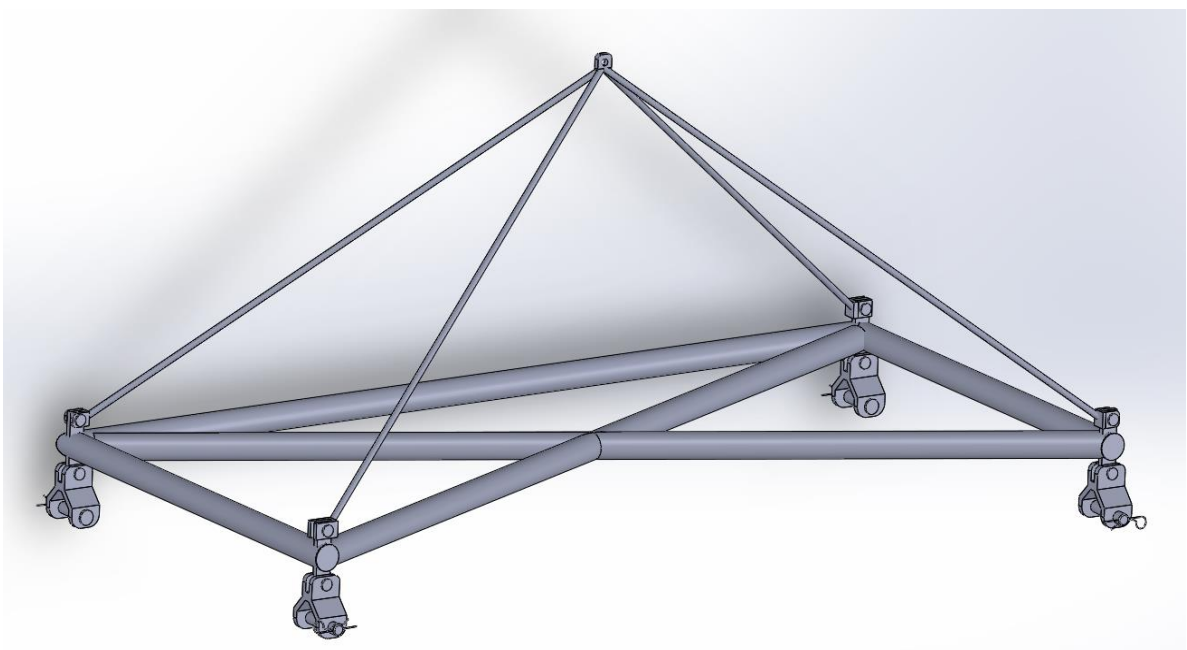
Como el sistema estará sometido a inundaciones, es necesario colocar cajas estancas que resistan al ingreso de agua, para esto se selecciona la siguiente caja.



Descripción	Proveedor	Dimensiones	Grado
Gabinete Polipropileno	Electricity	207 x 284 x 120 mm	IP 67

Cálculo estructural de la percha de izaje.

Se propone calcular la percha de izaje con caños ASTM A53 de 5" Schedule 40, a continuación se realizarán los cálculos para la verificación de esta selección.



Los cálculos se llevarán a cabo siguiendo los criterios del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel.

Cálculo del momento de la percha.

El momento de inercia de la percha al ser un único tramo, se calcula de la siguiente forma.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{pe}^4 - d_{pe}^4)$$

Siendo:

I : Momento de inercia del puntal.

D_{pe} : Diámetro exterior de la percha.

d_{pe} : Diámetro interior de la percha.

$$I = \frac{\pi}{64} ((11,43 \text{ cm})^4 - (10,226 \text{ cm})^4)$$

$$I = 301,05 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo resistente de la percha.

$$W = \frac{I}{D_{pe}/2}$$

Siendo:

W : Modulo resistente de la percha.

I : Momento de inercia de la percha.

D_{pe} : Diámetro exterior de la percha.

$$W = \frac{301,05 \text{ cm}^4}{11,43 \text{ cm}/2}$$

$$W = 52,67 \text{ cm}^3$$

Cálculo del radio de giro de la percha.

Una vez calculado el momento de inercia y calculando el área transversal de material del caño, calculamos el radio de giro del puntal.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Siendo:

i : Radio de giro.

I : Momento de inercia de la percha.

A : Área de la sección transversal del caño de la percha el cual se calcula a continuación.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_{pe}^2 - d_{pe}^2)$$
$$A = \frac{\pi}{4} ((11,43 \text{ cm})^2 - (10,226 \text{ cm})^2)$$
$$A = 20,478 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$
$$i = \sqrt{\frac{301,05 \text{ cm}^4}{20,478 \text{ cm}^2}}$$
$$i = 3,83 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de esbeltez.

Para el cálculo de pandeo de la estructura se utilizara el criterio del coeficiente de pandeo planteado por Dubbel en su libro "Manual del constructor de máquinas".

$$\lambda = \frac{I_{pe}}{i}$$

Siendo:

λ : Coeficiente de esbeltez.

I_{pe} : Largo de la percha.

i : Radio de giro de la percha.

$$\lambda = \frac{4 \text{ m}}{0,0383 \text{ m}}$$
$$\lambda = 104,4$$

Coeficiente de pandeo.

De la tabla de factores de pandeo del "Manual del constructor de máquinas" del autor Dubbel, entrando con el acero st 37 y con el coeficiente de esbeltez se obtiene el coeficiente de pandeo que se expresa a continuación:

$$\omega = 2,56$$

Cálculo de las excentricidades.

En esta sección se calculará mediante criterios del “Manual del constructor de máquinas” del autor Dubbel la máxima excentricidad que puede tener la estructura por errores en el montaje o bien en la conformación de los materiales que la constituyen. Dicha excentricidad nos da una idea de la desalineación una vez montadas las piezas.

$$e_1 = \frac{l_{pe}}{500} + \frac{D_{pe}}{40}$$

Siendo:

e_1 : Excentricidad debido a imperfecciones del laminado.

l_{pe} : Largo de la percha.

D_{pe} : Diámetro exterior de la percha.

$$e_1 = \frac{4 \text{ m}}{500} + \frac{0,1143 \text{ m}}{40}$$

$$e_1 = 10,85 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{l_{pe}}{100} + \frac{D_{pe}}{40}$$

Siendo:

e_2 : Excentricidad debido a defectos de montaje.

l_{pe} : Largo de la percha.

D_{pe} : Diámetro exterior de la percha.

$$e_2 = \frac{4 \text{ m}}{100} + \frac{0,1143 \text{ m}}{40}$$

$$e_2 = 42,85 \text{ mm}$$

Por último se tiene en cuenta el caso más desfavorable en el cual las dos excentricidades máximas se sumen dando como resultado:

$$e = e_1 + e_2$$

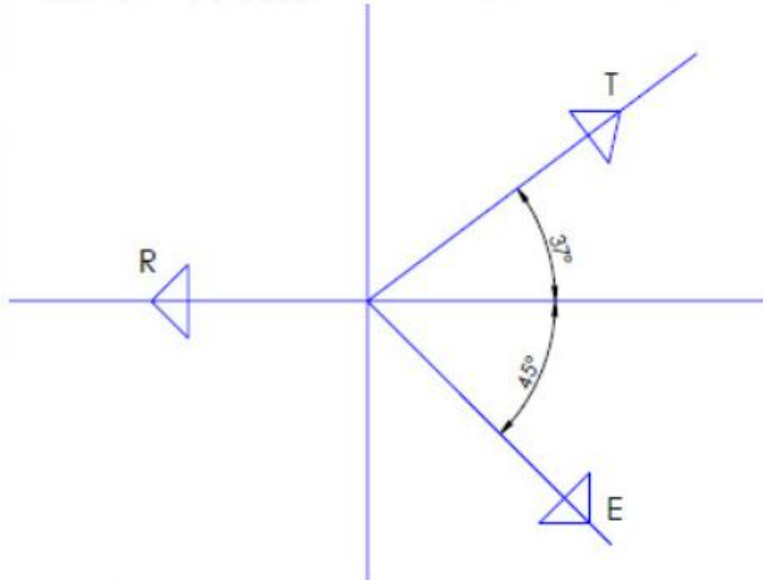
$$e = 10,85 \text{ mm} + 42,85 \text{ mm}$$

$$e = 53,707 \text{ mm}$$

Esfuerzos actuantes sobre la percha.

En esta sección se utilizarán los valores anteriormente calculados junto con los valores de carga máxima afectados por el coeficiente de seguridad, para determinar la carga total a la cual está solicitada la percha.

Cálculo del esfuerzo axial sobre la percha.



Del análisis de fuerzas que se mostró anteriormente se deducen las siguientes ecuaciones:

$$T * \text{sen } 37 = E * \text{sen } 45$$

$$T = \frac{E * \text{sen } 45}{\text{sen } 37}$$

$$T = \frac{2500 \text{ kg} * \text{sen } 45}{\text{sen } 37}$$

$$T = 2937,4 \text{ kg}$$

$$R = T * \text{cos } 37 + E * \text{cos } 45$$

$$R = 2937,4 \text{ kg} * \text{cos } 37 + 2500 \text{ kg} * \text{cos } 45$$

$$R = 4113,7 \text{ kg}$$

La fuerza R calculada es la encargada de solicitar la estructura de la percha de izaje mientras que la fuerza T es la presente en los cables y se utilizará más adelante para seleccionar los mismos.

Cálculo de la tensión máxima sobre la percha.

Sumando la carga de pandeo y las por excentricidades, se obtiene el sigma necesario que debe tener el material que conforme la percha.

$$\sigma_{max} = \frac{R * \omega}{A} + \frac{R * e}{W}$$

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima que posee la percha.

R : Esfuerzo axial total de la percha.

ω : Coeficiente de pandeo.

A : Área de la sección transversal del caño.

e : Excentricidad de la percha.

$$\sigma_{max} = \frac{4113,7 \text{ kg} * 2,56}{20,478 \text{ cm}^2} + \frac{4113,7 \text{ kg} * 5,3707 \text{ cm}}{52,67 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 933,67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de pandeo según fórmula de Euler para la percha.

Se calculará a su vez la resistencia en kilogramos que posee la percha por medio de la fórmula de Euler.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_{pe}^2}$$

Siendo:

P_{pandeo} : Carga máxima de pandeo.

E : Módulo de Young del material.

I : Momento de inercia.

l_{pe} : Longitud de la percha.

$$P_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2074055,26 \frac{kg}{cm^2} * 301,05 cm^4}{(400 cm)^2}$$

$$P_{pandeo} = 38515,7 kg$$

Cálculo de tensiones admisibles para el acero ASTM A53 Gr A.

$$\sigma_{fl} = 2151,6 \frac{kg}{cm^2}$$

Según el criterio de los autores Mesny y Cosme en su libro "Elementos de máquinas: métodos modernos de cálculo y diseño".

$$\sigma_{adm} = 0,6 * \sigma_{fl}$$

$$\sigma_{adm} = 0,6 * 2151,6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{adm} = 1291 \frac{kg}{cm^2}$$

Verificación de tensiones para el puntal de acero ASTM A53 Gr A.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

$$\sigma_{adm} \geq 933,67 \frac{kg}{cm^2}$$

$$1291 \frac{kg}{cm^2} \geq 933,67 \frac{kg}{cm^2}$$

Verifica

$$P_{pandeo} \geq P_{total}$$

$$P_{pandeo} \geq 4113,7 kg$$

$$38515,7 kg \geq 4113,7 kg$$

Verifica

Soldadura en la percha.

Esta soldadura corresponde a la unión de tramos por la que está compuesta la percha.

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = k_s * e$$

Donde:

k_s : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $k_s = 0,7$.

e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{puntal} = 0,7 * 6,02 \text{ mm}$$

$$a_{puntal} = 4,214 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{kg}{mm^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{kg}{mm^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{4113,7 \text{ kg}}{4,214 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$l_u = 116,21 \text{ mm}$$

$$l_t = l_u + 2 * a$$

$$l_t = 116,21 \text{ mm} + 2 * 4,214 \text{ mm}$$

$$l_t = 124,64 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = \pi * D_{pu}$$

$$Pr = \pi * 114,3 \text{ mm}$$

$$Pr = 359 \text{ mm } \textit{verifica}$$

Herraje ER7 – Sujeciones en la percha.

Este herraje se encarga de unir las eslingas con la percha y también en su lado opuesto se sujeta el cable tensor de la percha.

$$A_{cr} = \frac{T}{\sigma_{adm}}$$

Siendo:

A_{cr} : Área de material mínimo necesario para resistir la tensión actuante.

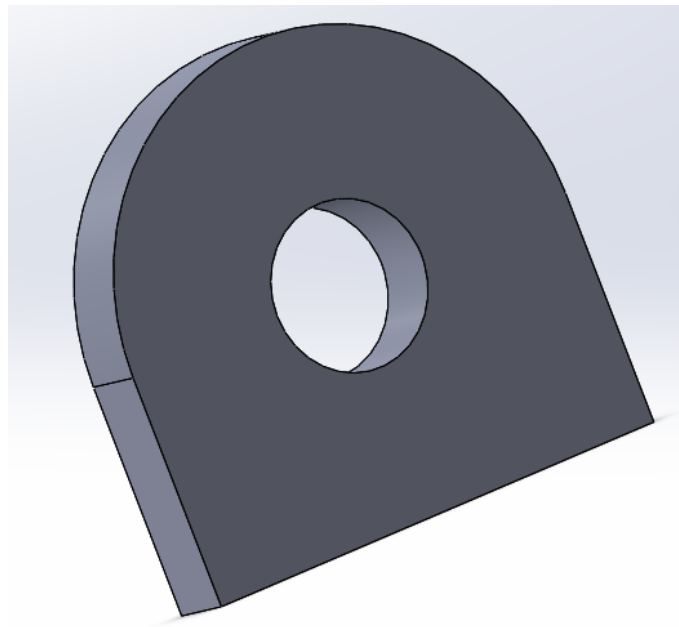
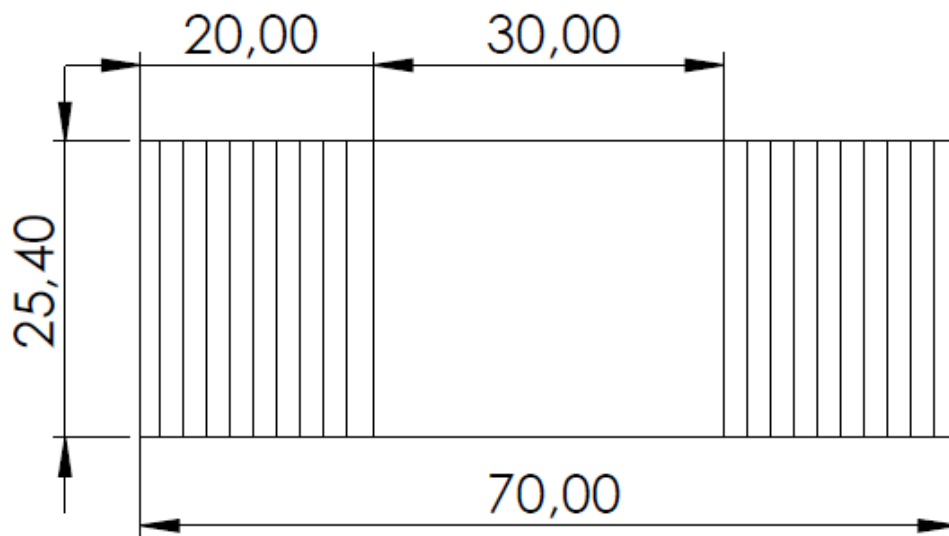
T : Carga en los cables de la percha.

σ_{adm} : Tensión admisible del material de la planchuela.

$$A_{cr} = \frac{2937,4 \text{ kg}}{18,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$A_{cr} = 159,92 \text{ mm}^2$$

Se adoptaran las siguientes dimensiones, las cuales satisfacen lo requerido por el esfuerzo actuante.



Verificaciones.

Soldadura:

Se realizará la verificación de la longitud de soldadura entre el herraje y el mástil.

$$lu = \frac{P}{a * \rho}$$

Siendo:

P : Carga actuante sobre la soldadura.

a : Espesor de la soldadura, la cual se calcula como:

$$a = ks * e$$

Donde:

k_s : Coeficiente se adopta según la bibliografía como $k_s = 0,7$.
 e : Espesor de la parte más delgada a soldar.

$$a_{gancho} = 0,7 * 6,02 \text{ mm}$$

$$a_{gancho} = 4,214 \text{ mm}$$

l_u : Longitud útil de la soldadura, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$l_u = l_t - 2 * a$$

Donde:

l_t : Longitud total a soldar.

ρ : Tensión admisible de la soldadura, la cual se calcula a continuación:

$$\rho = K_c * \sigma_{adm}$$

Siendo:

K_c : Coeficiente que depende del tipo de soldadura y de los esfuerzos a la cual está sometida la soldadura, en nuestro caso al ser soldadura en ángulo se adopta $K_c = 0,65$.

σ_{adm} : Tensión admisible del material menos resistente, la cual toma el valor de:

$$\sigma_{adm} = 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \text{ acero ASTM A53}$$

$$\rho_{adm} = 0,65 * 12,91 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\rho_{adm} = 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Reemplazando:

$$l_u = \frac{P}{a * \rho}$$

$$l_u = \frac{2937,4 \text{ kg}}{4,214 \text{ mm} * 8,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$l_u = 82,98 \text{ mm}$$

$$l_t = l_u + 2 * a$$

$$l_t = 82,98 \text{ mm} + 2 * 4,214 \text{ mm}$$

$$l_t = 91,41 \text{ mm}$$

Perímetro disponible:

$$Pr = 2 * (ancho + largo)$$

$$Pr = 2 * (25,4 \text{ mm} + 70 \text{ mm})$$

$$Pr = 190,8 \text{ mm} \quad \textit{verifica}$$

Selección de cable y componentes de la percha.

Para la selección de cable, herrajes y eslingas correspondientes a la percha, serán utilizados el catálogo de Cables de acero para uso general del fabricante IPH, el catálogo General de productos del fabricante Crosby y el catálogo de productos de la marca Strongloop.

Cables.

Para la selección del cable se considerará el criterio del proveedor, el cual establece lo siguiente:

Carga que puede aplicarse sobre un cable

Como regla básica, ampliamente utilizada en la industria del izaje general, la carga que puede aplicarse sobre un cable es la carga de tabla (CMR) dividida por 5. Más exactamente, la carga segura de trabajo se determina dividiendo el valor de tabla (CMR) por un factor de seguridad (FS) que varía dependiendo del equipamiento o aplicación. A modo informativo:

- Cables estáticos: 3 a 4
- Elevación de cargas en general, grúas, eslingas, etc.: 5 a 6
- Casos con altas temperaturas u otras condiciones extremas: 8 a 12
- Elevación de personas: 12 a 22

Este factor lo adopta el diseñador del equipo o el usuario, para lo cual debe tener en cuenta recomendaciones del fabricante del equipo y del cable, así como normas relacionadas específicas.

Por lo que para nuestro calculo adoptaremos un coeficiente de seguridad de 5 y la reducción que proporciona la pasteca de 6:1, dando como resultado.

$$T_{seg} = T * 5$$

$$T_{seg} = 2937,4 \text{ kg} * 5$$

$$T_{seg} = 14687 \text{ kg}$$

Por lo que se adopta el cable inmediato superior al valor calculado, el cual es el siguiente:



AFS

Carga mínima de rotura

Diámetro	Masa aprox.	Carga mínima de rotura			
		Grado 1770		Grado 1960	
[mm]	[kg/m]	[kN]	[t]	[kN]	[t]
3,00	0,032	4,9	0,5	5,8	0,6
5,00	0,087	13,6	1,4	16,2	1,7
8,00	0,230	37,4	3,8	41,2	4,2
9,50	0,320	52,7	5,4	58,8	6,0
11,00	0,433	70,7	7,2	78,4	8,0
13,00	0,607	98,7	10,1	109	11,1
14,00	0,704	114	11,6	127	13,0
16,00	0,919	150	15,3	166	16,9
19,00	1,300	211	21,5	233	23,8
22,00	1,740	283	28,9	313	31,9
26,00	2,430	395	40,3	437	44,6
28,00	2,810	458	46,7	507	51,7
32,00	3,680	598	61,0	662	67,6
35,00	4,400	716	73,1	792	80,8
38,00	5,180	843	86,0	934	95,3
44,00	6,950	1130	115	1250	128
51,00	9,340	1520	155	168	171

Grampas

Y del fabricante Crosby se seleccionan las grampas de sujeción según la recomendación de este.



G-450
Grampas Crosby®, Clip

Todas las grampas Crosby de tamaño 1/4" y mayores cumplen con la Especificación Federal FF-C-450 TYPE 1 CLASE 1, excepto por aquellas provisiones exigidas por el contratista. Para mayores informaciones ver página 452.

- Cada base lleva forjada el código de identificación del producto (PIC) para rastrear el material, el nombre Crosby o "CG" y el tamaño.
- Basado en la carga de ruptura del cable de acero indicado en el catálogo, las grampas Crosby tienen una eficiencia del 80% para tamaños de 1/8" a 7/8", y 90% para tamaños de 1" hasta 3 1/2".
- La grapa en su totalidad es galvanizada para resistir la acción corrosiva y oxidante.
- Las grampas de 1/8" a 2 1/2" y 3" (3mm a 65mm y 75-78mm) tienen bases forjadas.
- Todas las grampas se empaquetan y etiquetan individualmente con las instrucciones de aplicación y las advertencias apropiadas.
- Las grampas hasta 1 1/2" tienen rosca rolada.
- Crosby Cumple o excede todos los requerimientos de ASME B30.26 incluyendo identificación, ductilidad, factor de diseño, carga de prueba y requisitos de temperatura. Además, estas grampas para cable cumplen con otros requisitos críticos de rendimiento que incluyen índices de fatiga, propiedades de impacto, y capacidad de rastrear el material que no han sido abordados por ASME B30.26.
- Busque la marca Red-U-Bolt®, su garantía de Auténticas Grampas Crosby.



3. Cuando se requieran tres o más grampas, coloque las grampas adicionales espaciadas a la misma distancia entre las dos primeras –tense el cable flojo– y apriete uniformemente las tuercas en cada perno en U con torquímetro, alternando de una tuerca a la otra hasta lograr el valor de torque recomendado. (Ver Figura 3).



Figura 3

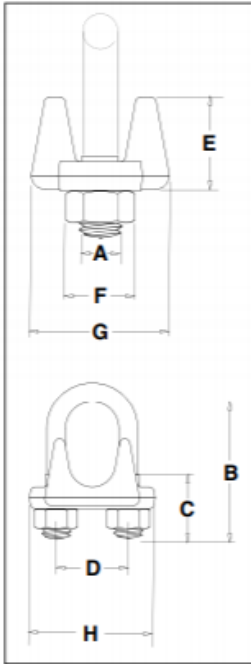
Tamaño grapa (pulg.)	Tamaño cable (pulg.)	No. mínimo de grampas	Cantidad de cable a doblar en pulgadas	* Torque en pies-lb
1/8	1/8	2	3-1/4	4.5
3/16	3/16	2	3-3/4	7.5
1/4	1/4	2	4-3/4	15
5/16	5/16	2	5-1/4	30
3/8	3/8	2	6-1/2	45
7/16	7/16	2	7	65
1/2	1/2	3	11-1/2	65
9/16	9/16	3	12	95
5/8	5/8	3	12	95
3/4	3/4	4	18	130
7/8	7/8	4	19	225
1	1	5	26	225
1-1/8	1-1/8	6	34	225
1-1/4	1-1/4	7	44	360
1-3/8	1-3/8	7	44	360
1-1/2	1-1/2	8	54	360
1-5/8	1-5/8	8	58	430
1-3/4	1-3/4	8	61	590
2	2	8	71	750
2-1/4	2-1/4	8	73	750
2-1/2	2-1/2	9	84	750
2-3/4	2-3/4	10	100	750
3	3	10	106	1200
3-1/2	3-1/2	12	149	1200

Si se utiliza una polea para doblar el cable, adicionar una grapa más. Ver figura 4.

Si se utiliza un mayor número de grampas que las indicadas en las tablas, se debe incrementar proporcionalmente la longitud del cable que se dobla.

*Los valores de torque se indican para cables limpios, secos y sin lubricación.

G-450 Grapas Crosby®



Tamaño Cable		G-450 No. de Parte	Cantidad en Paq. Estandar	Peso por 100 (lbs.)	Dimensiones (pulg.)							
(pulg.)	(mm)				A	B	C	D	E	F	G	H
1/8*	3-4*	1010015	100	6	.22	.72	.44	.47	.37	.38	.81	.99
3/16*	5*	1010033	100	10	.25	.97	.56	.59	.50	.44	.94	1.18
1/4	6-7	1010051	100	19	.31	1.03	.50	.75	.66	.56	1.19	1.43
5/16	8	1010079	100	28	.38	1.38	.75	.88	.73	.69	1.31	1.66
3/8	9-10	1010097	100	48	.44	1.50	.75	1.00	.91	.75	1.63	1.94
7/16	11	1010113	50	78	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
1/2	12-13	1010131	50	80	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
9/16	14-15	1010159	50	109	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
5/8	16	1010177	50	110	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
3/4	18-20	1010195	25	142	.62	2.75	1.44	1.50	1.39	1.06	2.25	2.84
7/8	22	1010211	25	212	.75	3.12	1.62	1.75	1.58	1.25	2.44	3.16
1	24-26	1010239	10	252	.75	3.50	1.81	1.88	1.77	1.25	2.63	3.47
1-1/8	28-30	1010257	10	283	.75	3.88	2.00	2.00	1.91	1.25	2.81	3.59
1-1/4	32-34	1010275	10	438	.88	4.44	2.22	2.34	2.17	1.44	3.13	4.13
1-3/8	36	1010293	10	442	.88	4.44	2.22	2.34	2.31	1.44	3.13	4.19
1-1/2	38	1010319	10	544	.88	4.94	2.38	2.59	2.44	1.44	3.41	4.44
1-5/8	41-42	1010337	granel	704	1.00	5.31	2.62	2.75	2.66	1.63	3.63	4.75
1-3/4	44-46	1010355	granel	934	1.13	5.75	2.75	3.06	2.92	1.81	3.81	5.24
2	48-52	1010373	granel	1300	1.25	6.44	3.00	3.38	3.03	2.00	4.44	5.88
2-1/4	56-58	1010391	granel	1600	1.25	7.13	3.19	3.88	3.19	2.00	4.56	6.38
2-1/2	62-65	1010417	granel	1900	1.25	7.69	3.44	4.13	3.69	2.00	4.69	6.63
** 2-3/4	** 68-72	1010435	granel	2300	1.25	8.31	3.56	4.38	4.88	2.00	5.00	6.88
3	75-78	1010453	granel	3100	1.50	9.19	3.88	4.75	4.44	2.38	5.31	7.61
** 3-1/2	** 85-90	1010426	granel	4000	1.50	10.75	4.50	5.50	6.00	2.38	6.19	8.38

*Pernos en U y tuercas electroenchapados. ** La base de la de 2-3/4" y 3-1/2" es de acero fundido.

Eslingas







Para las eslingas se seleccionarán las siguientes, estas son de un ancho de 100 mm, color gris y de dos capas, que cada una de las eslingas puede soportar 11,2 toneladas en posición de U:

IZAJE

ESLINGA PLANA OJO - OJO

ESLINGAS DE POLIÉSTER DE CINTA PLANA "OJO-OJO"
Estándar ASME B30.9-2006 / Factor de Diseño 5:1



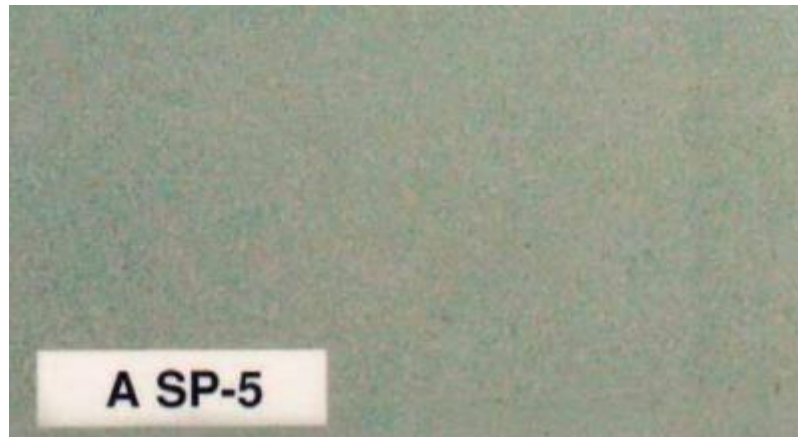
Ancho		Color	Largo Ojo Cm	Carga Límite Trabajo m ton						
mm	Inch			Nº Capas	 Axial	 Lazo	 U	 60º	 45º	 30º
25	1	Violeta	30	1	1	1	1	1	1	
				2	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				3	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				4	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
50	2	Verde	30	1	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				2	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				3	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				4	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6
75	3	Amarillo	30	1	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				2	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				3	6,3	5,0	12,6	11,3	8,8	6,3
				4	8,4	6,7	16,8	15,1	11,8	8,4
100	4	Gris	40	1	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				2	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6
				3	8,4	6,7	16,8	15,1	11,8	8,4
				4	11,2	9,0	22,4	20,2	15,7	11,2
125	5	Rojo	40	1	3,5	2,8	7,0	6,3	4,9	3,5
				2	7,0	5,6	14,0	12,6	9,8	7,0
				3	10,5	8,4	21,0	18,9	14,7	10,5
				4	14,0	11,2	28,0	25,2	19,6	14,0

Pintura.

Para lograr una buena protección de la estructura es necesario seguir los siguientes pasos para su pintado.

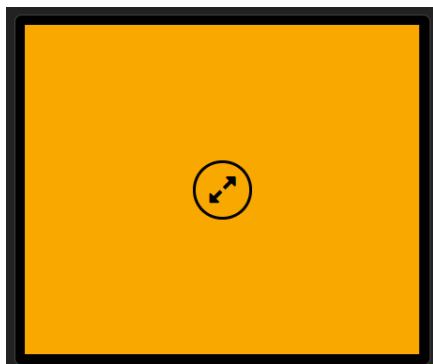
- Limpieza de superficie: Esto tiene como objetivo eliminar toda impureza que pueda ocasionar fallas permanentes en el sistema de protección con pinturas. Proporcionar una superficie que pueda impregnarse fácilmente, la cual provea una buena adherencia del recubrimiento aplicado.








Para ello es necesario utilizar el método de limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (NACE 1/SSPC – SP5) en el cual, la superficie se define como una superficie con color uniforme gris blanco metálico, ligeramente rugosa y con un conveniente perfil de anclaje para la pintura. La superficie quedara libre de aceite, grasa, suciedad, cascarilla de laminación, herrumbre, productos de corrosión, óxidos, pintura o cualquier otra materia extraña.



La superficie limpiada con chorro debe ser tratada o imprimada antes de que se oxide. De otra manera, los beneficios de la limpieza por chorro se perderían. El metal desnudo recientemente expuesto se oxidara rápidamente bajo condiciones de alta humedad, punto de rocío o atmosfera corrosiva. Bajo condiciones atmosféricas normales y suaves, la mejor práctica es imprimir o tratar químicamente dentro de las 6 horas después de la limpieza. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse que el acero se oxide antes de pintarlo, para ello se debe tener cuidado con el tiempo que transcurre entre la limpieza y la aplicación del imprimante.

- Primera capa: Debe ser aplicado un imprimante anticorrosivo o también conocido como base anticorrosiva la cual es aplicada directamente sobre el metal. La misma tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propias para ser pintada con otros acabados.
- Segunda capa: Sello epóxico aducto amina – trietilen tetra amina, esta capa tiene la finalidad de proteger a la primera capa de pintura, a su vez ser una barrera contra el ingreso de humedad, proveer cuerpo al recubrimiento frente a golpes o rasguños y proporcionar una buena adherencia para la capa final.
- Capa final: Para esta capa se debe aplicar un esmalte de alto brillo como por ejemplo un poliéster hidroxilado de color Amarillo señal. Y en color negro grande y visible la capacidad de elevación de la grúa (6 ton).



Código HEX:	#f9a800	
Código RGB		
Rojo:	249 (98%)	
Verde:	168 (66%)	
Azul:	0 (0%)	
Código CMYK		
Cian:	0%	
Magenta:	35%	
Amarillo:	100%	
Negro:	0%	

Presupuesto

A continuación se muestra la lista de materiales con su respectivo costo por unidad y total.

Descripción	Precio por unidad	Cantidad	Precio final [U\$S]
Caño 4" Sch 40	48 U\$S/m	30 m	1440
Caño 6" Sch 40	87 U\$S/m	2 m	174
Caño 8" Sch 40	131 U\$S/m	7 m	917
Caño 10" Sch 40	150 U\$S/m	14 m	2100
Caño 8" Sch 80	200 U\$S/m	20 m	4000
Chapa 1" S.A.E 1020	405 U\$S/m2	1 m2	405
Chapa 1 1/2" S.A.E 1020	844 U\$S/m2	1/2 m2	422
Redondo 2 1/2" S.A.E 1045	45 U\$S/m	1 m	45
Redondo 2" S.A.E 1045	42 U\$S/m	1,6 m	67,2
Rodamiento cónico a rodillo	60 U\$S/uni	4	240
Retén LX9961	15 U\$S/uni	2	30
Retén LX5278	5 U\$S/uni	2	10
Bulón M20x80 Gr8.8	1,9 U\$S/uni	8	15,2
Tuerca de fijación KM10	19,57 U\$S/uni	2	39,14
Arandela de retención	5,25 U\$S/uni	2	10,5
Cable 6x19 26 mm Gr1960	12,83 U\$S/m	10 m	128,3
Cable 6x19 16 mm Gr1960	5,69 U\$S/m	15 m	85,35
Grampa G-450 1"	3,3 U\$S/uni	10	33
Grampa G-450 5/8"	1,35 U\$S/uni	24	32,4
Eslinga 100mm 2 capas	50 U\$S/uni	2	100
Cable subterráneo 2x2,5 mm2	1,2 U\$S/m	8 m	9,6
Cable subterráneo 3x6 mm2	3,94 U\$S/m	15 m	59
Termomagnetica 3 x 10A	25 U\$S/uni	1	25
Termomagnetica 2 x 2A	8 U\$S/uni	1	8
Disyuntor 4 x 40 A 30mA	85,5 U\$S/uni	1	85,5
Caja estanca IP 67	28 U\$S/uni	1	28
Polipasto FV4 10010	13500 U\$S/uni	1	13500
	Total		24009,19

Bibliografía

- Dubbel, H. (1969). *Manual del constructor de máquinas*. Buenos Aires: Labor.
- Mesny, M., & Cosme, H. (1977). *Elementos de máquinas: Métodos modernos de cálculo y diseño*. Buenos Aires: Marymar.
- Pisarenko, G., Yákovlev, A., & Matvéev, V. (1979). *Manual de resistencia de materiales*. Moscú: Mir.
- Zignoli, V. (s.f.). *Trasporti meccanici: técnica ed economia*. Milán: Ulrico Hoepli Milano.

Webgrafía

- CARDALDA S.A. Productos metalúrgicos. Recuperado el 01 de octubre de 2018 de: <http://www.cardalda.com.ar/#PRODUCTOS>
- FORVIS. Polipastos y accesorios para el izaje de cargas. Recuperado el 24 de septiembre de 2018 de: <http://www.forvis.com.ar/>
- ENG-TIPS. Intelligent work forums for engineering professionals. Recuperado el 14 de septiembre de 2018 de: <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=185540/>
- IPH GLOBAL. Fabricación de cables de acero y eslingas. Recuperado el 28 de septiembre de 2018 de <http://es.iphglobal.com/>
- THE CROSBY GROUP. Material handling solutions. Recuperado el 28 de septiembre de 2018 de: <https://www.thecrosbygroup.com/>
- ESAB – CONARCO. Equipos, máquinas y consumibles. Recuperado el 15 de septiembre de 2018 de: <https://www.esab.com.ar/>
- SKF. Rodamientos, sellos, lubricación, mecatrónica y servicios. Recuperado el 30 de septiembre de 2018 de: www.skf.com.ar/index.html/
- DBH. Di Benedetto Hnos S.A. Recuperado el 30 de septiembre de 2018 de: www.retenesdbh.com.ar/empresa.html/
- ECHEBERRÍA SUMINISTROS. Ferretería industrial. Recuperado el 30 de septiembre de 2018 de: www.echeberriasuministros.com/
- SCHNEIDER ELECTRIC. El especialista global en manejo de energía. Recuperado el 26 de septiembre de 2018 de: <https://www.schneider-electric.com.ar/es/>
- PRYSMIAN GROUP. Cables, sistemas de energía y soluciones en tendido. Recuperado el 26 de septiembre de 2018 de: <https://ar.prysmiangroup.com/>

ELECTROCITY. Materiales eléctricos. Recuperado el 26 de septiembre de 2018 de:
<https://www.electrocity.com.ar/>

SIKA COLOMBIA. Preparación de superficies metálicas. Recuperado el 01 de octubre de 2018
de: <https://col.sika.com/>

INGEMECANICA. Tratamiento y pintura de las superficies metálicas. Recuperado el 01 de
octubre de 2018 de: <https://ingemecanica.com/>



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay
INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Anexos I - Simulaciones.

Proyecto N°: PFC 1805A

**Autores: Lapalma, Guillermo.
Kautz, Diego.**

Tutor: Reynoso, Guillermo

**Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Carli, Carlos Aníbal**

AÑO 2018

Simulación del Mástil

Fecha: jueves, 30 de agosto de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático Mástil

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

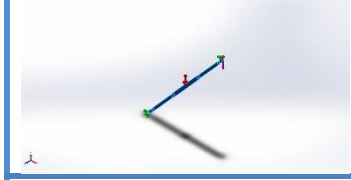
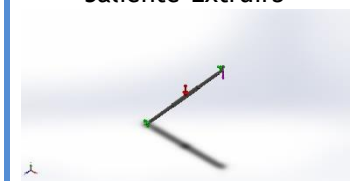
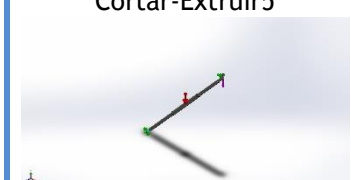
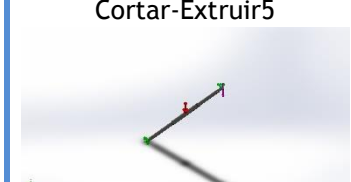
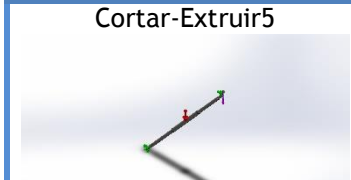
Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones	5
Información de contacto	6
Información de malla	7
Fuerzas resultantes	8
Resultados del estudio	9

Descripción

A continuación se procederá con la simulación a carga máxima del mástil, el mismo se encuentra en la posición normal de trabajo.



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:508.462 kg Volumen:0.0647722 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:4982.92 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:15.8906 N</p>
<p>Cortar-Extruir5</p> 	Sólido	<p>Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:31.0239 N</p>
<p>Cortar-Extruir5</p> 	Sólido	<p>Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:31.0239 N</p>
<p>Cortar-Extruir5</p> 	Sólido	<p>Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:31.0239 N</p>

Propiedades de estudio

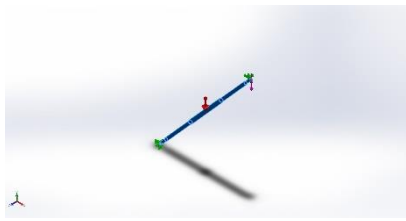
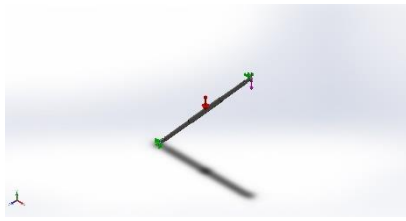
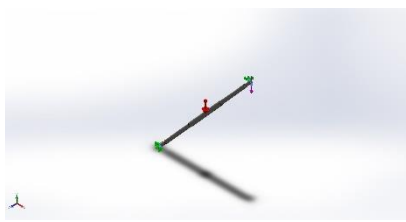
Nombre de estudio	Análisis estático Mástil
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

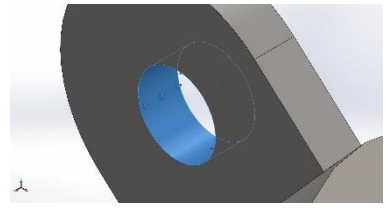
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

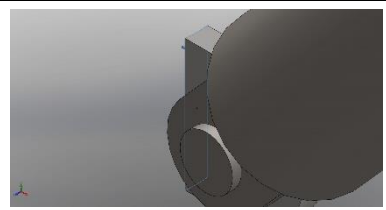
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+10 N/m²</p>	Sólido 1(Redondeo1)(Megamastil-1)
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-1)
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir5)(gancho tensor puntal-1), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(gancho tensor puntal-2), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(gancho tensor puntal-3)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-16828	87621.5	-0.215088	89222.8
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

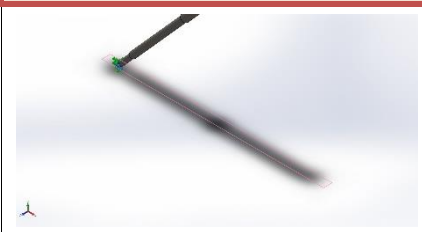
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-9.63196	-5216.7	-1.66551	5216.71
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija
----------------	---	--

Fuerzas resultantes

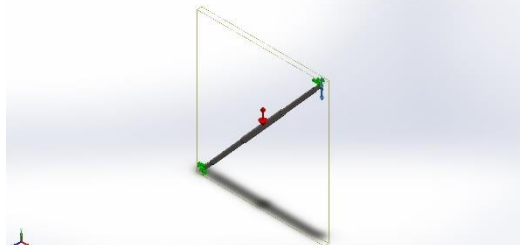
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	16836.4	25675.8	1.99535	30703.6
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s^2



Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -10500 kgf
----------	---	---

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

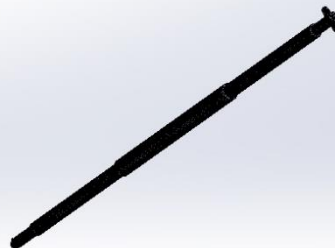
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	38.6435 mm
Tolerancia	1.93217 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	61151
Número total de elementos	30792
Cociente máximo de aspecto	70.057
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	8.52
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.65
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:11
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: Ensamblaje1
Nombre de estudio: Análisis estático Mastil(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1.23047	108081	0.114502	108081

Momentos de reacción

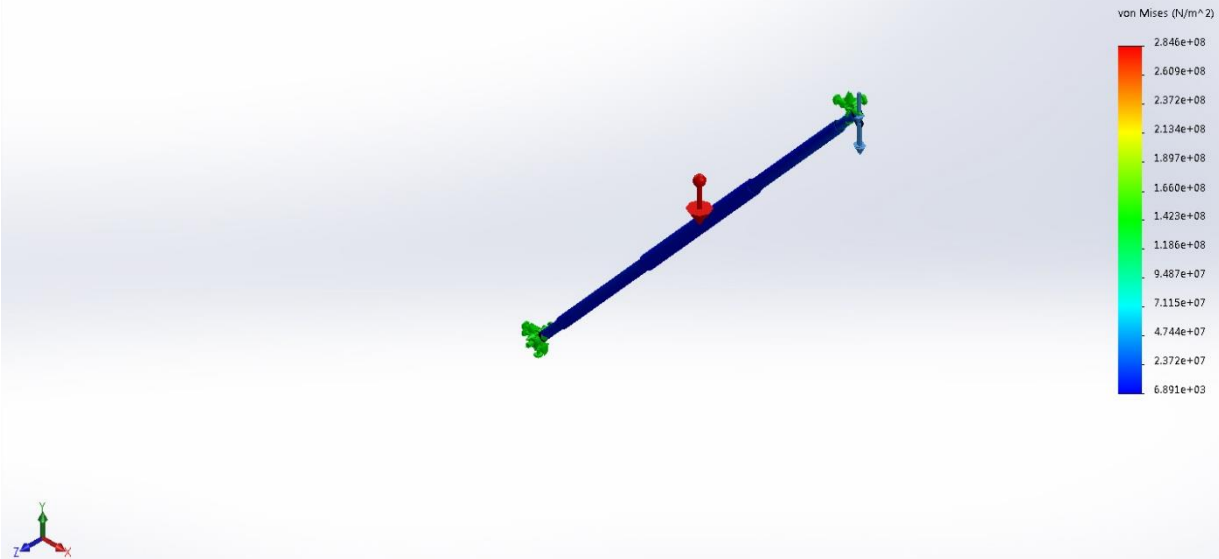
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.891e+03 N/m ² Nodo: 4910	2.846e+08 N/m ² Nodo: 60812

Nombre del modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Análisis estático Mastil(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

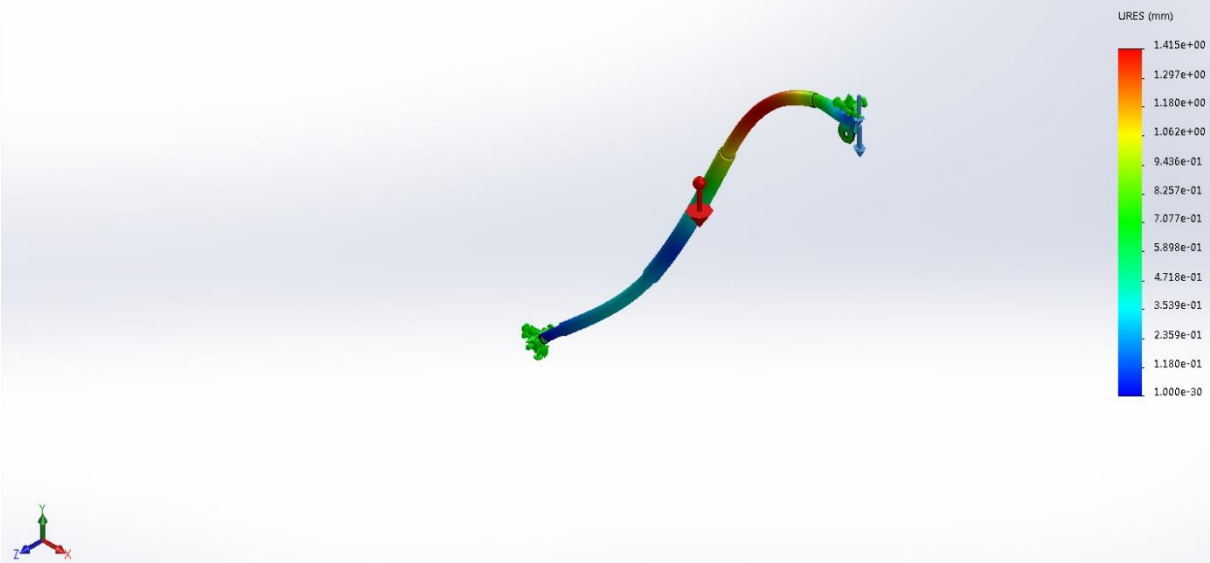


Ensamblaje1-Análisis estático Mastil-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 60353	1.415e+00 mm Nodo: 36341



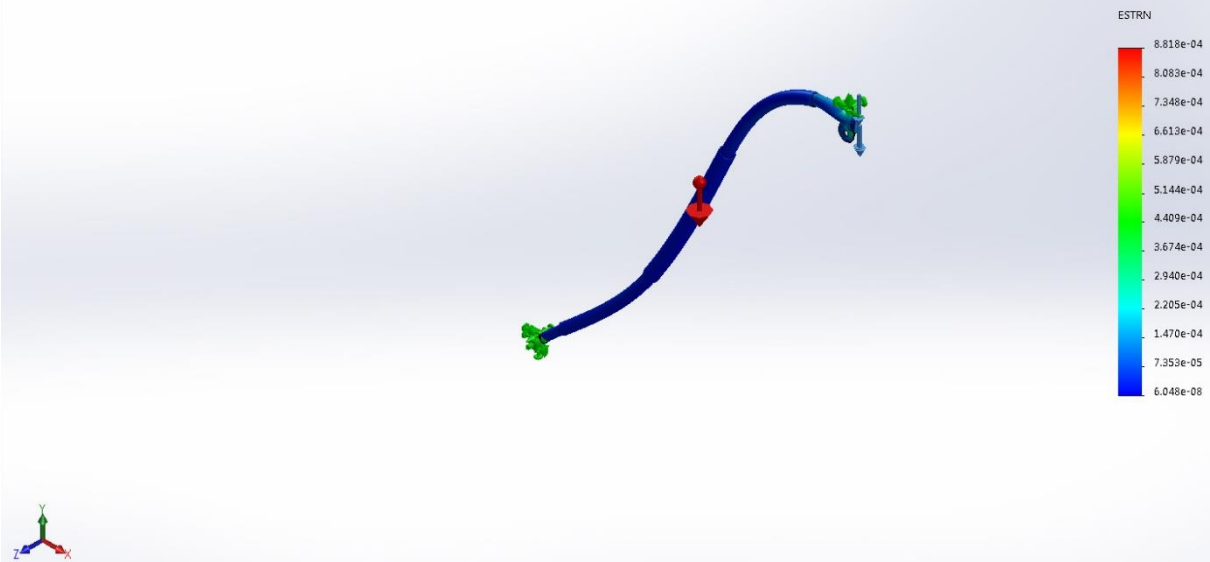
Nombre del modelo:Ensamblaje1
 Nombre de estudio:Análisis estático Mastil(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 675.302



Ensamblaje1-Análisis estático Mastil-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	6.048e-08 Elemento: 18911	8.818e-04 Elemento: 30553

Nombre del modelo:Ensamblaje1
 Nombre de estudio:Análisis estático Mastil(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 675.302



Ensamblaje1-Análisis estático Mastil-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



Simulación del Puntal

Fecha: miércoles, 05 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático



Descripción

A continuación se procederá con la simulación a carga máxima del puntal, el mismo se encuentra en la posición normal de trabajo.

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	¡Error! Marcador no definido.
Propiedades de estudio	2
Unidades	2
Propiedades de material.....	3
Cargas y sujeciones	4
Información de contacto.....	5
Información de malla	6
Fuerzas resultantes	7
Resultados del estudio	8



Propiedades de estudio

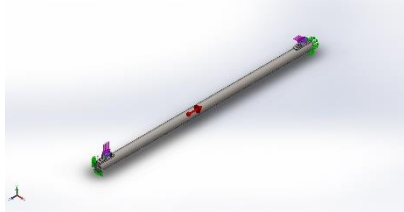
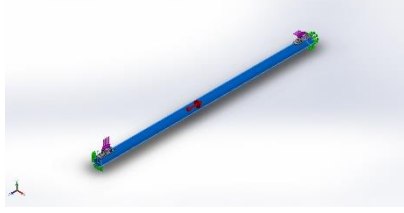
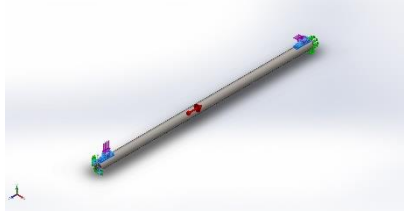
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+10 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Piezaf-1)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir15)(base pivote-1), Sólido 1(Saliente-Extruir15)(base pivote-2), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-1), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-2), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-1), Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-2), Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-2)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

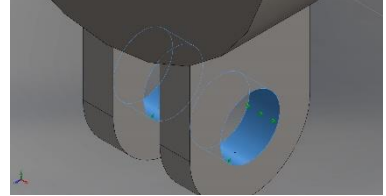
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	43.8873	94291.6	129922	160532
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Bisagra fija-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Bisagra fija
----------------	---	--

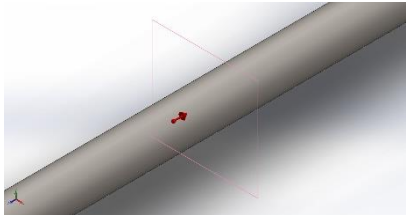
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-6084.21	24599.5	2852.09	25500.8
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

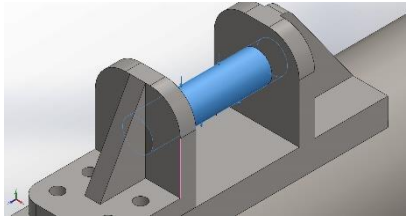
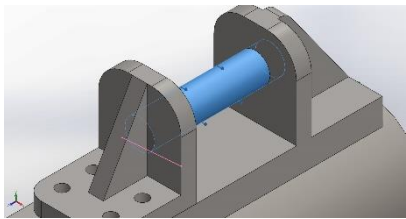
Bisagra fija-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Bisagra fija
----------------	---	--

Fuerzas resultantes

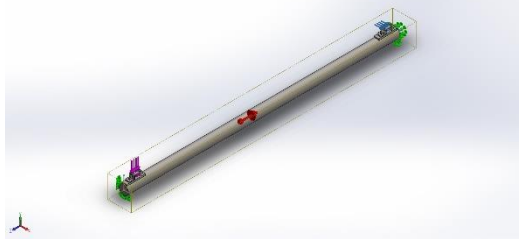
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	6043.74	62927.9	-27539.5	68955.6
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Alzado Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²



Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 9204 kgf
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 13780 kgf

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

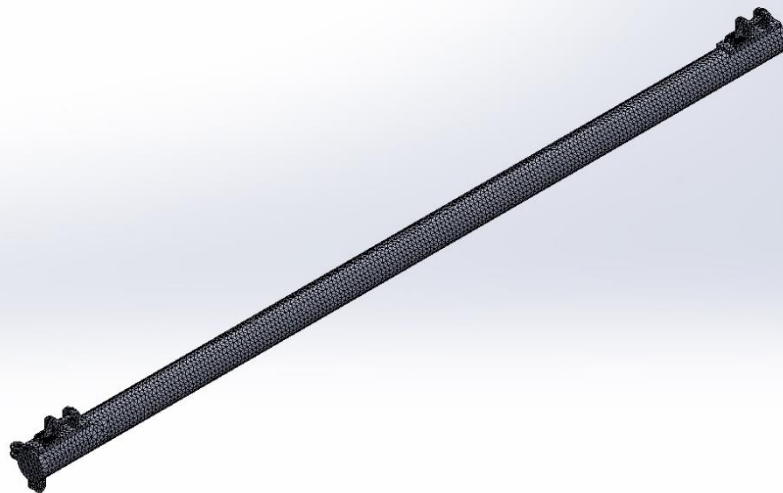
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	39.8705 mm
Tolerancia	1.99352 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	60136
Número total de elementos	30867
Cociente máximo de aspecto	16.163
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	13.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.47
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:14
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: Ensamblaje1
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	3.41766	181819	105235	210077

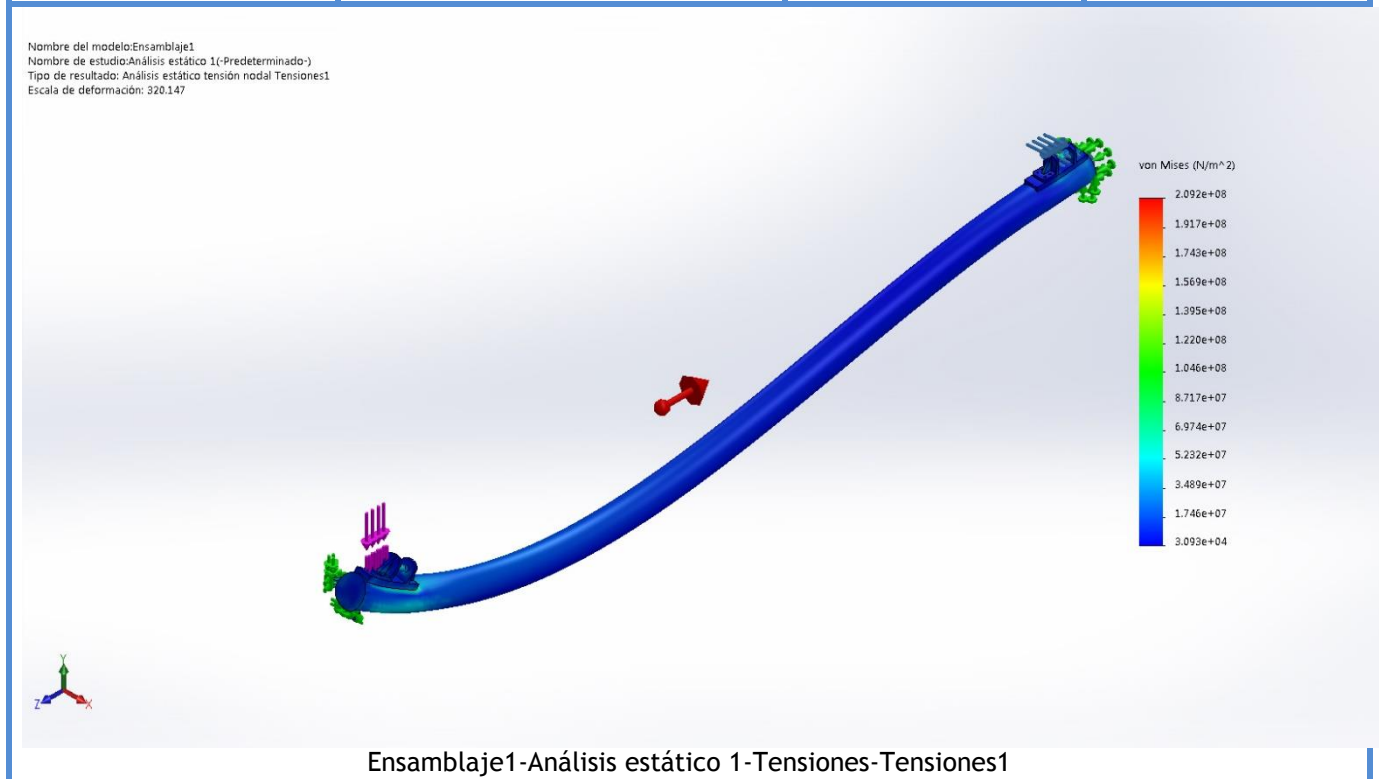
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

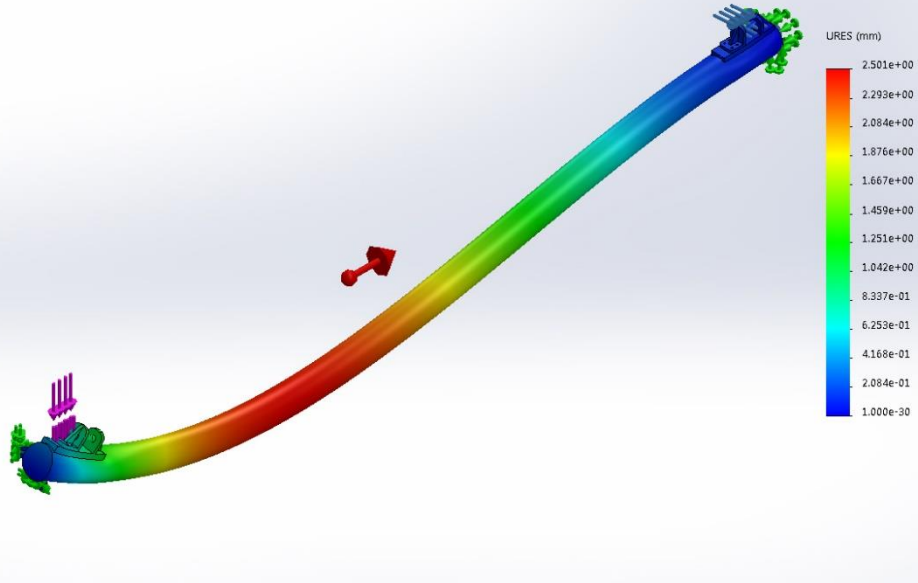
Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.093e+04 N/m ² Nodo: 44627	2.092e+08 N/m ² Nodo: 59775



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 944	2.501e+00 mm Nodo: 26135



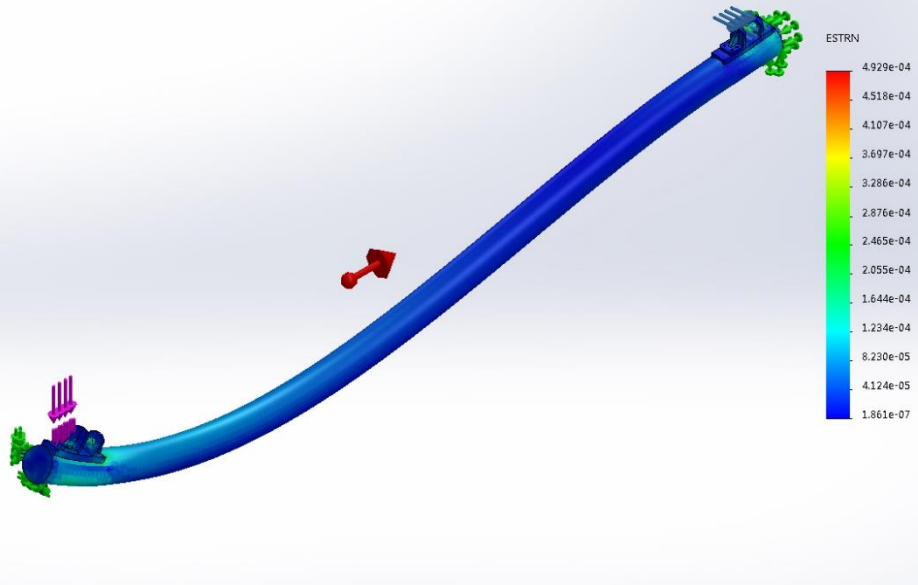
Nombre del modelo:Ensamblaje1
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 320.147



Ensamblaje1-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.861e-07 Elemento: 19631	4.929e-04 Elemento: 16034

Nombre del modelo:Ensamblaje1
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 320.147



Ensamblaje1-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





Simulación de Vientos rígidos

Fecha: miércoles, 12 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

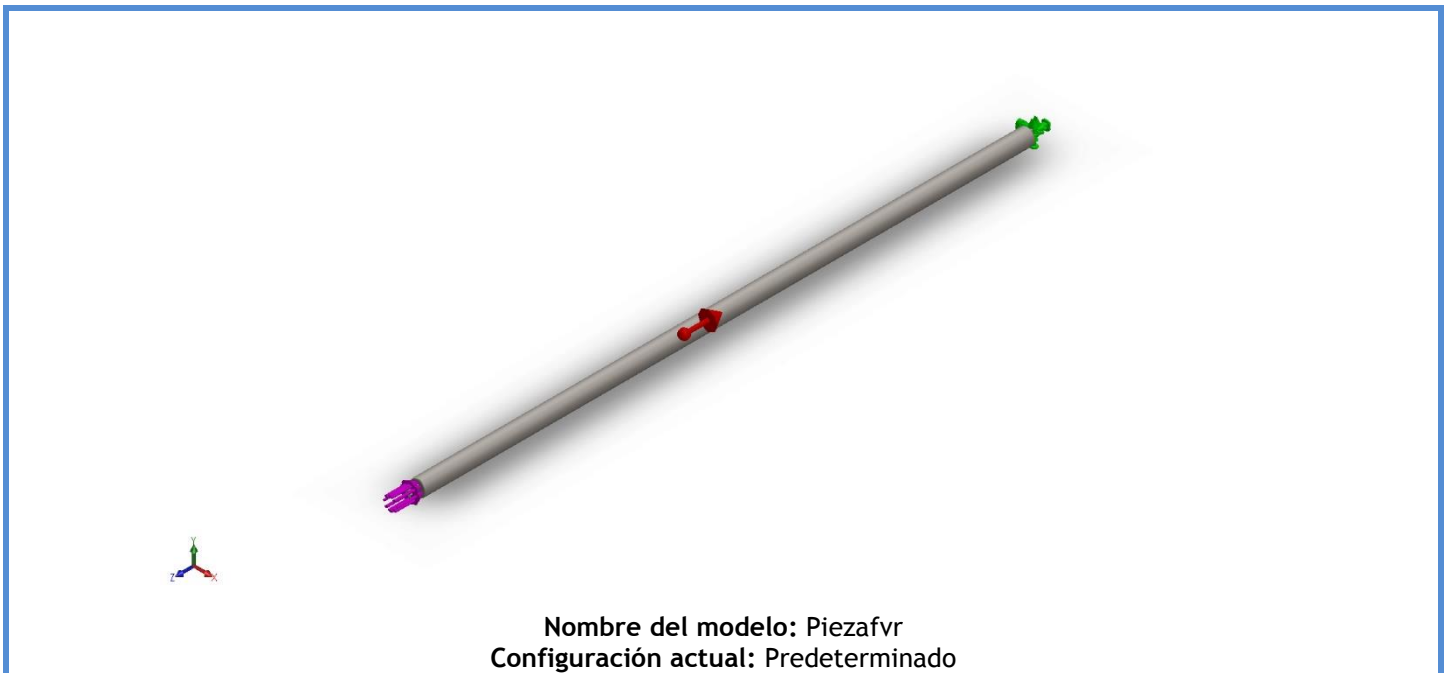
Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio	8

Descripción

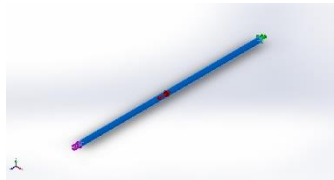
A continuación se procederá con la simulación a carga máxima de los vientos rígidos, el mismo se encuentra en la posición normal de trabajo.



Información de modelo



Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir3	Sólido	Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5435.8 N	C:\Users\Diego\Desktop\pieza\Piezafvr.SLDPRT Sep 8 15:27:57 2018



Propiedades de estudio

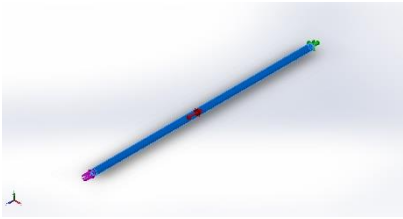
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

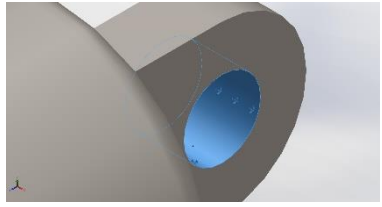
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

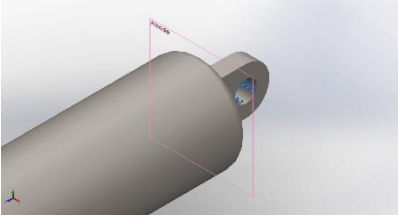
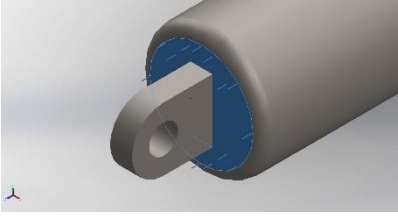


Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+08 N/m² Límite de tracción: 4e+08 N/m² Módulo elástico: 2e+11 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m³ Módulo cortante: 7.93e+10 N/m² </p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Piezafvr)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.0971903	-2.52631	208167	208167
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Gravedad-1		Referencia: Alzado Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s^2		
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 20672 kgf		

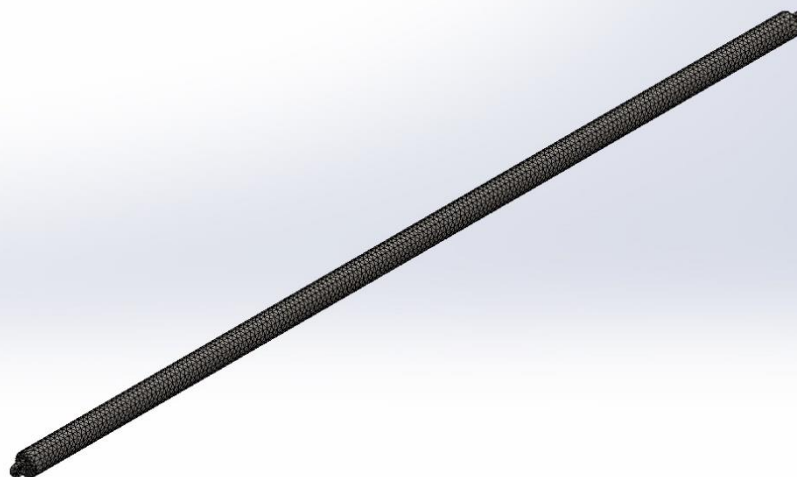
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	44.6386 mm
Tolerancia	2.23193 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	34256
Número total de elementos	17110
Cociente máximo de aspecto	5.6925
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	2.86
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: Piezafvr
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.0971903	-2.52631	208167	208167

Momentos de reacción

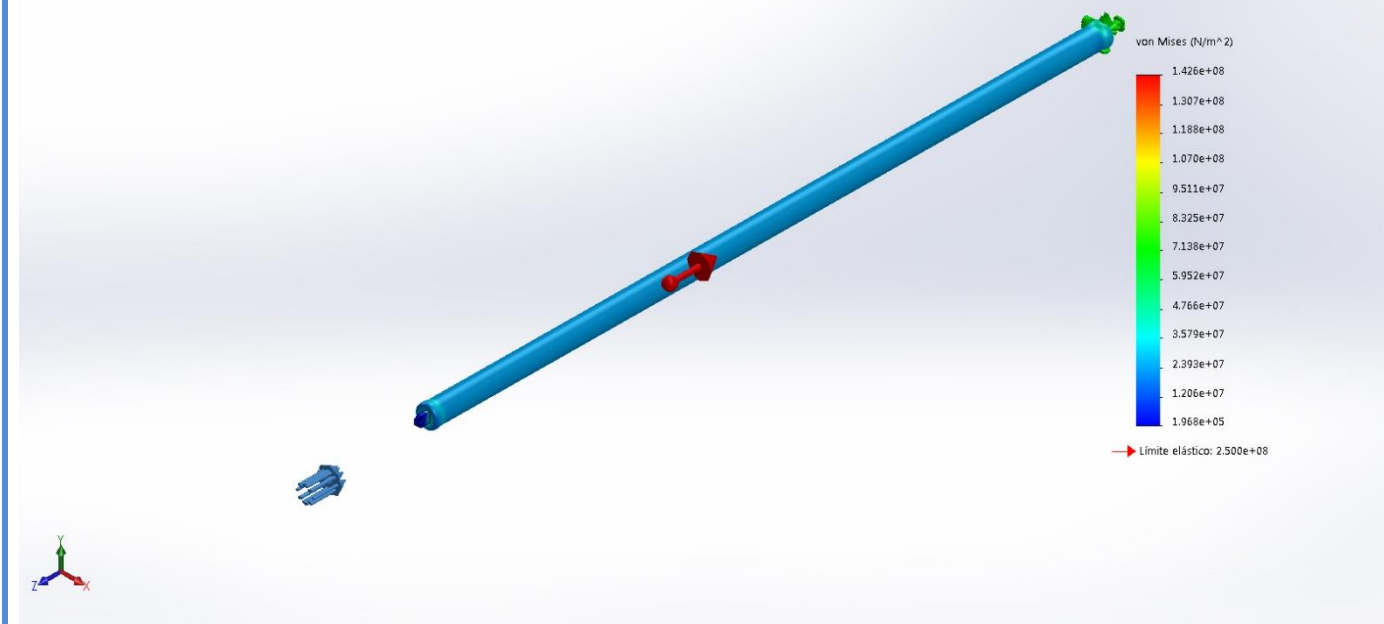
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.968e+05 N/m ² Nodo: 14173	1.426e+08 N/m ² Nodo: 19126

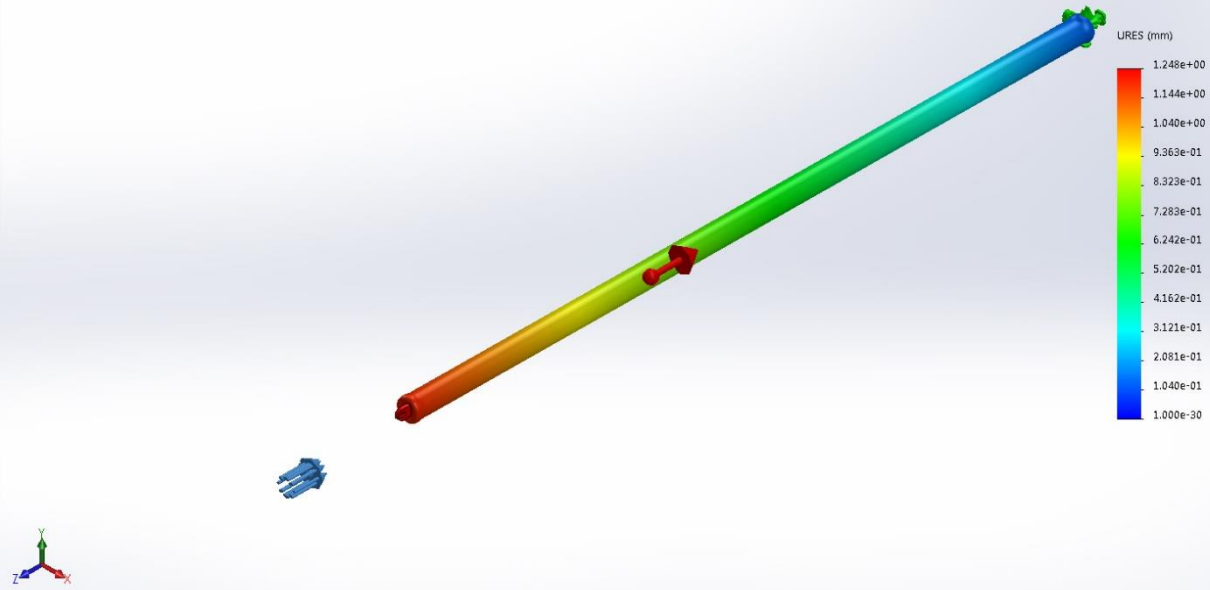
Nombre del modelo: Piezafvr
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 712.909



Piezafvr-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 69	1.248e+00 mm Nodo: 19026

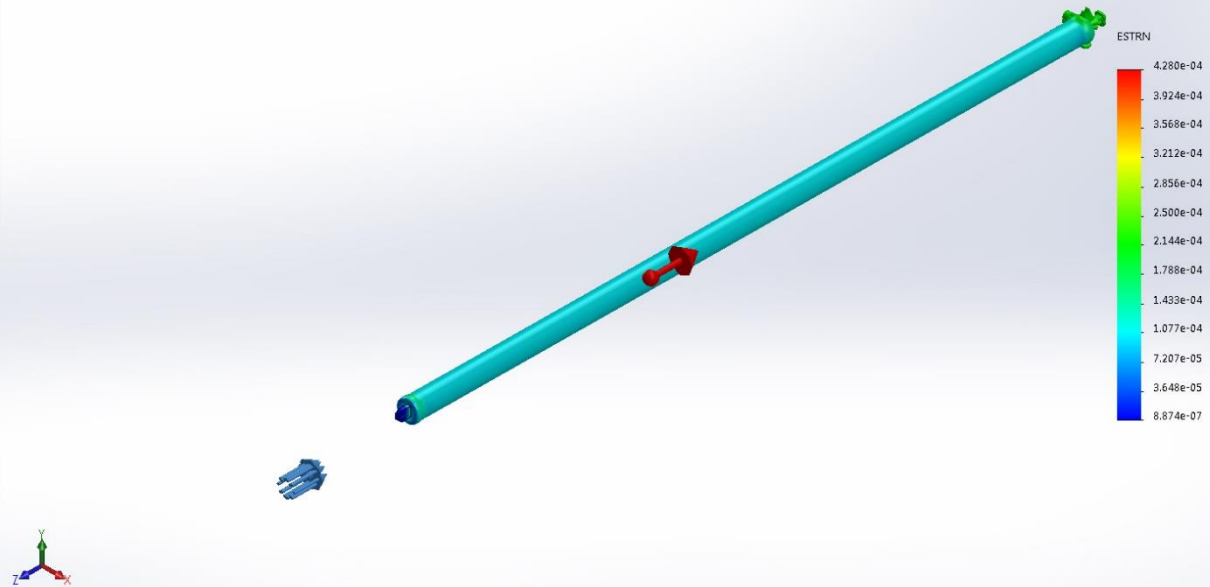
Nombre del modelo: Piezafvr
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 712.909



Piezafvr-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8.874e-07 Elemento: 10297	4.280e-04 Elemento: 13

Nombre del modelo: Piezafvr
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 712.909

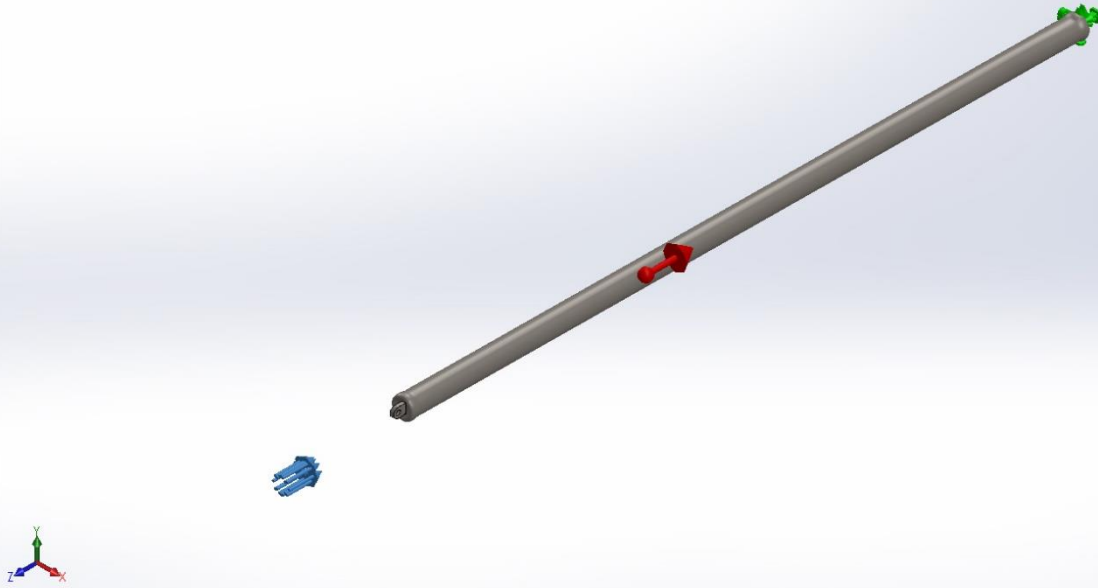


Piezafvr-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada



Nombre del modelo: Piezafvr
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos1[1]
Escala de deformación: 712.909



Piezafvr-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}



Simulación del Gancho Tensor - Puntal

Fecha: miércoles, 05 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 2

Tipo de análisis: Análisis estático

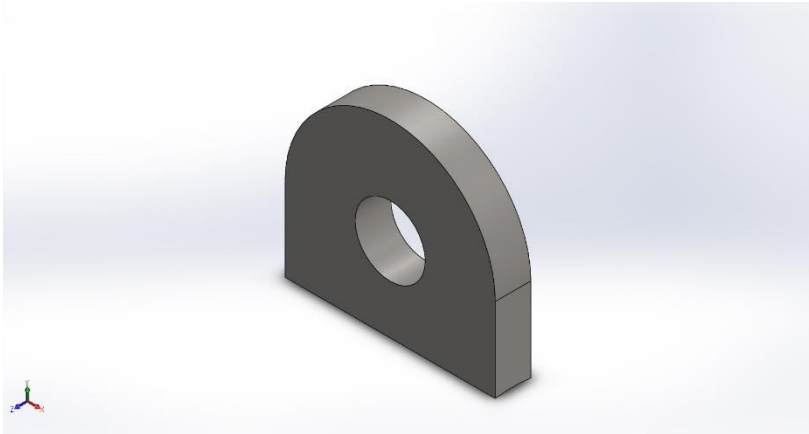


Tabla de contenidos

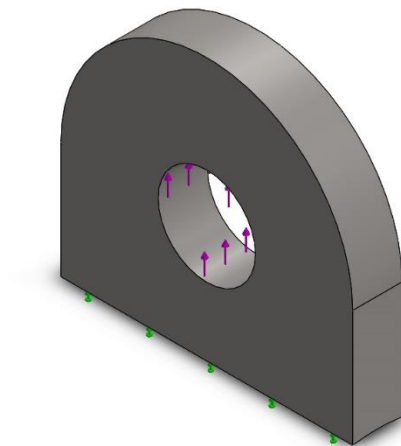
Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla	5
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio	7

Descripción

Se realizará la simulación del herraje que une el mástil con el polipasto y el mástil con el cable tensor, la simulación se realizará bajo carga máxima.

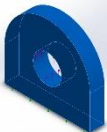


Información de modelo



Nombre del modelo: gancho tensor puntal
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N	C:\Users\Diego\Desktop\pieza\herrajes\gancho tensor puntal.SLDPRT Aug 30 18:11:48 2018



Propiedades de estudio

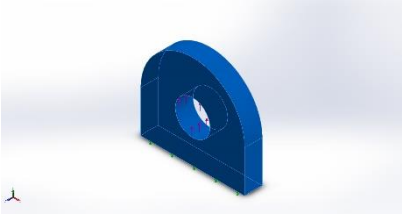
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

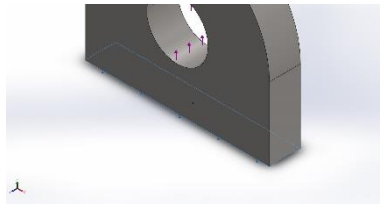
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

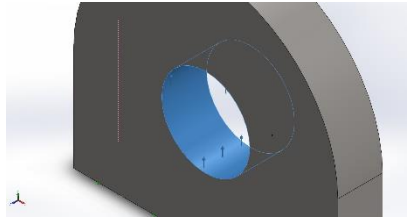


Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir5)(gancho tensor puntal)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.012414	-102970	0.0302544	102970
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Referencia: Arista < 1 ></p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -10500 kgf</p>



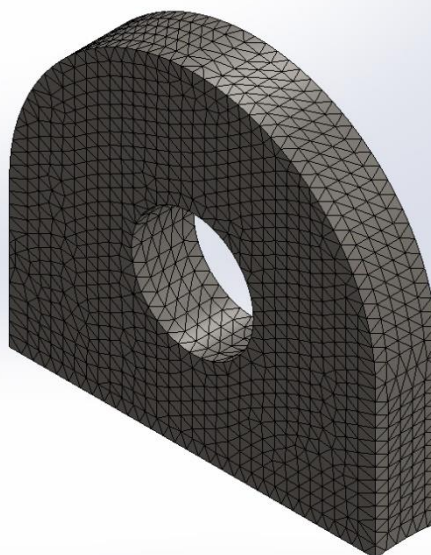
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.88555 mm
Tolerancia	0.244278 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	33966
Número total de elementos	22430
Cociente máximo de aspecto	3.6587
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: gancho tensor puntal
Nombre de estudio: Análisis estático Z-(Predeterminado)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.012414	-102970	0.0302544	102970

Momentos de reacción

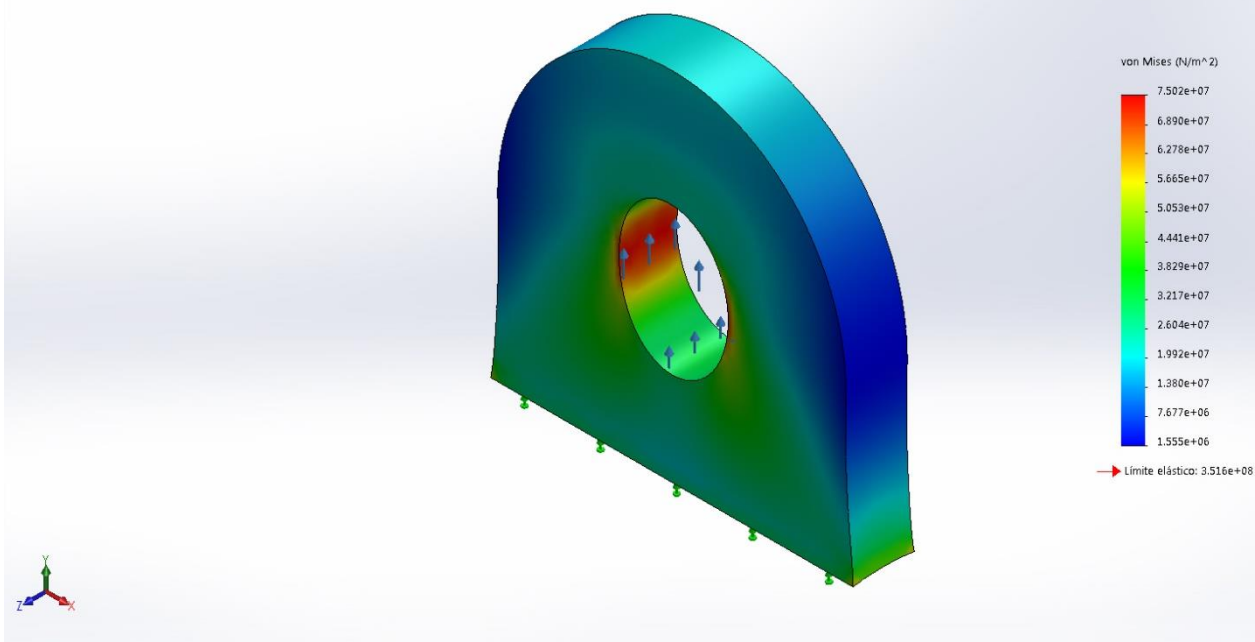
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.555e+06 N/m ² Nodo: 21720	7.502e+07 N/m ² Nodo: 30

Nombre del modelo: gancho tensor puntal
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 774.702

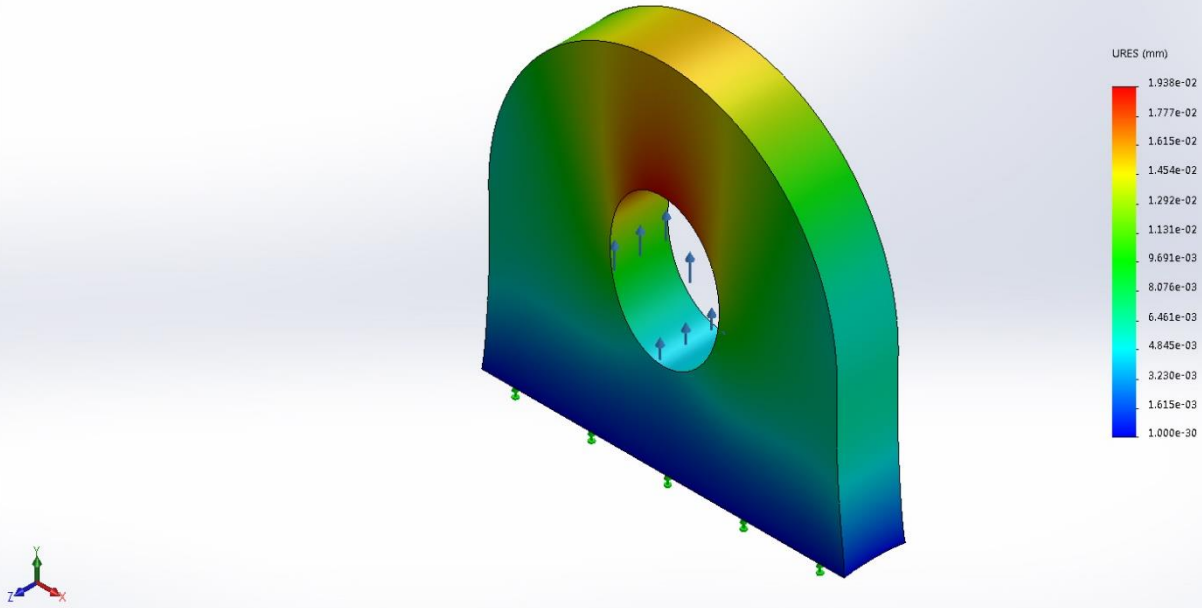


gancho tensor puntal-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 288	1.938e-02 mm Nodo: 1054



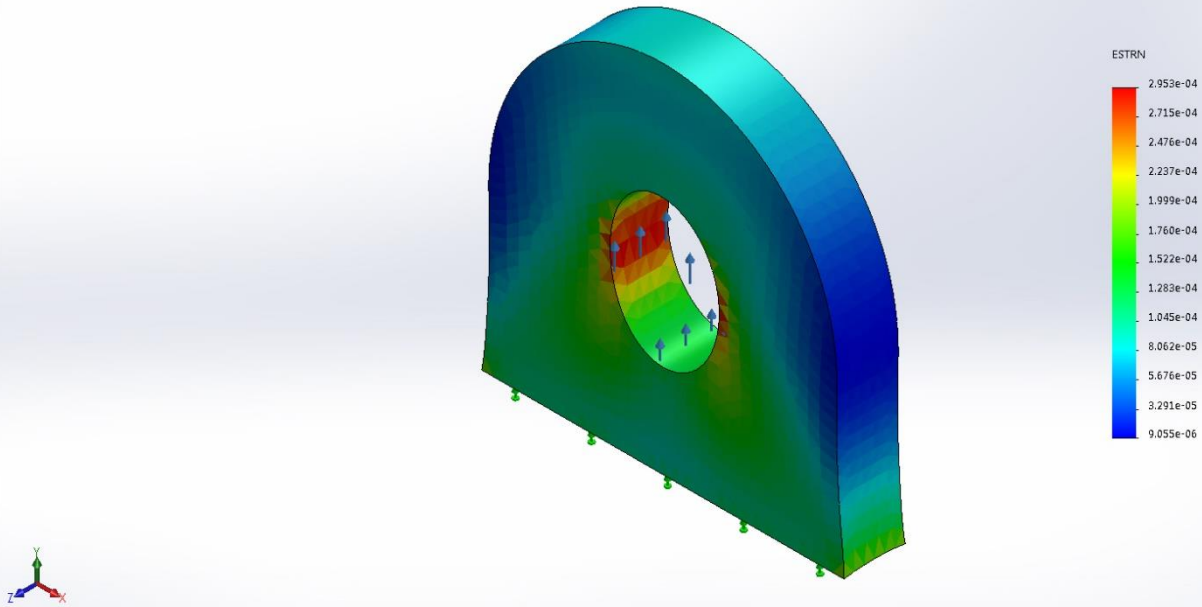
Nombre del modelo: gancho tensor puntal
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 774.702



gancho tensor puntal-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

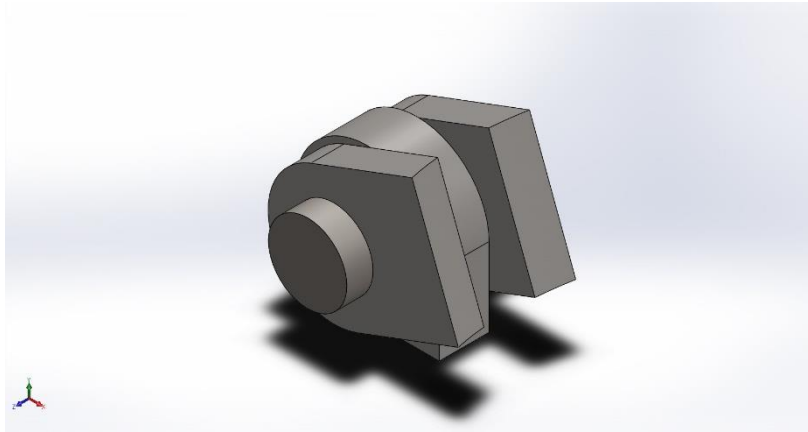
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.055e-06 Elemento: 5182	2.953e-04 Elemento: 17594

Nombre del modelo: gancho tensor puntal
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 774.702



gancho tensor puntal-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





Simulación del herraje viento - puntal.

Fecha: jueves, 30 de agosto de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático Perno vientos

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

A continuación se procederá con la simulación a carga máxima del herraje de unión de los vientos rígidos con el puntal, el mismo se encuentra en la posición normal de trabajo.

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material.....	4
Cargas y sujeciones	5
Información de contacto.....	5
Información de malla	6
Fuerzas resultantes	7
Resultados del estudio	8



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir9[2] 	Sólido	Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N
Cortar-Extruir9[1] 	Sólido	Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:2.82574 kg Volumen:0.000357689 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:27.6923 N

Propiedades de estudio

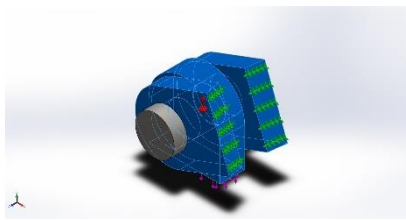
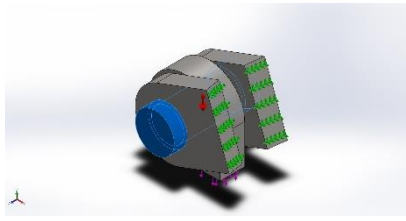
Nombre de estudio	Análisis estático Perno vientos
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

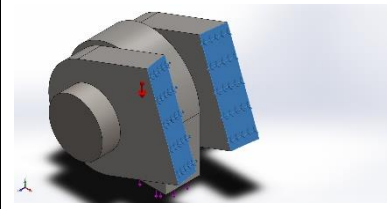
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

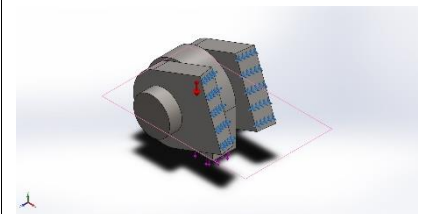
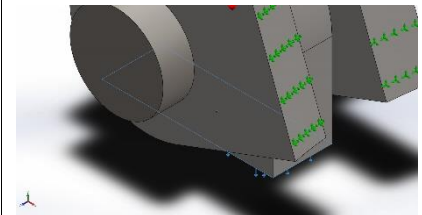


Propiedades de material

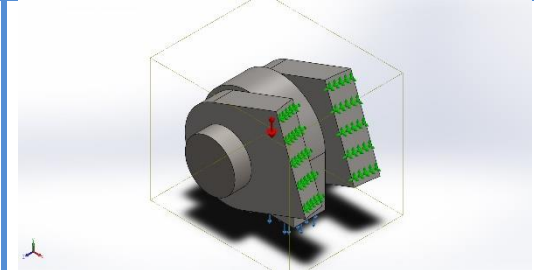
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-1),</p> <p>Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(vientos rigidos-1)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir3)(vientos rigidos 3-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-2.0166	202810	0.10437	202810
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -20672 kgf		

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible		



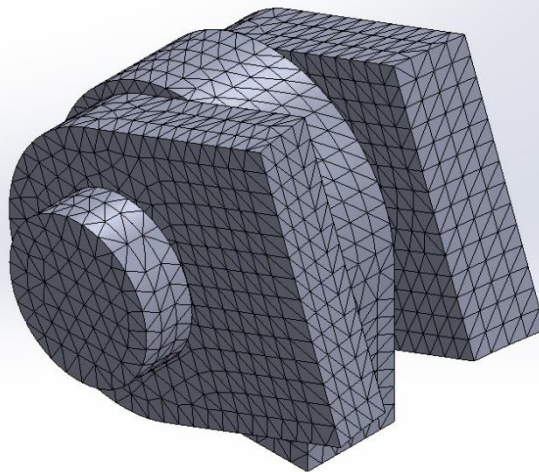
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	7.34679 mm
Tolerancia	0.367339 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	32996
Número total de elementos	21916
Cociente máximo de aspecto	66.317
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.338
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: Ensamblaje3
Nombre de estudio: Análisis estático Perno vientos(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-2.0166	202810	0.10437	202810

Momentos de reacción

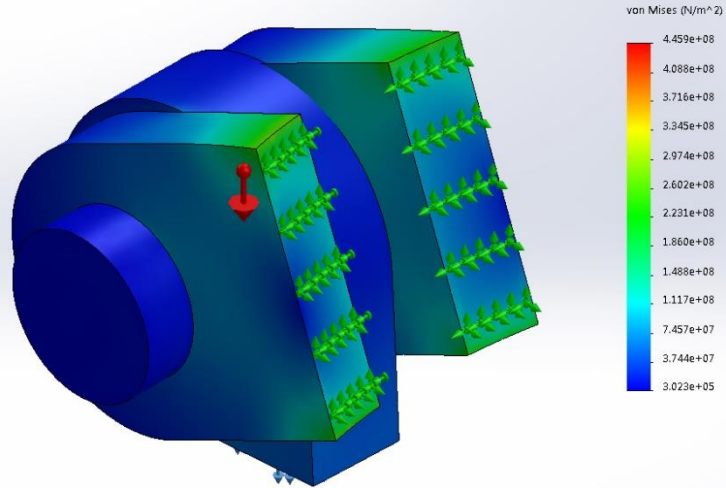
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.023e+05 N/m ² Nodo: 21616	4.459e+08 N/m ² Nodo: 23661

Nombre del modelo: Ensamblaje3
 Nombre de estudio: Análisis estático Perno vientos (-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 106.673

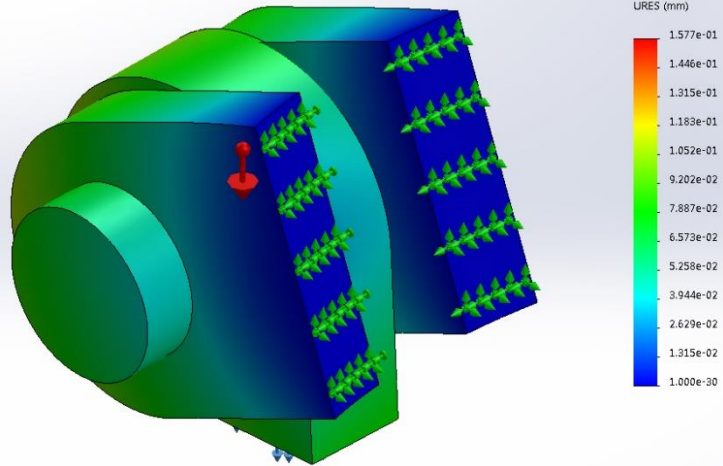


Ensamblaje3-Análisis estático Perno vientos-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 52	1.577e-01 mm Nodo: 23816



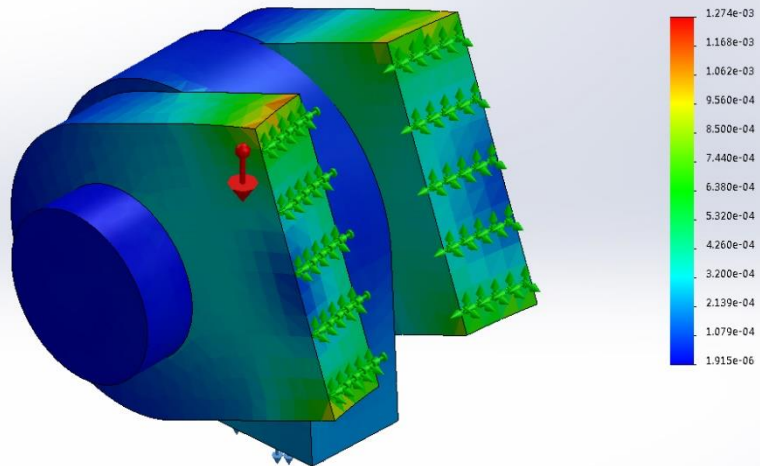
Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático Perno vientos(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 108.673



Ensamblaje3-Análisis estático Perno vientos-Desplazamientos-Desplazamientos1

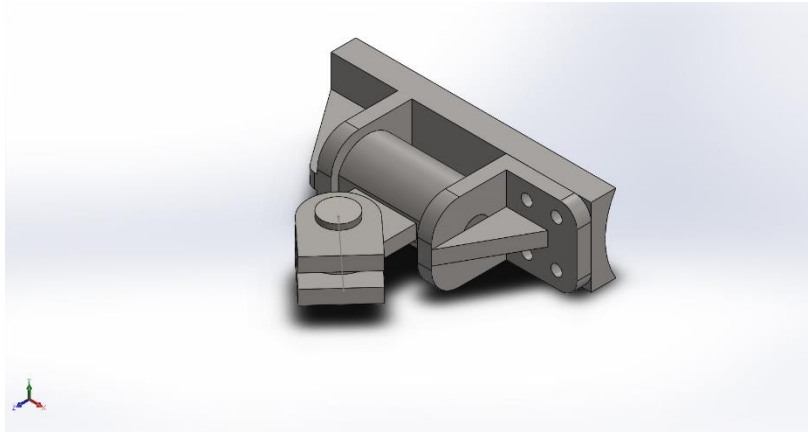
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.915e-06 Elemento: 4560	1.274e-03 Elemento: 11691

Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático Perno vientos(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 108.673



Ensamblaje3-Análisis estático Perno vientos-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





Simulación del herraje Mástil - Puntal.

Fecha: miércoles, 05 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 2

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones	5
Información de contacto	5
Información de malla	6
Detalles del sensor	7
Fuerzas resultantes	7
Resultados del estudio	8

Descripción

A continuación se procederá con la simulación a carga máxima del herraje de unión del mástil con el puntal, el mismo se encuentra en la posición normal de trabajo.

Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:33.3522 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:15.8906 N</p>
<p>Saliente-Extruir14</p> 	Sólido	<p>Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:213.687 N</p>
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:79.6836 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:122.155 N</p>
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:2.43564 kg Volumen:0.000308309 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:23.8693 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:2.43564 kg Volumen:0.000308309 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:23.8693 N</p>

Propiedades de estudio

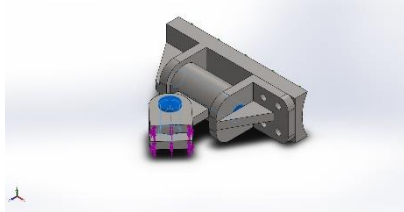
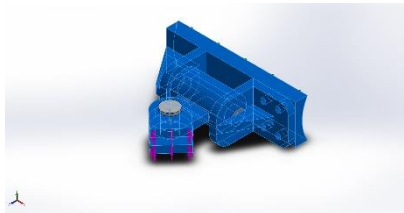
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

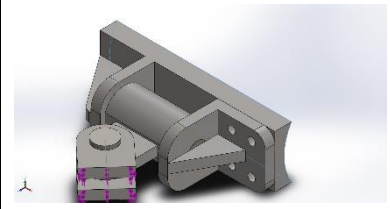
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

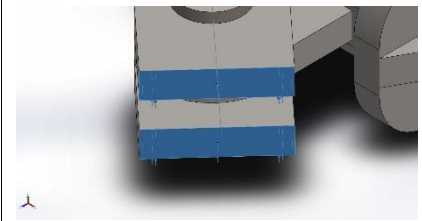


Propiedades de material

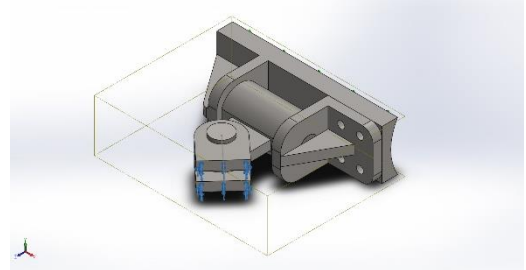
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-1)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir14)(base pivote-1), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-1), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-1), Sólido 1(Redondeo2)(herraje mastil-1), Sólido 2(Redondeo1)(herraje mastil-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	100135	-471.453	92239	136144
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 13882.8 kgf		

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto	
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible	



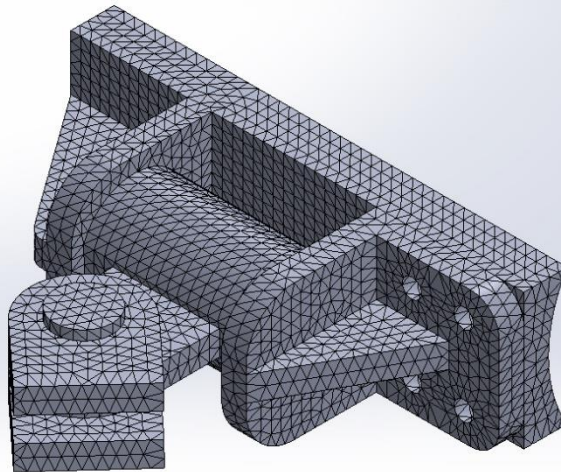
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	10.8005 mm
Tolerancia	0.540026 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	62928
Número total de elementos	41183
Cociente máximo de aspecto	46.948
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.141
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DIEGO-PC

Nombre del modelo: Ensamblaje simulacion herraje
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de malla: Malla sólida



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	100135	-471.453	92239	136144

Momentos de reacción

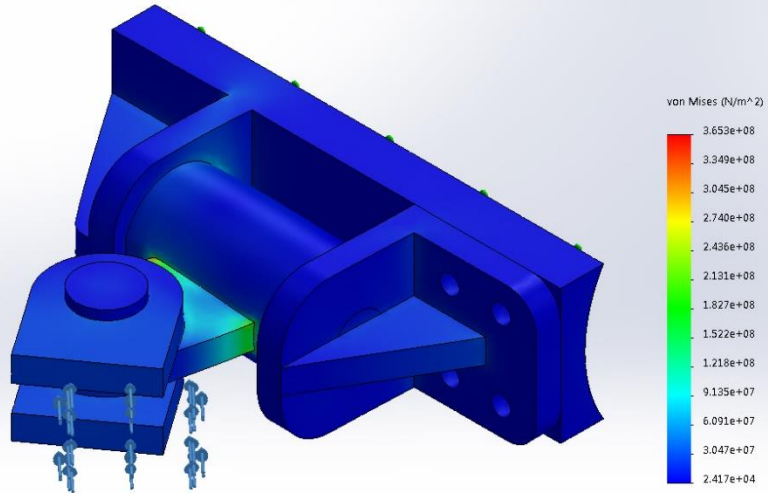
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.417e+04 N/m ² Nodo: 8046	3.653e+08 N/m ² Nodo: 52552

Nombre del modelo: Ensamblaje simulacion herraje
 Nombre de estudio: Análisis estático 2 (-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 206.77

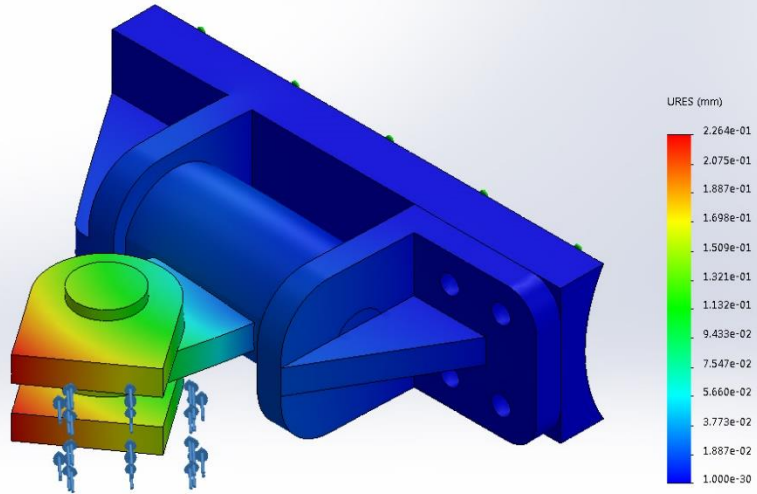


Ensamblaje simulacion herraje-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 8030	2.264e-01 mm Nodo: 60173



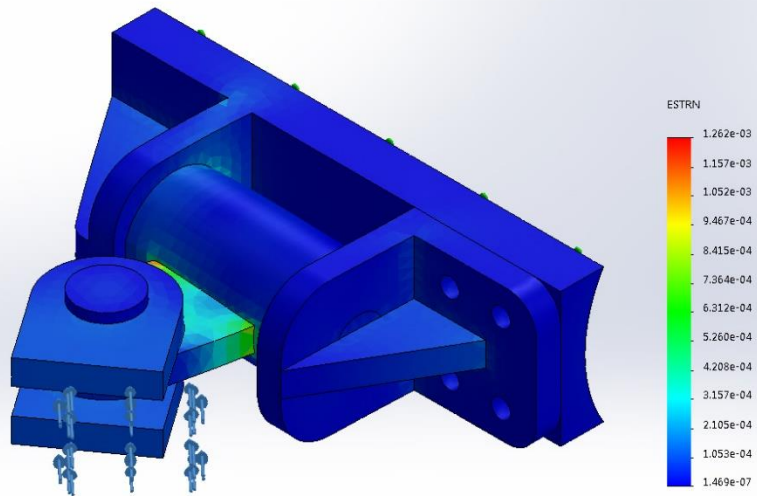
Nombre del modelo:Ensamblaje simulacion herraje
 Nombre de estudio:Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 206.77



Ensamblaje simulacion herraje-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.469e-07 Elemento: 26826	1.262e-03 Elemento: 31082

Nombre del modelo:Ensamblaje simulacion herraje
 Nombre de estudio:Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 206.77



Ensamblaje simulacion herraje-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



Simulación de Ensamblaje 90°

Fecha: miércoles, 12 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	5
Unidades	5
Propiedades de material	6
Cargas y sujeciones.....	8
Información de contacto	9
Información de malla	10
Fuerzas resultantes.....	11
Resultados del estudio	12

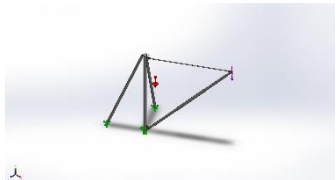
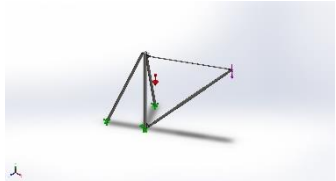
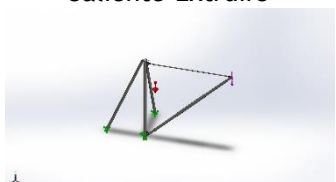
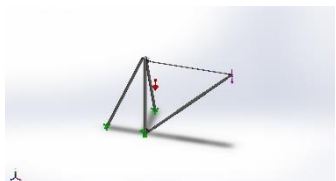
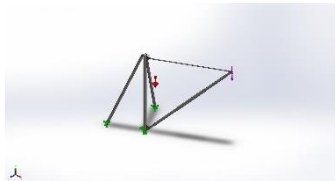


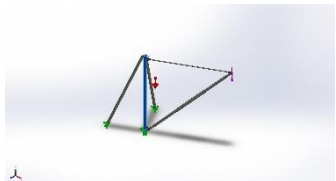
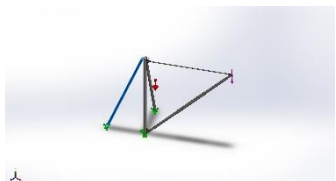
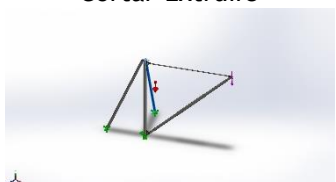
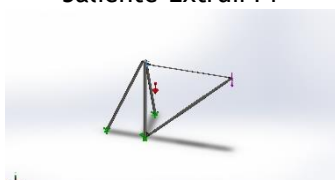
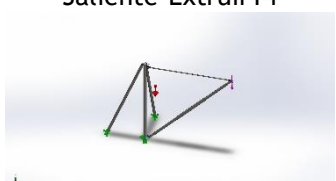


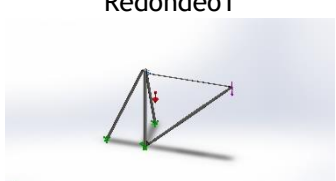
Descripción

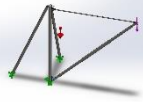
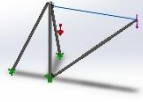
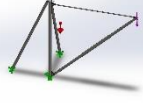
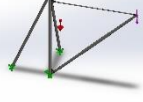
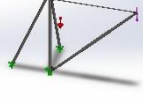
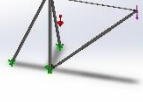
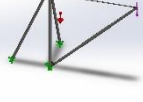
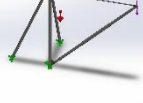
A continuación se realizará la simulación de la grúa en la posición de 90°, el mismo se realiza bajo carga máxima.



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Redondeo1	Sólido	Masa:508.462 kg Volumen:0.0647722 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:4982.92 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N

<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:515.571 kg Volumen:0.0656779 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:5052.6 N</p>
<p>Cortar-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:5435.8 N</p>
<p>Cortar-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:5435.8 N</p>
<p>Saliente-Extruir14</p> 	Sólido	<p>Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:213.687 N</p>
<p>Saliente-Extruir14</p> 	Sólido	<p>Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:213.687 N</p>
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:79.6836 N</p>
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:79.6836 N</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:122.155 N</p>

<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:122.155 N</p>
<p>Cortar-Extruir4</p> 	Sólido	<p>Masa:223.11 kg Volumen:0.0284217 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2186.48 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[2]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[2]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>

Propiedades de estudio

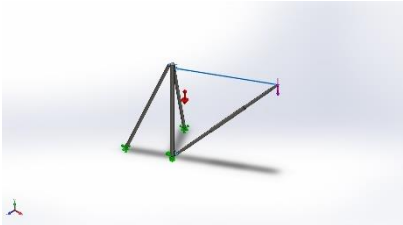
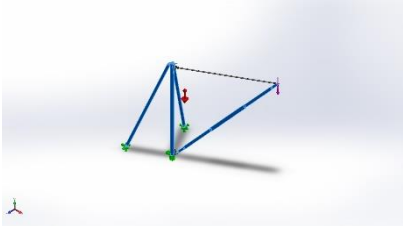
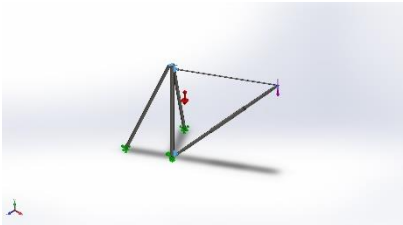
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



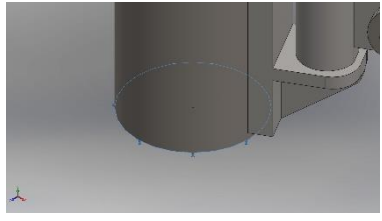
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-2), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-2), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-3), Sólido 1(Cortar-Extruir4)(similcable-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(vientos rigidos 3-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(vientos rigidos 3-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+10 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1)(Mastil-1/Megamastil-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Piezaf-2), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Piezafvr-1), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Piezafvr-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-1), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-2), Sólido 1(Saliente-Extruir14)(base pivote-1), Sólido 1(Saliente-Extruir14)(base pivote-2), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-1), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-2), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-1), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-2), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-1), Sólido 2(Cortar-</p>

		Extruir9[1])(vientos rigidos 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-2), Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-2)
Datos de curva:N/A		

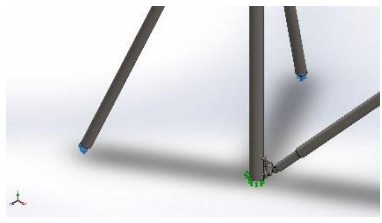


Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

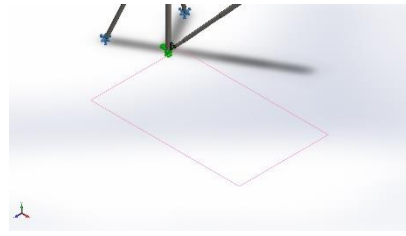
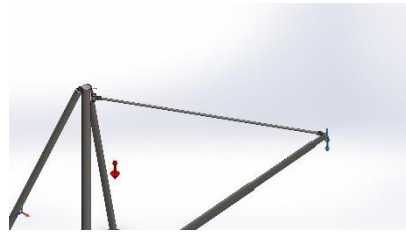
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	81777.2	346212	-48197.1	358989
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

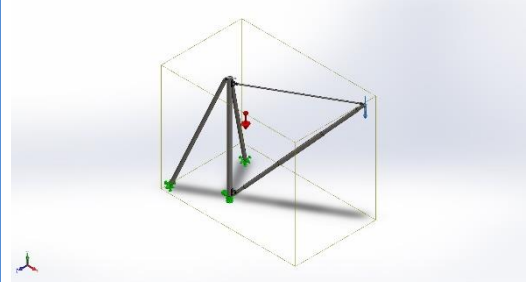
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-81781.9	-216512	48196.3	236408
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -10500 kgf



Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global	 A 3D CAD model showing a rigid union contact between two parts. The parts are represented by black lines forming a triangular structure within a wireframe rectangular box. Green and red arrows indicate the contact points and directions. A small 3D coordinate system icon is visible in the bottom-left corner of the image area.	Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

Información de malla

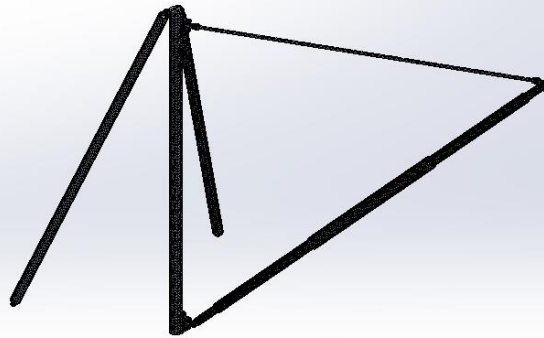
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	72.9326 mm
Tolerancia	3.64663 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	100216
Número total de elementos	51802
Cociente máximo de aspecto	240.29
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	13.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	4.28
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:16
Nombre de computadora:	DIEGO-PC



Nombre del modelo: Ensamblaje3
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado)
 Tipo de malla: Malla sólida



Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1		Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 48.3178 Coefficiente: 1.5

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-4.68478	129700	-0.740234	129700

Momentos de reacción

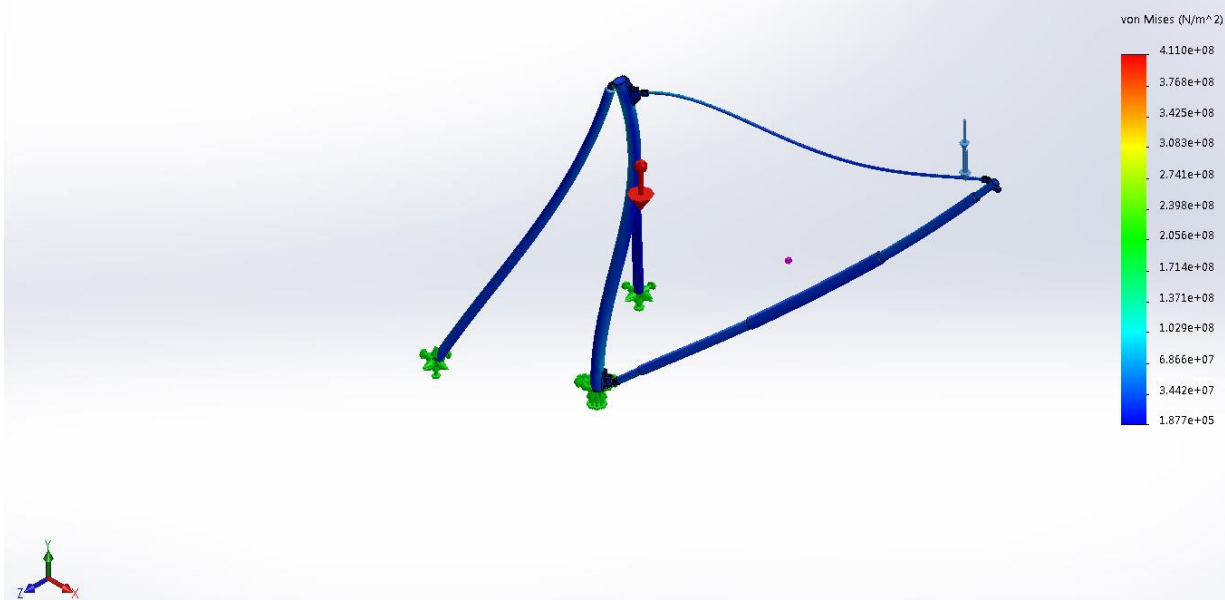
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.877e+05 N/m ² Nodo: 50639	4.110e+08 N/m ² Nodo: 73675

Nombre del modelo: Ensamblaje3
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 66.1996

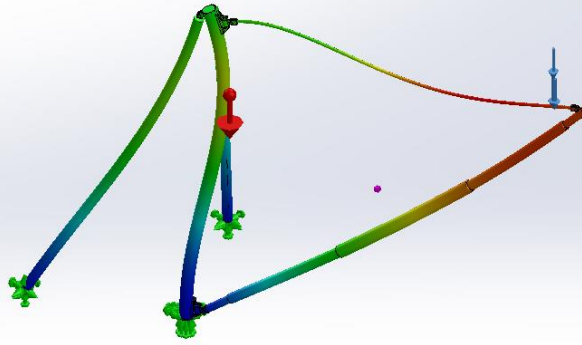
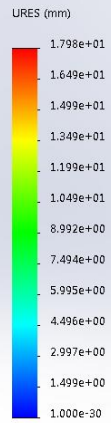


Ensamblaje3-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 43879	1.798e+01 mm Nodo: 94885



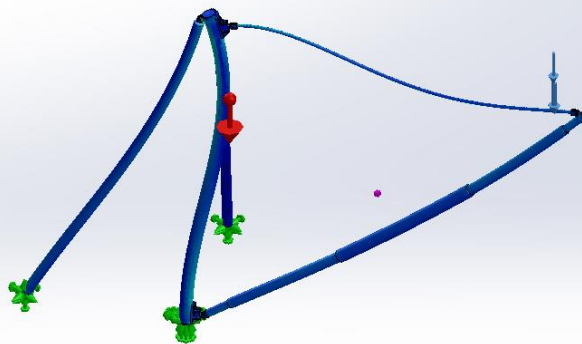
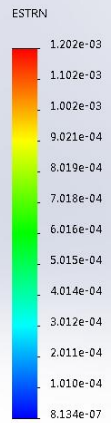
Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 66.1896



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8.134e-07 Elemento: 45547	1.202e-03 Elemento: 34014

Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 66.1896



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



Simulación de Ensamblaje 180°

Fecha: miércoles, 12 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	5
Unidades	5
Propiedades de material	6
Cargas y sujeciones.....	8
Información de contacto	9
Información de malla	9
Fuerzas resultantes.....	10
Resultados del estudio	11







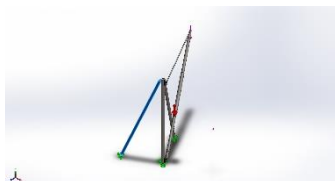






Descripción


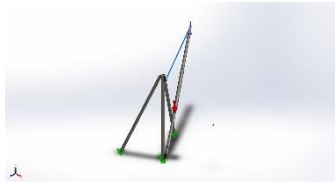
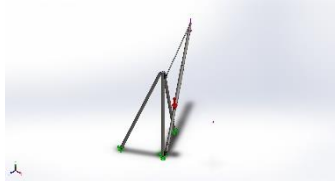
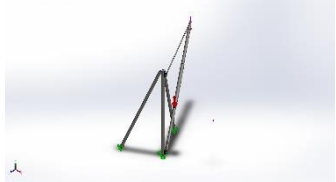
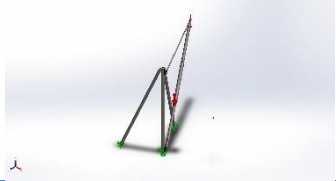



A continuación se realizará la simulación de la grúa en la posición de 180°, el mismo se realiza bajo carga máxima.



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Redondeo1	Sólido	Masa:508.462 kg Volumen:0.0647722 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:4982.92 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N

Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:515.571 kg Volumen:0.0656779 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5052.6 N
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5435.8 N
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5435.8 N
Saliente-Extruir14 	Sólido	Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:213.687 N
Saliente-Extruir14 	Sólido	Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:213.687 N
Redondeo2 	Sólido	Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:79.6836 N
Redondeo2 	Sólido	Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:79.6836 N
Redondeo1 	Sólido	Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:122.155 N

 <p>Redondeo1</p>	Sólido	<p>Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:122.155 N</p>
 <p>Cortar-Extruir4</p>	Sólido	<p>Masa:223.11 kg Volumen:0.0284217 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2186.48 N</p>
 <p>Cortar-Extruir9[2]</p>	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
 <p>Cortar-Extruir9[1]</p>	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
 <p>Cortar-Extruir9[2]</p>	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
 <p>Cortar-Extruir9[1]</p>	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
 <p>Saliente-Extruir3</p>	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>
 <p>Saliente-Extruir3</p>	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>

Propiedades de estudio

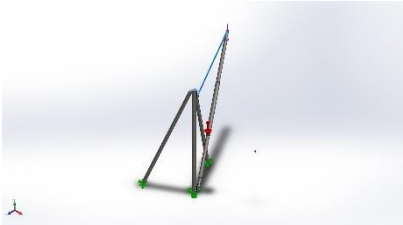
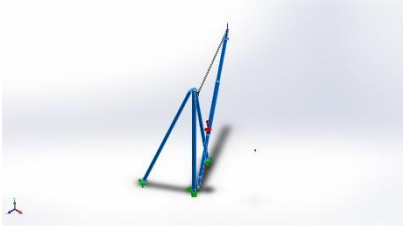
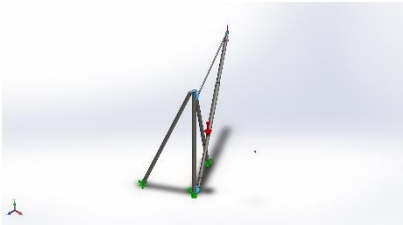
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Diego\Desktop\pieza\herrajes)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Eje-2), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-2), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Perno unico-3), Sólido 1(Cortar-Extruir4)(similcable-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(vientos rigidos 3-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(vientos rigidos 3-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+10 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1)(Mastil-1/Megamastil-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Piezaf-2), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Piezafvr-1), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Piezafvr-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-1), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-2), Sólido 1(Saliente-Extruir14)(base pivote-1), Sólido 1(Saliente-Extruir14)(base pivote-2), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-1), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-2), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-1), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-2), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-1), Sólido 2(Cortar-</p>

		Extruir9[1])(vientos rigidos 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-2), Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-2)
Datos de curva:N/A		

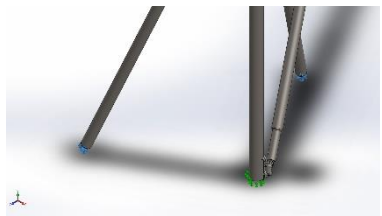


Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

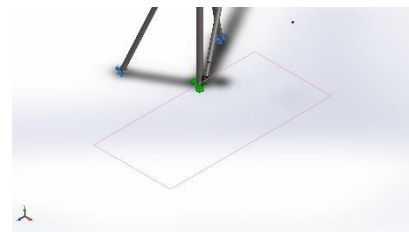

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-47960.1	-101246	-82770.1	139290
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

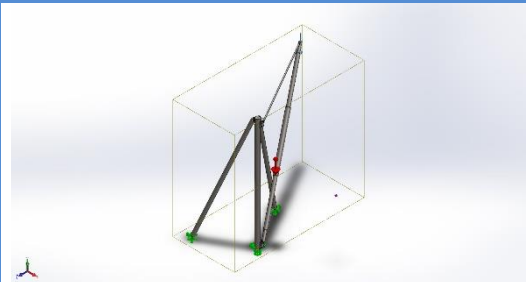
Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	47947.7	230970	82772.1	249995
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -10500 kgf

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

Información de malla

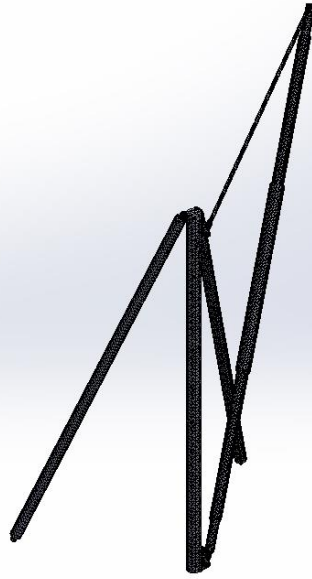
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	72.9326 mm
Tolerancia	3.64663 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	100315
Número total de elementos	51871
Cociente máximo de aspecto	331.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	13.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	4.36
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:17
Nombre de computadora:	DIEGO-PC



Nombre del modelo: Ensamblaje3
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado)
 Tipo de malla: Malla sólida



Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1		Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 48.3178 Coficiente: 1.5

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-12.3873	129724	2.05547	129724

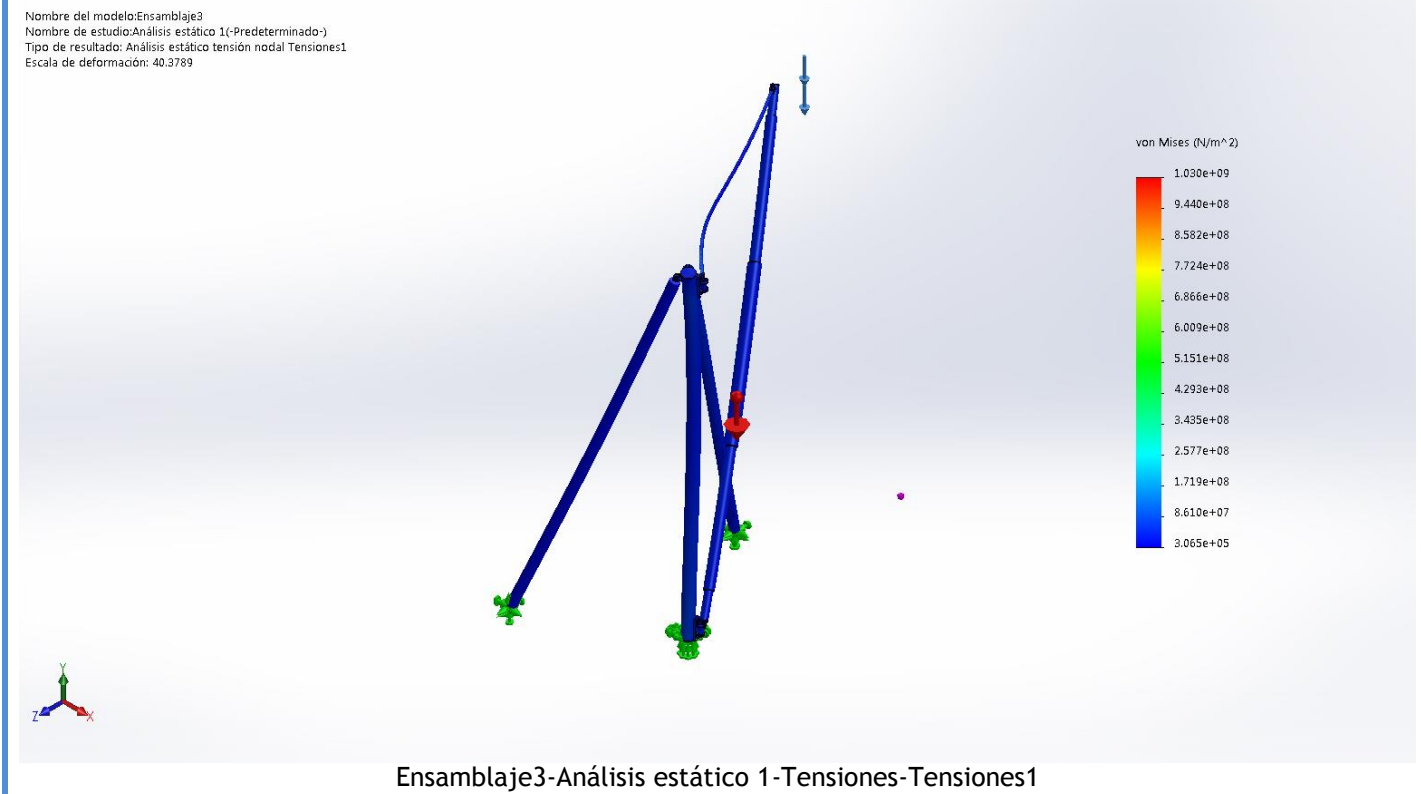
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



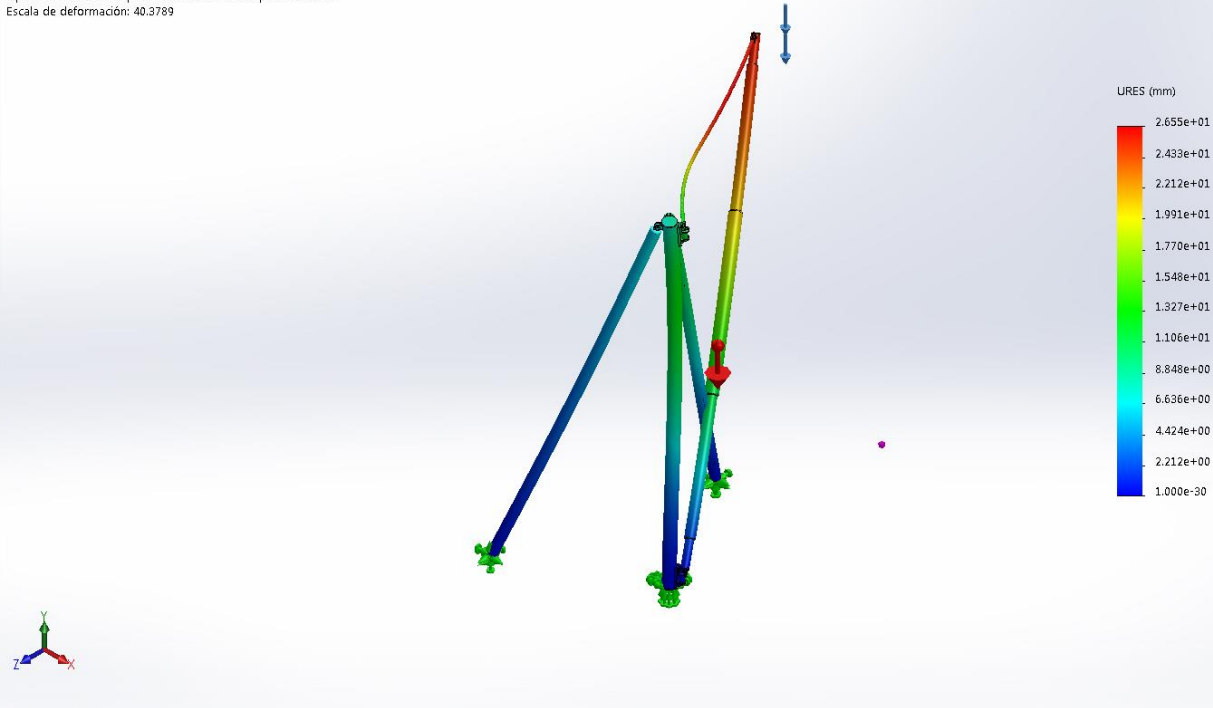
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.065e+05 N/m ² Nodo: 92561	1.030e+09 N/m ² Nodo: 100248



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 44025	2.655e+01 mm Nodo: 95183

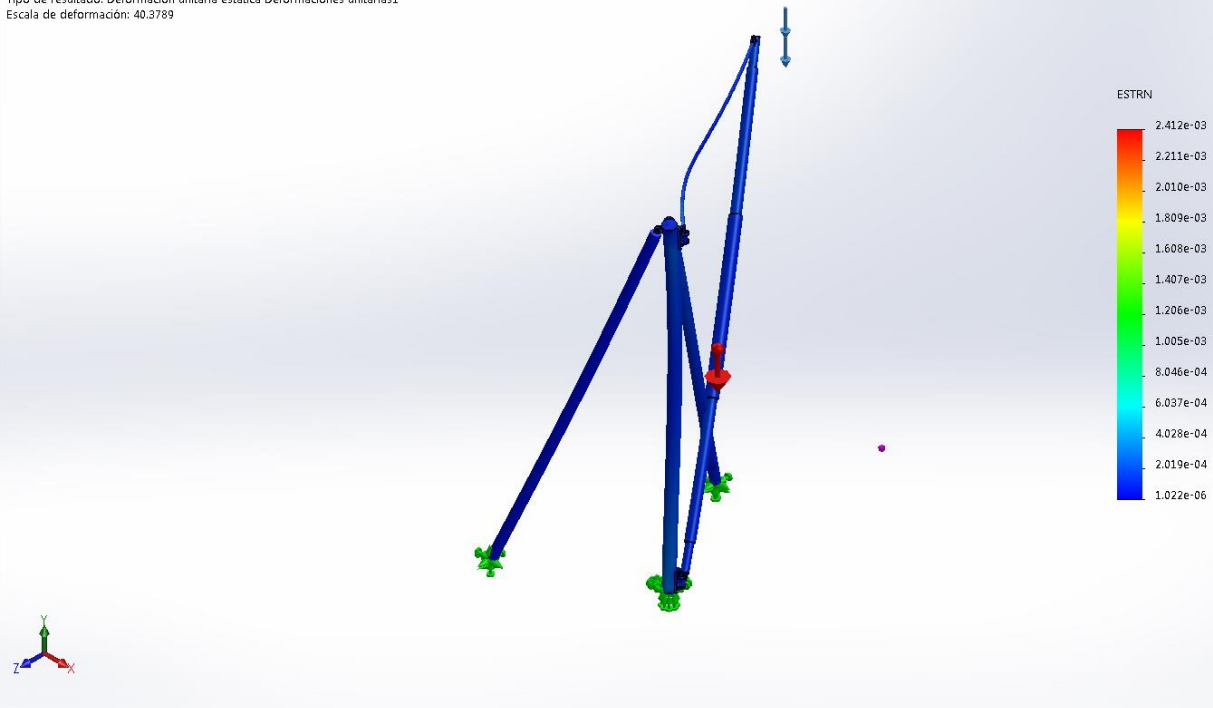
Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 40.3789



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.022e-06 Elemento: 47057	2.412e-03 Elemento: 51505

Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 40.3789



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



Simulación de Ensamblaje 0°

Fecha: miércoles, 12 de septiembre de 2018

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Información de modelo	2
Propiedades de estudio	5
Unidades	5
Propiedades de material	6
Cargas y sujeciones.....	8
Información de contacto	9
Información de malla	9
Detalles del sensor	10
Fuerzas resultantes.....	11
Resultados del estudio	12

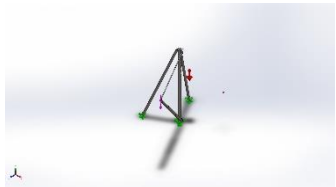
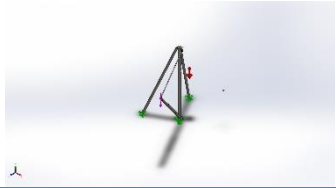
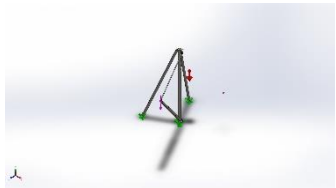
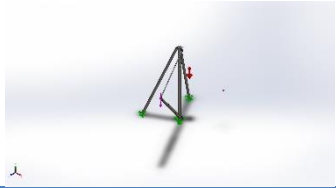
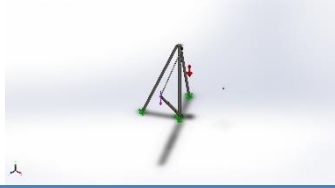


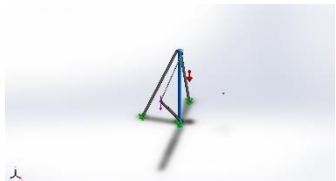
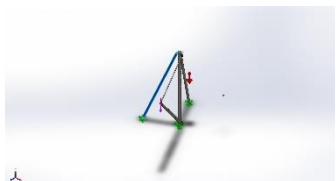






Descripción




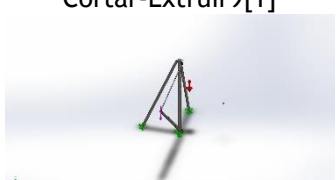

A continuación se realizará la simulación de la grúa en la posición de 0°, el mismo se realiza bajo carga máxima.



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.40329 kg Volumen:0.00043354 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:33.3522 N
Redondeo1	Sólido	Masa:508.462 kg Volumen:0.0647722 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:4982.92 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:3.1657 kg Volumen:0.000400722 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:31.0239 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:1.62149 kg Volumen:0.00020656 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:15.8906 N

Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:515.571 kg Volumen:0.0656779 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5052.6 N
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5435.8 N
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:554.673 kg Volumen:0.070659 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:5435.8 N
Saliente-Extruir14 	Sólido	Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:213.687 N
Saliente-Extruir14 	Sólido	Masa:21.8047 kg Volumen:0.00276009 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:213.687 N
Redondeo2 	Sólido	Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:79.6836 N
Redondeo2 	Sólido	Masa:8.13097 kg Volumen:0.00102924 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:79.6836 N
Redondeo1 	Sólido	Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:122.155 N

<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:12.4648 kg Volumen:0.00157783 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:122.155 N</p>
<p>Cortar-Extruir4</p> 	Sólido	<p>Masa:223.11 kg Volumen:0.0284217 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2186.48 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[2]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[2]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Cortar-Extruir9[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:2.00591 kg Volumen:0.000253913 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:19.6579 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>
<p>Saliente-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:2.27502 kg Volumen:0.000289812 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:22.2952 N</p>

Propiedades de estudio

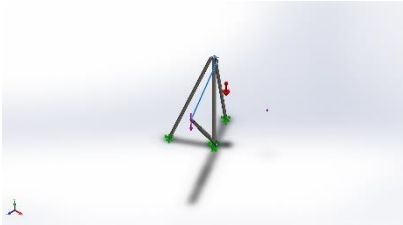
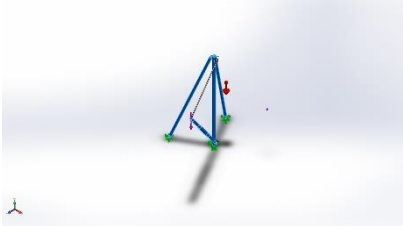
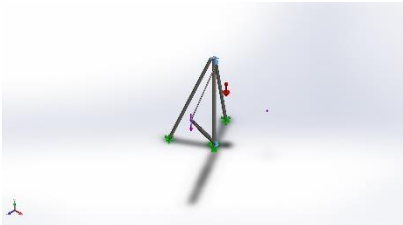
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Diego\Desktop\pieza\herrajes)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente- Extruir1)(Eje-1), Sólido 1(Saliente- Extruir1)(Eje-2), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(Perno unico-1), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(Perno unico-2), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(Perno unico-3), Sólido 1(Cortar- Extruir4)(similcable-1), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(vientos rigidos 3-1), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(vientos rigidos 3-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+10 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1)(Mastil- 1/Megamastil-1), Sólido 1(Saliente- Extruir3)(Piezaf-2), Sólido 1(Cortar- Extruir3)(Piezafvr-1), Sólido 1(Cortar- Extruir3)(Piezafvr-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar- Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-1), Sólido 1(Cortar- Extruir5)(Mastil-1/gancho tensor puntal-2), Sólido 1(Saliente- Extruir14)(base pivote-1), Sólido 1(Saliente- Extruir14)(base pivote-2), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-1), Sólido 1(Redondeo2)(base superior-2), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-1), Sólido 1(Redondeo1)(cuerpo1-2), Sólido 1(Cortar- Extruir9[2])(vientos rigidos 2- 1), Sólido 2(Cortar-</p>



		Extruir9[1])(vientos rigidos 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir9[2])(vientos rigidos 2-2), Sólido 2(Cortar-Extruir9[1])(vientos rigidos 2-2)
Datos de curva:N/A		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

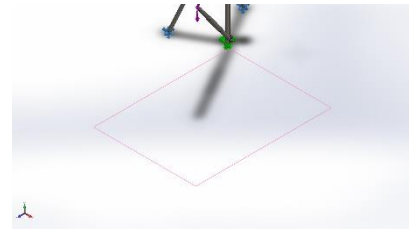

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	48044.8	346622	82205.2	359462
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

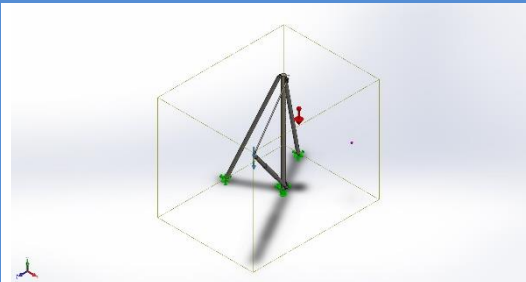
Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-48053.7	-216896	-82208.2	236878
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -10500 kgf

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	72.9326 mm
Tolerancia	3.64663 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	100468
Número total de elementos	51982
Cociente máximo de aspecto	432.87
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	13.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	4.48
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:16
Nombre de computadora:	DIEGO-PC



Nombre del modelo: Ensamblaje3
Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado)
Tipo de malla: Malla sólida



Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1	A smaller version of the truss structure model shown in the main image, with a mesh overlay. It includes a small coordinate system icon in the bottom left corner.	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 48.3178 Coficiente: 1.5

Detalles del sensor

No hay datos



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

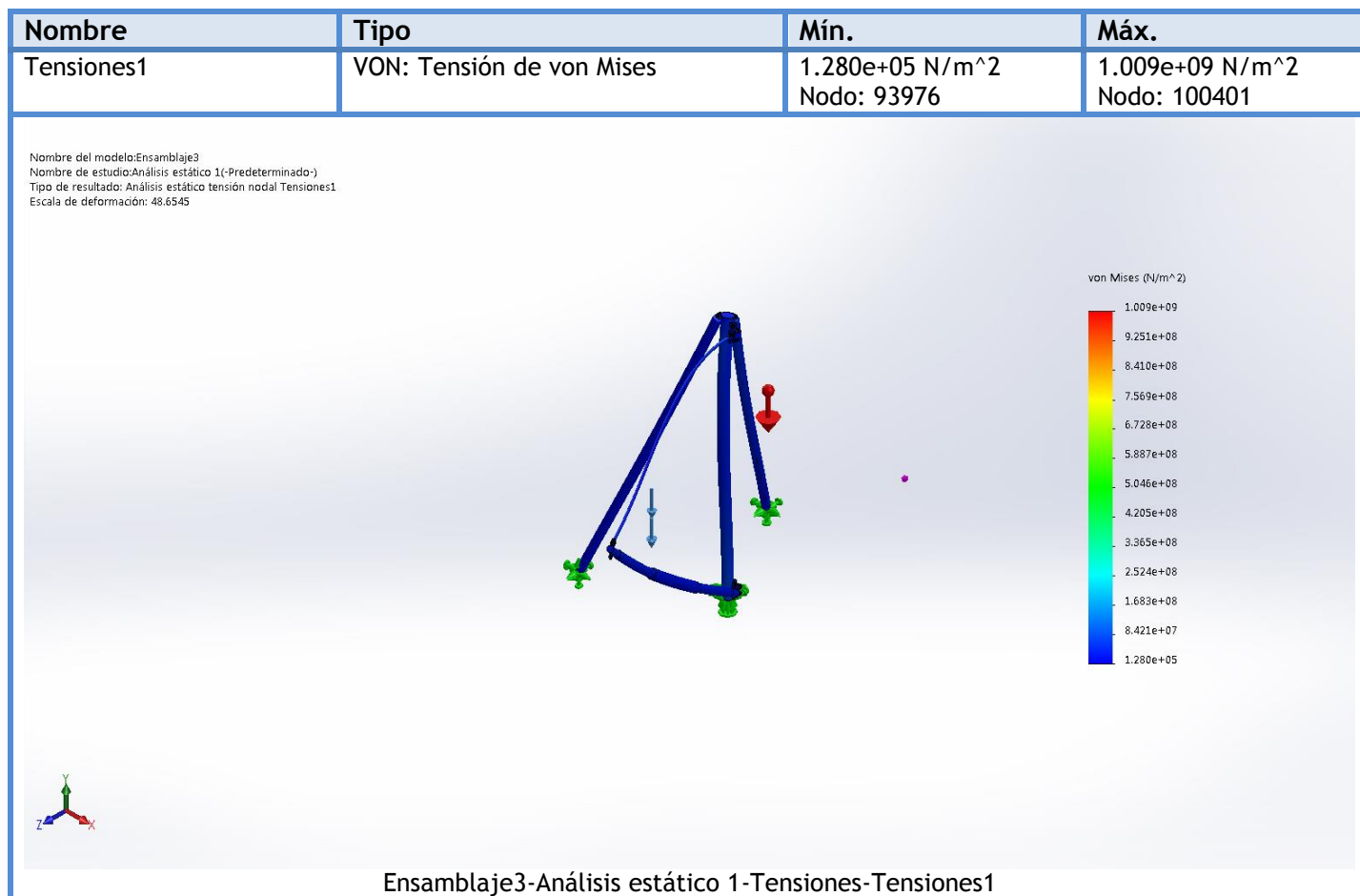
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-8.8468	129727	-3.05864	129727

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

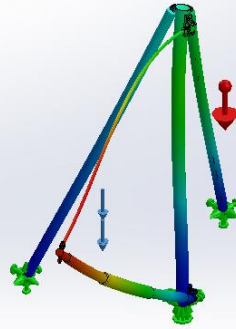
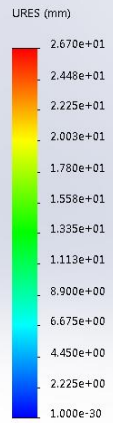


Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 44206	2.670e+01 mm Nodo: 97221

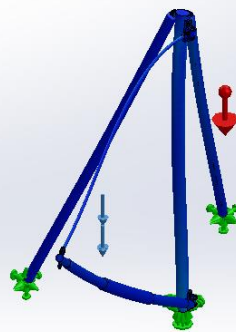
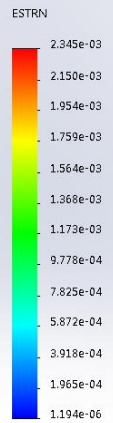
Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 48.6545



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.194e-06 Elemento: 28647	2.345e-03 Elemento: 51616

Nombre del modelo:Ensamblaje3
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 48.6545



Ensamblaje3-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL Facultad
Regional Concepción del Uruguay
INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.

Anexos II - Planos.

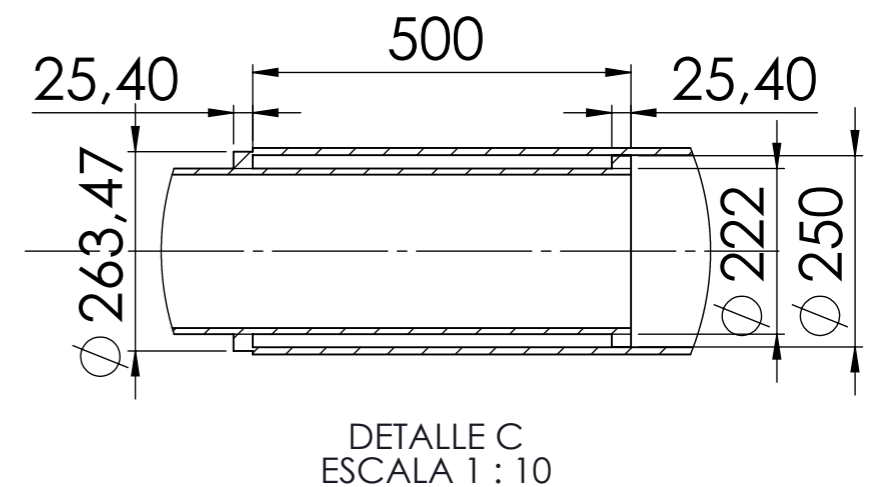
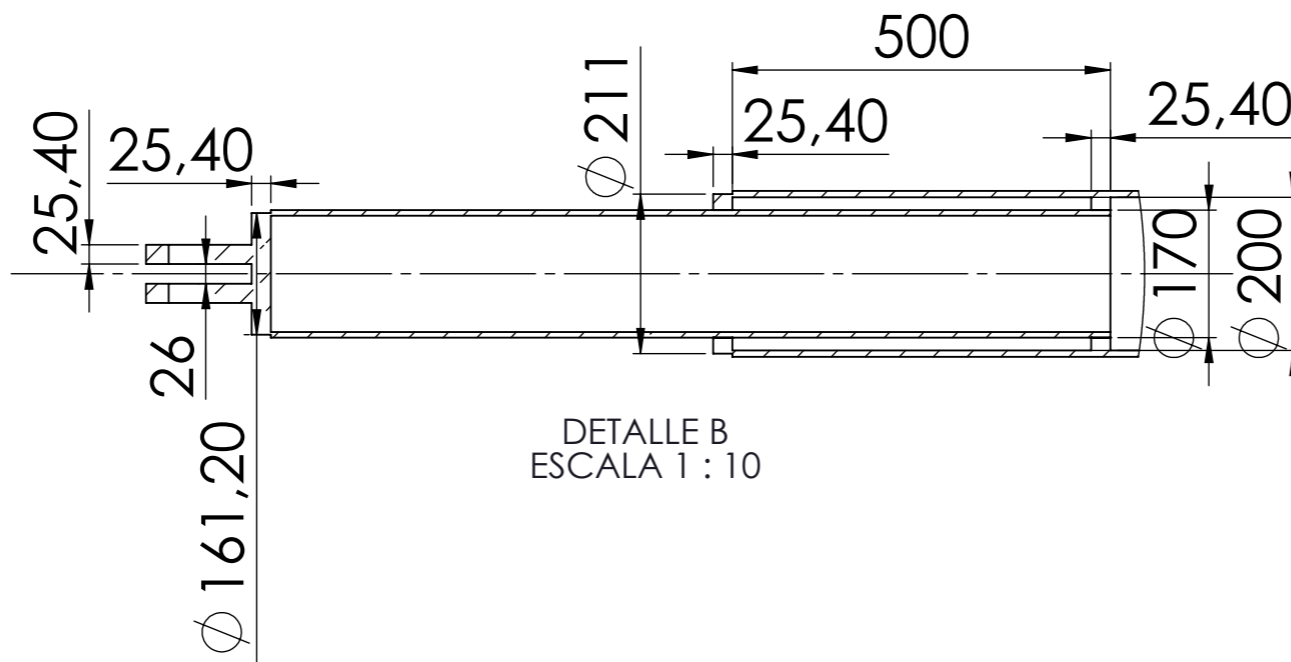
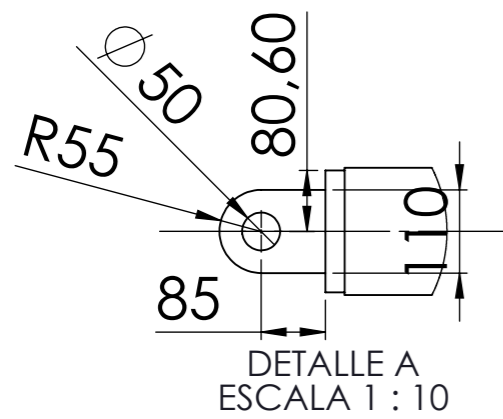
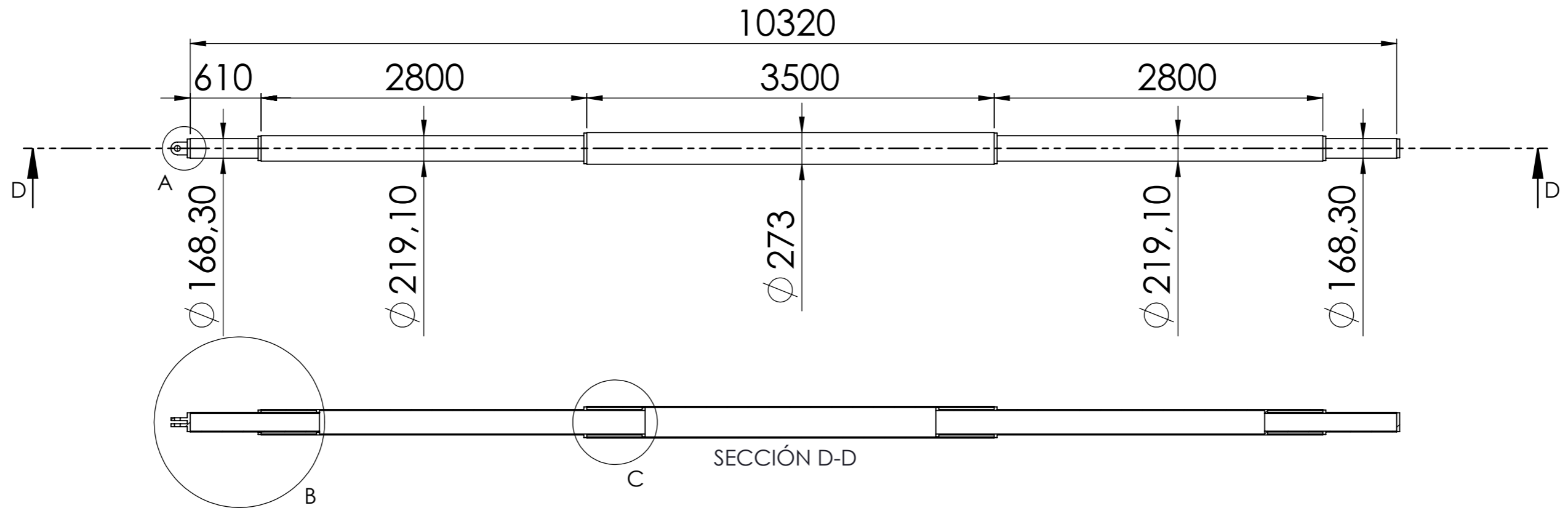
Proyecto N°: PFC 1805A

**Autores: Lapalma, Guillermo.
Kautz, Diego.**

Tutor: Reynoso, Guillermo

**Dirección de Proyectos:
Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Carli, Carlos Aníbal**

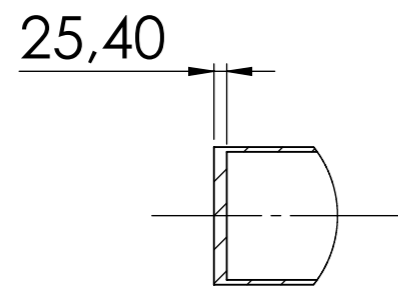
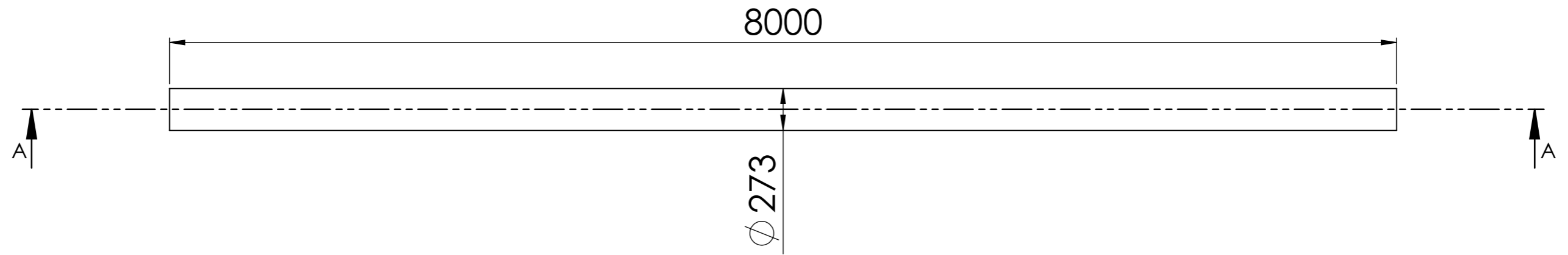
AÑO 2018



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Caño 10" Sch40	ASTM A53	1	3500
Caño 8" Sch40	ASTM A53	2	3300
Caño 6" Sch40	ASTM A53	2	1110
Tapa 1"	S.A.E 1020	2	Plasma
Rodaja 1"	S.A.E 1020	8	Plasma
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Plasma



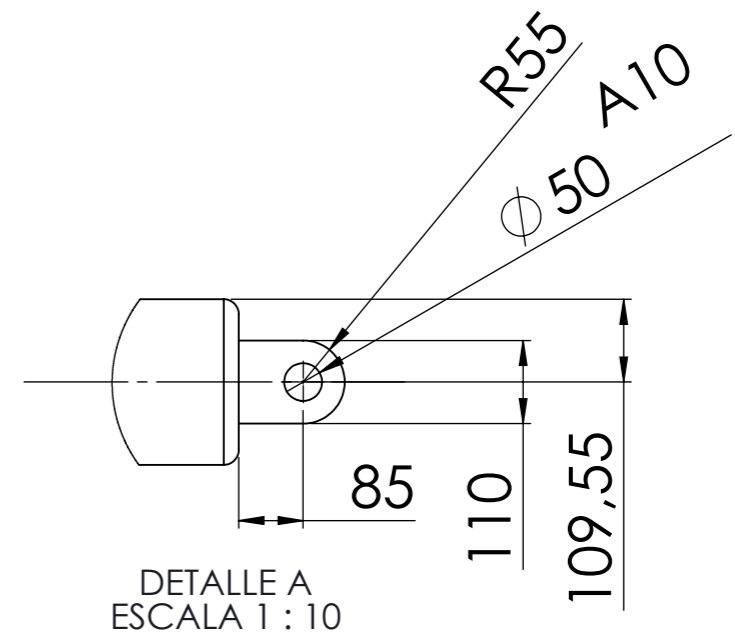
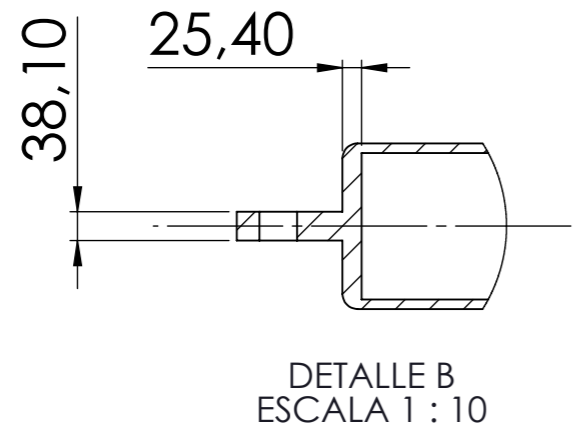
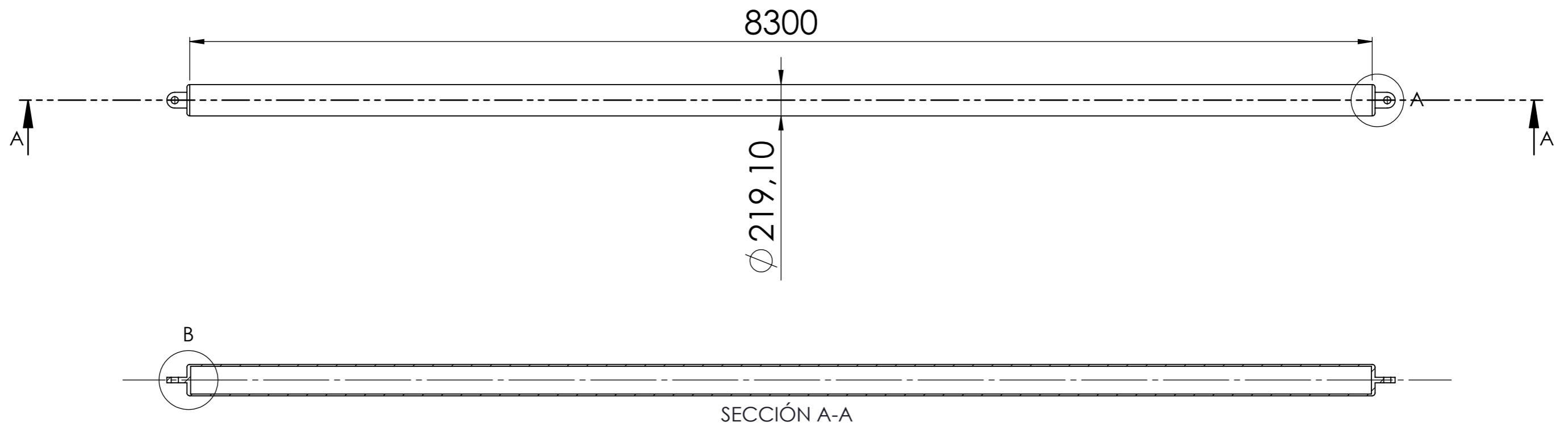
Dib.	09/2018	Nombre	Puente, G.	Cliente:	Grupo:
Rev.			De Carli, A.		
Apr.				Mástil	Proy:
Esc:	1:40				PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
					Plano N°: PH-PFC1805A-PM1
					Reemp. a:



DETALLE A
ESCALA 1 : 15

Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Caño 10" Sch40	ASTM A53	1	8000
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Tapa de caño

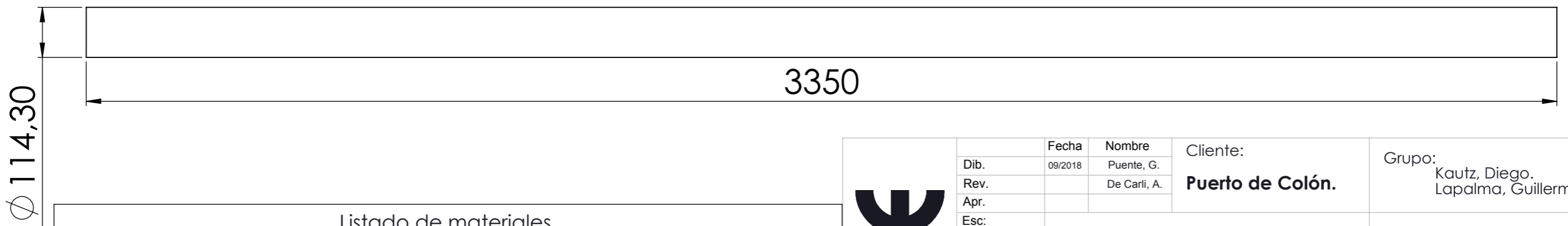
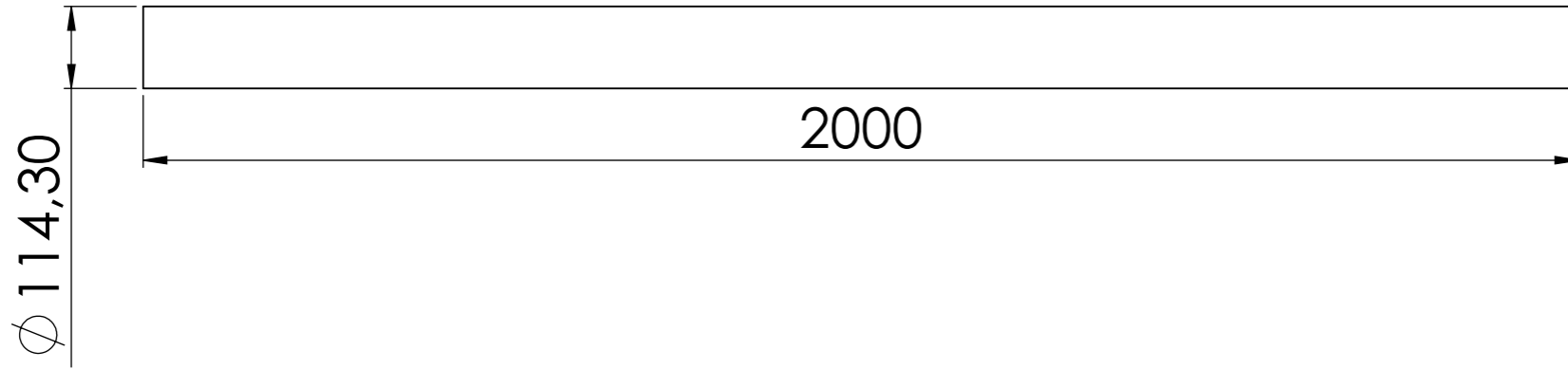
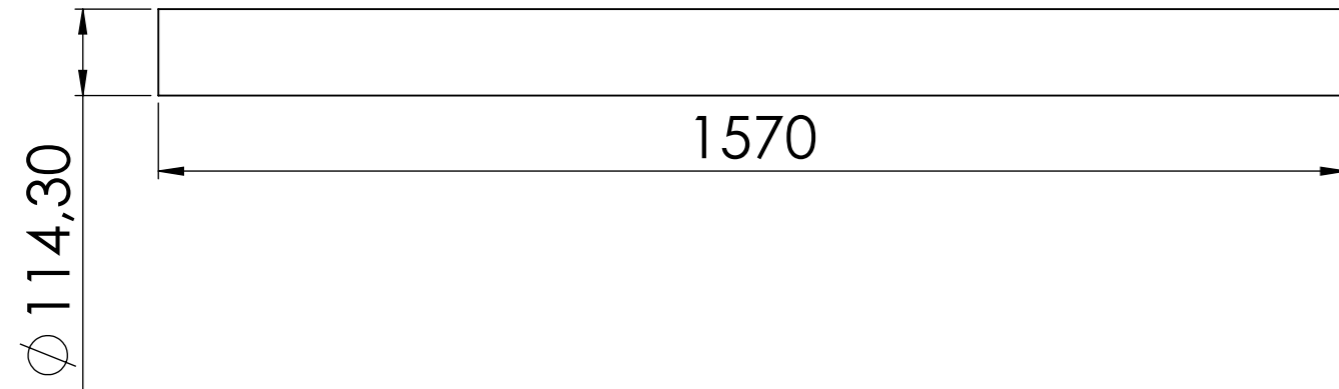
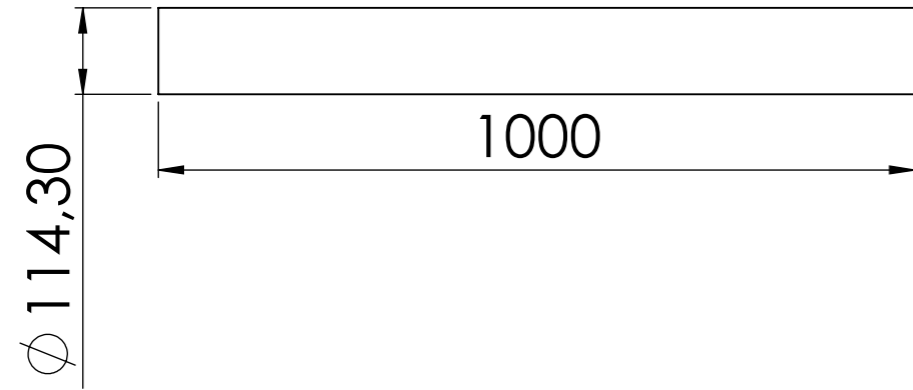
	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto, G.	Cliente:	Grupo:
	Rev.		De Carli, A.	Puerto de Colón.		
	Apr.					
	Esc:	1:30				Proy:
						PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
						Plano N°: PH-PFC1805A-PM2
						Reemp. a:



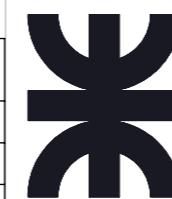
Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Caño 8" Sch80	ASTM A53	2	8300
Planchuela 1-1/2"	S.A.E 1020	4	Tapa de caño

	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto, G.	Cliente:	Grupo:
	Rev.		De Carli, A.	Puerto de Colón.		
	Apr.					Proy:
	Esc:	1:30				PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
						Plano N°: PH-PFC1805A-PM3
						Reemp. a:

Vientos Rígidos

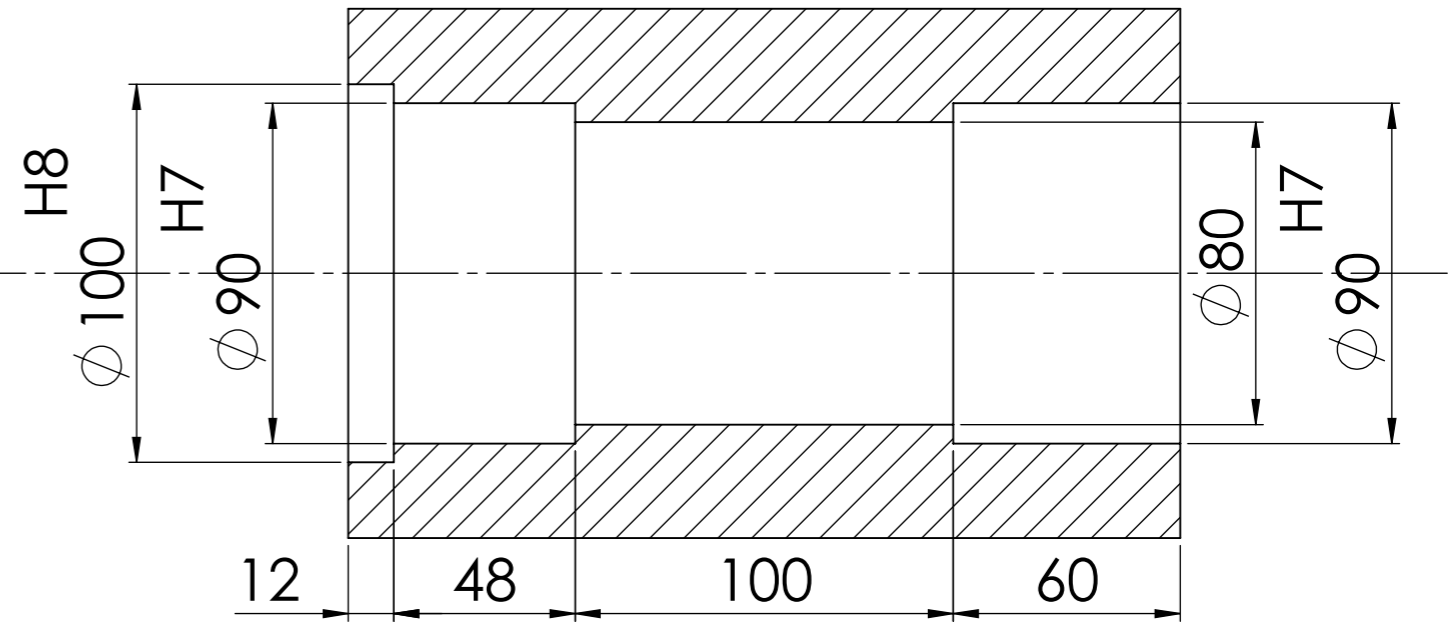
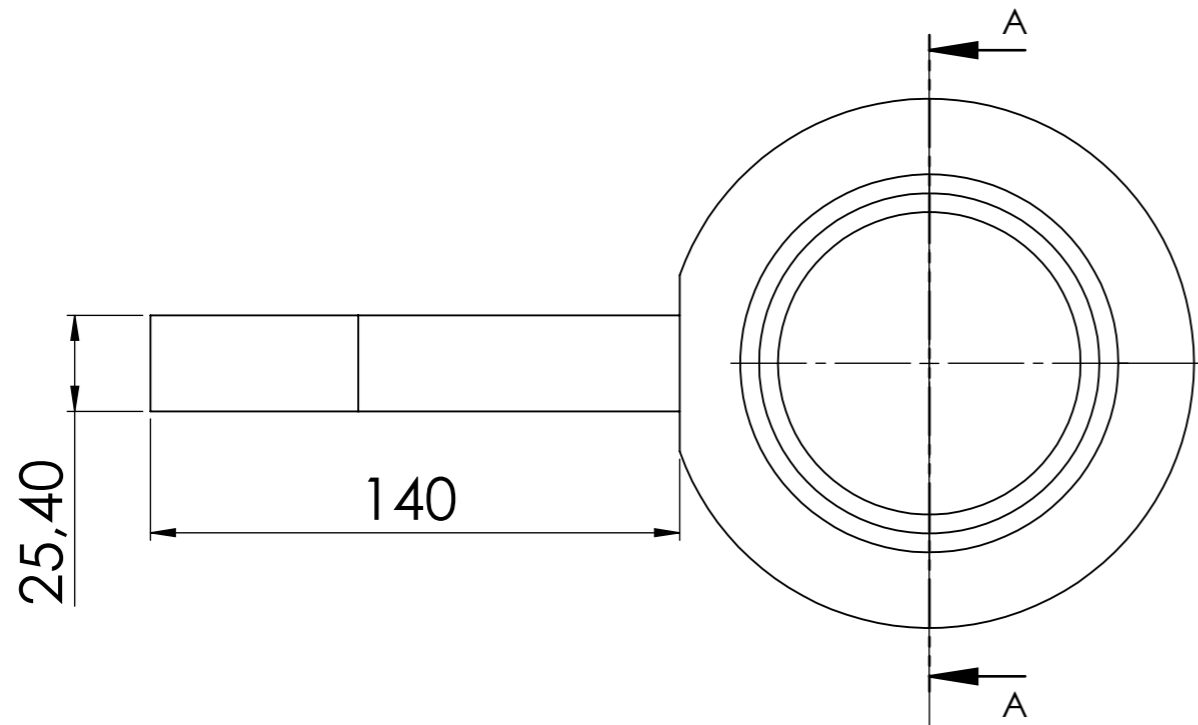


Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Caño 4" Sch40	ASTM A53	2	1000
Caño 4" Sch40	ASTM A53	2	2000
Caño 4" Sch40	ASTM A53	1	1570
Caño 4" Sch40	ASTM A53	1	3350

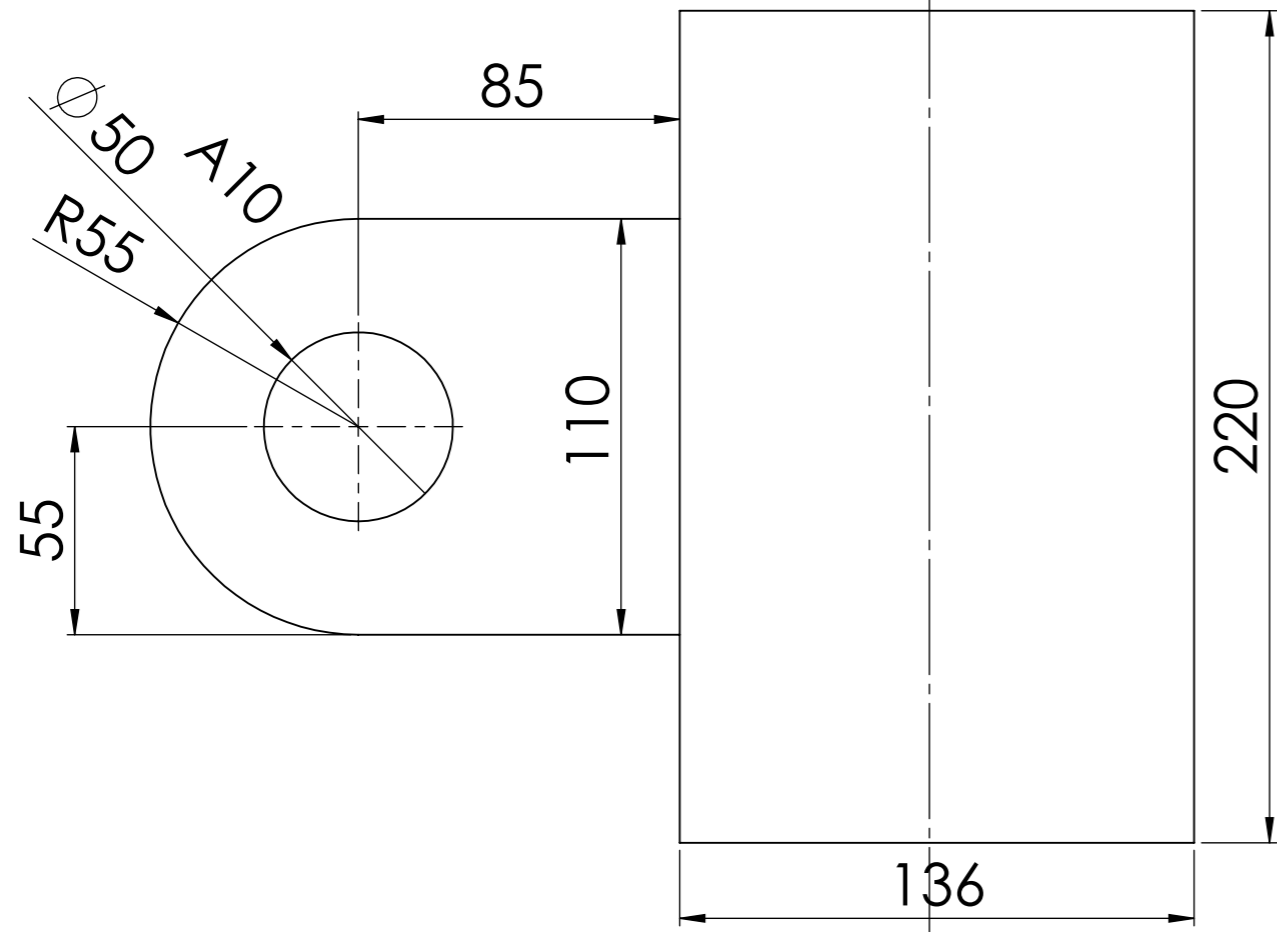


Dib.	09/2018	Nombre	Puente, G.	Cliente:	Puerto de Colón.	Grupo:	Kautz, Diego. Lapalma, Guillermo.
Rev.			De Carli, A.				
Apr.							
Esc:	1:10						Proy: PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
							Plano N°: PH-PFC1805A-Rig
							Reemp. a:

Rigidizadores



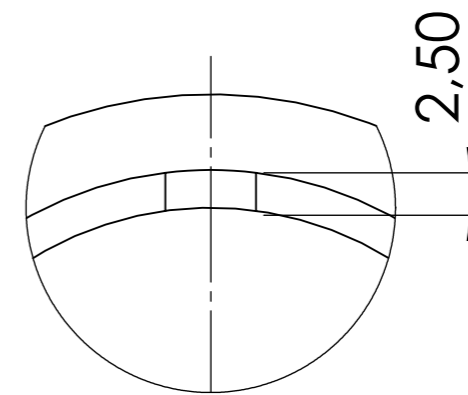
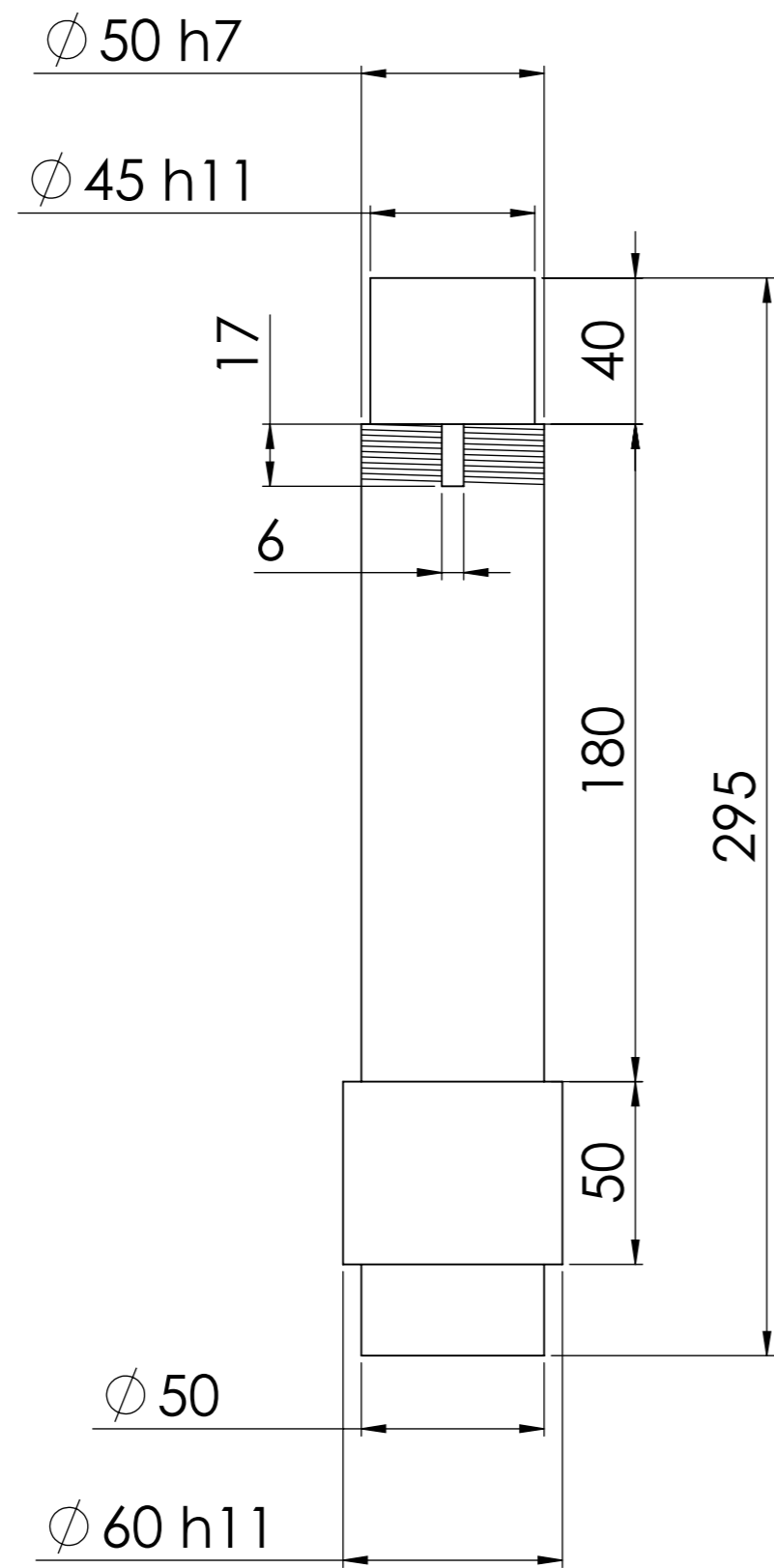
SECCIÓN A-A



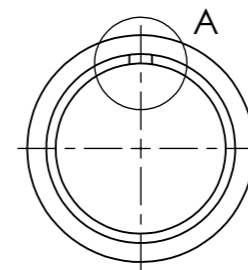
Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Plasma

	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto de Colón.	Grupo:	
	Rev.		De Carli, A.			Kautz, Diego.
	Apr.					Lapalma, Guillermo.
	Esc:	1:2				Proy:
					PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.	
					Plano N°: PH-PFC1805A-ER5-4,5	
					Reemp. a:	

**Herraje puntal -
Cuerpo**



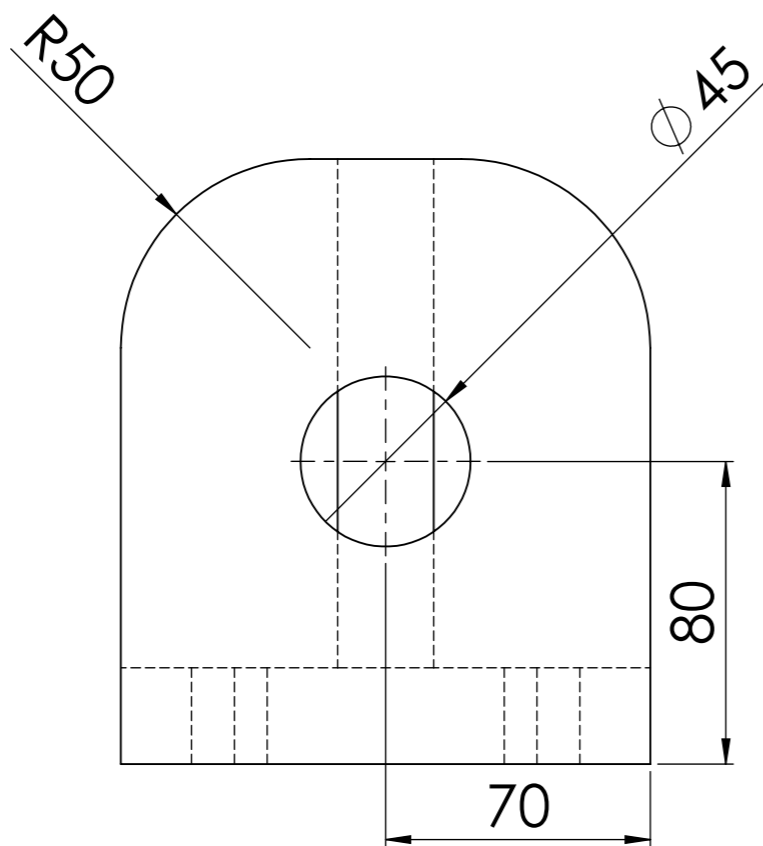
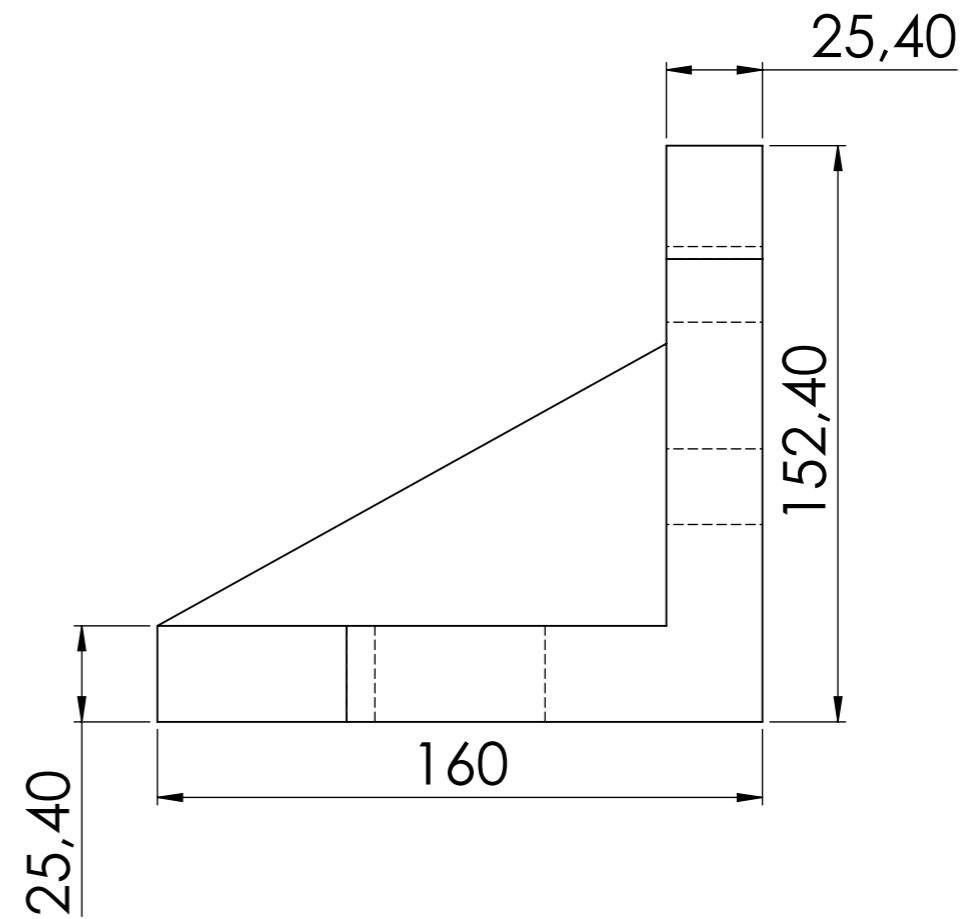
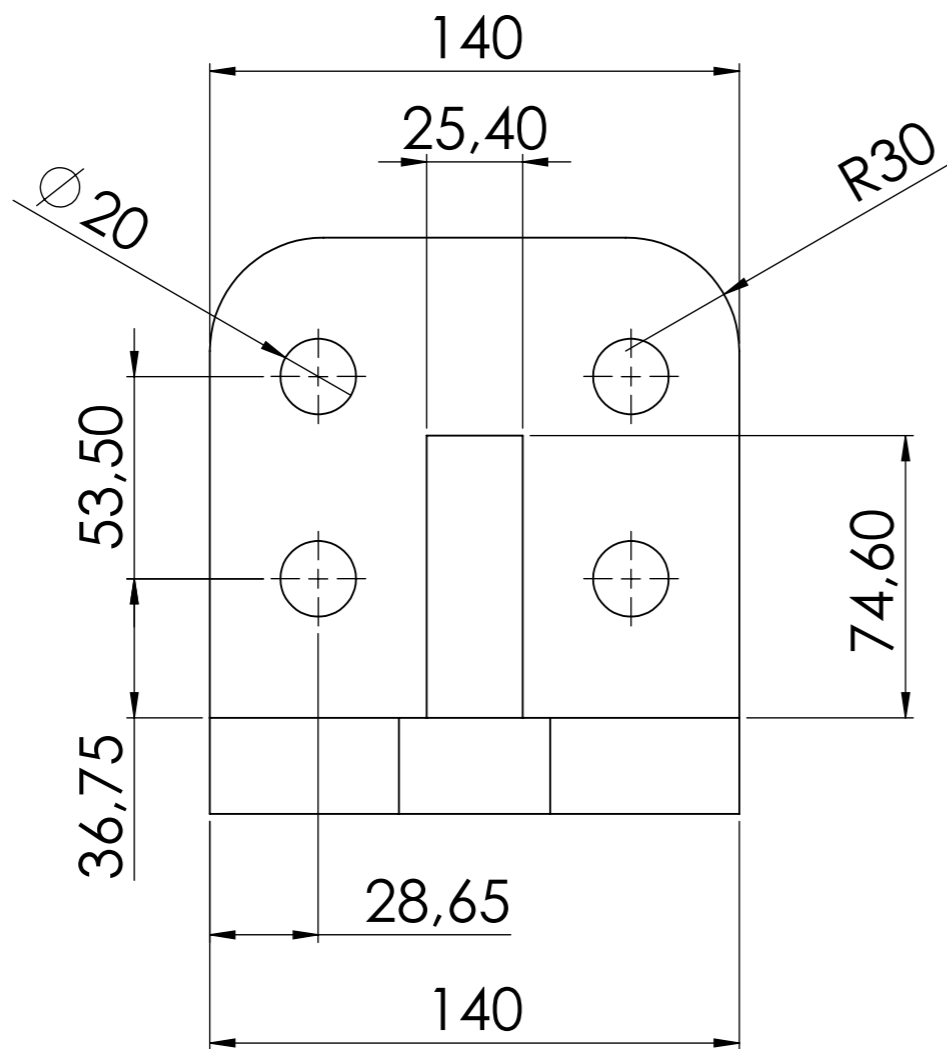
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Macizo 60 mm	S.A.E 1045 LF	2	

	Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:
	Rev.	09/2018	Puente, G.		
	Apr.		De Carli, A.		
	Esc:	1:2			Proy:
					Plano N°: PH-PFC1805A-ER5-2
					Reemp. a:

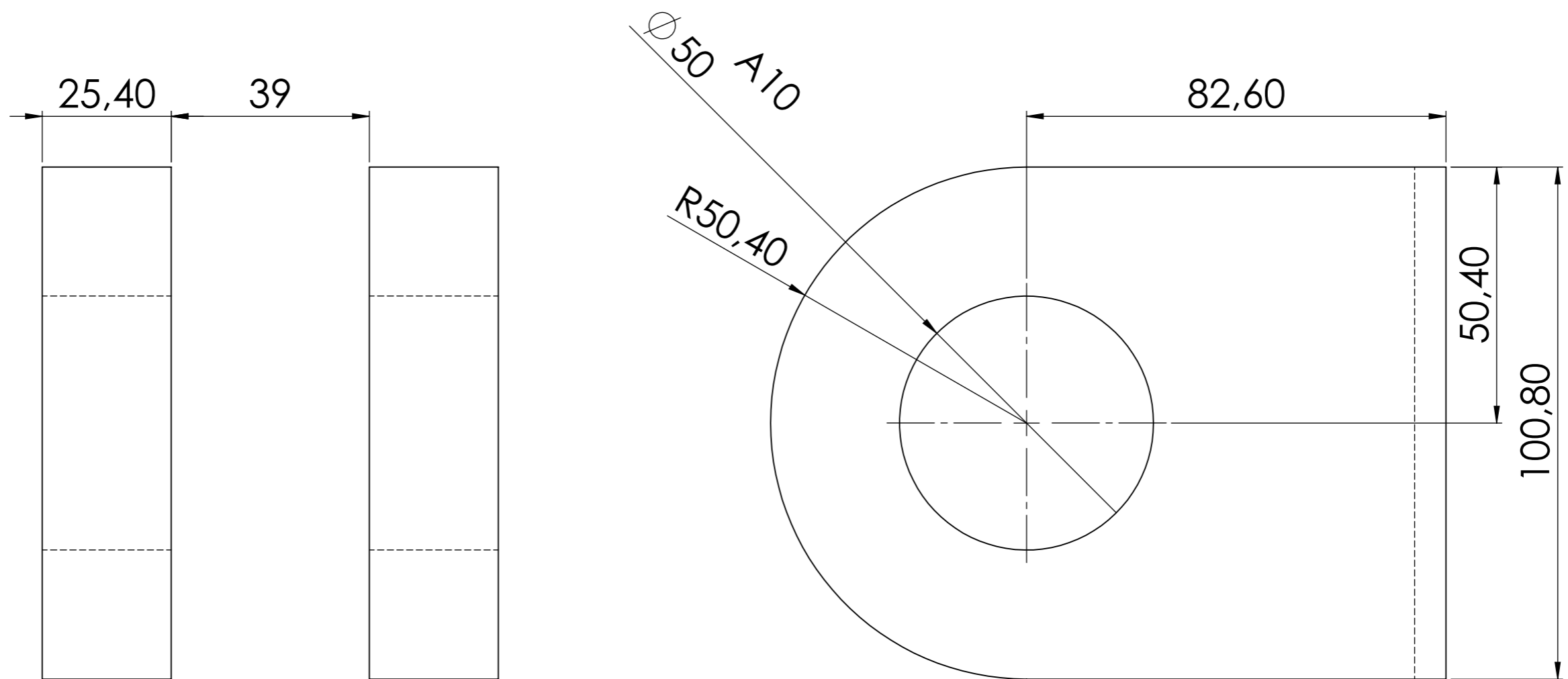
Herraje puntal Perno



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Plasma

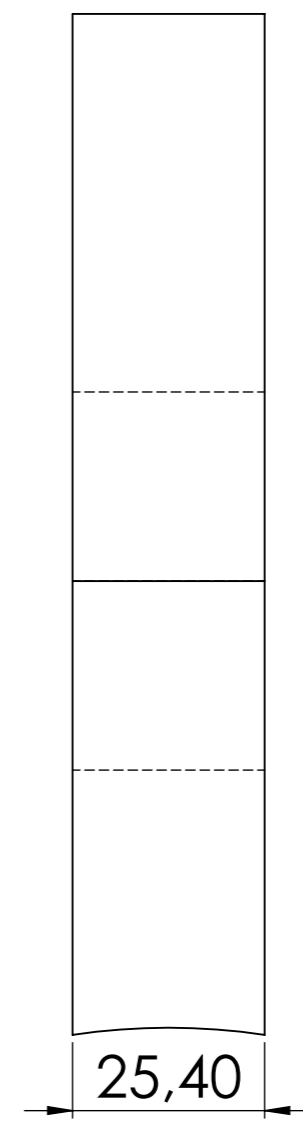
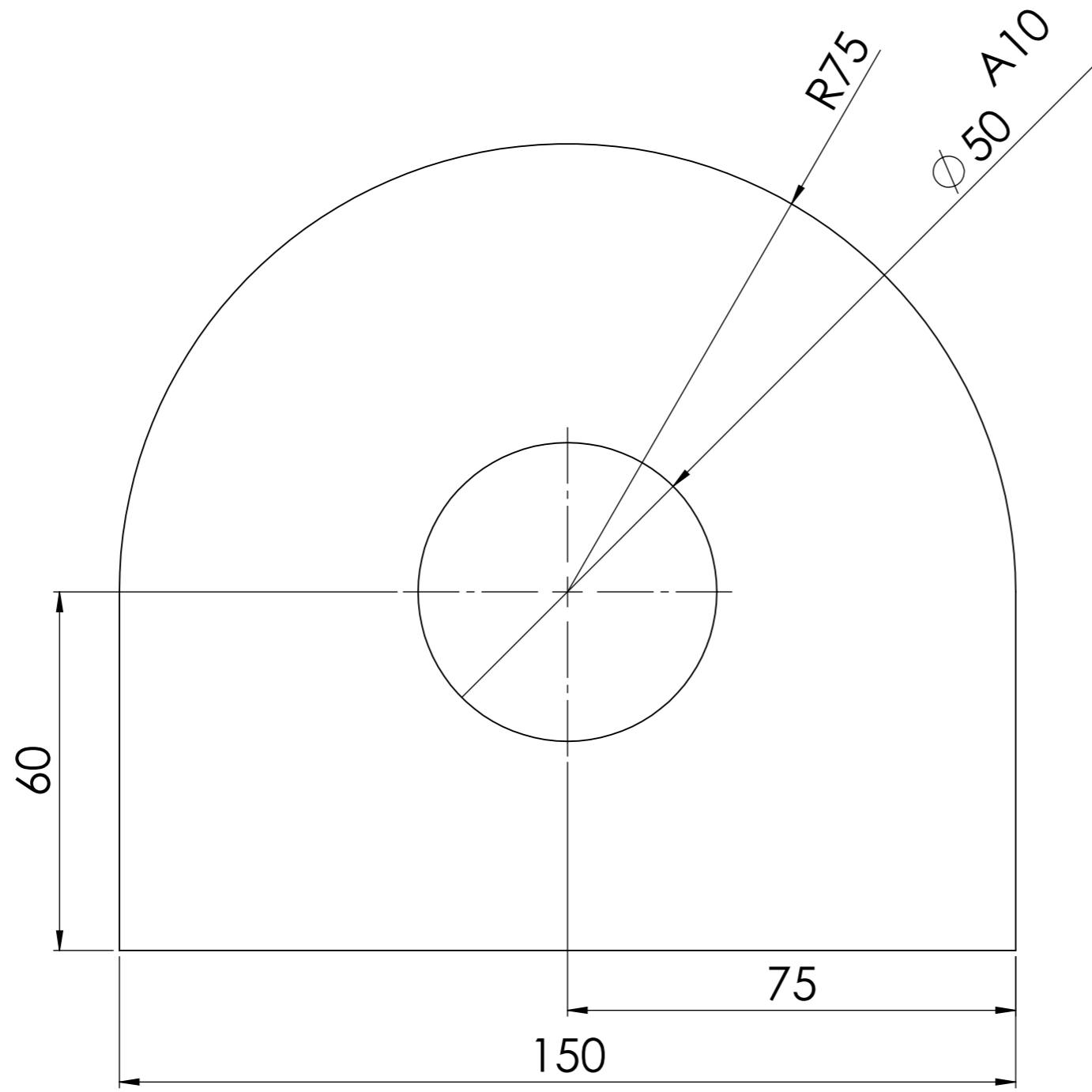
	Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:
	Rev.	09/2018	Puente, G.		
	Apr.		De Carli, A.		
	Esc:	1:2			Proy:
					Plano N°: PH-PFC1805A-ER5-6
					Reemp. a:

**Herraje puntal-
Parte superior**



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Planchuela 1"	S.A.E 1020	4	Plasma

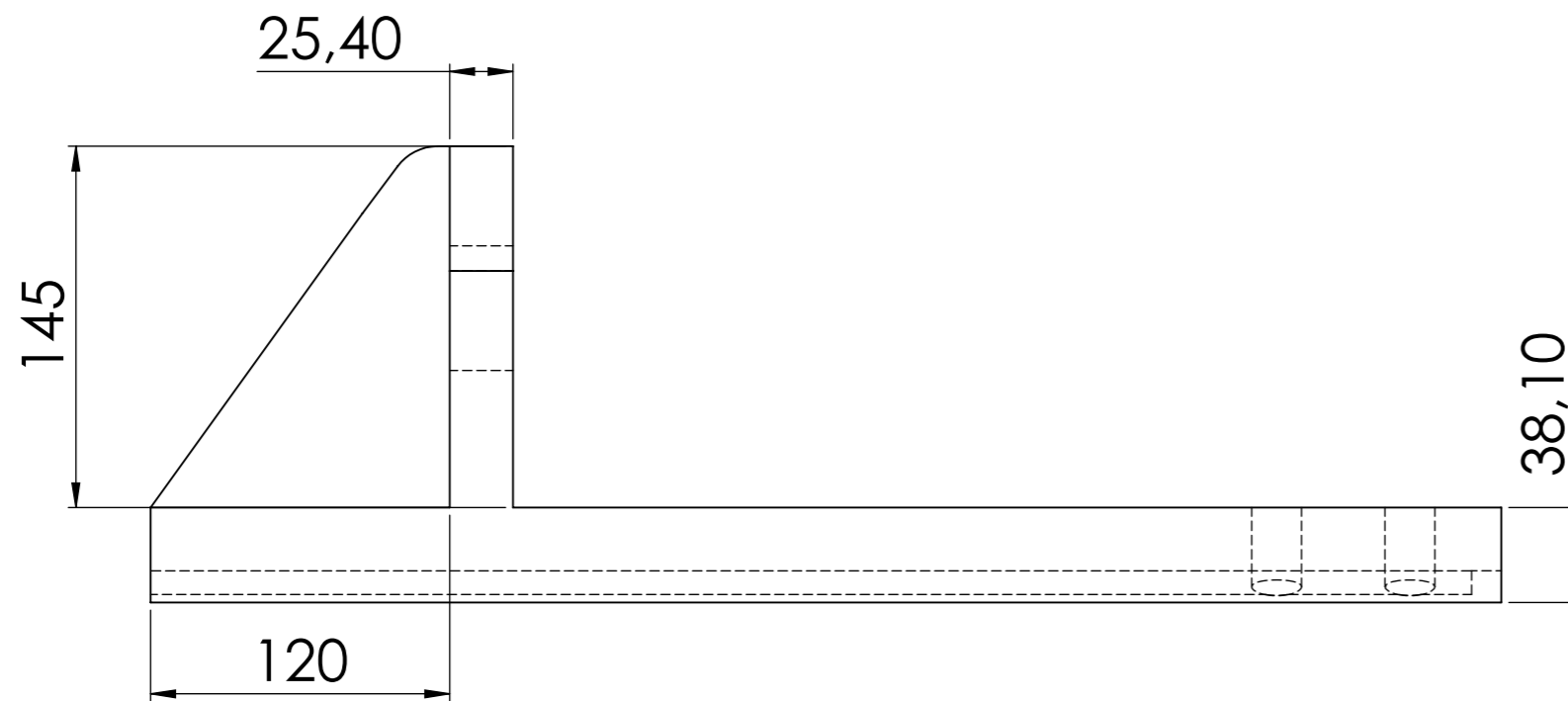
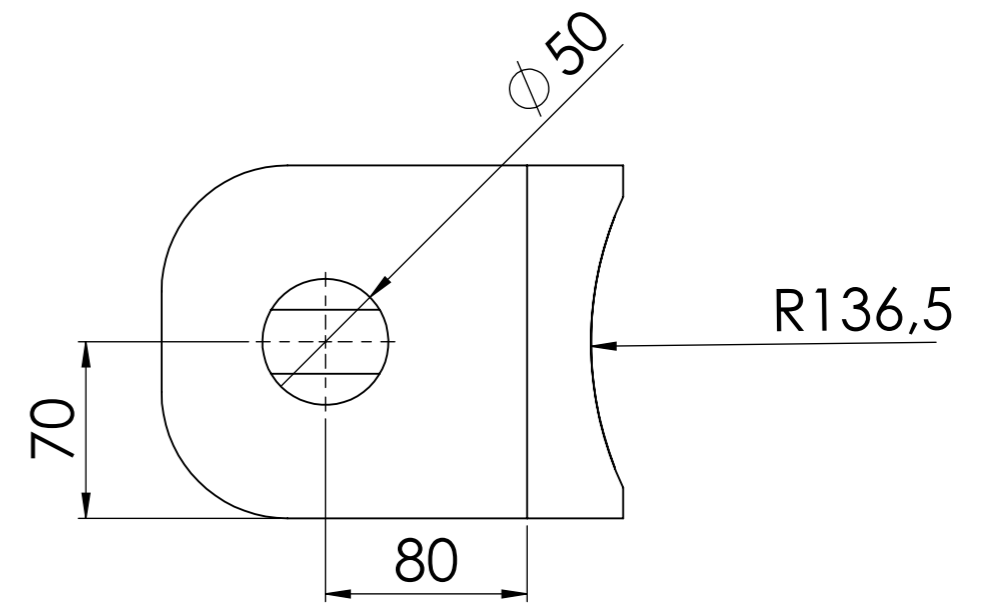
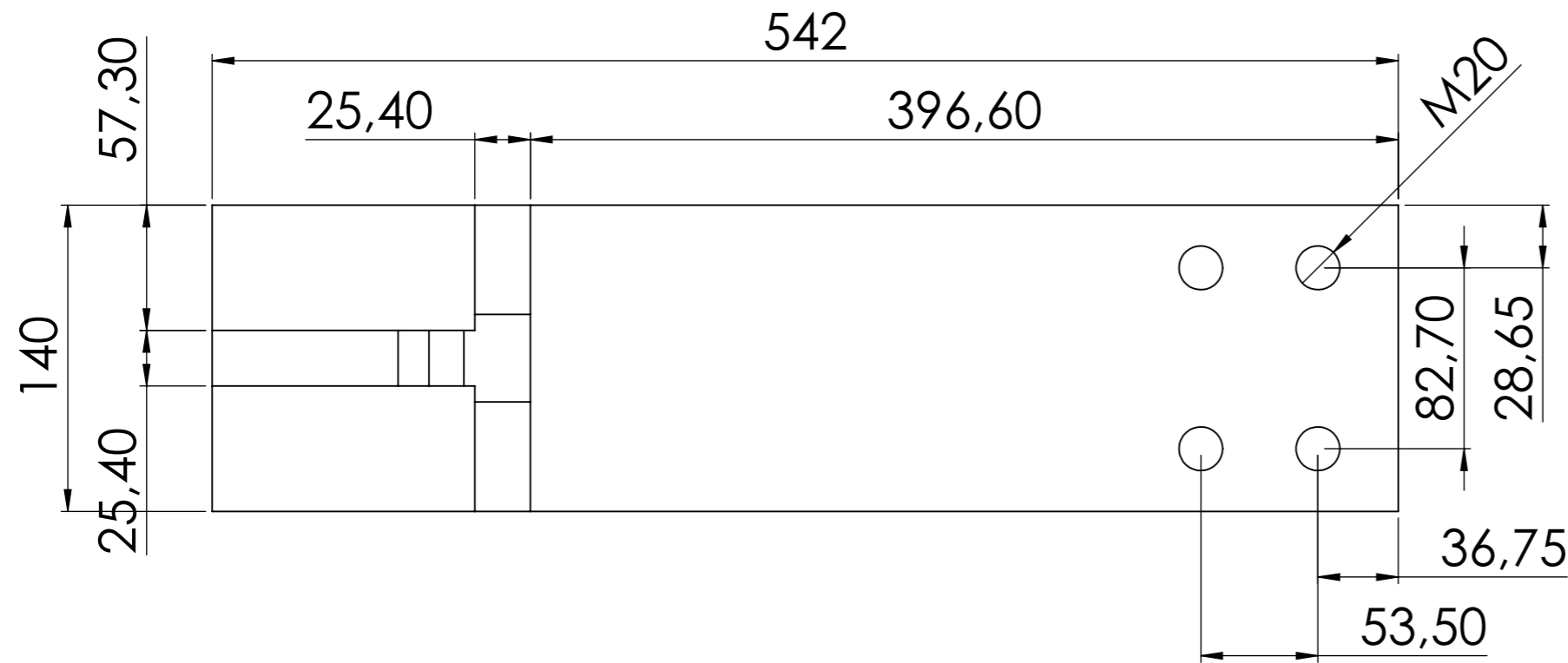
	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto de Colón.	Grupo:	
	Rev.		De Carli, A.			Kautz, Diego. Lapalma, Guillermo.
	Apr.					
	Esc:	1:1				Proy: PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
					Plano N°: PH-PFC1805A-ER4	
					Reemp. a:	



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Plasma

	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto, G.	Cliente:	Grupo:
	Rev.		De Carli, A.	Puerto de Colón.		
	Apr.					
	Esc:	1:1				Proy:
						PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
						Plano N°: PH-PFC1805A-ER1
						Reemp. a:

Herraje Mástil

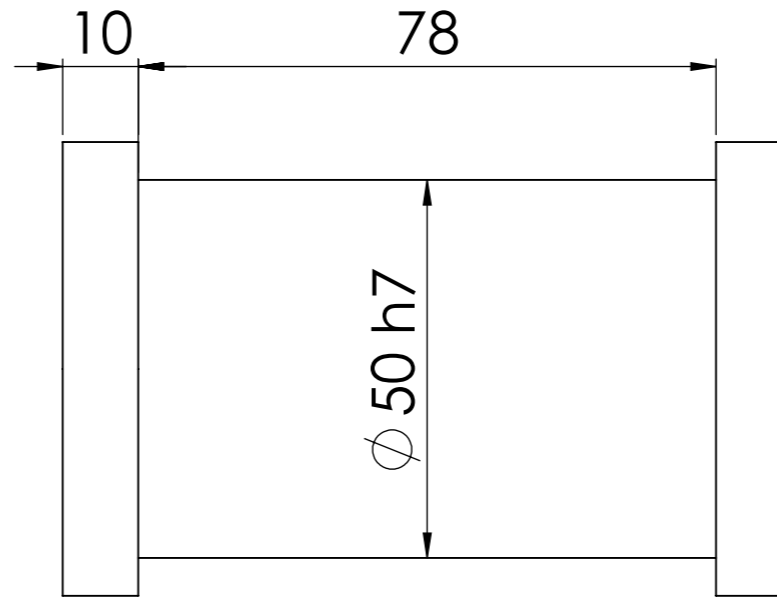
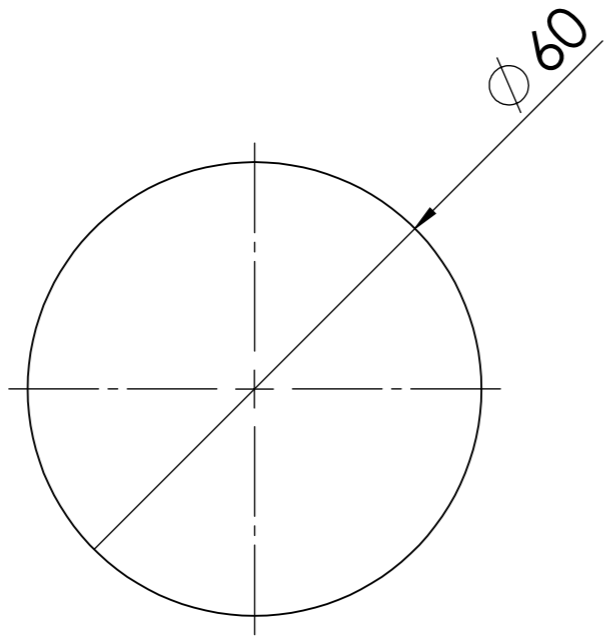


Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Planchuela 1"	S.A.E 1020	2	Plasma
Planchuela 1-1/2"	S.A.E 1020	2	Plasma



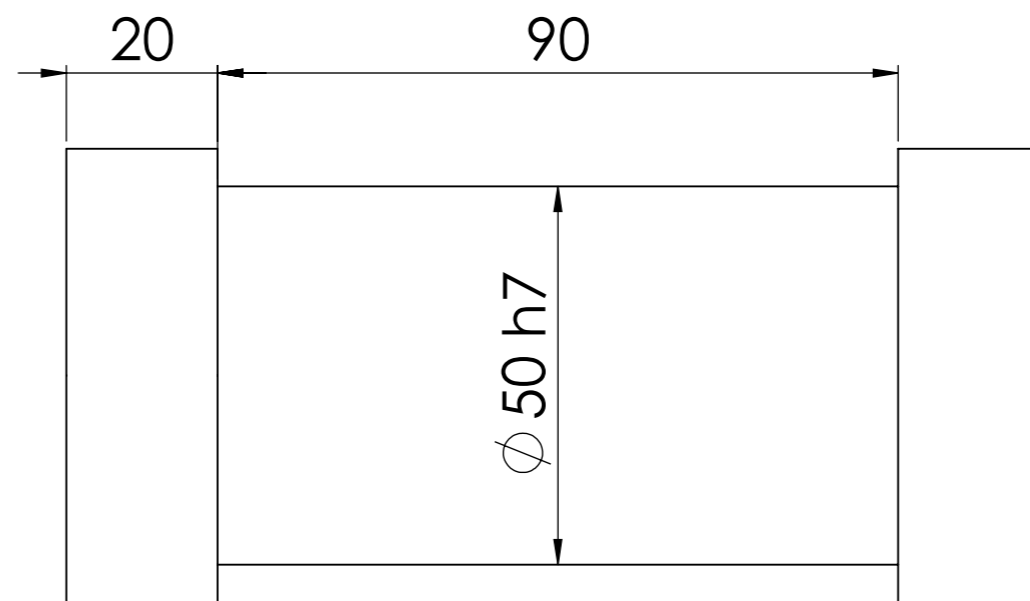
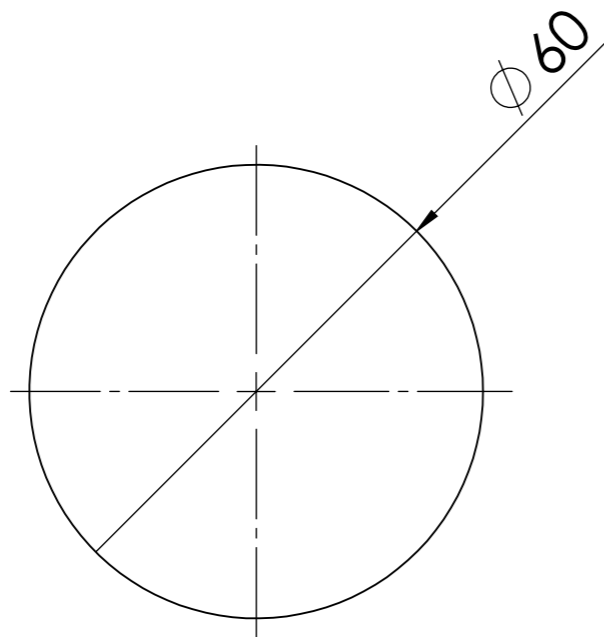
Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:
Rev.	09/2018	Puente, G.	Puerto de Colón.	Kautz, Diego.
Apr.		De Carli, A.		Lapalma, Guillermo.
Esc:				Proy:
1:3				PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
				Plano N°: PH-PFC1805A-ER5-1
				Reemp. a:

**Herraje puntal
Parte trasera**





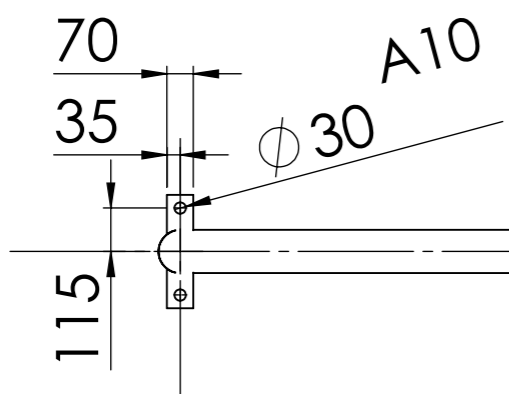
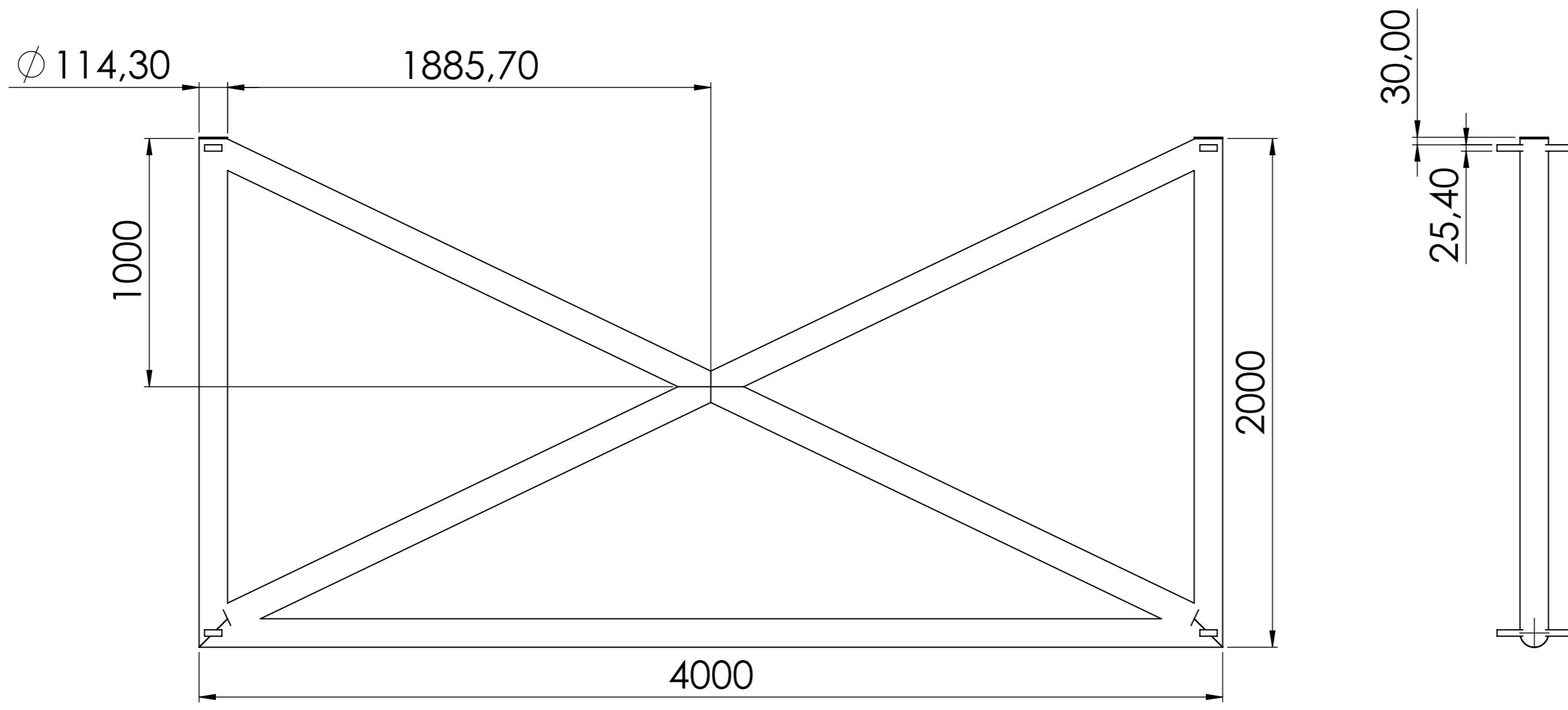
Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Macizo 60 mm	S.A.E 1045 LF	1	

	Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:
	Rev.	09/2018	Puente, G.		
	Apr.		De Carli, A.		
	Esc:	1:1	Perno Mástil		Proy:
		PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.			
					Plano N°: PH-PFC1805A-PE2
					Reemp. a:



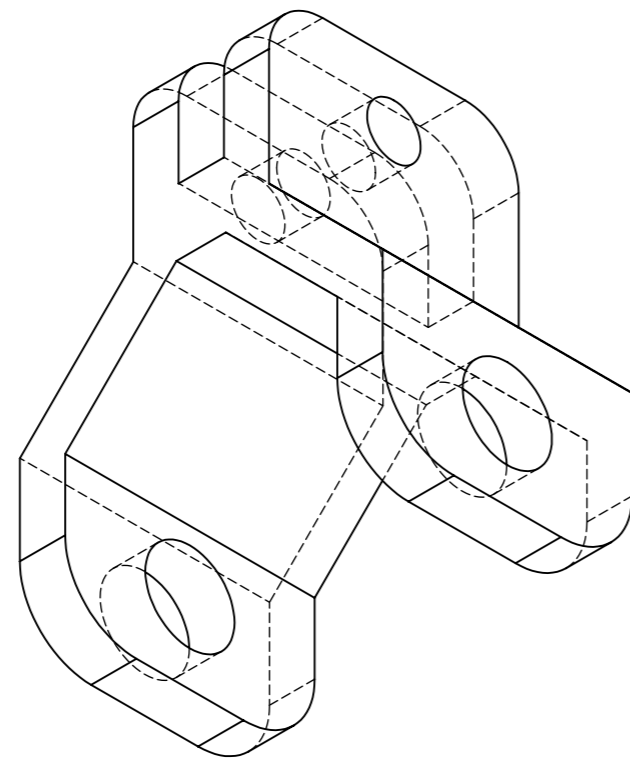
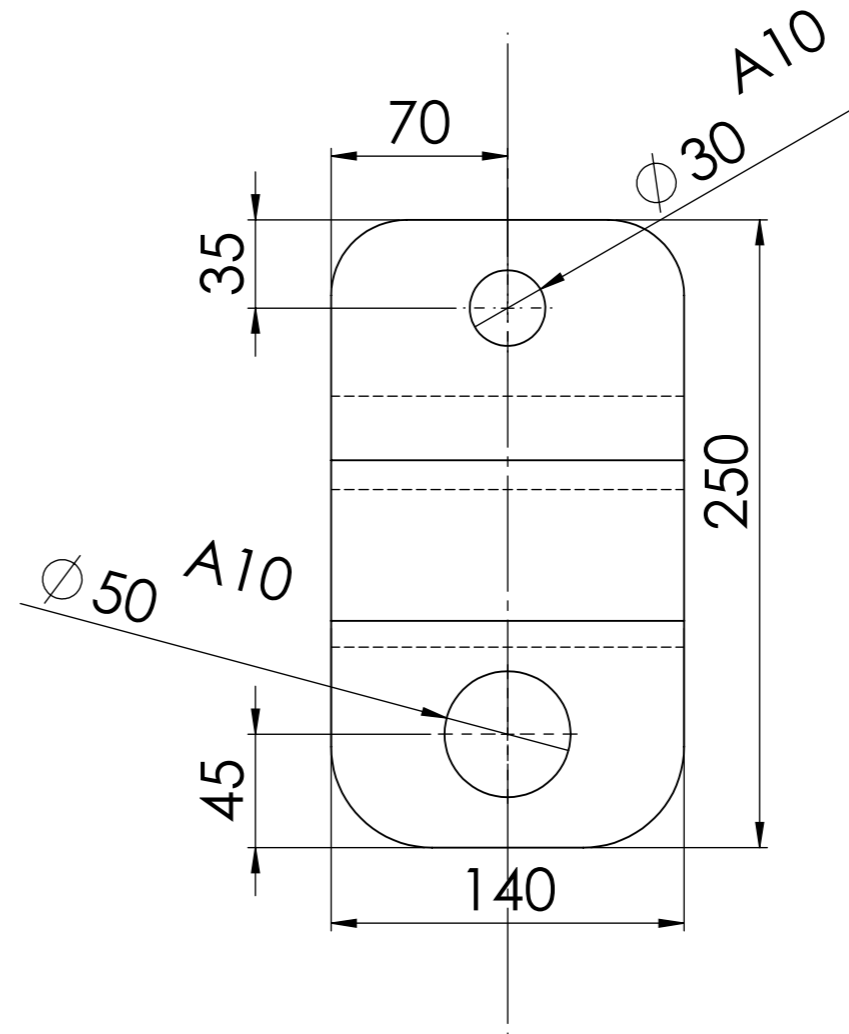
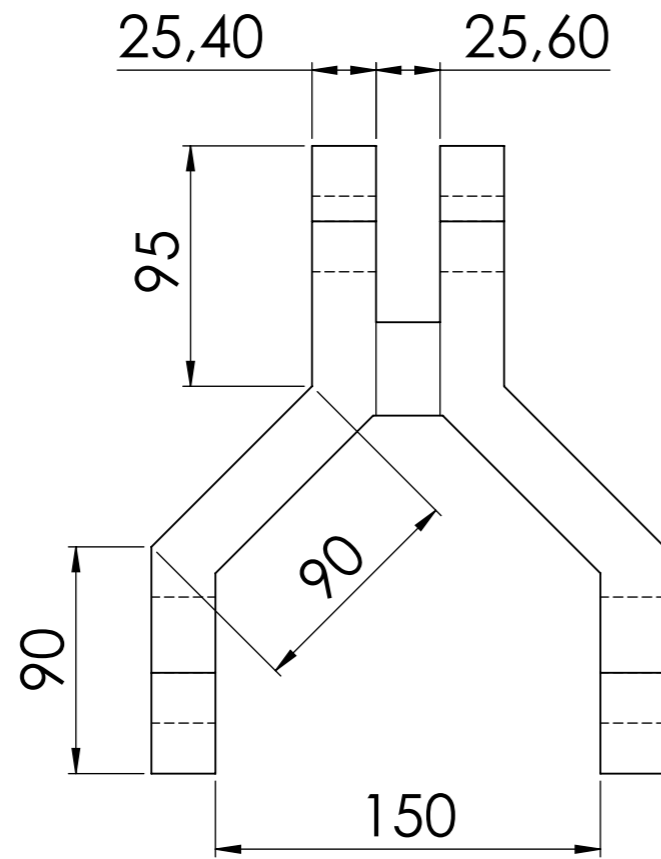
Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Macizo 60 mm	S.A.E 1045 LF	2	


	Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:	
	Rev.	09/2018	Puente, G.			Puerto de Colón.
	Apr.		De Carli, A.			
	Esc:	1:1		Perno vientos rígidos		
			Proy:			
			PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.			
					Plano N°: PH-PFC1805A-PE1	
					Reemp. a:	

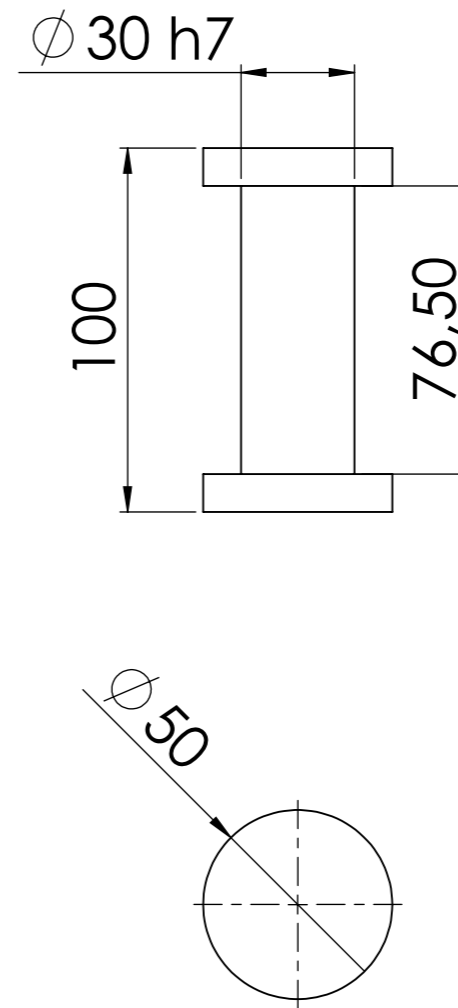
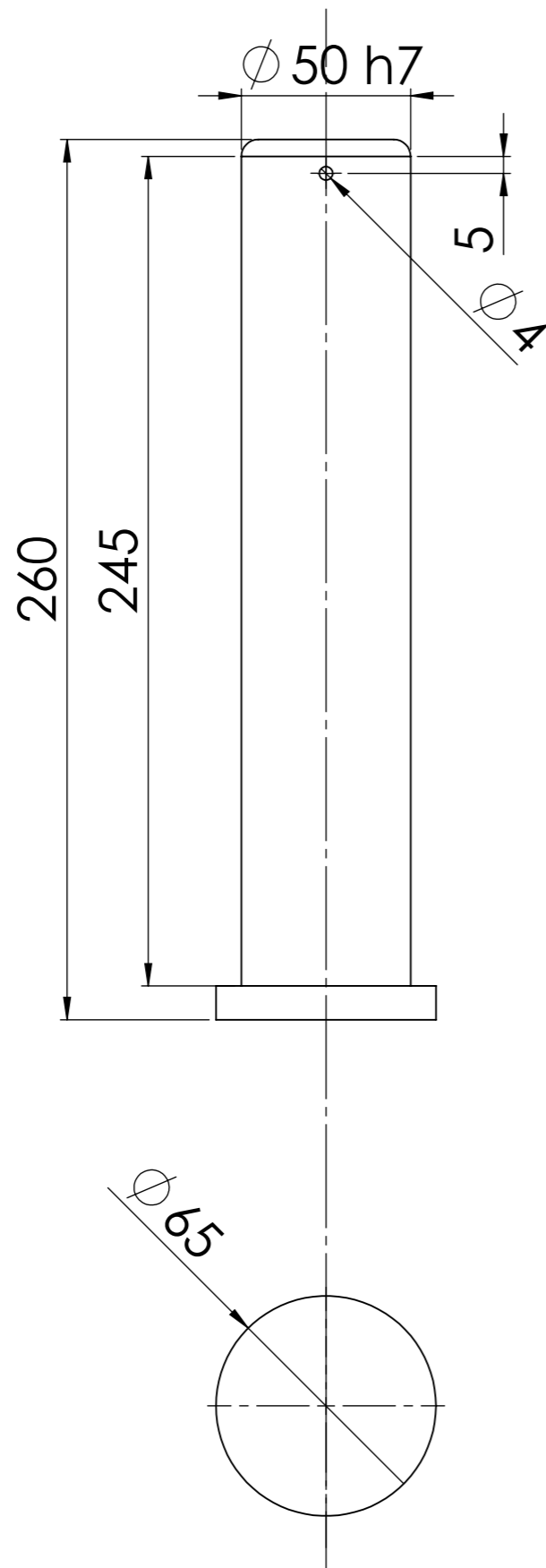


Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Caño 4" Sch40	ASTM A53	1	4000
Caño 4" Sch40	ASTM A53	2	2000
Caño 4" Sch40	ASTM A53	4	2190
Panchuela 1"	S.A.E 1020	8	Plasma

	Dib.	09/2018	Nombre	Puerto de Colón.	Grupo:	Kautz, Diego. Lapalma, Guillermo.
	Rev.		Nombre	Puerto de Colón.		
	Apr.		Esc:	1:20	Proy:	PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
					Plano N°:	PH-PFC1805A-PM5
				Reemp. a:		



Listado de materiales.				
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]	
Planchuela 1"	S.A.E 1020	4	Plasma	
	Fecha	Nombre	Cliente:	
	Dib.	09/2018		Puente, G.
	Rev.		De Carli, A.	Puerto de Colón.
	Apr.			
Esc:	1:3		Grupo: Kautz, Diego. Lapalma, Guillermo.	
				
	Manopla percha			
			Proy: PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.	
			Plano N°: PH-PFC1805A-ER8	
			Reemp. a:	



Listado de materiales.			
Elemento	Material	Cantidad	Cortes [mm]
Macizo 50 mm	S.A.E 1045 LF	4	
Macizo 65 mm	S.A.E 1045 LF	4	

	Dib.	Fecha	Nombre	Cliente:	Grupo:	
	Rev.	09/2018	Puente, G.			Puerto de Colón.
	Apr.		De Carli, A.			
	Esc:	1:2			Pernos Manopla	Proy:
						PFC 1805A - Ingeniería y diseño de grúa para elevar barcos.
					Plano N°: PH-PFC1805A-PE3, PE4	
					Reemp. a:	