



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Mecánica

ME56B
Taller de Diseño Mecánico

Diseño de un Yate de Competencia

Camilo Orellana
Eduardo Perez
Pablo Quintana
Hans Petersen
Rodrigo Navarrete
Michel Nikolic

Santiago, 20 de Abril de 2006

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Antecedentes	3
3.1. Nomenclatura de embarcaciones.	3
3.1.1. Casco y arboladura	3
3.1.2. Nomenclatura del velamen	5
3.1.3. Otros Elementos de la embarcación	6
3.2. Sistema de Dirección	10
3.2.1. Timón	11
3.3. Características de la propuesta de diseño	15
3.4. Mástil	16
3.5. Velas	20
3.5.1. Material de las Velas	20
3.5.2. Dimensiones de Velas	21
3.5.3. Sujeción de velas	22
4. Áreas y distribución de trabajo	23
4.1. Áreas de trabajo	23
4.2. Distribución de trabajo	23
5. Carta Gantt	24
6. Desarrollo del Diseño	25
6.1. Casco	25
6.2. Diseño de Velas	30

6.2.1. Vela Mayor	30
6.2.2. Vela Menor	34
6.2.3. Comentarios	38
6.3. Diseño de Mástil	38
6.4. Descripción del Modelo Final	42
7. Memoria de cálculo	44
7.1. Fuerza de arrastre, F_A	44
7.2. Cálculo del mástil	46
7.3. Cálculo de la quilla	48
7.4. Timón	50
7.5. Barra de Transmisión Timón-Pistones	55
7.6. Dirección de vela mayor	58
7.7. Cálculo de espesor de la cubierta	61
7.8. Cálculo de los pernos para la unión Quilla-Bulbo	63
8. Comentarios	68
9. Planos	69

Capítulo 1

Introducción

Se conoce como embarcación a todo cuerpo capaz de flotar, destinado a navegar. Sus condiciones esenciales son: Impermeabilidad, flotabilidad y solidez.

El por qué navega un velero es algo que por lo general el principiante atribuye únicamente a la acción del viento. La verdad es que el viento por sí solo no impulsa la embarcación hacia delante, salvo que llegue a esta por la popa. En su mayor parte las velas actúan como planos de sustentación que generan la componente de empuje, la cual pasa al casco a través del mástil. La forma de la embarcación, la resistencia del agua a lo largo del casco o contra la orza (resistencia lateral) aseguran que la mayor parte de esta fuerza se transforme en movimiento hacia delante aunque una parte se pierde en movimiento lateral (abatimiento y/o escora) y otra en la fricción de agua y aire, medios en los cuales se desplaza el barco.

El principio consiste en que el viento fluye por la superficie curva de la vela por el costado de barlovento ejerciendo una Alta Presión y produce la componente del empuje. A su vez, el aire que circula por la cara de sotavento produce una Baja Presión que origina también una componente de empuje al crear una zona de presión más baja aún. Al usar vela mayor y foque (vela de menor tamaño que se sitúa en la parte de adelante del mastil) habrá un efecto adicional propulsora en el lado de sotavento de la vela mayor. Este es llamado “Efecto de tobera”.

Capítulo 2

Objetivos

El objetivo de este trabajo es diseñar un yate de alto rendimiento, con alto rendimiento se refiere a que las velocidades alcanzadas sean mayores al común de los yates lo que no pasan de los 15 nudos, y que el ángulo de navegación en contra del viento (o en terminología náutica: “ceñida”) sea el menor posible ojala bajo los 45° en comparación a los yates convencionales los cuales no pueden navegar menos de 50° . Luego, a través de los software IDEAS y ADINA someter este diseño a pruebas que corroboren el correcto diseño, resistencia y desempeño de la embarcación. La categoría de referencia para este diseño es la “America’s Cup”

Este diseño debe ser eficiente tanto para las partes del yate en contacto con el agua, como para las que están en contacto con el aire.

Las etapas que se cubren hasta esta etapa del proyecto y por lo tanto en este informe son:

- Recopilación de antecedentes (informe 1)
- Definición del problema: responder preguntas como:
 1. Para que nivel técnico de navegantes se va a construir.
 2. Cual será el segmento económico (a grandes rasgos) al cual se orientará el diseño.
 3. Que nivel de seguridad se le dará al yate a costa de duración o confiabilidad de los componentes del yate.
- Cálculo de componentes: Casco, mástil, timón, diseño de velas, etc.
- Dibujo de diseños en SolidEdge.
- Ensamble de componentes para conformar el yate.

Capítulo 3

Antecedentes

A continuación se recopilan los antecedentes más importantes en lo que refiere tanto a las embarcaciones como a la navegación en sí.

3.1. Nomenclatura de embarcaciones.

3.1.1. Casco y arboladura

- Proa: Parte anterior de un buque en forma de cuña para poder hendir fácilmente el mar.
- Popa: Parte posterior de una embarcación.
- Banda de estribor: Lado derecho de la embarcación mirando de popa a proa, el color de luz para navegación nocturna es el verde.
- Banda de babor: Lado izquierdo de una embarcación mirando de popa a proa, el color de luz para navegación nocturna es el rojo.
- Crujía: Línea imaginaria que divide longitudinalmente la embarcación en la línea de la quilla.
- Línea de flotación: Es la intersección del plano del nivel del agua con la superficie exterior del casco.
- Obra viva, Carena o Fondo: Es la parte del casco de un buque que queda bajo la línea de flotación.
- Obra Muerta: Parte del casco que sobresale por encima de la línea de flotación.

- Amura: Parte del casco de una embarcación donde comienza a curvarse para formar la proa.
- Cuadra: Es más o menos el centro del costado.
- Aleta: Parte curva del casco, donde comienza a afinarse para formar popa.
- Espejo: Frente de la popa.
- Quilla: Parte principal e inferior del esqueleto del casco, se trata de una pieza larga y resistente que corre de proa a popa.
- Quillas Laterales: Piezas colocadas aproximadamente a media distancia entre la línea de flotación y la quilla. Sirven para disminuir el balanceo.
- Calado: Medida que indica la distancia desde la quilla, por su canto inferior y la línea de flotación.
- Eslora común: Es el largo de embarcación, medido entre los puntos más salientes de proa y popa.
- Eslora Oficial: Largo de un buque medido entre los puntos en que contacta el casco la superficie del agua a proa y popa.
- Manga: Medida que indica el ancho de una embarcación en el punto de mayor extensión, se define también como el ancho de la embarcación medido a la altura de la cuaderna maestra.
- Puntal: Medida que indica la distancia desde la quilla a la primera cubierta.
- Cockpit: Cámara o espacio de la embarcación destinado a la permanencia de los tripulantes.
- Mástil: Palo del yate que sirve para sostener verticalmente las velas.
- Botavara: Percha horizontal que corre al andar del yate y sale hacia la popa desde la parte inferior del mástil.
- Goosneck: Pieza que une la botavara al mástil.

- Jarcia: Conjunto total de cabos y cables que hay a bordo, ya sea de nylon, acero, perlón, algodón, etc.
Jarcia de Labor o Maniobra: Es la que se emplea para trabajar con ella (drizas, escotas, etc.).
- Jarcia Muerta o Firme: Empleada para sujetar la arboladura y que por lo tanto no tiene movimiento (obenques, estayes).
- Estayes: Jarcia muerta generalmente de alambre, que aguanta el mástil hacia proa y hacia popa.
- Obenques: Cabos de acero cuya misión es afirmar el mástil hacia las bandas.
- Boomvang: Aparejo que permite bajar la botavara. Cuando se navega con viento a un descuartelar, a un largo o empopado.
- Driza: Es todo aquel cabo que en el yate sirve para izar las velas.
- Perilla: Extremo superior del mástil, tiene roldanas por las cuales laboran las drizas.
- Cruceta: Armazón en cruz con el mástil que tiene por misión separar los obenques.

3.1.2. Nomenclatura del velamen

- Velamen: Conjunto de velas de un yate.
- Velas: Elementos propulsores del yate.
- Foque: Vela triangular envergada en el estay, su pujamen no sobrepasa el mástil.
- Vaina: Doble que se hace a los contornos de una vela para evitar su deterioro, o estuche en la relinga de caída para alojar los sables (tablillas de madera o plástico rígido que ayudan a extender la baluma).
- Relinga: Cabo que recorre por el interior de la vaina para hacerla más resistente al contorno de la vela.
- Relinga de Grátil o Envergue: Relinga por la cual se enverga una vela al mástil o estay.

- Relinga de Pujamen: Relinga inferior de cualquier vela. El corte del foque se llama deckweeper (barredor de cubierta).
- Relinga de Caída: Relinga de la orilla posterior de una vela. También denominada baluma.
- Puños: Vértices reforzados de las velas en que se hacen firmes las escotas y las drizas.
- Puño de Driza: Es el puño donde se hace firme la driza.
- Puño de Escota: Es el puño bajo hacia popa, donde van las escotas.
- Puño de Amura: Puño bajo que queda hacia proa.
- Ollaos: Anillos de metal o plástico que sirven para proteger los agujeros practicados en las velas.
- Rizos: Conjunto de cabos y ollaos que sirven para disminuir la superficie de la vela.
- Mosquetones: Broche de metal, plástico o género que sirve para envergar las velas cuchillas (foque).
- Garruchos: Artificio de forma especial, de bronce, acero inoxidable, plástico u otro metal que sirve para envergar las velas mayores en el mástil o botavara.
- Alunamiento: Corte en forma de media luna que tienen las velas cuadras o cuchillas en su relinga de caída.
- Génova: Foque de gran tamaño, su pujamen pasa claramente hacia popa del mástil.

3.1.3. Otros Elementos de la embarcación

- Bailleurs: Dispositivo succionador instalado en el fondo de una embarcación, que permite achicar el agua por vacío.
- Boya: Construcción estanca que flota a la cual se amarran las embarcaciones.
- Cadenote: Pieza de metal fija al casco donde se hacen firmes los obenques y estayes.
- Caña: Mango de madera u otro material que sirve para gobernar el timón.

- Catavientos o Grímpolas: Cambuchos de lanilla o material liviano que colocados en la perilla u obenques sirven para conocer la dirección del viento.
- Cornamusa: Trozo de madera, metal o plástico en forma de una T que sirve para tomar vueltas a los cabos.
- Cunningham: Aparejo que teza el puño de amura o el puño de escota de la mayor.
- Escotas: Cabos que sirven para trabajar las velas.
- Espiches: Tapón que se coloca en el agujero del fondo para desaguar la embarcación.
- Fogonadura: Abertura practicada en cubierta o bancada de una embarcación para dar paso al mástil.
- Mordazas: Accesorio de fibra o metal que reemplaza a las cornamusas en el trabajo de las escotas. Trabaja los cabos en forma automática.
- Orza: Pieza de metal o madera que es abatible y que sirve para evitar el abatimiento y contrarrestar la escora.
- Straps: Fajas para colgarse fuera de la embarcación. Tangón: Percha de madera o metal que en los yates se utiliza para abrir el foque hacia una banda para navegar a oreja de burro, o bien, para la maniobra del spinnaker.
- Spinnaker : Vela semiesférica de colores vistosos y material muy liviano que se utiliza para navegar preferentemente en empopada.
- Timón: Estructura que se coloca en la popa para gobernar una embarcación.
- Hembra: Calzos de material inoxidable que van en el espejo, donde se meten los machos del timón. Se le denomina además "tintero".
- Macho: Especies de ganchos que lleva el timón que se introducen en los tinteros, sujetan así el timón al casco.

A continuación, se presentan diversos elementos antes mencionados, o que se utilizan de manera complementaria con ellos.

Líneas de amarre y fondeo, con guardacabos 50 mts. Incorporan en un extremo una gaza con guarda-cabo para la fijación al ancla. Rollo de 50 m. cabo de 10 mm. Cabo de polipropileno



Figura 3.1: Amarre

en la figura 3.1 riza de doble trenzado, fundada en poliéster de 16 torones, alma hueca, en fibra dyneema (la última tecnología en cabullería), que asocia resistencia ligereza y muy poco estiramiento hidrófugo. además un buen comportamiento en mordazas y winches. Esta driza conviene perfectamente para las embarcaciones de crucero y de competición. Material trenzable. Ideal para drizas, amantillos, contras, rizados de vela mayor, escotas de vela mayor, génoa y brazas de spi.

Diámetro 12 mm : Resistencia: 4800 Kg.

Los elementos a continuación mencionados sirven para redireccionar líneas de cabos y para utilizar como cabos de maniobra, los cuales se adquieren en cualquier tienda náutica del país y serán incorporados en nuestro diseño.



Figura 3.2: Driza Dyneema

Escota de alta calidad. DYNEEMA 2002. Gran resistencia a la abrasión. Tacto suave. Carga de rotura: 6.300 Kg. Aconsejable para barcos de regata. El n° 1 en cabullería de competición.



Figura 3.3: Escota Dyneema 2002 de 12 mm. de diámetro



Figura 3.4: Caja de Reenvío

3.2. Sistema de Dirección

A continuación se presenta un esquema del sistema de dirección de un yate de competición, en el que se aprecian los diversos componentes y se puede observar el sistema prácticamente completo, el que posee dos cañas para un solo timón.



Figura 3.5: Disposición Sistema de Dirección. Yate Luna Rossa.



Figura 3.6: Disposición Sistema de Dirección. Yate Luna Rossa.

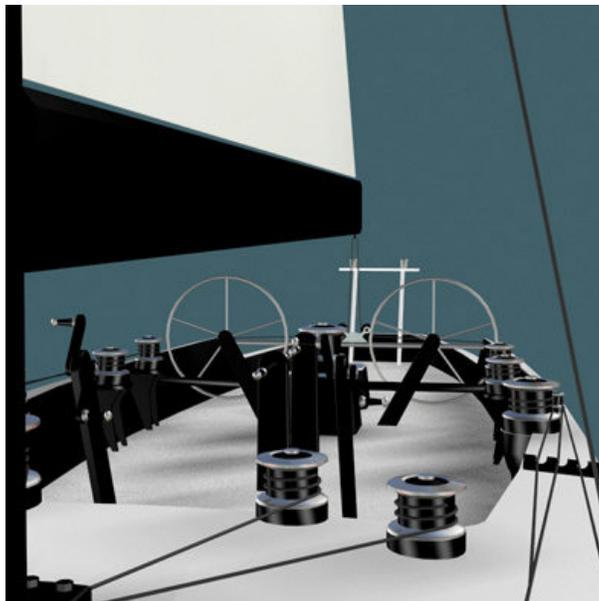


Figura 3.7: Disposición Sistema de Dirección. Yate Luna Rossa.

3.2.1. Timón

Uno de los principales elementos es el sistema que comanda el timón, incluido este. A continuación, se presentan diversos sistemas para el control del timón.

El principio de funcionamiento de ambos sistemas es el mismo, solo cambia el número, tamaño y configuración de los cilindros neumáticos. Al girar el timón se acciona una válvula de acción y by-pass que reenvía el aire desde una bomba y un tanque de aire a cada uno de los cilindros neumáticos a la vez (figura 3.8)

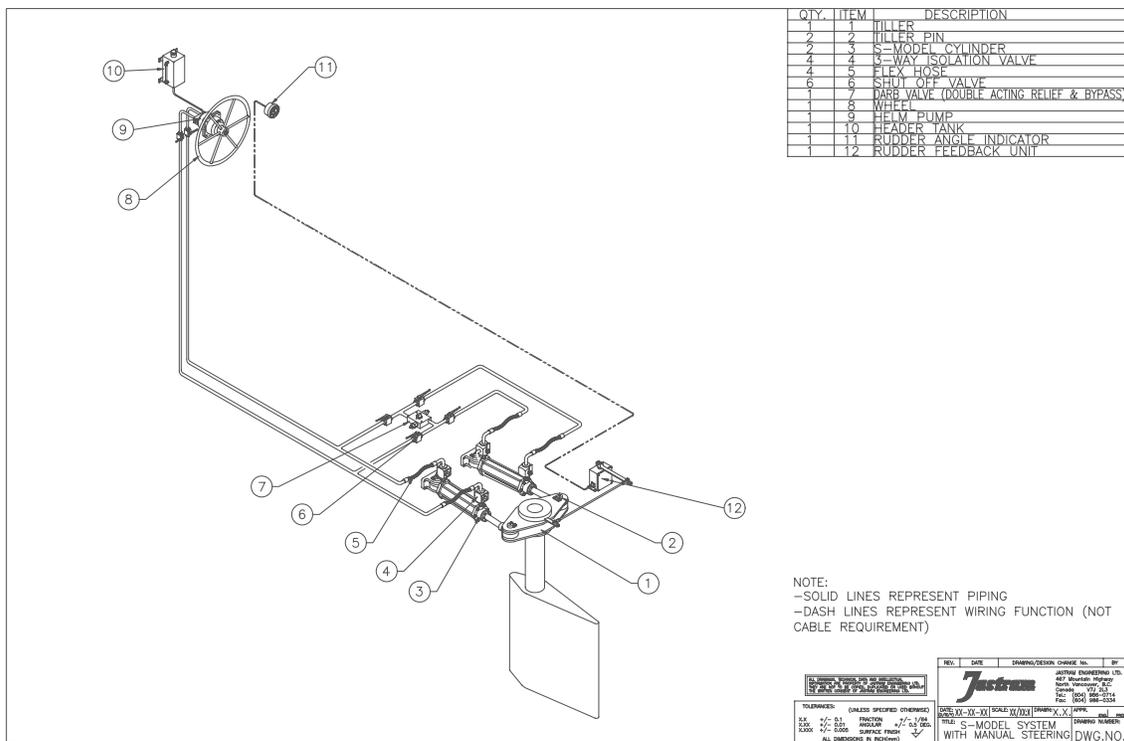


Figura 3.8: Sistema Timón (Layout)

El sistema mostrado en la figura 3.9 es el mismo principio pero con un solo cilindro de doble acción que realiza los virajes hacia ambos lados.

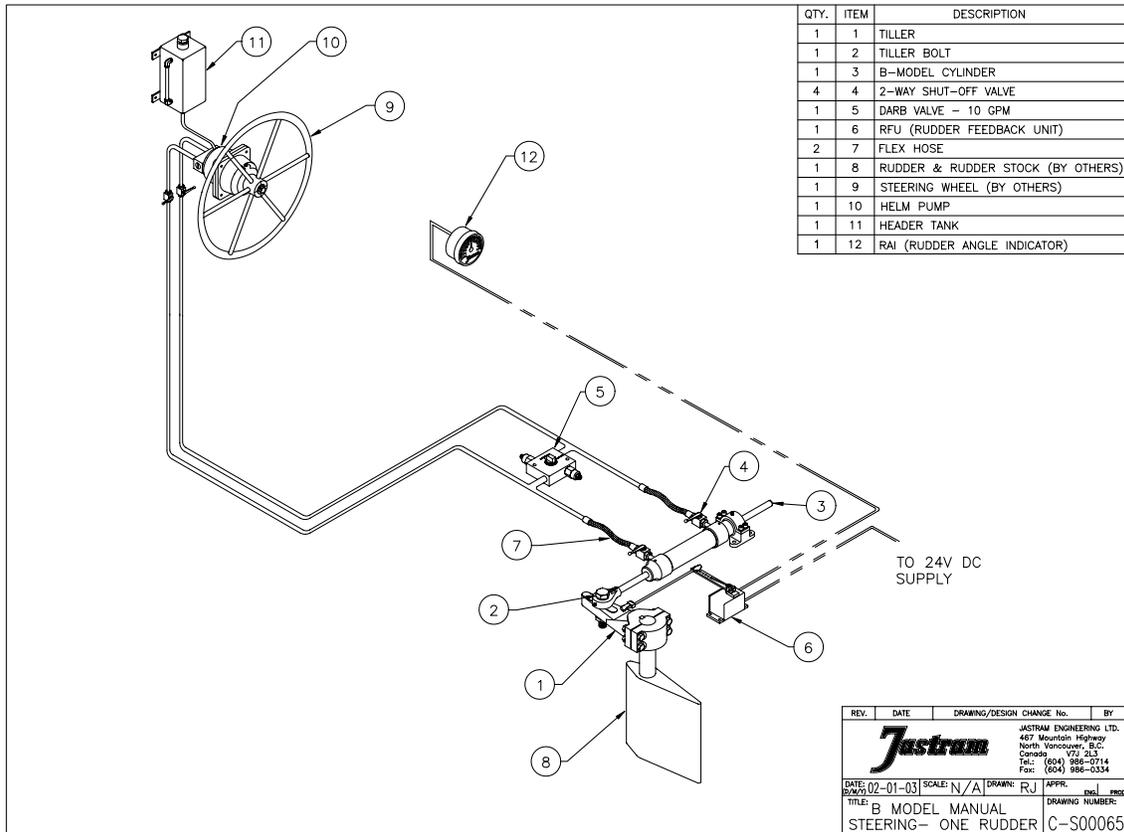


Figura 3.9: Sistema Timón (Layout)

Los siguientes dos modelos son con dos timones y cajas que reenvían la presión de aire a dos cilindros neumáticos de doble acción.

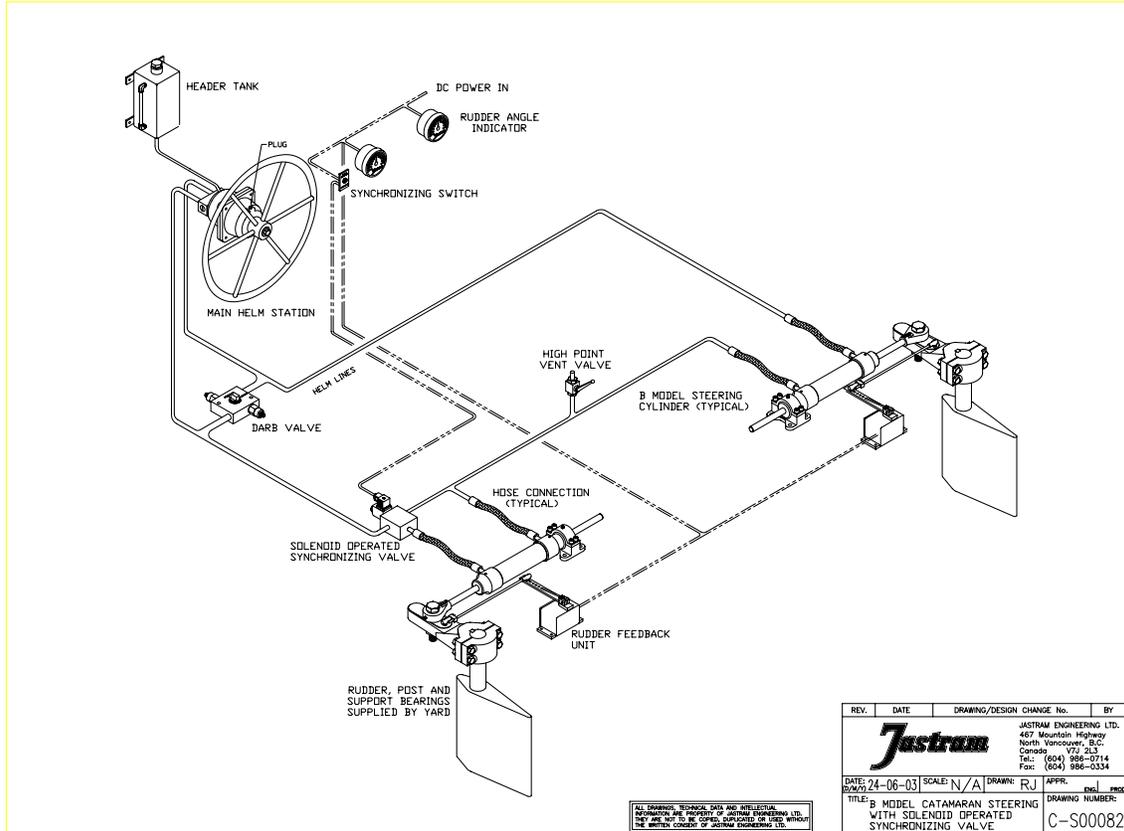


Figura 3.10: Sistema Timón Doble (Layout)

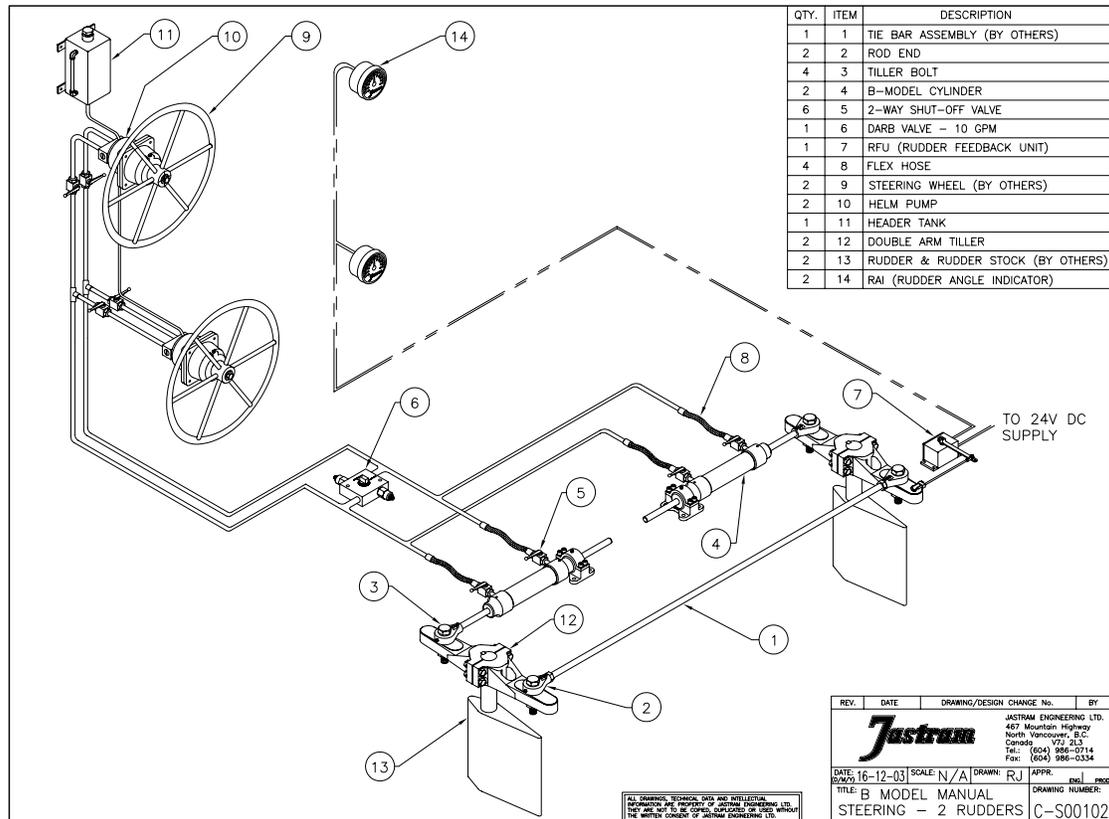


Figura 3.11: Sistema Timón Doble (Layout)

3.3. Características de la propuesta de diseño

Como el objetivo es simular un yate de la Categoría “America’s Cup”, se muestran a continuación sus características principales.

- **Peso:** 24 toneladas máximo
- **Eslora en línea de flotación:** 20 metros
- **Eslora máxima total:** 26 metros
- **Calado:** 4.1 metros
- **Manga:** 4.5 metros máximo
- **Altura del mástil:** 35 metros hasta la punta

- **Superficie mayor:** aproximadamente 200 m²
- **Superficie de la génova:** entre 130 y 150 m²
- **Superficie del spinnaker:** entre 350 y 450 m²
- **Longitud del bulbo de la quilla:** entre 4.5 y 7 metros

Los barcos de la Clase America's Cup están diseñados para navegar con una tripulación de 17, más un invitado y un árbitro, para sumar un total a bordo de 19.

3.4. Mástil

Para esta sección se ha encontrado un modelo a escala de un velero. La idea es aprovechar las proporciones del modelo escalado y la descripción que se hace del sistema, para establecer las medidas del modelo planteado originalmente. En la descripción solo se presentan las medidas de los diferentes elementos en el modelo a diseñar, se obviarán las del prototipo por considerarse intrascendentes.

Las principales medidas del aparejo serán:

- La altura total del mástil será de 34,5 [m] dejando los últimos 50 [cm] para una grímpola.
- El arraigo de la botavara a 1,4 [m] del pie del mástil.
- La cruceta a 16,5 [m] del pie del mástil. Conformada por dos semi-crucetas de 2 [m] de largo cada una.



Figura 3.12: Cruceta. Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>

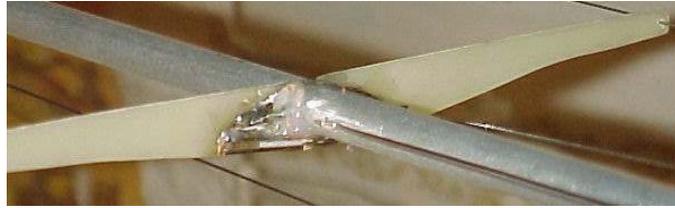


Figura 3.13: Cruceta. Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>

Martingala: a 30.5 [m] del pie del mástil. Consiste en una plaqueta como una V de 60° de apertura y con brazos de 1.3 [m] de largo, Los violines de la martingala se toman arriba del tope de la vela, y abajo en una perforación en el mástil a 3.5 [m] de la martingala.

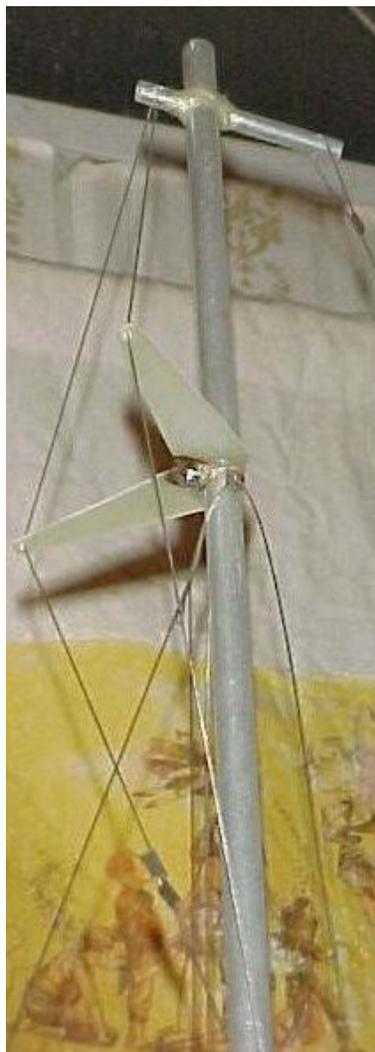


Figura 3.14: Martingala. Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>



Figura 3.15: Tope - Mástil. Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>

Tope de vela: a 34,5 [m] del pie del mástil, a 3,5 [m] sobre la martingala. Esto tiene como función retrasar el punto de arraigo del estay, para que no moleste la baluma de la mayor (Ver Figura ??).

El diámetro del mástil es de aproximadamente 25 [cm], la idea es que quede lo más rígido posible pues con esto se hará más preciso y eficiente el uso de la fuerza del viento, también se tendrá la capacidad de reducir la resistencia al viento al reducir el número de tensores del mástil.

El mástil debe llevar perforaciones en los siguientes puntos (todas las medidas a contar del pie del mástil):

- A 11 [cm] para amarrar el mástil a la carlinga.
- A 16,3 [m] para tomar los obenques bajos.
- A 16,5 [m] para tomar la cruceta.
- A 27 [m] para tomar los violines de la martingala.
- A 30 [m] para tomar la martingala.
- A 34 [m] para tomar el herraje del tope del mástil.

Las botavaras tienen un largo de 8,5 [m].

La botavara del foque tiene una perforación en cada penol a 5 [cm] del extremo; tres perforaciones a 2,7 [m], 2,85 [m] y a 3 [m] del penol popel, para arreglar al escota; y 1 perforación a 6 [m] del penol popel, para tomar la botavara a la cubierta. En la figura siguiente están marcadas con rojo.

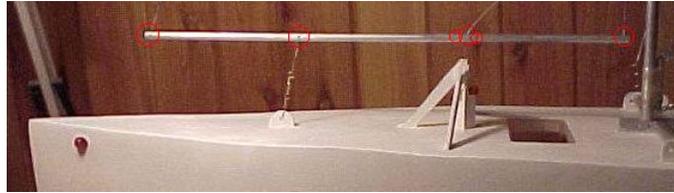


Figura 3.16: Botavara - Foque Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>

la botavara de la mayor tiene una perforación en el penol popel a 5 [cm] del extremo; tres perforaciones a 2,9 [m], a 3,1 [m] y a 3,25 [m] del penol proel para arraigar la escota; y una perforación a 20 [cm] del penol proel para tomar el vang.



Figura 3.17: Esquema arraigo botavara del foque Fuente: <http://www.geocities.com/grponcio/yate/saud2/mastil.htm>

La gansera y el vang de la botavara de la mayor se hacen de modo que que su parte superior quede a 1,4 [m] del pie del mástil.

3.5. Velas

3.5.1. Material de las Velas

En general, el material para la construcción de las velas consiste en un poliéster reforzado con una malla de material metálico. Este arreglo permite soportar las fuerzas producidas por el viento, especialmente en aquellos lugares de sujeción con el mástil y con el casco que es donde se concentran los esfuerzos y tensiones. En la actualidad la orientación en la elección de los materiales para las velas va en el sentido de escoger materiales más livianos, estables y de laminados más resistentes como el Norlam Soft y de laminados de Spectra ultra durables y de alto rendimiento que combinan una performance superior (velocidad y ángulo de ceñida, por ejemplo) con una mayor vida útil. Para la última generación de yates participantes en la America's Cup, el material reinante en la mayor cantidad de velas fue el kevlar. Además, la construcción de las velas es en una sola pieza y no mediante la unión de varias partes, lo que les permite mantener siempre la forma del diseño y evita coger holguras.

La figura 3.18 muestra cómo es el material de las velas para un modelo de la America's Cup. Se alcanza a distinguir el refuerzo de la malla metálica.



Figura 3.18: Material para las velas. Fuente: www.turbosquid.com

Se debe notar además, que las velas poseen refuerzos en los bordes de conexión con el mástil y con el travesaño (botavara) móvil que permite el giro de las mismas para dar orientación al yate.

3.5.2. Dimensiones de Velas

En general, la forma de las velas, corresponden a triángulos o partes de estos. Así por ejemplo la vela mayor de un yate, en la mayoría de los casos posee la forma de un triángulo pero con un pedazo de menos en la parte superior de la vela. Para el caso de la vela menor, la que se ubica en la proa del yate, y que se conoce comúnmente con el nombre de foque, la forma es simplemente triangular.

De acuerdo a las dimensiones generales de velas para modelos America's Cup, las áreas para las velas mayor y foque varían entre $180\text{-}210\text{ m}^2$ para la vela mayor y entre 130 y 150 m^2 para el foque. Además hay que mencionar que la vela mayor se extiende desde la punta superior del mástil hasta el nivel cero del casco. En cambio el foque o vela menor lo hace un par de metros más abajo desde la punta del mástil.

La siguiente figura muestra las dimensiones de las velas.

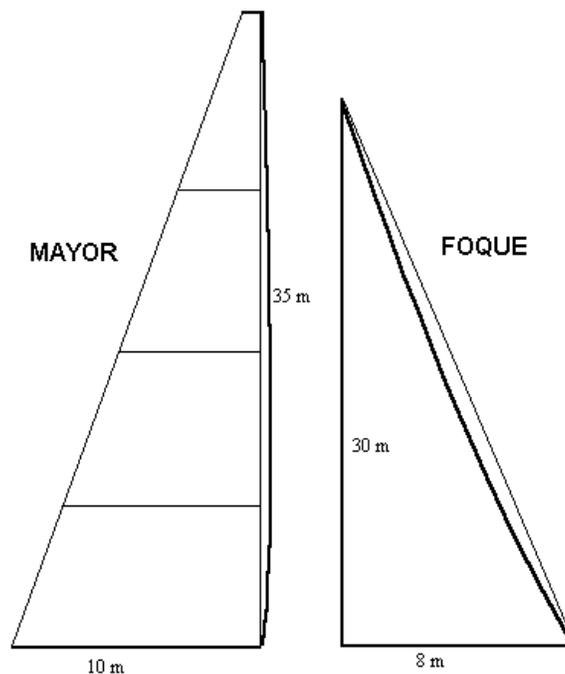


Figura 3.19: Dimensiones para las velas mayor y menor

Algunas características típicas de las velas de yates de alta competencia como los America's Cup, es que tienen curvaturas en sus grátiles. Los grátiles son los bordes de las velas que se sujetan a los estay. En el caso de la vela mayor el grátil posee una curvatura positiva que al ser aplicada al mástil produce una bolsa en la vela, que le da el perfil característico

del ala de avión. En el caso de que el viento aumentara, y se desee eliminar la bolsa, se debe aumentar la tensión del estay, y el mástil se arqueará levemente; esto compensará el corte curvo de la vela, que se aplanará. A su vez, esta mayor tensión pondrá más recto el grátil del foque, aumentando su eficiencia y disminuyendo su curvatura. Para el caso del foque la curvatura es negativa (hacia adentro de la vela) del orden del 0.5 % para compensar el hecho que, al recibir el viento, el estay de proa se curva hacia sotavento. Si se corta el grátil del foque con una curvatura previa, puede compensarse esta deformación.

3.5.3. Sujeción de velas

La sujeción de las velas es distinta para la vela mayor y para el foque. En el caso de la vela mayor la sujeción se hace mediante la botavara y el mástil. Para la sujeción al mástil, existen dos formas; la primera consiste en pasar el borde de la vela (grátil) por el interior de un sacado que se hace al mástil, fijando la vela a la punta del mismo. La otra consiste en pasadores en el costado de la vela por los que se hacen pasar cables que se fijan al mástil, permitiendo la sujeción al mismo.

Por otro lado es muy común la utilización de avesaños flexibles que atraviesan las velas en forma transversal y además les permiten mantener la forma.

En el caso del foque la sujeción es mediante tensores que se fijan en tres puntos: la punta del mástil, la proa del yate y hacia un costado del yate. Es similar a la de la vela mayor pero sólo por el lado del mástil. El borde de esta vela que da hacia la proa va tenzado y fijado en un punto fijo en el casco.

Capítulo 4

Áreas y distribución de trabajo

4.1. Áreas de trabajo

Las tres principales áreas en las cuales se puede subdividir el proyecto son:

1. Casco
2. Mástil y velas
3. Timón y jarcias (Cables fijos y de maniobra)

4.2. Distribución de trabajo

1. Hans Petersen y Michel Nikolic: Casco
2. Eduardo Perez y Camilo Orellana: Mástil y velas
3. Pablo Quintana y Rodrigo Navarrete: Timón y jarcias (Cables fijos y de maniobra)

Capítulo 5

Carta Gantt

A continuación se muestra la Carta Gantt de lo que será la primera parte del proyecto.

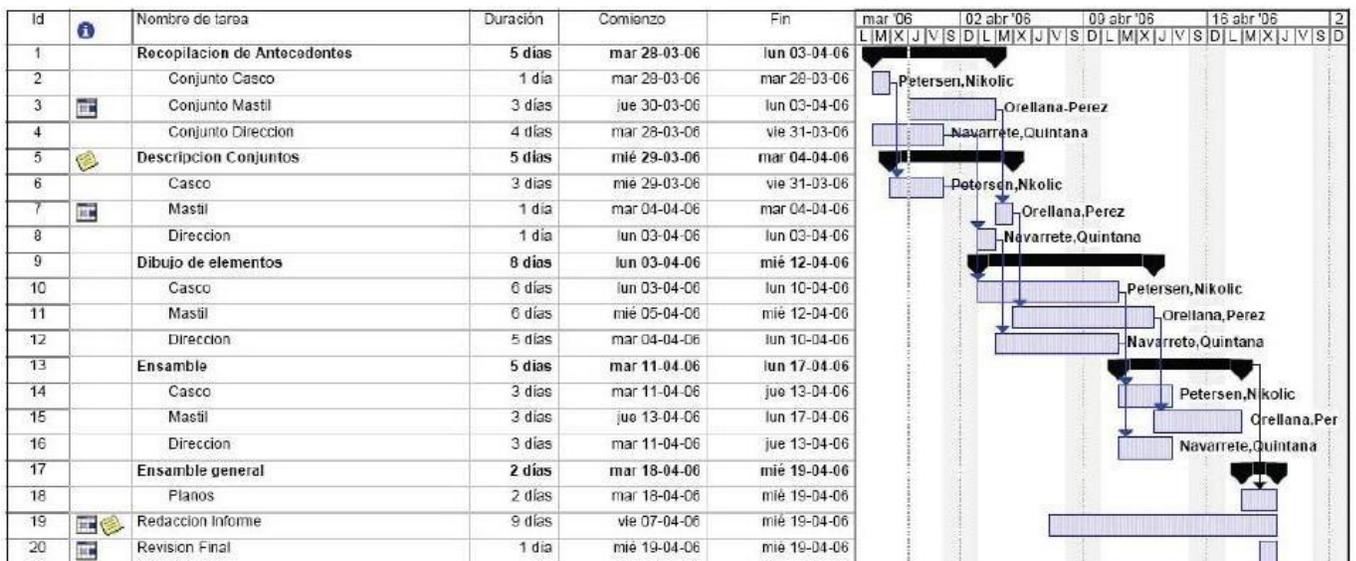


Figura 5.1: Carta Gantt, primera etapa del proyecto.

Capítulo 6

Desarrollo del Diseño

6.1. Casco

Encargado(s): Michel Nikolic-Hans Petersen

El diseño del casco es un área muy importante en el diseño de un velero. Este elemento soporta todos los demás y adicionalmente, es el que va a presentar la mayor resistencia al avance de la embarcación. Esto se debe a que está en contacto con el agua, fluido que es muchísimo mas denso que el aire que impacta a los elementos que están sobre la línea de flotación.

Por esto, si se quiere obtener un velero de buenas prestaciones es imprescindible un buen diseño del casco.

En este caso, se basó el diseño en el velero Alinghi del equipo suizo que es el último campeón de la Copa América en el año 2003. Debido a la tremenda complejidad que la forma del casco presenta, no fue posible en primera instancia, encontrar información precisa de las dimensiones totales de éste. Sin embargo, lo que se decidió hacer finalmente, fue tomar una foto de perfil del casco(ver figura 6.2) y escalarla para aproximar su forma y dibujar así el perfil del casco. Con los datos que se muestran en la tabla 6.1 se puede completar mas o menos las dimensiones del casco.



Figura 6.1: Perfil del casco del Alinghi.

Tabla 6.1: Dimensiones Generales del Casco.

Casco	
Peso	24 Tons. Max.
Eslora Oficial	20 mts.
Eslora	26 mts.
Calado	4.1 mts.
Manga	4.5 mts.
Altura del Mástil	35 mts.
Longitud del Bulbo	4.5-7 mts.

El casco construido en SolidEdge de esta forma, se muestra en las figuras 6.2, 6.3 y 6.4. Se puede ver el gran parecido con el modelo original de la figura 6.2.

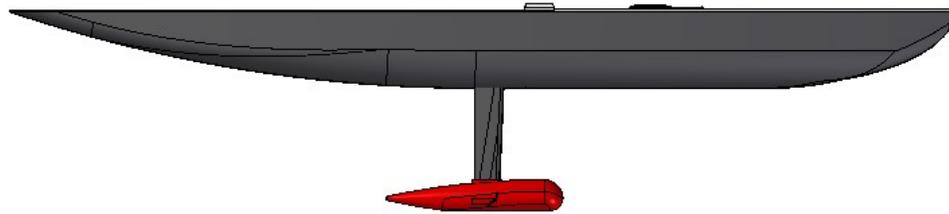


Figura 6.2: Perfil del casco del Modelo SolidEdge.

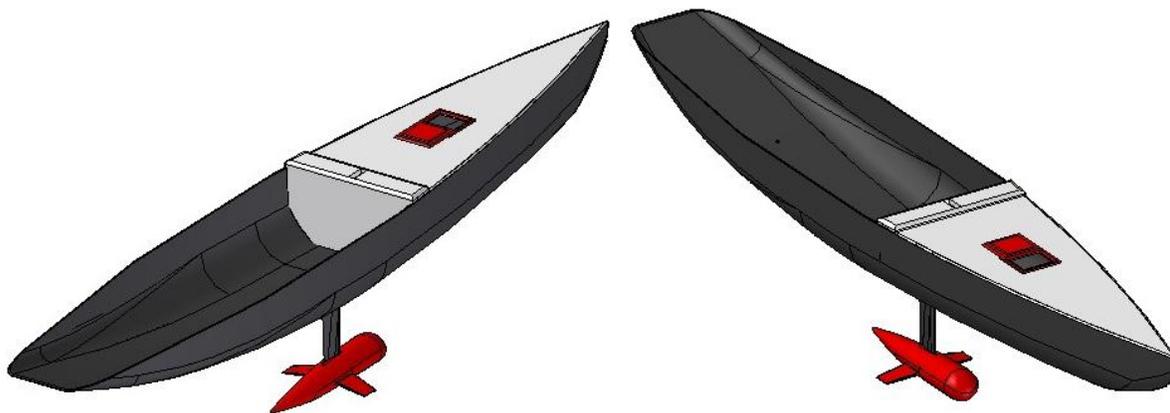


Figura 6.3: Isométrica del casco del Modelo SolidEdge.

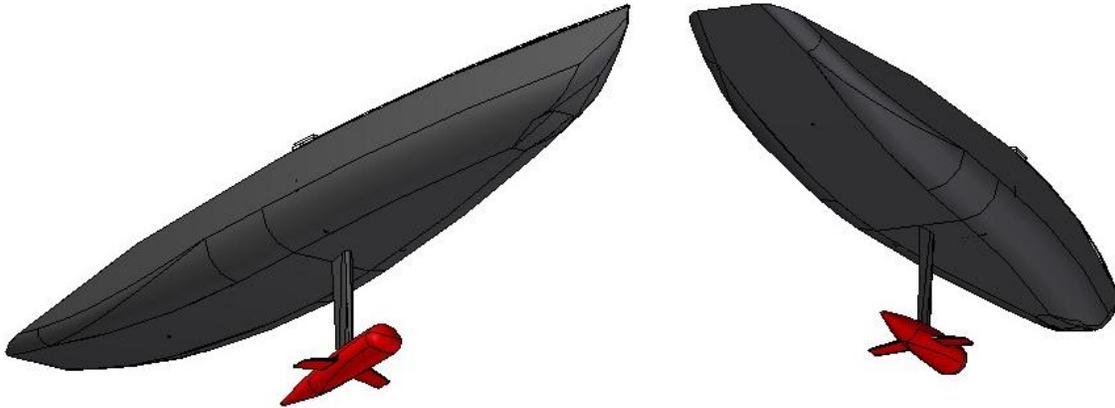


Figura 6.4: Isométrica del casco del Modelo SolidEdge.

De manera adicional, se le fueron agregando detalles como por ejemplo la escotilla de proa y las aletas de estabilidad del bulbo que se muestran en la figura 6.5. Las aletas fueron diseñadas de acuerdo a lo que se ve en la figura 6.6, por lo que quedaron muy parecidas (ver figura 6.7).

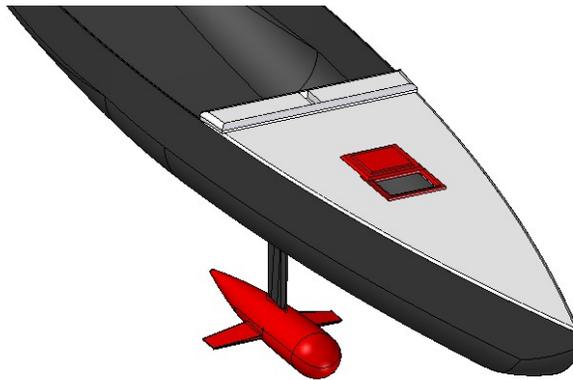


Figura 6.5: Escotilla y Aletas del bulbo.



Figura 6.6: Alinghi fuera del Agua. Notar la forma de las aletas del bulbo.



Figura 6.7: Modelo en SolidEdge. Notar la forma de las aletas del bulbo.

Hasta aquí se ha hablado de que el diseño del casco se ha hecho escalando las imágenes del diseño del casco del Alinghi, pero el objetivo de este trabajo es ser capaz de diseñar de manera propia los elementos respectivos. Por esto, se hace necesario el análisis fluidodinámico del casco en un programa computacional competente de manera de analizar si el diseño presenta problemas o si es susceptible de mejorar. Para esto, es necesario partir de alguna base y por ello se ha elegido este procedimiento de primero copiar el modelo para luego tratar de

optimizarlo.

Es necesario notar que el modelo que se muestra en la figura 6.2, es el modelo real del velero que salió campeón en la Copa América 2003 de este tipo de embarcaciones por lo que probablemente el paso siguiente sea optimizar aun más el modelo original.

6.2. Diseño de Velas

Encargado: Camilo Orellana

6.2.1. Vela Mayor

Para el diseño de la vela mayor se deben considerar algunos elementos que distinguen especialmente a este tipo de vela. Primero que nada una vela mayor posee una estructura de cables transversales flexibles (sables) a manera de un *esqueleto* sobre el cual se distribuye la tela, generalmente de Kevlar. Esta estructura le proporciona una mayor rigidez respecto de la vela menor o forque. Otro aspecto a considerar es la presencia de botavara en la parte inferior de la vela y cuya función es permitir el movimiento y giro de la vela en torno al mástil. La forma en se se posiciona la vela mayor a la botavara es muy similar a la que se utiliza para la fijación de la vela en el mástil, es decir, a través de una canal.

El diseño de la vela se basó en una vela mayor comercializada por la empresa *Doyle Sailmakers*, fabricantes de velas para yates. Este modelo se presenta en la figura 6.8 y es en esencia muy similar a lo que se pretende desarrollar como modelo para la construcción de la vela mayor del yate de competencia. Se puede apreciar que además de poseer una estructura principal de cables y uniones, posee una maya metálica cuya función es reforzar la tela de la vela. Si bien es cierto esta malla es muy importante en la realidad como refuerzo, se ha considerado que su modelamiento en sólido no reviste mayor importancia, pero sí, sería necesario incluirla en el análisis posterior de esfuerzos, no como un elemento de dibujo, sino como una propiedad del material de la vela que aumenta su resistencia a la tensión.

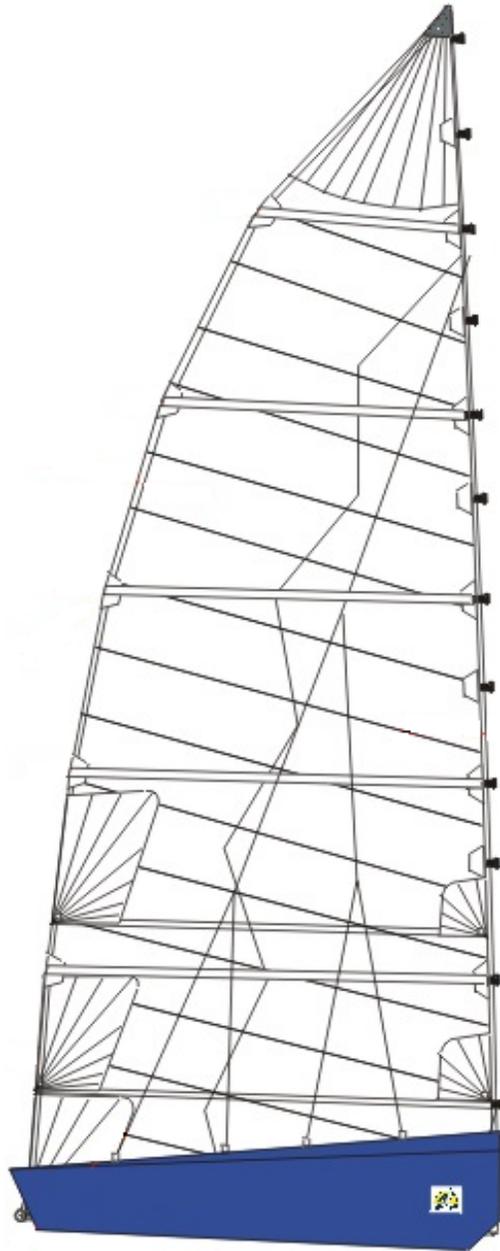


Figura 6.8: Modelo para vela Mayor. Fuente: www.doylesailmarkers.com

En la figura anterior también se aprecia la botavara y en la parte superior de la vela una cabeza de aluminio ¹ que permite la fijación de la vela a punta superior del mástil.

¹No se deduce de la figura pero en la web se encuentra el detalle de este elemento

A continuación se muestran imágenes de la vela creada en Solid Edge, en sus distintas etapas de modelamiento. La figura 6.9 muestra el esqueleto de la vela. Su construcción supone la utilización de sables de 2cm de sección, además de uniones en todas las intersecciones.

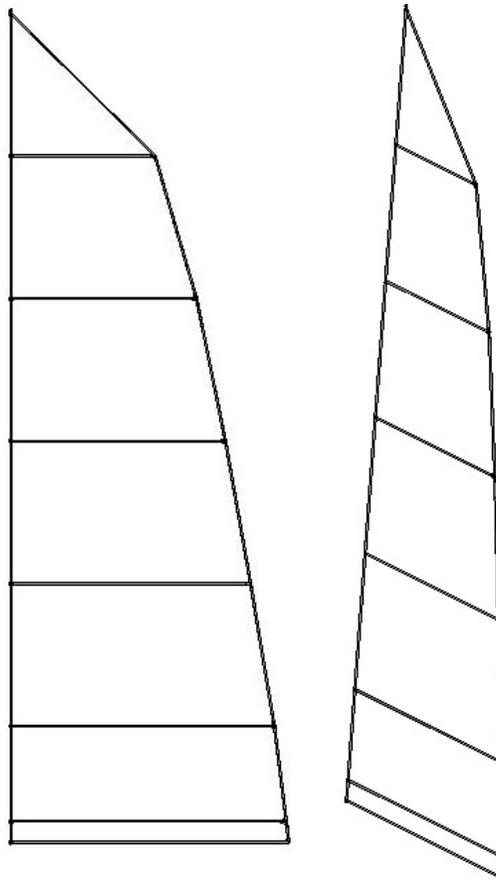


Figura 6.9: Modelo para esqueleto de la vela Mayor.

Las figuras 6.10 y 6.11 muestran el detalle de las uniones de la relinga (cable del borde recto de la vela) con las transversales y de las transversales con las diagonales del borde de la vela.

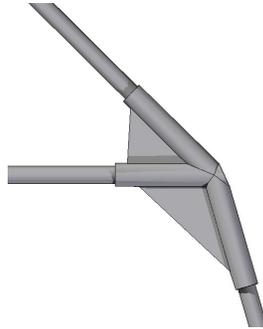


Figura 6.10: Detalle de uniones en esqueleto de vela Mayor: transversales con diagonales

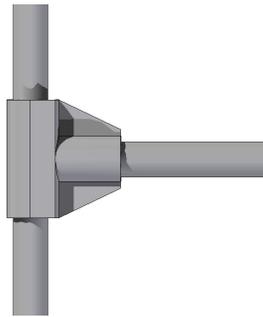


Figura 6.11: Detalle de uniones en esqueleto de vela Mayor: Relinga con transversales

Finalmente, en esta etapa del esqueleto, se muestra el anillo (fig. 6.12) en la punta de la relinga que permite la fijación a la punta del mástil.

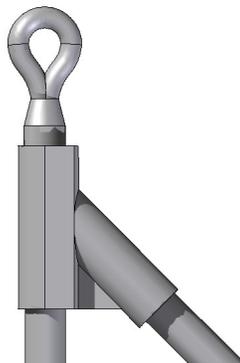


Figura 6.12: Detalle de uniones en esqueleto de vela Mayor: anillo de fijación a mástil

Teniendo el esqueleto de la vela armado, el paso siguiente corresponde al posicionamiento de la tela dentro del esqueleto. Se debe mencionar que para simplificar el dibujo no se

consideraron las mallas internas metálicas y además se dividió la vela en sectores (en la realidad las velas se hacen de un solo trozo de tela).

Las siguientes figuras muestran la incorporación de la tela al esqueleto.

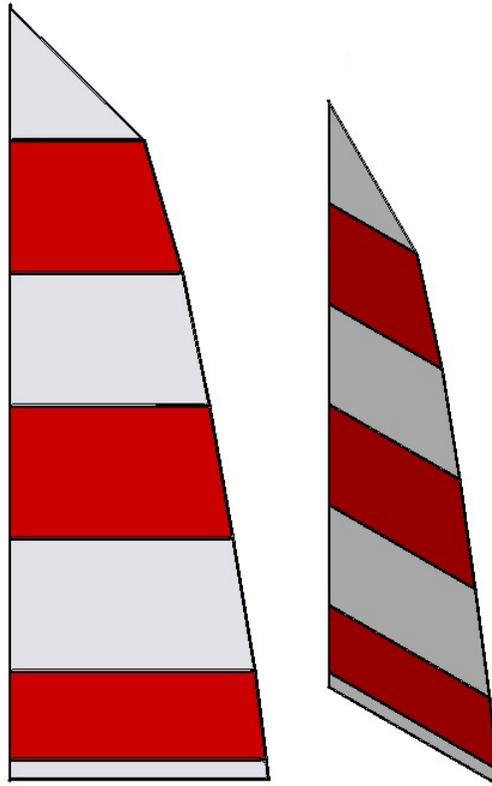


Figura 6.13: Incorporación de tela al esqueleto

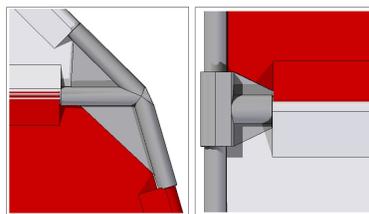


Figura 6.14: Detalle de tela en uniones

6.2.2. Vela Menor

En el caso del foque existen algunas diferencias con la vela mayor. Primero que nada está el hecho que el foque es una vela menos rígida que la mayor, debido que no posee un

esqueleto como el de la mayor. Además esta vela posee una área de aproximadamente 70 m^2 menos que la vela mayor. Por otro lado esta vela se fija al mástil en sólo un punto y no a los largo de todo un borde como en el caso de la mayor, esta situación le confiere una forma un poco distinta, en comparación con la vela mayor, y con más curvaturas que aquella.

Para la elaboración del modelo en 3D se utliizó como referencia una vela tipo Genoa fabricada por la empresa norteamericana *Mauri Sails*. La siguiente figura muestra el modelo.

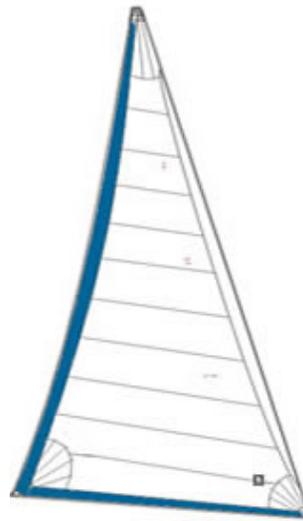


Figura 6.15: Modelo utilizado para la construcción del foque. Fuente: www.mauriprosailing.com

En la figura se aprecia el mallado interno metálico de la vela y los refuerzos en los vértices. Según este modelo, se elaboraron los siguientes dibujos en Solid Edge para el Foque. Se comienza mostrando (fig: 6.16) la malla metálica interna del foque.

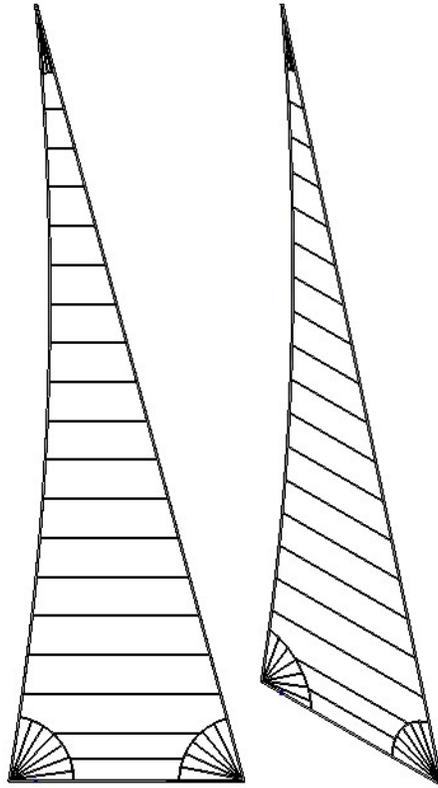


Figura 6.16: Malla metálica interna del Foque.

En la figura anterior el espesor de la maya es de aproximadamente 1 mm. Las siguientes figuras muestran detalles de los vértices y los refuerzos que allí se ubican.

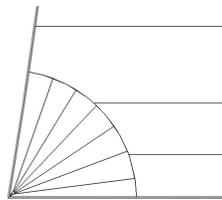


Figura 6.17: Malla metálica interna del Foque.

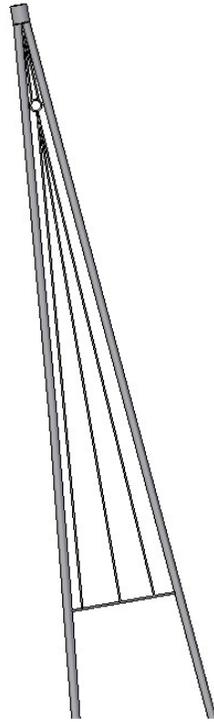


Figura 6.18: Malla metálica interna del Foque.

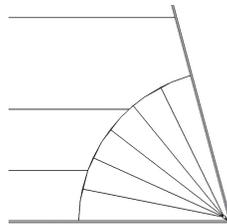


Figura 6.19: Malla metálica interna del Foque.

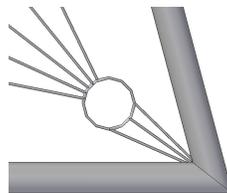


Figura 6.20: Malla metálica interna del Foque.

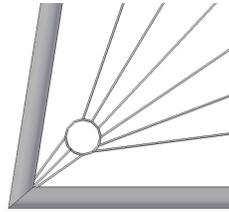


Figura 6.21: Malla metálica interna del Foque.

6.2.3. Comentarios

Respecto al modelamiento de las velas en Solid Edge, éste es bastante básico y más que nada se buscó lograr el mayor parecido físico con las velas de un yate de competencia. Además, en el caso de la vela mayor, ésta se modeló mediante piezas para poder lograr un mayor efecto estético en cuanto a los colores de la misma. Esto va en contra de cómo en realidad es una vela de un yate; en la realidad éstas son de un sólo trozo de tela. Es por esta razón que los planos de la vela mayor presentan algunas distorsiones producto de la unión no del todo acabada de las distintas piezas que simulan la tela de la vela.

En relación al plano del foque es difícil especificar la forma que posee dado que la curva es una spline por muchos puntos y su construcción en base a una malla metálica interna es compleja de acotar.

6.3. Diseño de Mástil

Encargado: Eduardo Pérez

Una vez establecido el diseño de las velas ha sido necesario, debido a la complejidad del dibujo y diseño de la parte anterior, modificar el mástil para lograr acoplarlo a las velas. Esto se traduce en un cambio de las dimensiones generales del mástil mostradas en los antecedentes. Las características generales del mástil quedan como sigue:

- Altura total : 37.5 [m]
- Diámetro : 30 [cm]
- Se utilizará una polea y no un tope de vela para determinar la altura final de la vela.
- Se ha desechado el uso de la martingala pues se considera innecesario dado el uso de la polea, lo que haría que el uso de la martingala sea más bien una medida estética.
- Las crucetas estarán ubicadas a 15, 25 y 35 metros aproximadamente, del pie del mástil.

- Para facilitar el ensamble, se han diseñado bases de cruceta, las que irán soldadas en el mástil y permitirán apernar las crucetas a ellas, fijándolas definitivamente.
- El material del mástil será aluminio, al igual que en las crucetas y la base de las crucetas.

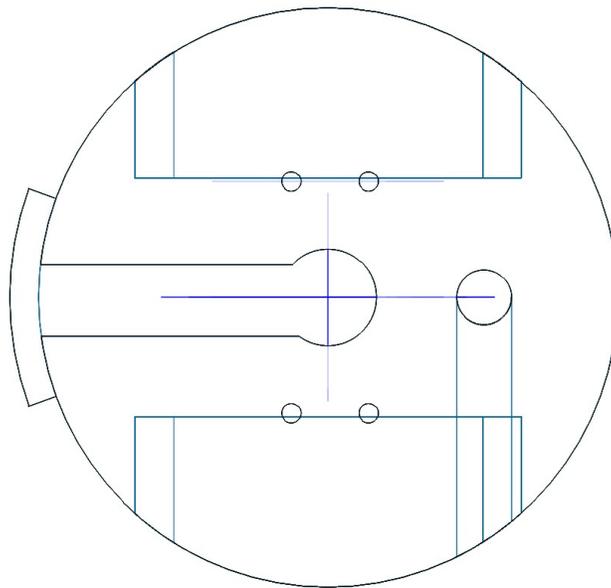


Figura 6.22: Vista Perfil del Mástil.

La figura anterior muestra el perfil superior del mástil. Se puede apreciar el orificio central destinado a la vela y el espacio dejado para sacarla. También se aprecian los orificios que permitirán apernar la polea. También se aprecia el orificio para poder devolver la cuerda que permite tensar la vela.

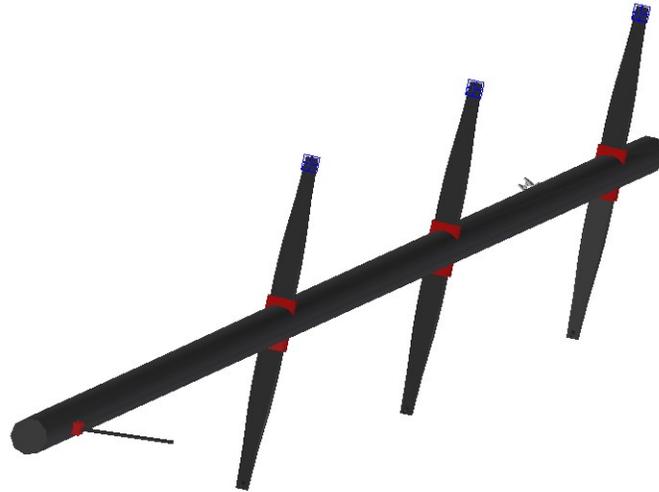


Figura 6.23: Vista General del Mástil.

En la figura ?? se puede apreciar el conjunto del mástil formado por seis semicrucetas embutidas en el mástil y apernadas a su base repectiva.

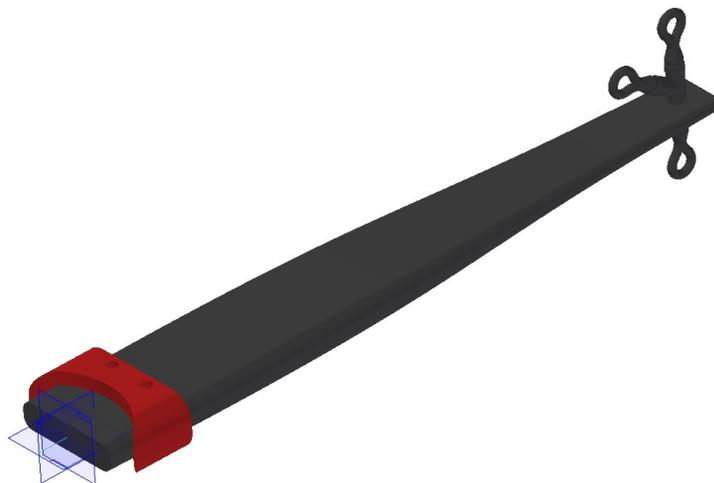


Figura 6.24: Vista de la cruceta.

En la figura ?? se ve el ensamble con la base y también con los ganchos que permitirán fijar los cables tensores y otorgar rigidez al mástil. El diseño de la cruceta fue copiado de

fotos del Alinghi disponibles en la web y para su construcción se definieron distintos perfiles que fueron unidos por el medio de la spline lo que otorga su forma curva. Debido a la gran cantidad de cables y a lo difícil de su creación y ensamble, fueron obviados en esta etapa de diseño.

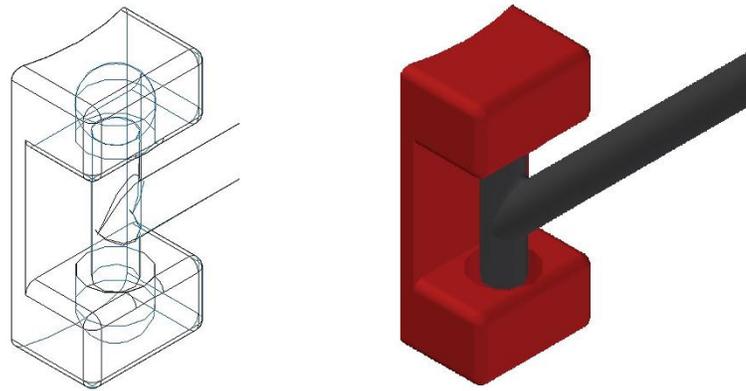


Figura 6.25: Conjunto articulación.

La figura anterior muestra el diseño de la articulación que irá soldada al mástil y ensamblada a la botavara. La pieza es una simplificación de la utilizada en el modelo real pues no se conoce en detalle el funcionamiento del sistema.

6.4. Descripción del Modelo Final

Las figuras 6.4, 6.4 y 6.4 muestran el modelo final con todos los conjuntos descritos en las secciones anteriores, ya ensamblados.



Figura 6.26: Modelo Final del Yate de Competencia. Vista Isométrica

En la figura anterior se puede ver el modelo final en una vista isométrica. Se aprecian claramente los principales subsistemas: Casco y bulbo, Mástil y Velas (incluyendo sistema de cableado), Timones y Quilla.



Figura 6.27: Modelo Final del Yate de Competencia. Vista trasera

La figura 6.4 muestra una vista trasera del yate en donde se aprecian más claramente algunos sistemas como son timones, botavara y articulación y la escotilla para guardar el foque y el spinnaker.



Figura 6.28: Modelo Final del Yate de Competencia. Vista trasera

Finalmente la figura 6.4 muestra una vista isométrica en donde se ha puesto el casco, la quilla y el bulbo en transparente para mostrar la forma en que el bulbo se sujeta a la quilla.

Capítulo 7

Memoria de cálculo

7.1. Fuerza de arrastre, F_A

Encargado(s): Camilo Orellana-Michel Nikolic

La fuerza de arrastre se utilizará para calcular el torque que recibe el mástil y, en consecuencia, el torque resistivo que realiza la quilla.

Se realizan los siguientes supuestos:

- El mástil no cuenta con obenques aun, lo cual es un supuesto importante pues los obenques le dan la gran parte de la rigidez al mástil.
- La velocidad de viento máxima a la cual podrá ser exigido el yate es de 50 nudos (25.722 [m/s]). Sin embargo, hay que recordar que esta es solo la velocidad del viento, pues la del yate es mucho menor a 50 nudos. Esta velocidad es como máximo 20 nudos. Al agregar los obenques este techo en la velocidad crece de manera importante.

Según las leyes de la mecánica de fluidos:

$$F_A = \frac{\rho_v}{2} \cdot A_{velas} \cdot C_A \cdot v_v^2 \quad (7.1)$$

Donde:

- ρ_v : Densidad del aire = 1.29 [kg/m³] a 0°C (a mayor T°, ρ_v disminuye).
- A_{velas} : Area de la vela mayor + Area del foque = 200 [m²] + 150 [m²]
- C_A : Coeficiente de arrastre.

- v_v : Velocidad del viento = 50 nudos = $50 \cdot 1.825 \text{ [km/hr]} \cdot 1/3600 \text{ [hr/s]} = 25,722 \text{ [m/s]}$

El coeficiente de arrastre se debe calcular de la siguiente manera:

$$C_A = \frac{24}{Re} + \frac{6}{1 + \sqrt{Re}} + 0,4 \quad (7.2)$$

$$Re = \frac{\rho_v \cdot L \cdot v_v}{\mu_{v_c}} \quad (7.3)$$

Donde:

- L: largo característico. Se considera L como la máxima envergadura que alcanzan las velas juntas, y esta es en la parte mas baja de las velas = mayor + foque = $11 \text{ [m]} + 8 \text{ [m]} = 19 \text{ [m]}$.

- μ_{v_c} : Viscosidad cinemática del viento = $1.5 \cdot 10^{-5} \text{ [}\frac{\text{Kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}\text{]}$

Por lo tanto, reemplazando se obtiene:

$$Re = 41417361,111 \quad (7.4)$$

Reemplazando en la ecuación 7.2 se obtiene:

$$C_A = 0,400932744 \quad (7.5)$$

Con C_A ya se puede calcular F_A :

$$F_A = \frac{1,29}{2} \cdot 350 \cdot 0,400932744 \cdot (25,722)^2 = 56866,32 \text{ [N]} \quad (7.6)$$

$$F_A = 56,866 \text{ [kN]} \quad (7.7)$$

Con esta fuerza aplicada en las velas se calcularán las dimensiones de la sección del mástil y de la quilla.

7.2. Cálculo del mástil

Encargado(s): Camilo Orellana-Michel Nikolic

Supuesto: El supuesto más acertado es asumir que la fuerza distribuida a lo largo del mástil se concentra a un tercio de la base de la vela (pues ésta es aproximadamente un triángulo). El mástil será construido de aluminio con sección cilíndrica y un agujero excéntrico que corre por el interior del mástil.

a partir de la ecuación 7.8:

$$\frac{\sigma_{Al}}{N} = \frac{M_m \cdot R}{I_m} \quad (7.8)$$

Lo que es equivalente a:

$$\frac{\sigma_{Al}}{N} = \frac{(F_A \cdot h_m) \cdot R}{I_m} \quad (7.9)$$

Donde:

- σ_{Al} : Resistencia a la fluencia del aluminio = 412 [MPa]
- h_m : Altura del mástil.
- R: Radio externo de la sección del mástil.
- I_m : momento de inercia del mástil.
- N: factor de seguridad. se elige N=2
- Se realiza la siguiente aproximación: el espacio por donde corre la relinga de driza de la vela mayor es un círculo excéntrico desplazado hacia atrás. Sin embargo, se considerará como un círculo concéntrico con la sección del mástil, es decir:

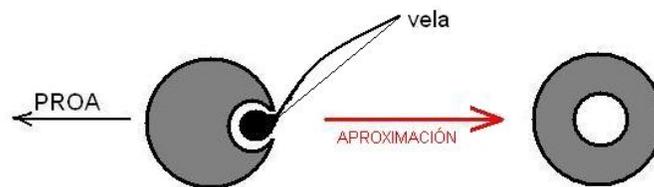


Figura 7.1: Vista superior mástil Y su aproximación de diseño.

Donde el diámetro interior por donde corre la relinga de driza de la vela (cable al interior de la costura de la vela, como alma) tiene diámetro=0.035 [m]. Además la carga puntual equi-

valente en magnitud se concentra a un tercio de la base de éste De esta forma, reemplazando en la ecuación 7.9, se tiene:

$$\frac{412 \cdot 10^6 [Pa]}{2} = \frac{(56866,321 [N] \cdot \frac{35}{3} [m]) \cdot R [m]}{\frac{\pi}{4} \cdot (R^4 - (0,035)^4) [m^4]} \quad (7.10)$$

$$R = 0,15467 [m] \Rightarrow R \approx 0,15 [m] \quad (7.11)$$

7.3. Cálculo de la quilla

Encargado(s): Hans Petersen-Michel Nikolic

Para realizar el cálculo de la quilla se deben considerar los siguientes supuestos:

- La quilla está diseñada para sostener a un bulbo que debe pesar alrededor de 20 toneladas fuera del agua y al interior del agua un poco menos debido al empuje.
- El bulbo fuera del agua será sostenido SOLO verticalmente, por lo que la quilla está sometida solo a tracción, y al interior del agua a tracción por el peso y a flexión debido al ángulo de escora del yate.

Tal como se predijo en los antecedentes se tiene que:

$$\rho_{plomo} = 11350 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Rightarrow V_{bulbo} = 1.7783 m^3$$

De la figura 7.2 se puede ver las correctas especificaciones del bulbo diseñado. Este pesa 20,183 [ton]

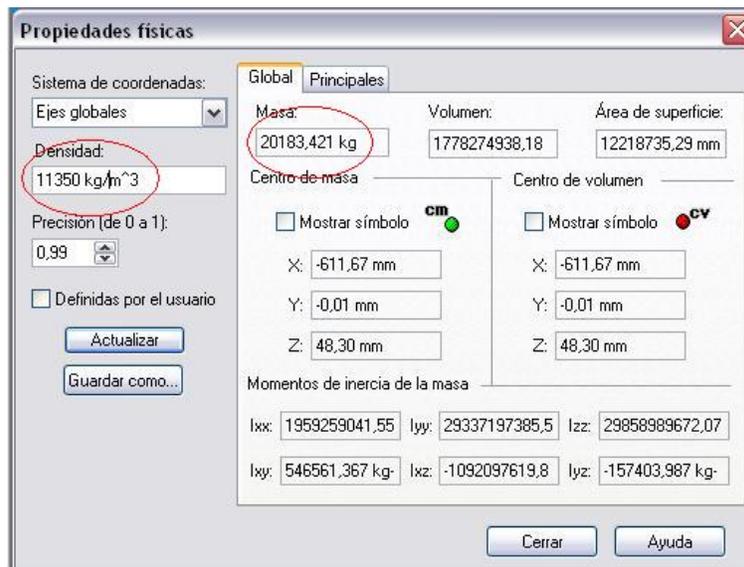


Figura 7.2: Cálculo de peso y volumen del bulbo.

Procediendo de forma análoga al cálculo del mástil, y reemplazando el Momento en el

mástil por el Momento de la quilla, de la ecuación 7.8 se tiene:

$$\frac{\sigma_{Fe}}{N} = \frac{M_q \cdot y_{max}}{I_q} \quad (7.12)$$

Donde:

- σ_{Fe} : Resistencia a la fluencia del acero. En este tipo de yates la quilla que sostiene el bulbo se fabrica de acero y se incorpora a la línea del casco. el acero a utilizar será un ASTM A228 con un límite de fluencia de 2750[MPa].

- M_q : Momento flector de la quilla.

- y_{max} : Distancia máxima desde el eje neutro de la quilla.

- I_q : Momento de inercia de la quilla.

- h_q : Altura de la quilla más el bulbo dividido en dos (centro de masa aproximado del bulbo) = 2.556 [m] + 0.4062 [m] = 2.9622 [m]

$$\frac{\sigma_{Fe}}{N} = \frac{F_A \cdot h_q \cdot y_{max}}{I_q} \quad (7.13)$$

Como se aproxima la sección de la quilla a un rectángulo (salvo por redondeos del perfil) el momento de inercia se puede calcular como sigue:

$$I_q = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (7.14)$$

Donde “b” es el ancho de la quilla y “h” el espesor. Para realizar este cálculo se fijará el ancho de la quilla en $b = 1.5$ [m] y se variará el espesor. notar que $h=2 \cdot y_{max}$ Por lo tanto:

$$\frac{862 \cdot 10^6}{2} [Pa] = \frac{(20183,421[kg] - 1,027 \cdot 10^3 \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot 1,7783[m^3]) \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2}\right] \cdot 2,9622[m] \cdot y_{max}}{\frac{1,5[m] \cdot \left(\frac{y_{max}}{2}\right)^3}{12}} \quad (7.15)$$

$$\Rightarrow y_{max} = 0,15[m] \quad (7.16)$$

Por lo tanto, el espesor en la parte más ancha de la quilla (parte superior) donde esta el máximo torque debe ser de 0.3 [m].

7.4. Timón

Encargado(s):Pablo Quintana

Para el timón es posible considerar que el estado más crítico en el que puede prestar servicio, corresponde cuando éste se encuentra en posición perpendicular al movimiento del yate. De esta manera, una mayor sección de la pieza se encuentra oponiendo resistencia al flujo del agua.

Por lo tanto, considerando de manera aproximada el timón como una barra empotrada, las solicitaciones a las que se ve expuesto sería una carga distribuida a lo largo de la pieza, dada por la fuerza de roce viscoso que produce al agua. Teniendo en cuenta que las velocidades máximas que alcanzan los yates de tipo Copa América son de hasta 20 nudos, se puede imponer de manera crítica una velocidad máxima de 13[m/s]. Luego, como la fuerza de roce viscoso está dada por:

$$F_R = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \quad (7.17)$$

De este modo, si imponemos un coeficiente de arrastre promedio (el que generalmente se encuentra entre 0.4 y 1.0) igual a 0.400932744, y además consideramos la densidad del agua salada en la superficie del mar igual a $\rho_{Mar} = 1027[kg/m^3]$, entonces tenemos que

$$\frac{F}{A} = 34794[N/m^2] \quad (7.18)$$

Luego, como el timón tiene de largo aproximadamente la misma distancia que existe entre el bulbo y la quilla (7[m] máximo en total) y a su vez, de ancho máximo posee 0.75[m] se tiene que la carga distribuida a la que se ve sometida la barra empotrada que modela el timón es igual a

$$q_{FR} = \frac{F}{A} \cdot a = 34794[N/m^2] \cdot 0,75[m] = 26095,5[N/m] \quad (7.19)$$

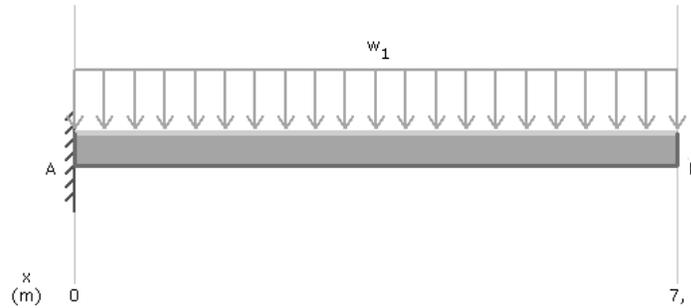


Figura 7.3: Diagrama de cuerpo libre del timón

De aquí, tenemos los siguientes diagramas de momento y corte interno en la estructura, en donde los valores máximos alcanzados son en el empotramiento, llegando a valores de

$$M_{Maximo} = 1,83 \cdot 10^6 [N \cdot m] \quad (7.20)$$

$$V_{Maximo} = 6,39 \cdot 10^6 [N] \quad (7.21)$$

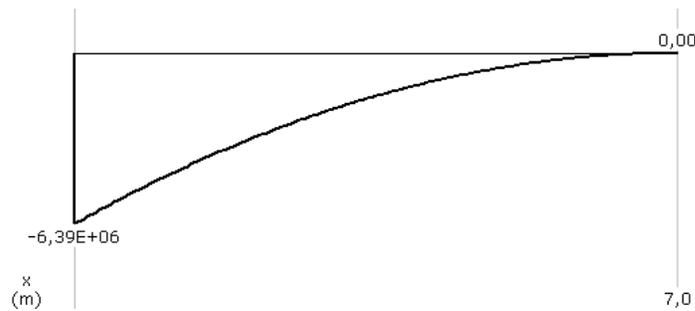


Figura 7.4: Diagrama de Momento Interno

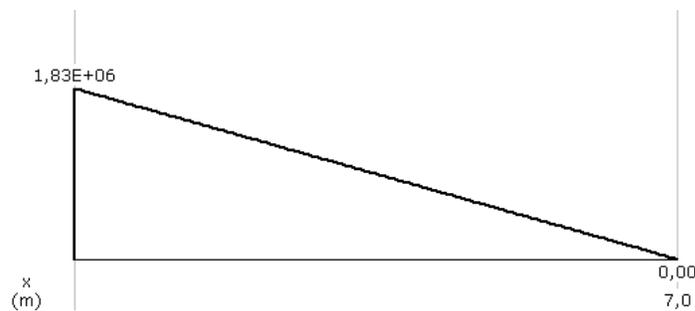


Figura 7.5: Diagrama de Corte Interno

Ahora, considerando de manera aproximada la sección transversal del timón como una elipse, tenemos que las propiedades de la sección son:

$$I = 2,138 \cdot 10^{-4} [m^4]$$

$$A = 8,836 \cdot 10^{-2} [m^2]$$

De este modo, los esfuerzos a los que se ve sometido el timón, tanto por el corte como por el momento, son:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{1,83 \cdot 10^6 [N \cdot m] \cdot 0,075}{2,138 \cdot 10^{-4} [m^3]} = 0,642 [MPa]$$

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} = \frac{6,39 \cdot 10^6 [N] \cdot 6,627 \cdot 10^{-3} [m^3]}{2,138 \cdot 10^{-4} [m^4] \cdot 0,75 [m]} = 0,264 [MPa]$$

Luego, podemos determinar el estado de esfuerzos principales al que se ve sometido el timón, donde cuyos valores asociados son:

$$\sigma_1 = 0,737 [MPa]$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = -0,095 [MPa]$$

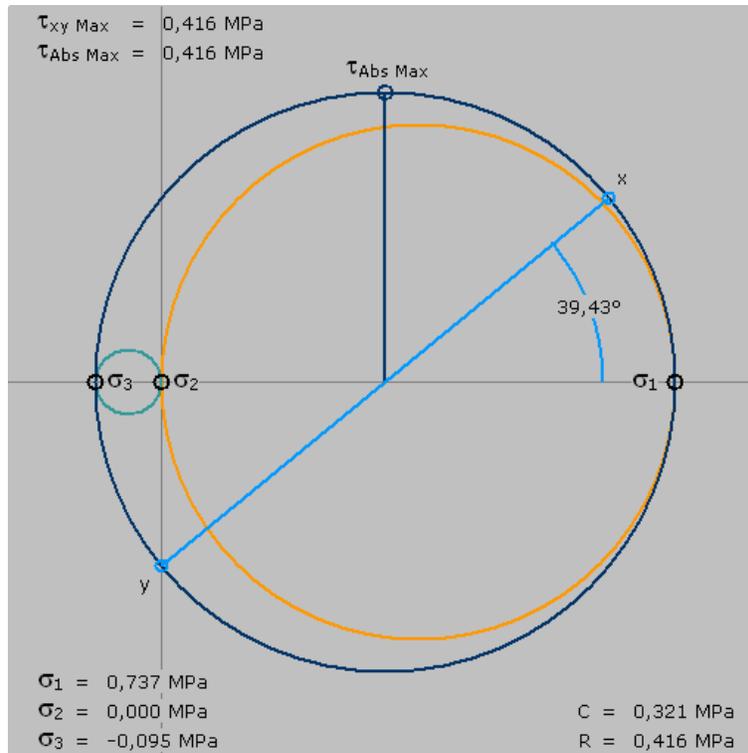


Figura 7.6: Circulo de Mohr para el timón.

Ahora, considerando para el timón un acero estructural de altas prestaciones tal como el AISI 4340 normalizado, material utilizado además en otras partes de la estructura, sabemos que su esfuerzo último de resistencia a la tracción $S_{UTS} = 1448 [MPa]$.

De aquí, como el timón se mueve en una dirección dada, pero en sentidos contrarios, puede verse sometido a fatiga, por lo que es importante considerarla en el diseño. De este modo, tenemos que los factores importantes en este caso son:

- Factor de Acabado Superficial k_a : Dada la importancia de la terminación que debe poseer el timón, debido a su resistencia al flujo del agua en el yate de competición, junto a que esta pieza es de diseño único y no en serie, se le dará terminación por maquinado. De este modo, el factor es $k_a = 4,45 \cdot 1448^{-0,265} \cdot LN(1,0,110) = 0,647$.
- Factor de Tamaño k_b : Dada las dimensiones de la pieza, se puede considerar el factor de tamaño. Para caracterizar la sección del elemento, se considera ésta como un rectángulo, de donde se puede calcular el diámetro equivalente dado por $d_e = 0,808 \cdot (h \cdot b)^{0,5}$. De este modo, haciendo $a = h$ y $b = b$, tenemos que $h_e = 0,271 [m]$. De aquí, el valor

cae fuera de los rangos establecidos para piezas (tomados de tablas), por lo que se considerará $k_b = 1$. Esto puede ser interpretado, como que dado el tamaño del elemento no es tan relevante el presente factor.

- Factor de Confiabilidad k_c : Es de suma importancia que el timón no presente ninguna falla durante la navegación. Es por esto que se le exige a este elemento una muy alta confiabilidad, igual a 0.999, de modo tal que $k_c = 0,753$.
- Factor de Efectos Diveros k_e : Como el elemento trabaja en el agua salada, medio corrosivo, junto con trabajar levemente bajo la temperatura del medio ambiente, se puede considerar un factor que envuelva dichos factores, así como considerar el gran tamaño antes mencionado, pero que no es de gran influencia. De este modo, se establece el valor del presente factor, en $k_e = 0,98$.

Luego, tenemos que la nueva resistencia a la fatiga es

$$S_{UTS_{Fatiga}} = \prod k_i \cdot S_{UTS} = 691,344[MPa] \quad (7.22)$$

De este modo, aplicando en la ecuación de diseño un factor de seguridad $n_S = 5$, con tal de no sobredimensionar la pieza dada su finalidad de competición, tenemos lo siguiente:

$$\frac{S_{UTS_{Fatiga}}}{n_S} \geq \sigma_1 - \sigma_3 \Leftrightarrow 138,269 \geq 0,832 \quad (7.23)$$

7.5. Barra de Transmisión Timón-Pistones

Encargado(s):Pablo Quintana

Este elemento es el encargado de cambiar la posición del timón de acuerdo al movimiento que da el capitán a la caña, siendo accionado por un par de pistones neumáticos. De este modo, considerando a la barra de sección circular, como la encargada de transmitir la fuerza desde un elemento a otro, entonces tenemos que el estado crítico al que se puede ver sometida, es cuando el timón alcanza su estado de máxima sollicitación. Por lo tanto, tenemos que las fuerzas externas aplicadas sobre el elemento son el momento y corte interno que posee el timón en su empotramiento, tal como se muestra a continuación, en el diagrama de cuerpo libre:



Figura 7.7: Diagrama de cuerpo libre de la barra de transmisión

Por lo tanto, tenemos que los valores máximos a los que se encuentra sometida la barra son:

$$M_{Maximo} = 1,83 \cdot 10^6 [N \cdot m] \quad (7.24)$$

$$V_{Maximo} = 6,39 \cdot 10^6 [N] \quad (7.25)$$

Esto se puede ver reflejado en los diagramas de esfuerzo interno que se muestran a continuación:

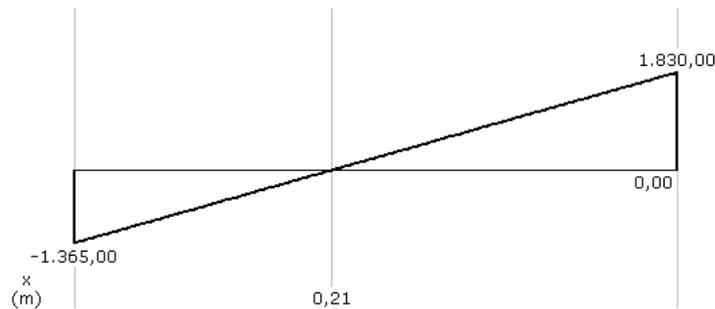


Figura 7.8: Diagrama de Momento Interno

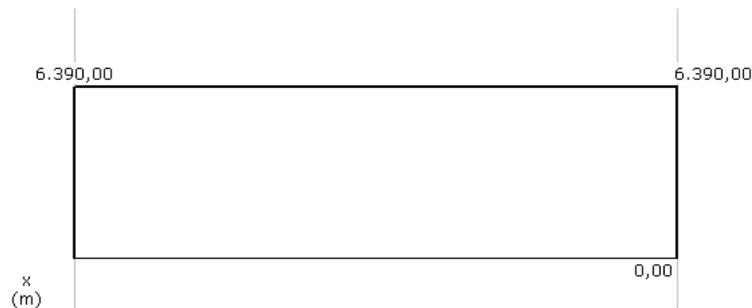


Figura 7.9: Diagrama de Corte Interno

Ahora, como la sección transversal de la pieza es circular, tenemos que dado el estado de cargas al que se ve sometido, considerando un factor de seguridad $n_S = 10$ y acero AISI 4340 normalizado para su construcción, se tiene que

$$d_{Min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n_S}{\pi \cdot S_{UTS}} \cdot M_{Max}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 10}{\pi \cdot 1448} \cdot 1,83} = 0,0505[m]. \quad (7.26)$$

Es claro apreciar el gran tamaño del elemento. Sin embargo, considerando fatiga, su diámetro crece aún más. Luego, como en este es el caso, tenemos que los factores más importantes son:

- Factor de Acabado Superficial k_a : Importante es el acabado de la pieza, de modo que no se generen grietas o rayaduras, junto con que no se produce en serie, se le dará terminación por maquinado. De este modo, el factor es $k_a = 4,45 \cdot 1448^{-0,265} \cdot LN(1,0,110) = 0,647$.
- Factor de Tamaño k_b : Dada las grandes dimensiones de la pieza, al igual que en el caso anterior se considerará igual a uno, por encontrarse fuera de rango.

- Factor de Confiabilidad k_c : Al igual que el timón, se le exige a esta pieza una muy alta confiabilidad, igual a 0.999, de modo tal que $k_c = 0,753$.

De este modo, tenemos que la nueva resistencia a la fatiga es

$$S_{UTS_{Fatiga}} = \prod k_i \cdot S_{UTS} = 705,453[MPa] \quad (7.27)$$

Finalmente, dado el resultado anterior, tenemos que el diámetro calculado bajo efecto de fatiga, está dado por

$$d_{Min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n_S}{\pi \cdot S_{UTS}} \cdot M_{Max}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 10}{\pi \cdot 705,453} \cdot 1,83} = 0,514[m]. \quad (7.28)$$

7.6. Dirección de vela mayor

Encargado(s):Rodrigo Navarrete

El diseño de la vela mayor comprende todos los elementos que intervienen en el movimiento de esta, en la figura 3.6 se puede observar el sistema de dirección del yate Luna Rossa en el cual se basaron nuestros modelos. Básicamente, la vela se mueve accionada por cabos que son manipulados por 2 tripulantes (uno de cada lado ambos de frente al otro) mediante dos barras giratorias que se mueven solidariamente, similar a un mecanismo de pedales de una bicicleta, solo que en este caso los pedales vendrían siendo las manillas . este giro permite cazar (enrollar) o aflojar la escota, y en consecuencia la vela. estas manivelas se mueven solidariamente. El objetivo de esto es distribuir el esfuerzo de accionamiento de la vela de manera de no concentrar todo el esfuerzo en una sola persona(ver figura 7.10).

Para este mecanismo, el uso de correas es el que más se ajusta considerando también que el movimiento no será a altas velocidades(accionamiento humano) ni estará sometido a trabajo constante, el gran problema a superar será en este caso el esfuerzo que tendrá que aguantar la correa.

La barra fija estará sometida solo a esfuerzos de flexión y, considerando que el material debe ser lo más ligero posible, se utilizará duraluminio. Por otro lado, el tamaño de la correa se determinó considerando que los esfuerzos serán relativamente pequeños y tanto las velocidades como la potencia requerida serán prácticamente nulas(considerando que estas están diseñadas para todo tipo de maquinaria en donde las sollicitaciones son mucho mayores). De esta manera, se encontró que para un largo de 1,48 [m] se debe usar una polea sección B. Las figuras 7.11 y 7.12 muestran el diseño tanto del carro junto a la barra fija como de las barras giratorias.

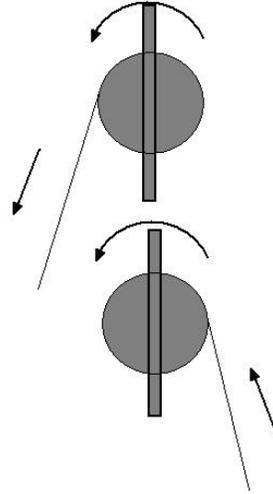


Figura 7.10: Esquema de funcionamiento de barras giratorias.

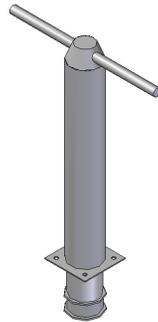


Figura 7.11: Barras giratorias responsables del enrollado de cables.

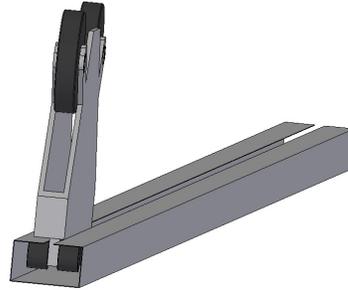


Figura 7.12: Carro deslizante dentro de barra fija.

7.7. Cálculo de espesor de la cubierta

Encargado(s): Michel Nikolic

A continuación se muestran los parámetros entregados a SolidEdge (Standard Parts) y los resultados entregados por éste para el cálculo del espesor de la cubierta. El material a utilizar es fibra de vidrio con 344.74 [MPa].

- Forma de placa: Placa rectangular plana - ANSI
- Tipo de soporte: Extremos fijos.
- Tipo de carga: Carga uniformemente distribuida sobre la superficie.
- Tipo de cálculo de resistencia: Diseño de espesor de placa.
- Carga de entrada: Carga total

Los parámetros y los resultados se muestran en las figuras 7.13 y 7.14.

Load

Total load	F	3340	lb
Uniformly distributed load	p	0.172	psi

Material

User			
Yield Strength	Re	50000	psi
Safety Factor	ks	2	
Elasticity Module	E	2000	ksi
Poisson's Ratio	μ	0.3	

Figura 7.13: Parametros entregados a Standard Parts, de SolidEdge.

Calculation Results

Deflection	d	30.330452	in
Rotation at the support position	φ		°
Max. stress	σ_{\max}	24982.37	psi
Calculated Factor of Safety	k	2.001	
Strength Check	True		

Dimensions of Plate

Plate Thickness	t	0.2104	in
Length of plate	L	164.17	in

Figura 7.14: Resultados entregados por Standard Parts.

Por lo tanto:

$$Especor\ Cubierta = 5[mm] \quad (7.29)$$

7.8. Cálculo de los pernos para la unión Quilla-Bulbo

Encargado(s): Hans Petersen

La unión de la quilla con el bulbo es uno de los puntos sujetos a mayores esfuerzos en el yate. Esto es debido a que el bulbo pesa 20 [Ton], lo que representa un 80% del peso del yate.

Por esto, se tuvo que pensar en como diseñar esta unión. En un principio, se pensó en una unión en la que el bulbo tiene unas placas soldadas en su parte superior que “envuelven” la parte inferior de la quilla. Los pernos en este caso irían perpendiculares a las placas y a la quilla, soportando las 20 [Ton] en forma completamente axial.

Sin embargo, los esfuerzos observados sobre las placas fueron demasiado grandes y por lo tanto se desechó esa opción. En cambio, se pensó en que la mejor forma sería que la quilla (hecha de acero), cruzara el bulbo por su interior y tuviera un tope en la parte inferior. Éste tope está inserto en el bulbo y de esta manera permite que los pernos solo soporten fuerza axial. (ver Figura 7.15).

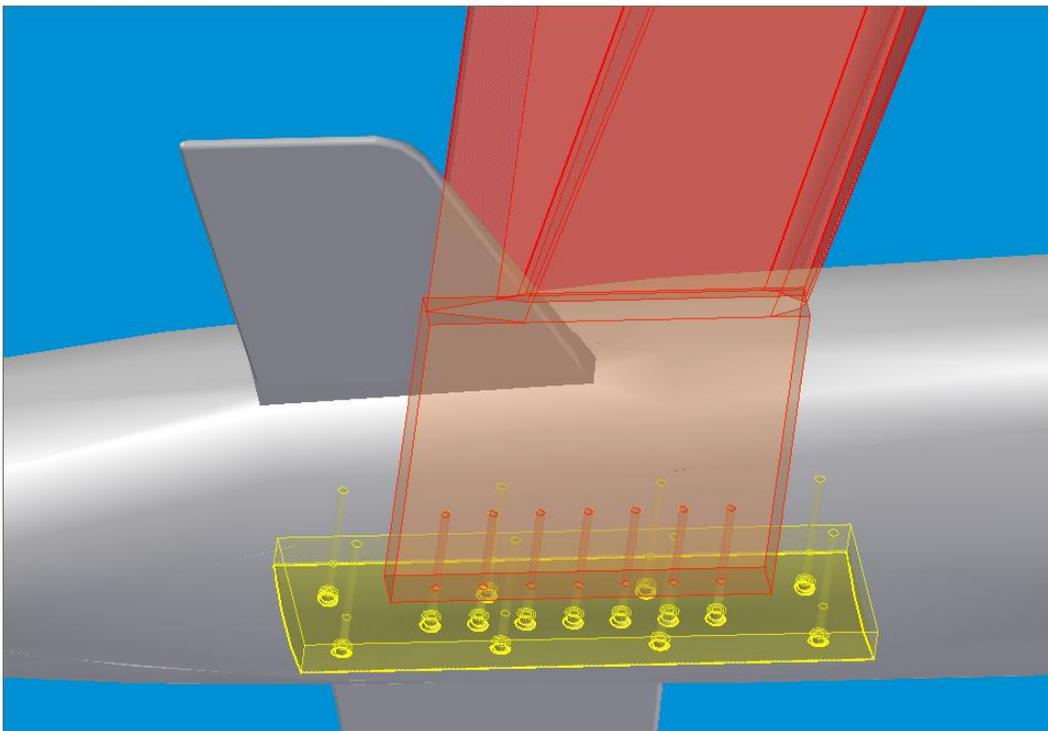


Figura 7.15: Ensamblaje de la quilla con el bulbo.

A continuación se muestran los parámetros entregados a SolidEdge (Standard Parts) y los resultados entregados por éste para el cálculo de las dimensiones y grado de los pernos de la unión quilla-bulbo. Primero se aproximó el diámetro del perno para obtener el número de pernos necesarios. Aquí no se tomó en cuenta los demás parámetros del perno dejándolos libres (Figura 7.16). Luego entonces se hizo el proceso inverso de fijar el número de pernos y obtener el diámetro de éstos (Figura 7.17) con la finalidad de verificar que los demás parámetros del perno (paso por ejemplo) fueran los más adecuados. Se utilizó un factor de seguridad 2 ya que no hay vidas en riesgo.

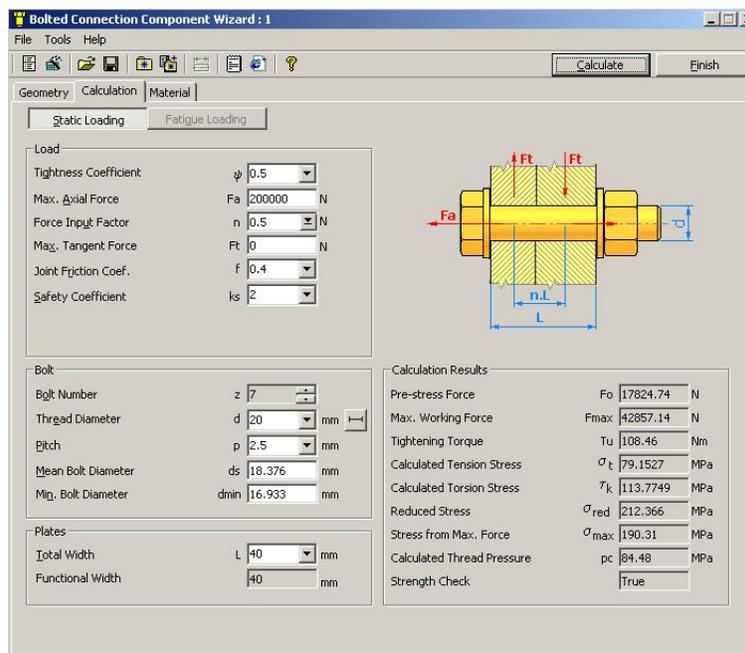


Figura 7.16: Resultados entregados por Standard Parts.

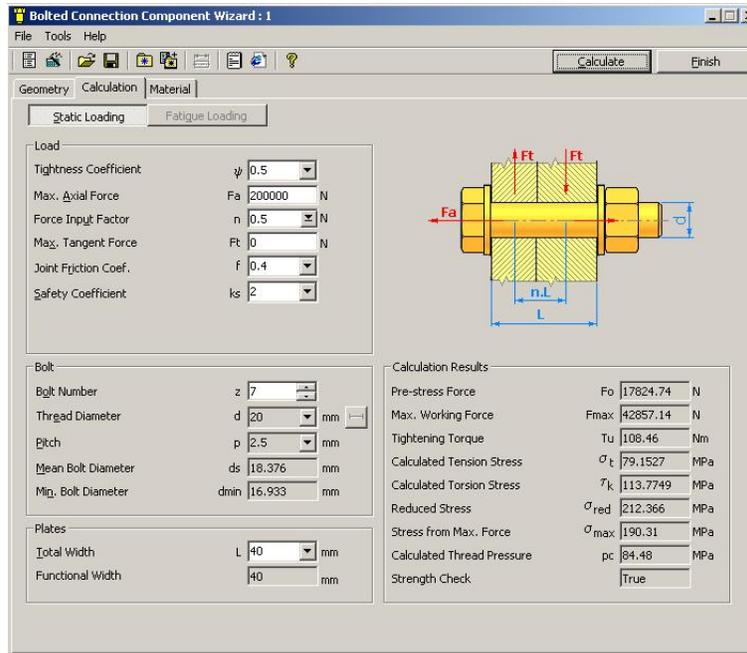


Figura 7.17: Resultados entregados por Standard Parts.

Se obtienen entonces 7 pernos M20x2.5 de cabeza hexagonal y se les fija un largo de 28,5 cms. para permitir que penetren lo suficiente en el bulbo. Según los materiales ofrecidos por Standard Parts, el material que se fijó para los pernos es un Acero Inoxidable EN X17CrNi16-2 con las propiedades que se aprecian en la Figura 7.18. Claramente estos pernos deberán ser hechos a pedido.

Material	heat treatment	Re/Rp02 [MPa]	Rm [MPa]	E [MPa]	Desc.
35 EN C55	heat treated	490	750	206000	Heat-treatment steel
36 EN C60	heat treated	520	800	206000	Heat-treatment steel
37 EN P295GH		290	460	206000	Heat-resistant steel
38 EN 28Mn6	heat treated	490	700	206000	Heat-treatment steel
39 EN 17Cr3		340	580	206000	Case-hardening steel
40 EN 34Cr4	heat treated	590	800	206000	Heat-treatment steel
41 EN 37Cr4	heat treated	630	850	206000	Heat-treatment steel
42 EN 41Cr4	heat treated	660	900	206000	Heat-treatment steel
43 EN 16MnCr5	case-hardened	680	900	206000	Case-hardening steel
44 EN 20MnCr5	case-hardened	680	980	206000	Case-hardening steel
45 EN 16Mo3		270	440	206000	Heat-resistant steel
46 EN 13CrMo4		295	450	206000	Heat-resistant steel
47 EN 25CrMo4	heat treated	600	800	206000	Heat-treatment steel
48 EN 34CrMo4	heat treated	650	900	206000	Heat-treatment steel
49 EN 42CrMo4	heat treated	770	1000	206000	Heat-treatment steel
50 EN S355J2G1W		345	490	206000	Structural steel
51 EN S355J0WP		345	490	206000	Structural steel
52 EN 51CrV4	hardened	700	900	206000	Hardening steel
53 EN 10CrMo9-10		300	480	206000	Heat-resistant steel
54 EN 11CrMo9-10		310	520	206000	Heat-resistant steel
55 EN 16NiCr4	case-hardened	590	835	206000	Case-hardening steel
56 EN 12Ni14		355	490	206000	Structural steel
57 EN 34CrNiMo6	heat treated	900	1100	206000	Heat-treatment steel
58 EN 30CrNiMo8	heat treated	1050	1250	206000	Heat-treatment steel
59 EN 12Ni19		390	530	206000	Structural steel
60 EN X8Ni9		585	680	206000	Structural steel
61 EN X6Cr13		230	400	206000	Steel stainless
62 EN X12Cr13		450	650	206000	Steel stainless
63 EN X20Cr13		500	700	206000	Steel stainless
64 EN X30Cr13		650	850	206000	Steel stainless
65 EN X6Cr17		240	400	206000	Steel stainless
66 EN X17CrNi16-2		600	800	206000	Steel stainless
67 EN X5CrNi18-10		190	500	206000	Steel stainless
68 EN X8CrNiS18-9		190	500	206000	Steel stainless
69 EN X6CrNiTi18-10		190	500	206000	Heat-resistant stainless steel

Figura 7.18: Materiales de Standard Parts.

Por último, como se ve en la figura 7.19, se le ponen 8 pernos adicionales pero que unen el tope con el bulbo y que permiten que el bulbo no se vaya hacia arriba. Aquí también se observan los 7 pernos (en el centro de la imagen) que van unidos a la quilla.

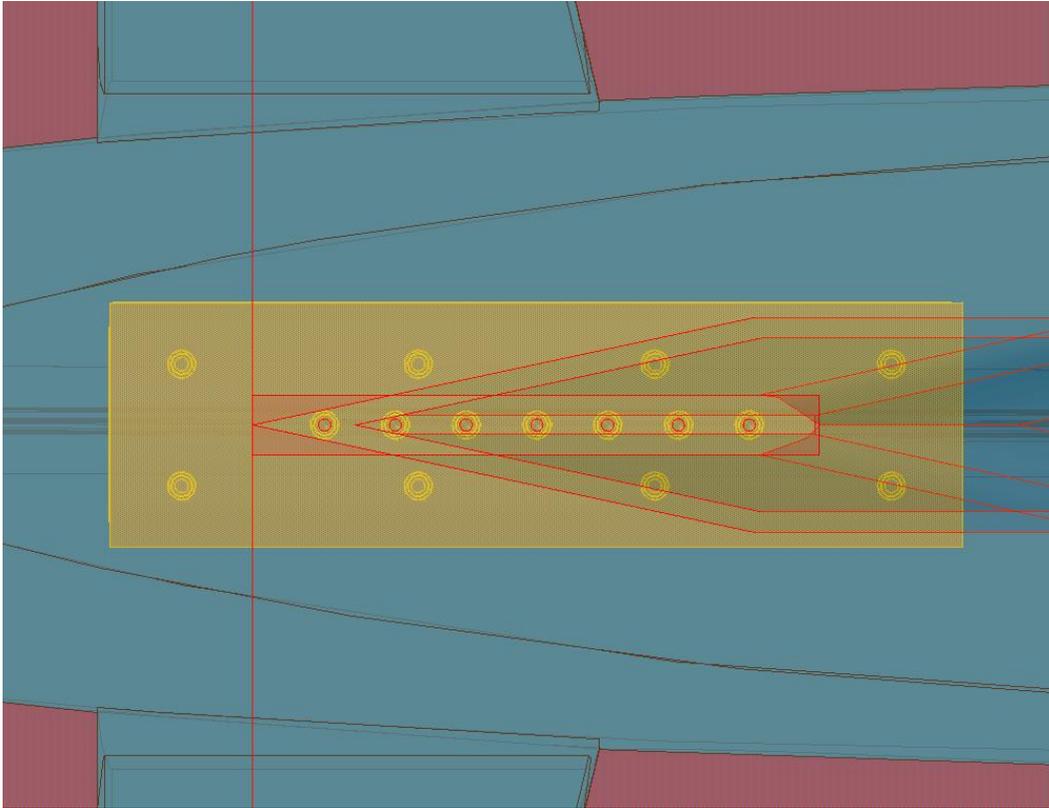


Figura 7.19: Vista inferior del ensamble de la quilla con el bulbo.

Capítulo 8

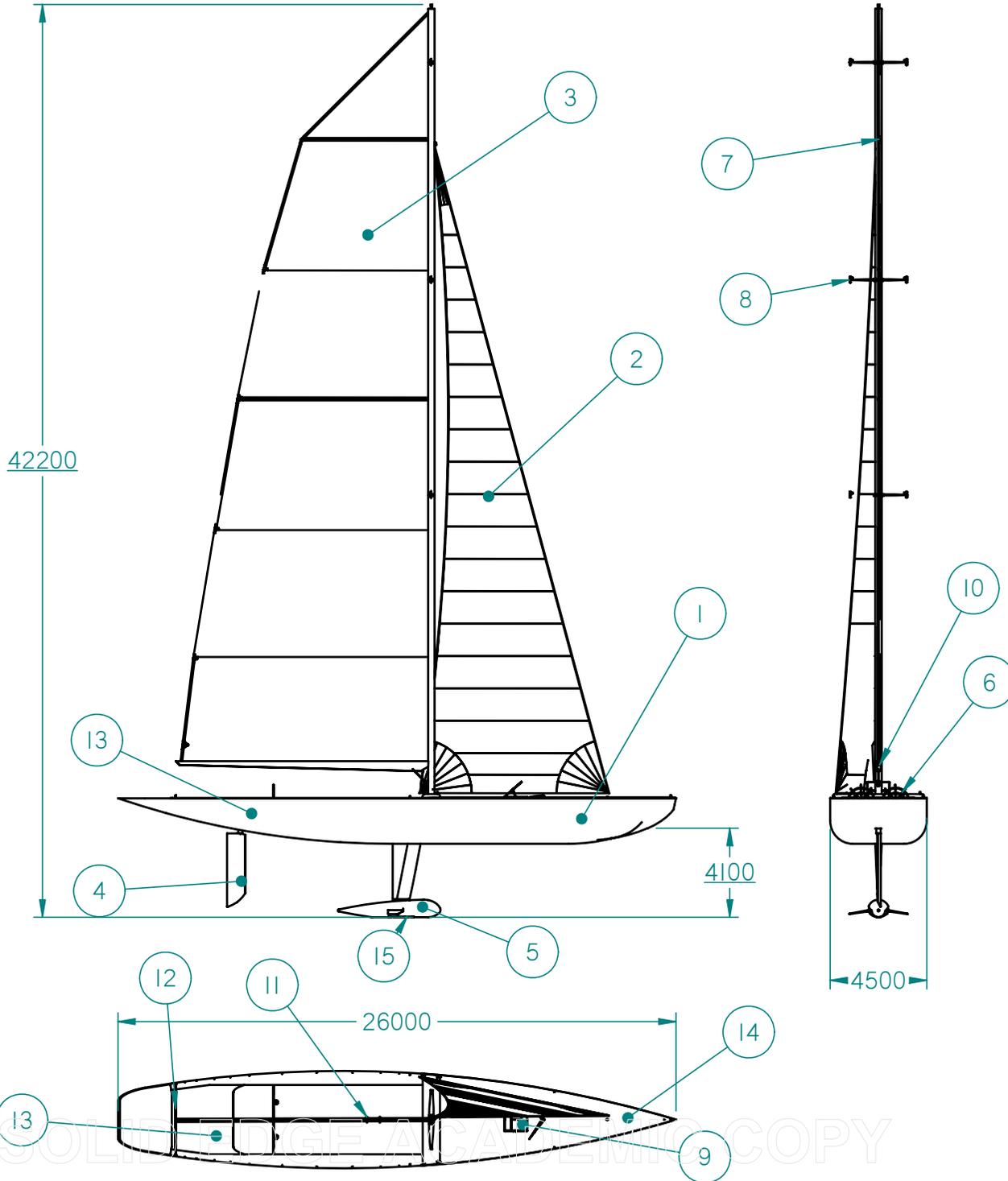
Comentarios

Se calcularon las partes más importantes del yate en forma satisfactoria de manera de evitar fallas del material durante su uso.

Es importante notar que la unión de la quilla con el casco no requiere mayor especificación ya que se hará de acero envuelto en fibra de vidrio. Esta fibra de vidrio será la continuación de la fibra del casco y por lo tanto será una sola pieza.

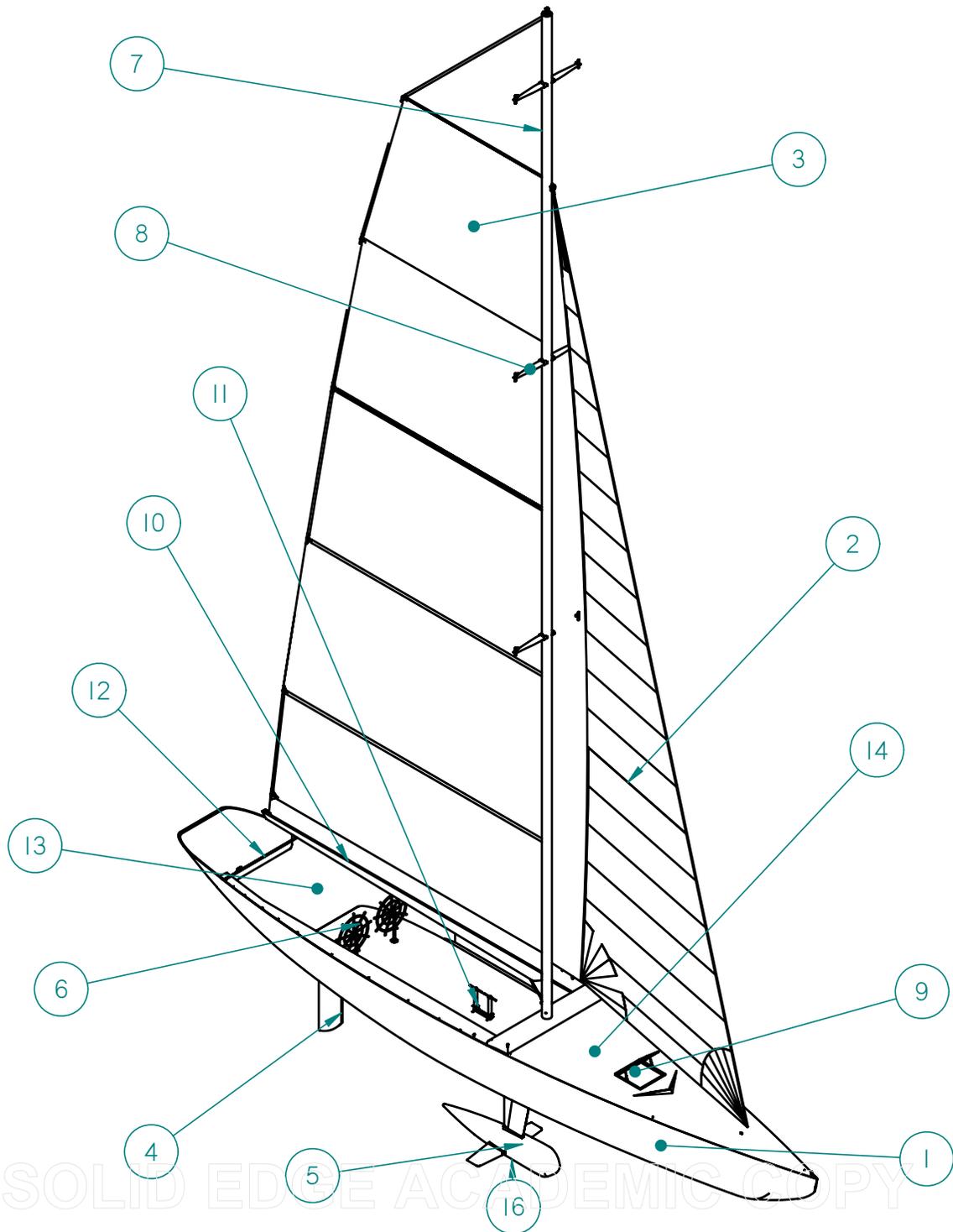
Capítulo 9

Planos



Listado de Componentes				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	CASCO	FIBRA DE VIDRIO	1	1102
2	FOQUE	Fibra de Vidrio	1	12C
3	VELA MAYOR	Fibra de Vidrio	1	1211A
4	PALA DE LOS TIMONES	ACERO SAE 1045	1	141
5	BULBO	PLOMO	1	1101
6	TIMONES DE CUBIERTA	ACERO INOX	2	112
7	MASTIL	ALUMINIO	1	122
8	CRUCETAS	ALUMINIO	6	1221
9	ESCOTILLA	ALUMINIO	1	111
10	BOTAVARA	ALUMINIO	1	121B
11	HUINCHES ESCOTA VELA MAYOR	ACERO INOX.	2	131
12	CARRO PUÑO DE ESCOTA V. MAYOR	ACERO INOX	1	132
13	CUBIERTA DE MANIOBRA	FIBRA DE VIDRIO	1	110
14	COCKPIT	FIBRA DE VIDRIO	1	1103
15	TOPE BULBO	ACERO INOX	1	1106

Nombre		Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006	
Plano 1 (1 de 2)			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			ENSAMBLE GENERAL YATE DE COMPETENCIAS
A3	Escala: 1:200		



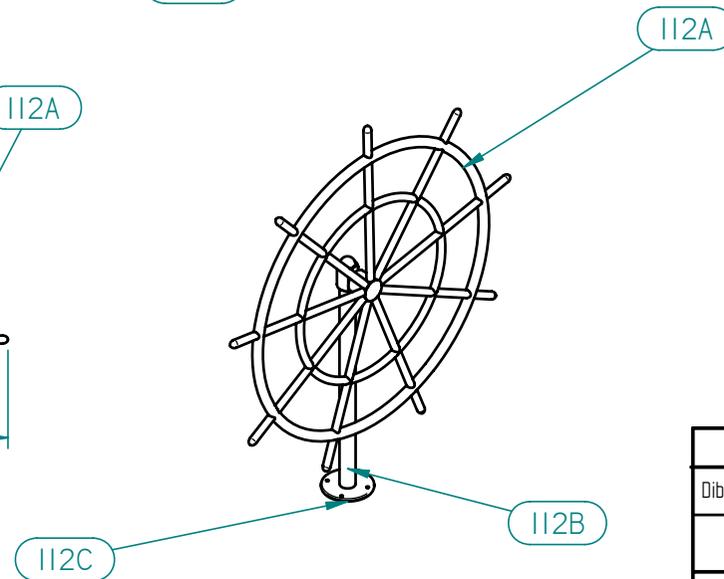
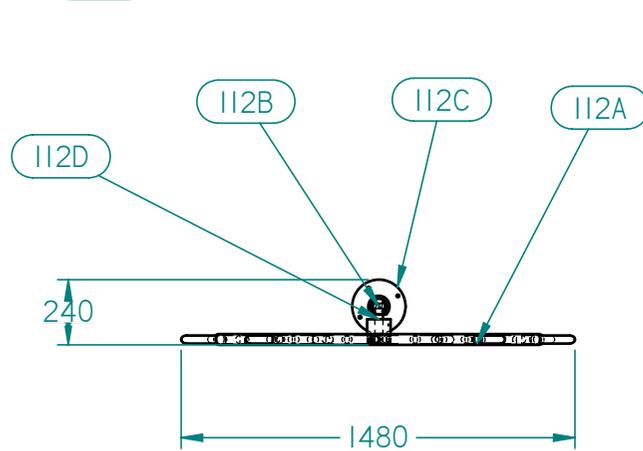
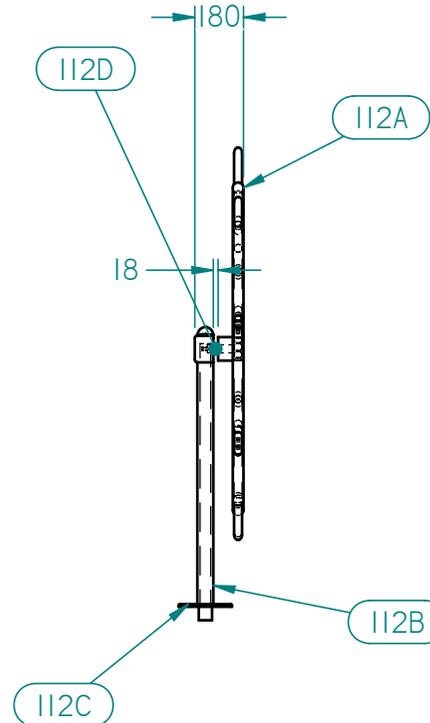
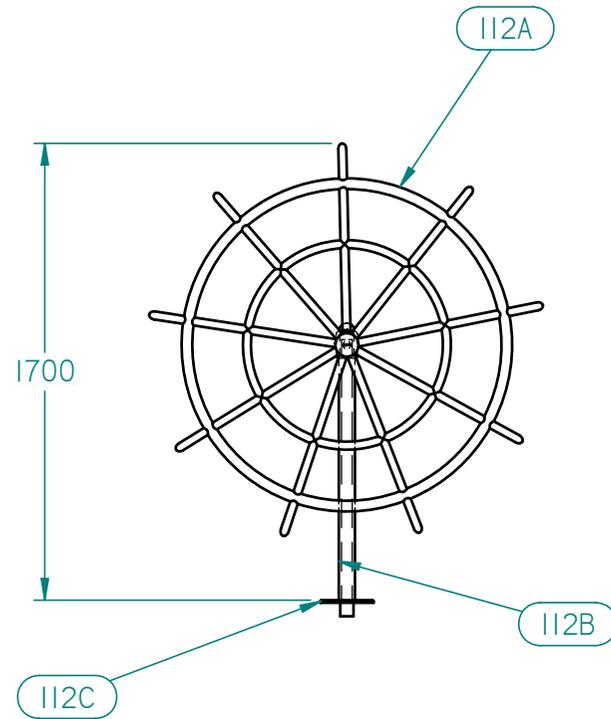
Listado de Componentes

N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	CASCO	FIBRA DE VIDRIO	1	1102
2	FOQUE	Fibra de Vidrio	1	12C
3	VELA MAYOR	Fibra de Vidrio	1	1211A
4	PALA DE LOS TIMONES	ACERO SAE 1045	1	141
5	BULBO	PLOMO	1	1101
6	TIMONES DE CUBIERTA	ACERO INOX	2	112
7	MASTIL	ALUMINIO	1	122
8	CRUCETAS	ALUMINIO	6	1221
9	ESCOTILLA	ALUMINIO	1	111
10	BOTAVARA	ALUMINIO	1	121B
11	HUINCHES ESCOTA VELA MAYOR	ACERO INOX.	2	131
12	CARRO PUÑO DE ESCOTA V. MAYOR	ACERO INOX	1	132
13	CUBIERTA DE MANIOBRA	FIBRA DE VIDRIO	1	110
14	COCKPIT	FIBRA DE VIDRIO	1	1103
15	TOPE BULBO	ACERO INOX	1	1106

Nombre		Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006	
Plano 1 (2 de 2)			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			ENSAMBLE GENERAL YATE DE COMPETENCIAS: vista isométrica
A3	Escala: 1:133		

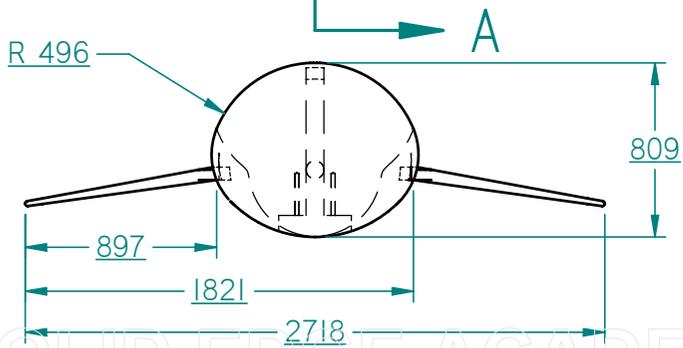
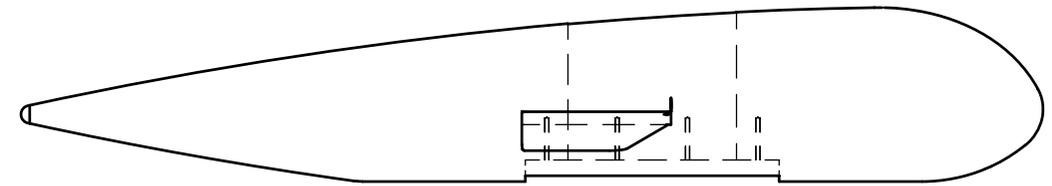
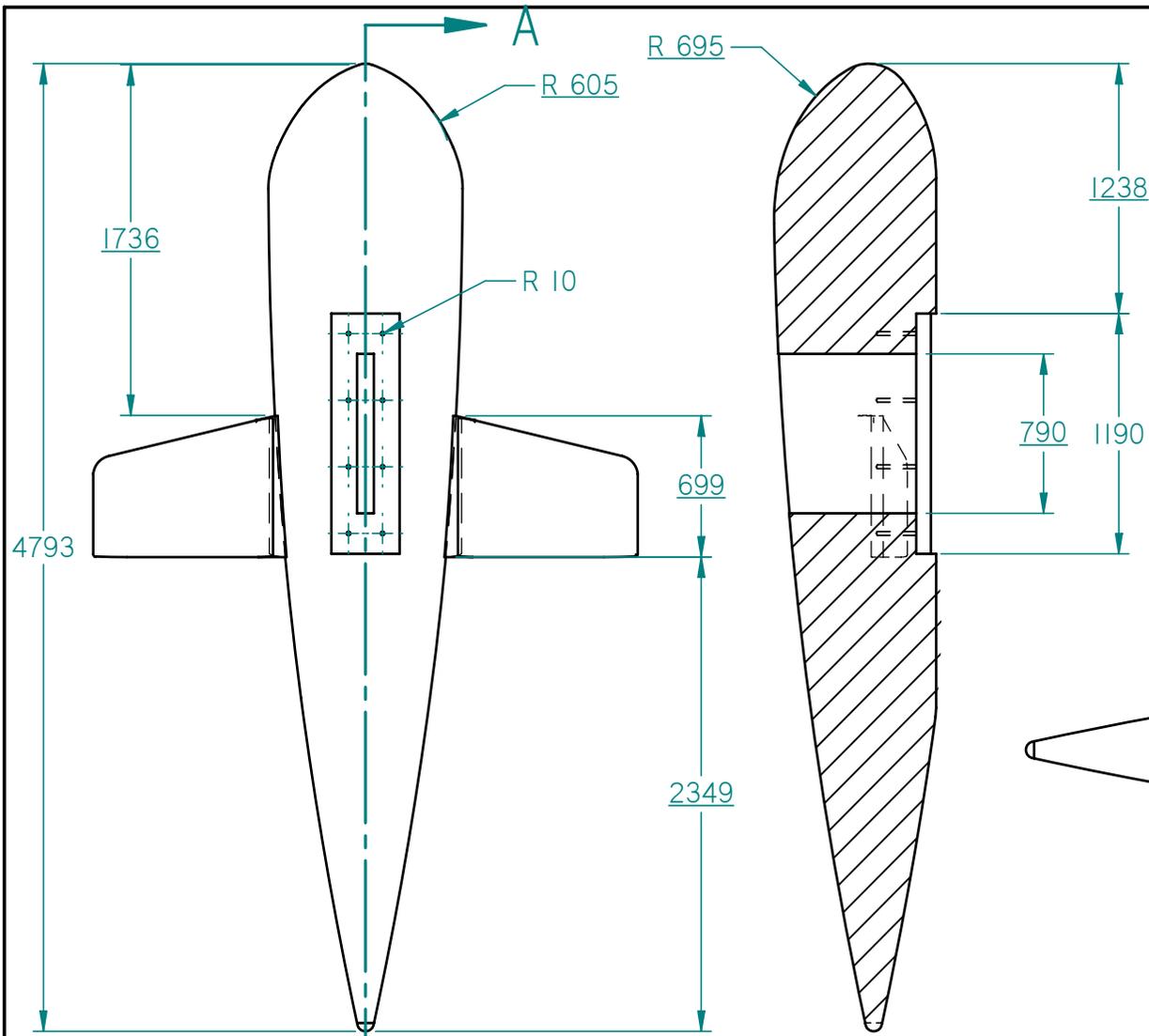
Listado de Piezas

N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
112A	Timón	Acero inoxidable	1	1121
112B	Pedestal timón	Acero inoxidable	1	1122
112C	Base pedestal timón	Acero inoxidable	1	1122
112D	Eje timón	Acero inoxidable	1	1122
112E	Brújula	Accesorio	1	-



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006	
Plano 112			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>CONJUNTO TIMONES DE CUBIERTA</i>
A3	Escala:	1:20	



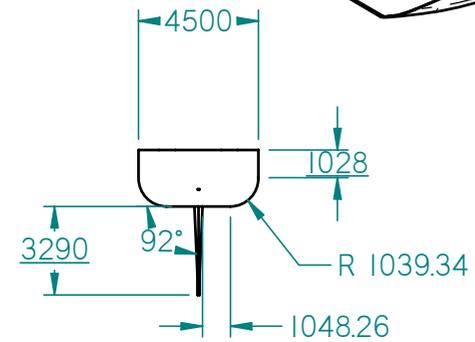
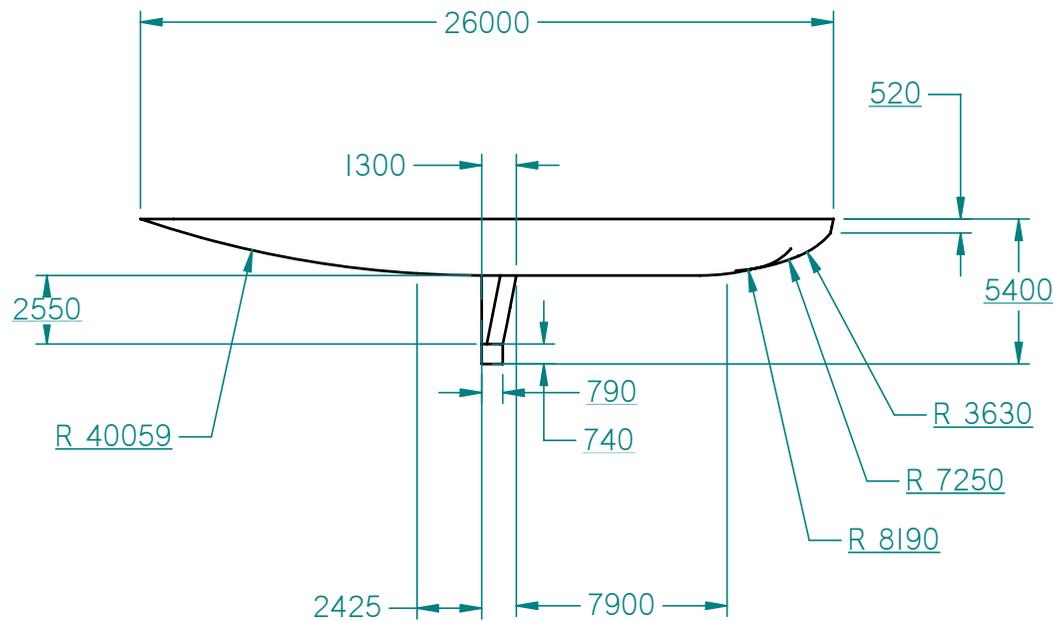
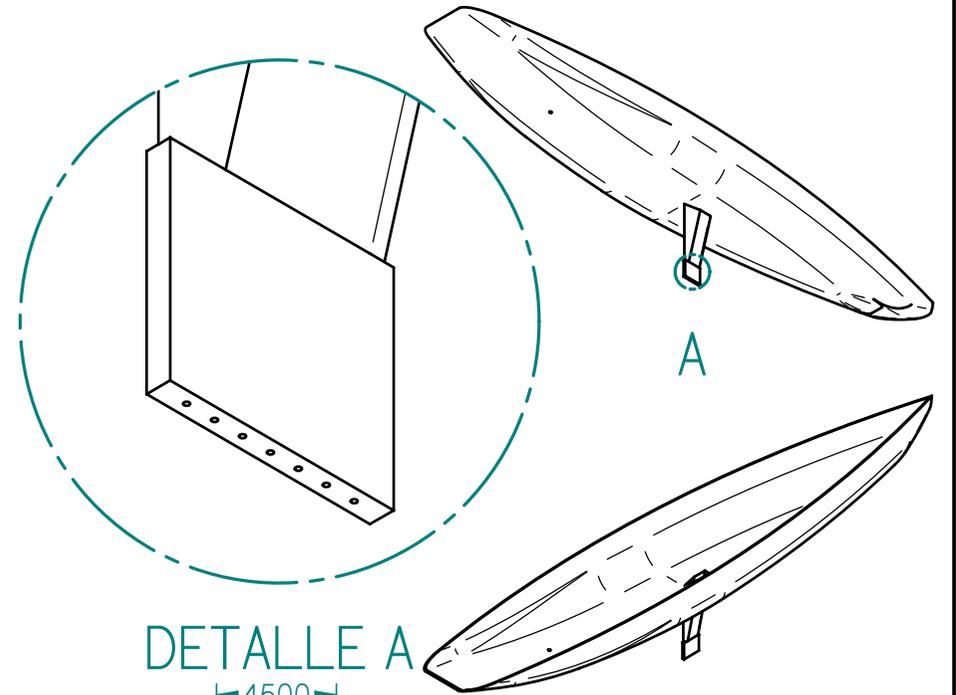
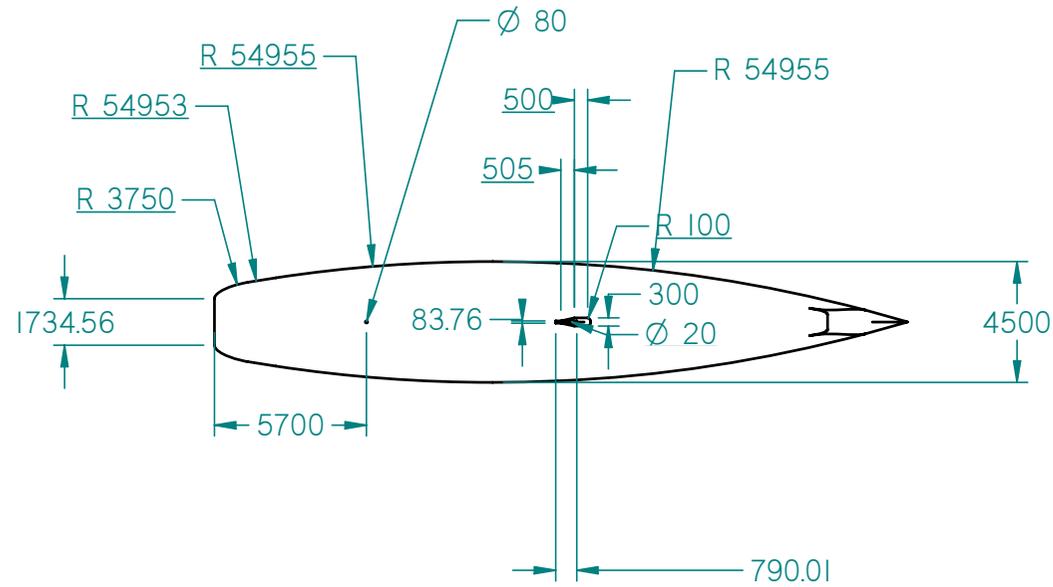
CORTE A-A

Listado de Piezas

Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
11A	1101	Bulbo	Plomo	1

Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado Hans Petersen	21/04/2006	
Plano N° 1101		ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		Bulbo
A3	Escala: 125	

Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
11B	Casco	Fibra de vidrio	1	1102



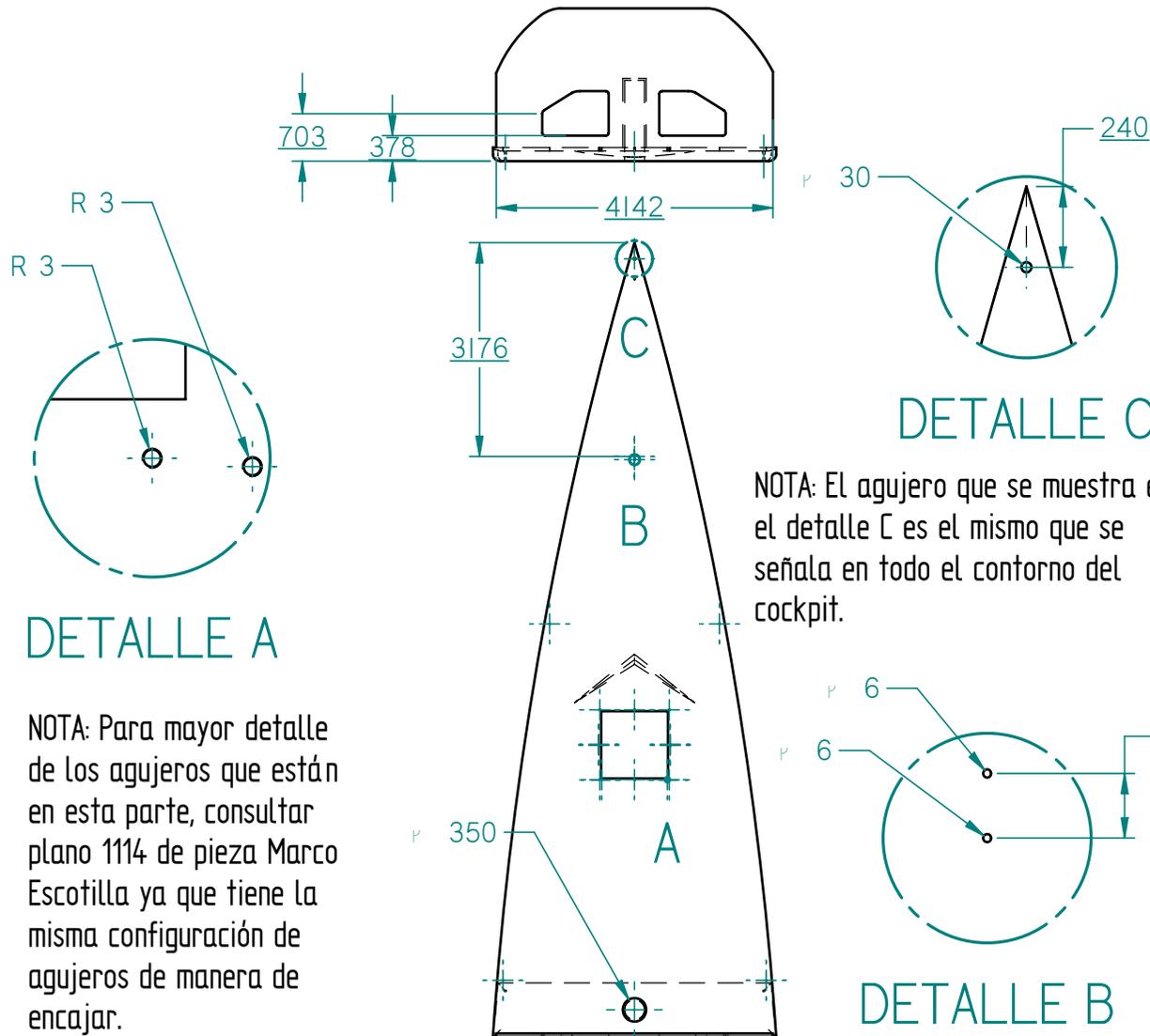
	Nombre	Fecha
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006
Plano 1102		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala:	1:200

Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
<i>CASCO</i>

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Listado de Piezas

Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
11C	1103	Cockpit	Fibra de Vidrio	1



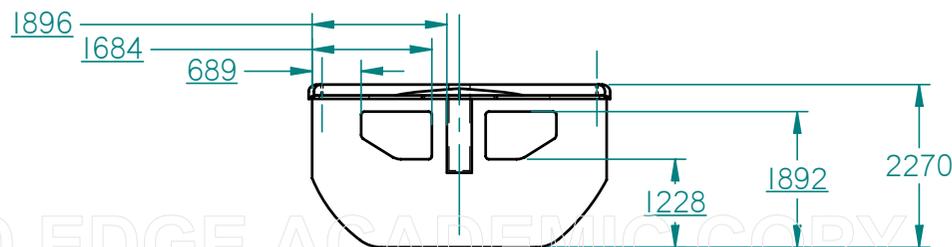
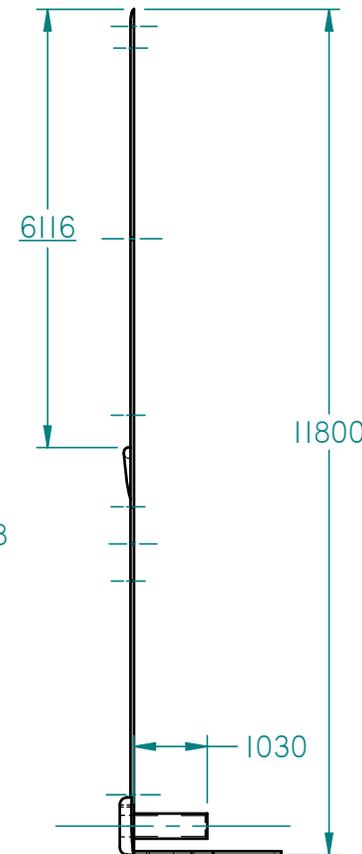
DETALLE A

NOTA: Para mayor detalle de los agujeros que están en esta parte, consultar plano 1114 de pieza Marco Escotilla ya que tiene la misma configuración de agujeros de manera de encajar.

DETALLE C

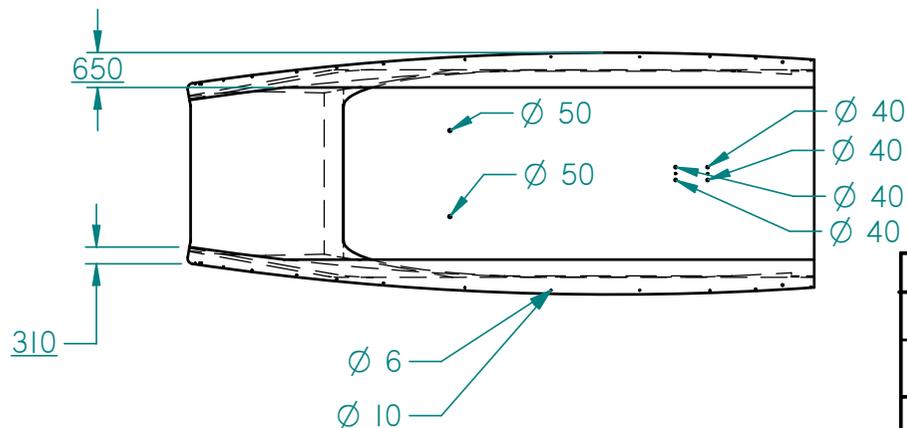
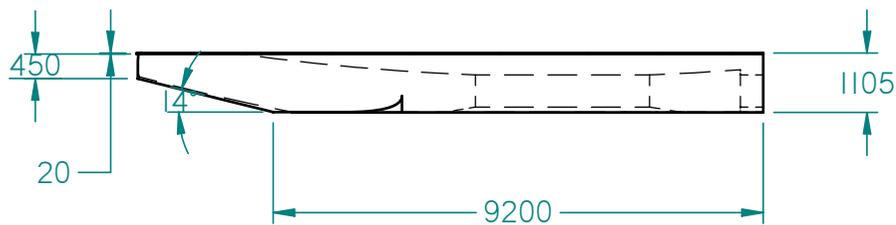
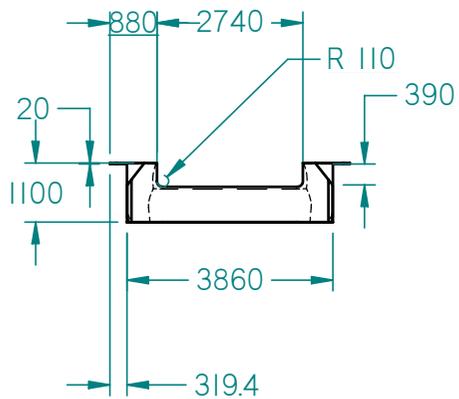
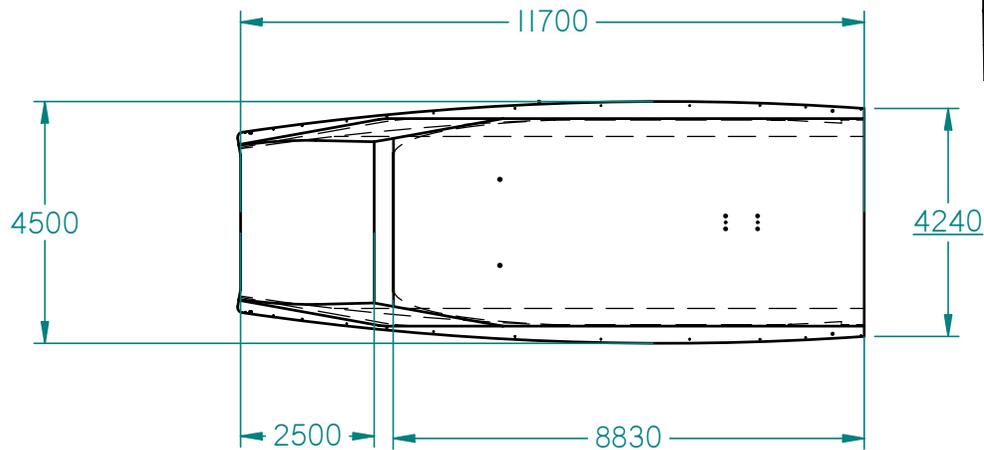
NOTA: El agujero que se muestra en el detalle C es el mismo que se señala en todo el contorno del cockpit.

DETALLE B

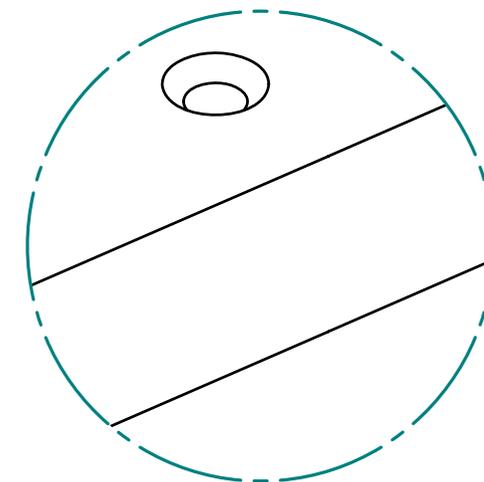


	Nombre	Fecha
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006
Plano N° 1103		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:75	

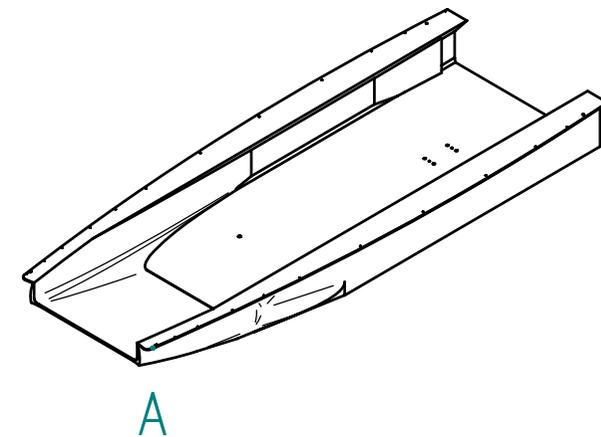
<p>Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica</p>
<p><i>Cockpit</i></p>



Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
110	Cubierta	Fibra de Vidrio	1	1104



DETALLE A



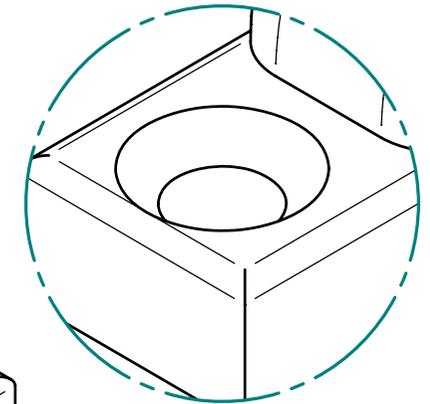
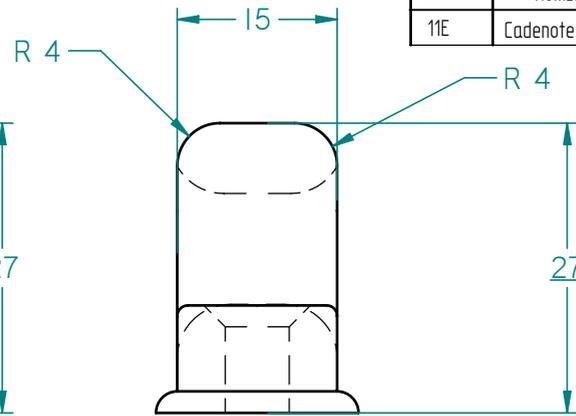
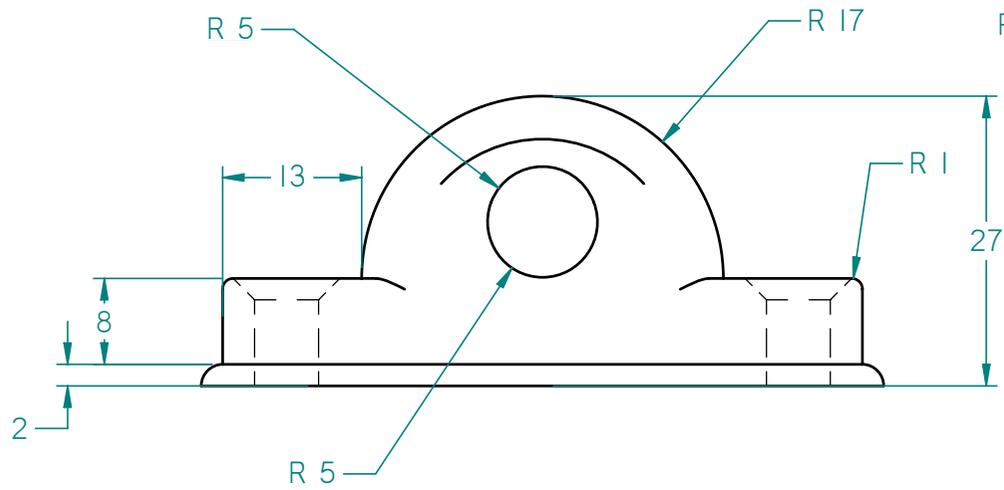
	Nombre	Fecha
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006
	1104	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:100	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica

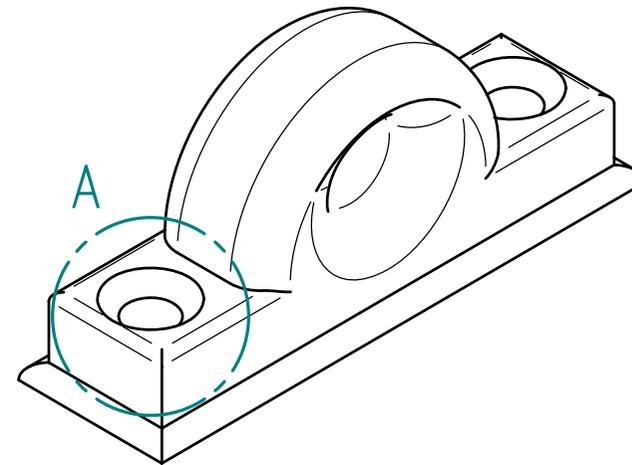
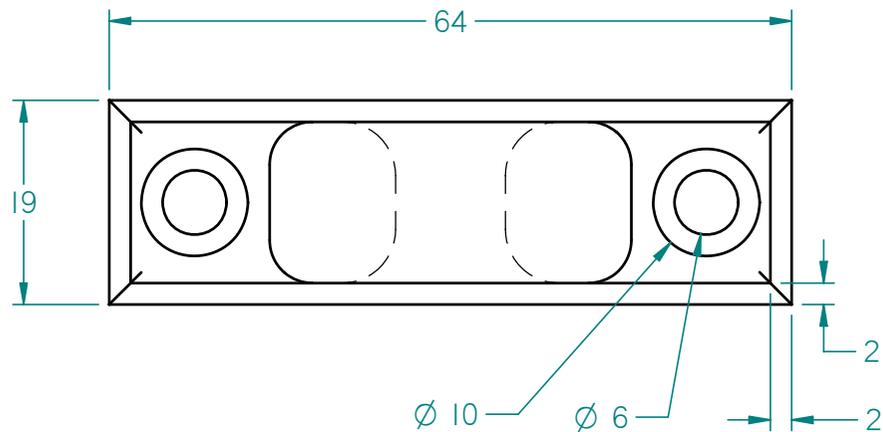
ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias

CUBIERTA

		Listado de Piezas		
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
11E	Cadenote foque	Acero inoxidable	1	1105



DETALLE A



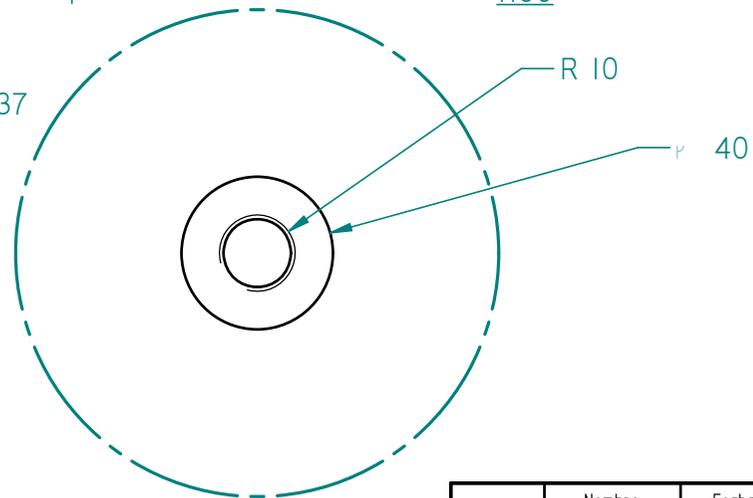
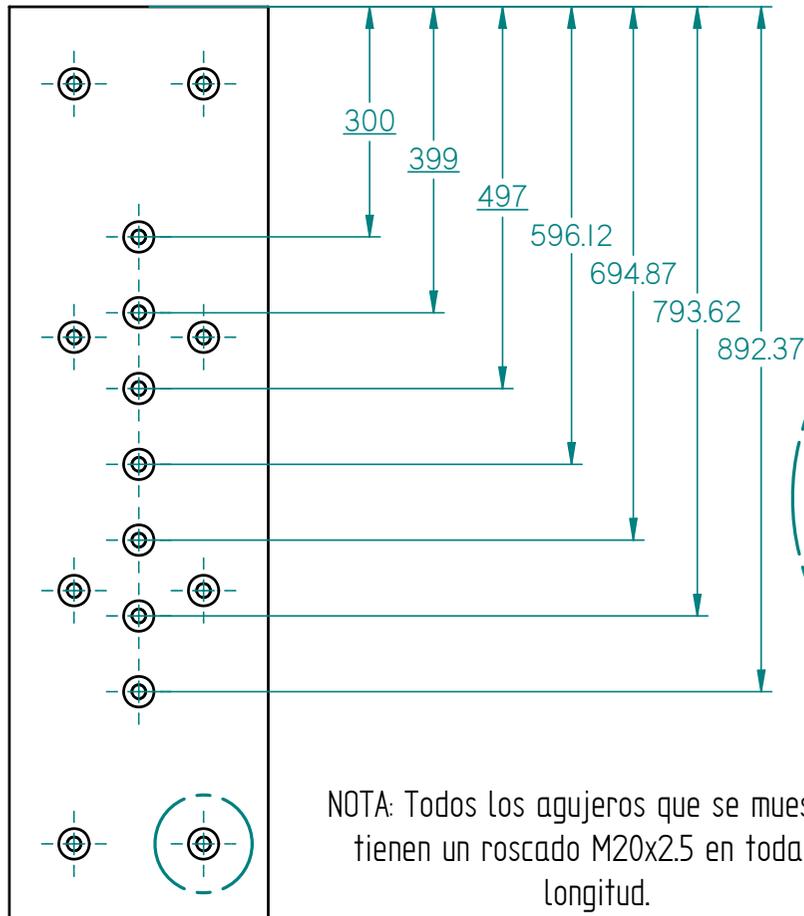
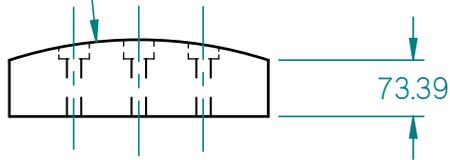
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006	
Plano 1105			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>CADENOTE FOQUE</i>
A3	escala: 2:1		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Listado de Piezas

Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
11F	1106	Tope Quilla	Acero AISI A228	1

R 556



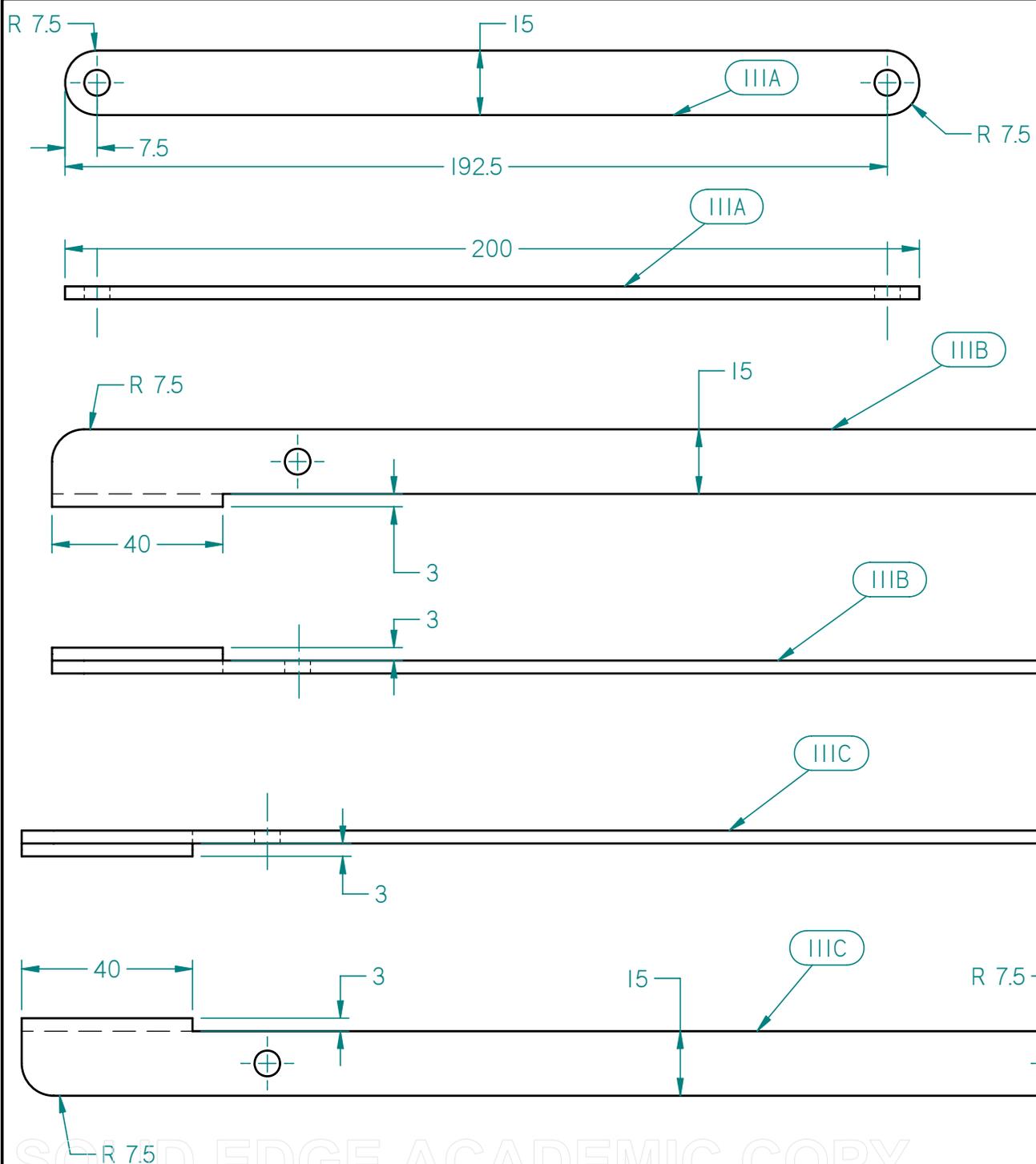
NOTA: Todos los agujeros que se muestran tienen un roscado M20x2.5 en toda su longitud.

DETALLE A

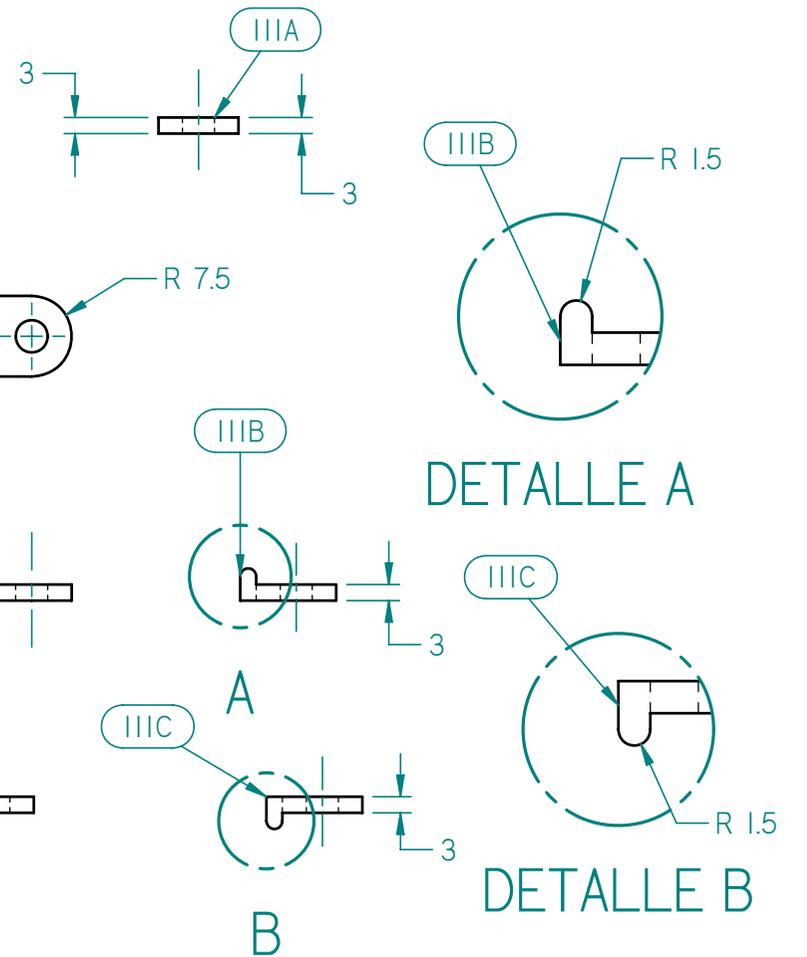
	Nombre	Fecha
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006
Plano N° 1106		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:7	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica
 ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias

Tope de Quilla

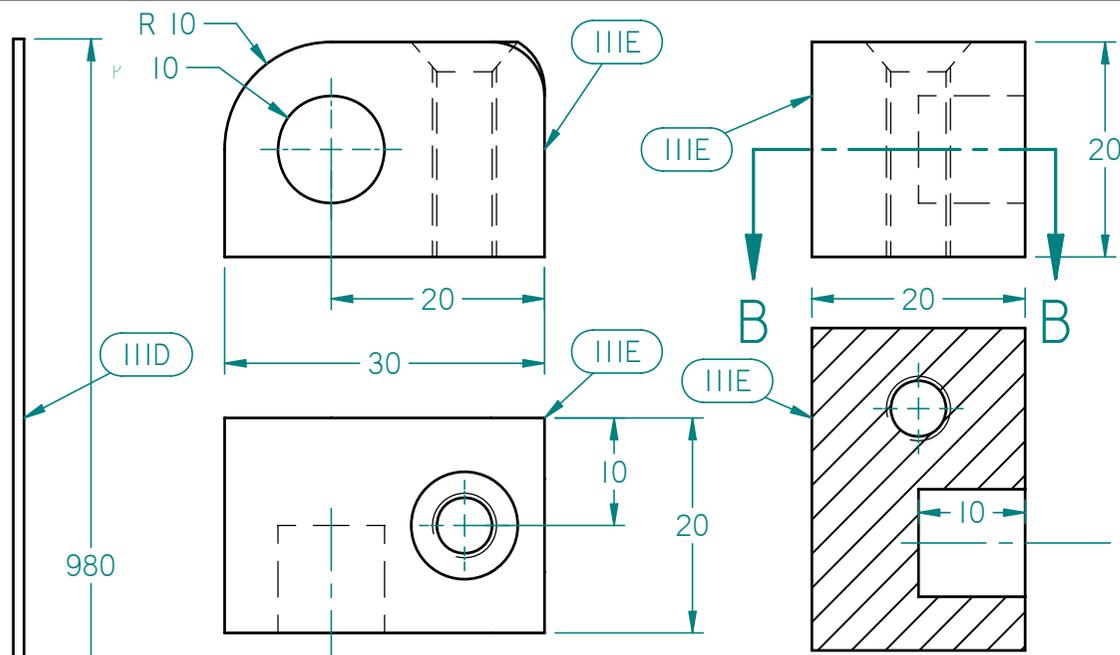


Listado de Piezas				
Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111A	1111	Bisagra Inferior	Acero AISI 1020	2
111B	1111	Bisagra Superior Derecha	Acero AISI 1020	1
111C	1111	Bisagra Superior Izquierda	Acero AISI 1020	1

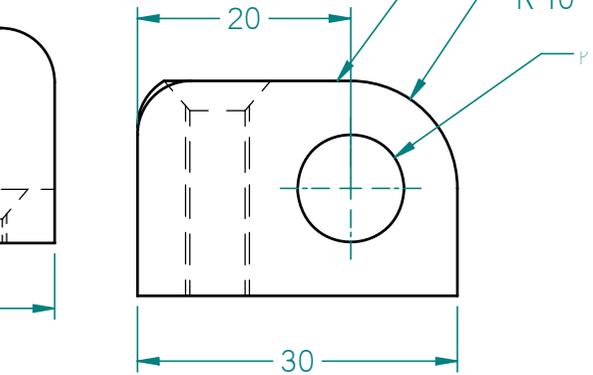


Nombre		Fecha		Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Dibujado		21/04/2006		
Plano N° 1111				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados				<i>Bisagras</i>
A3	Escala: 1:1			

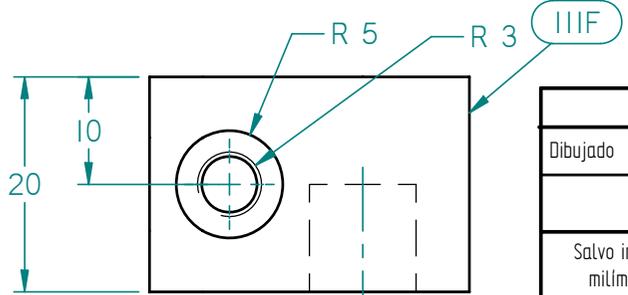
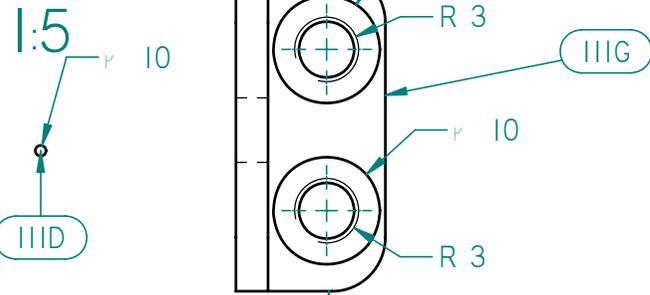
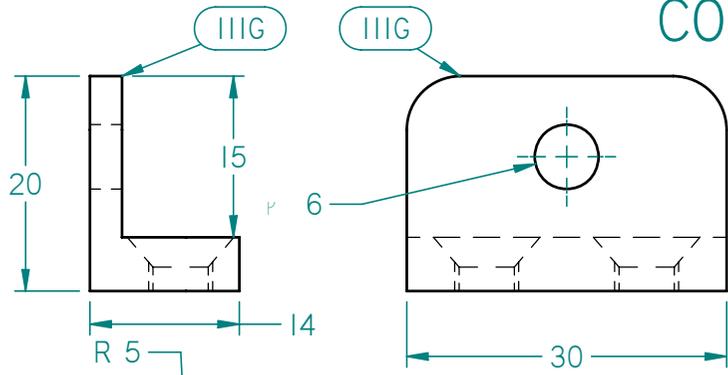
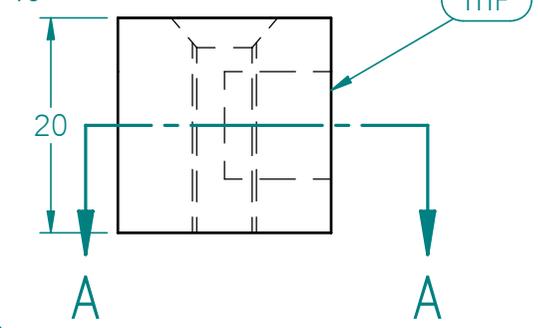
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



CORTE B-B



CORTE A-A



Listado de Piezas

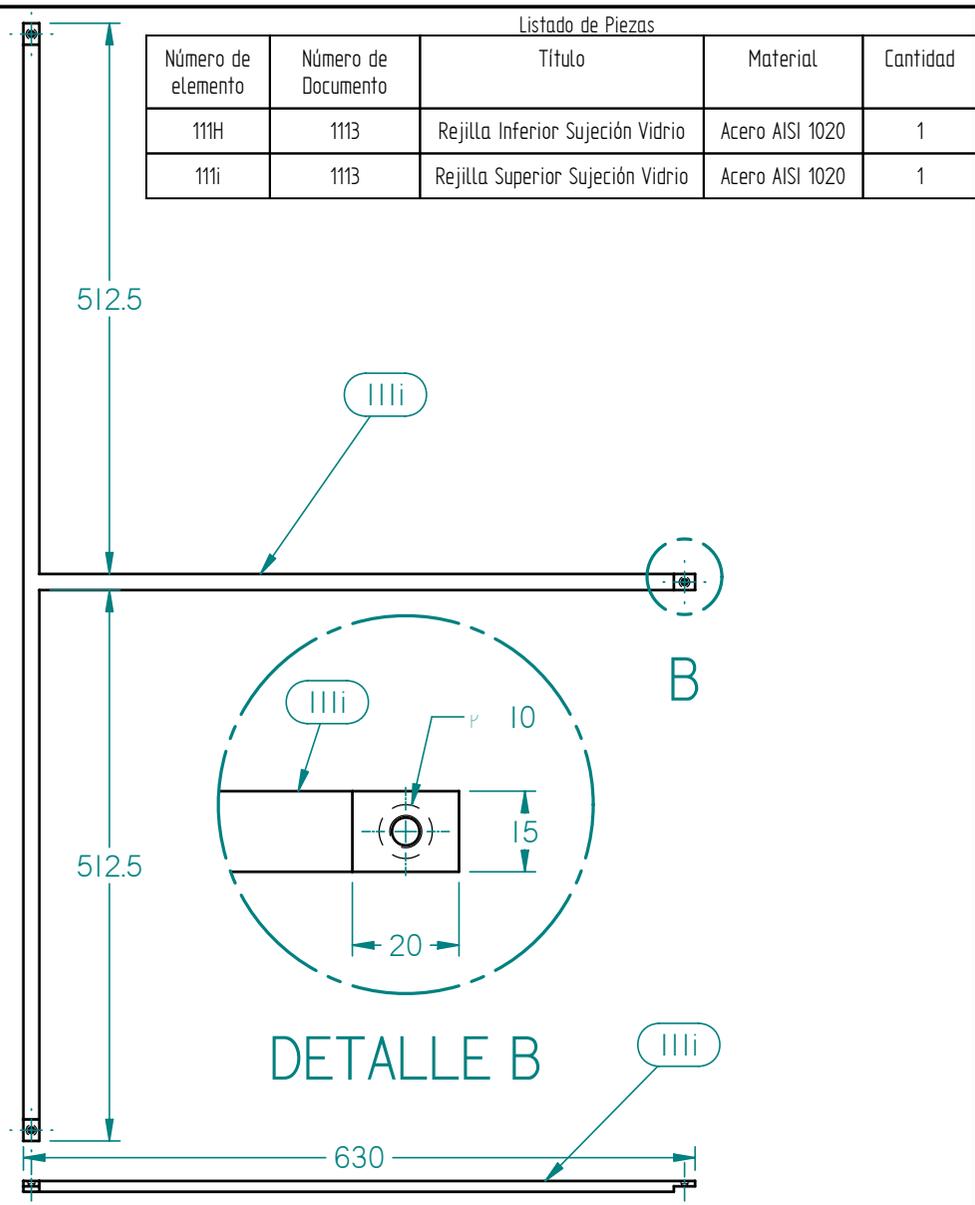
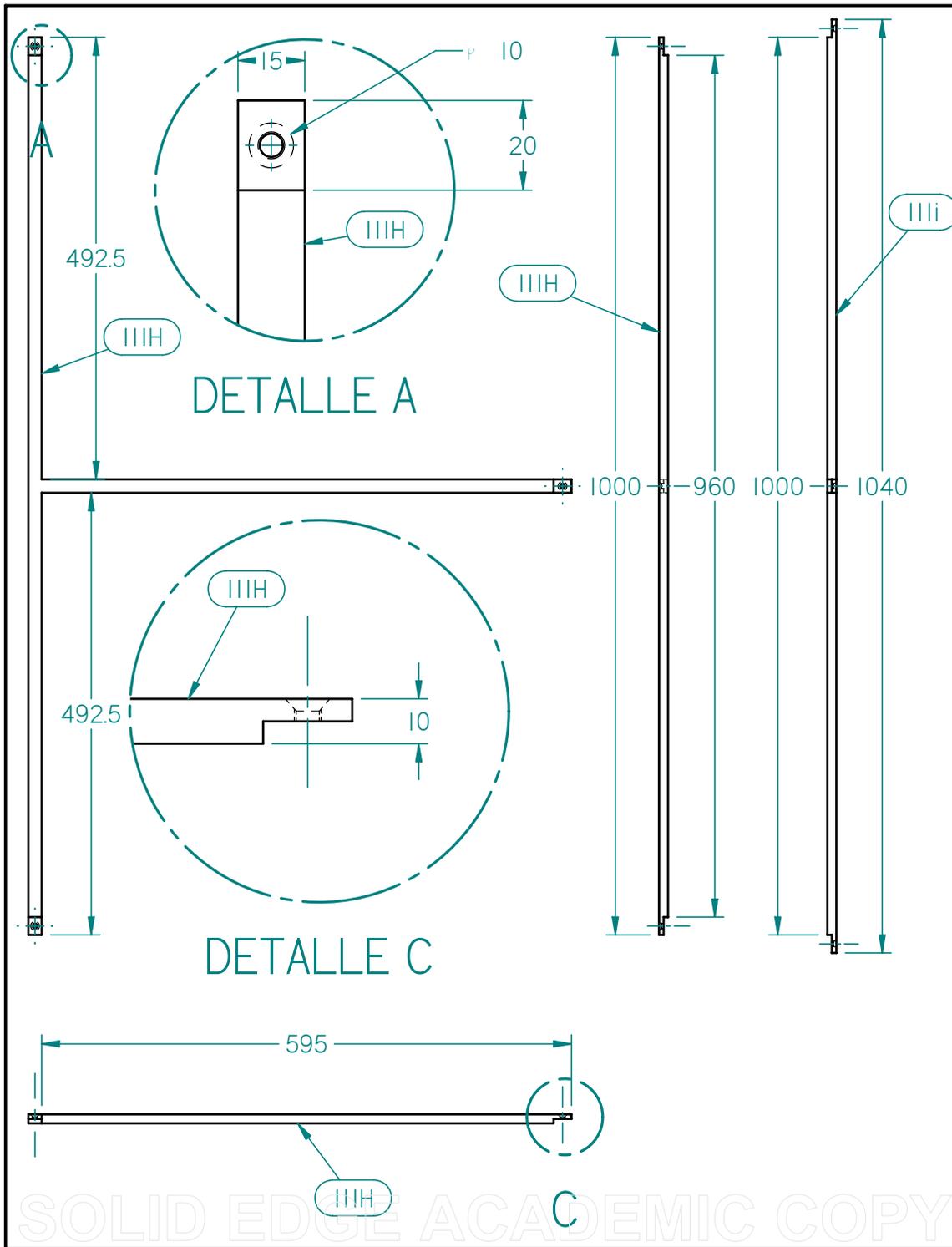
Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111D	1112	Eje de la Escotilla	Acero AISI 1020	1
111E	1112	Soporte Izquierdo del Eje	Acero AISI 1020	1
111F	1112	Soporte Derecho del Eje	Acero AISI 1020	1
111G	1112	Soporte Bisagras	Acero AISI 1020	2

Nombre	Fecha
Hans Petersen	21/04/2006
Plano N° 1112	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados	
A3	Escala: 2:1

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica

ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias

Eje y sus Soportes



Listado de Piezas

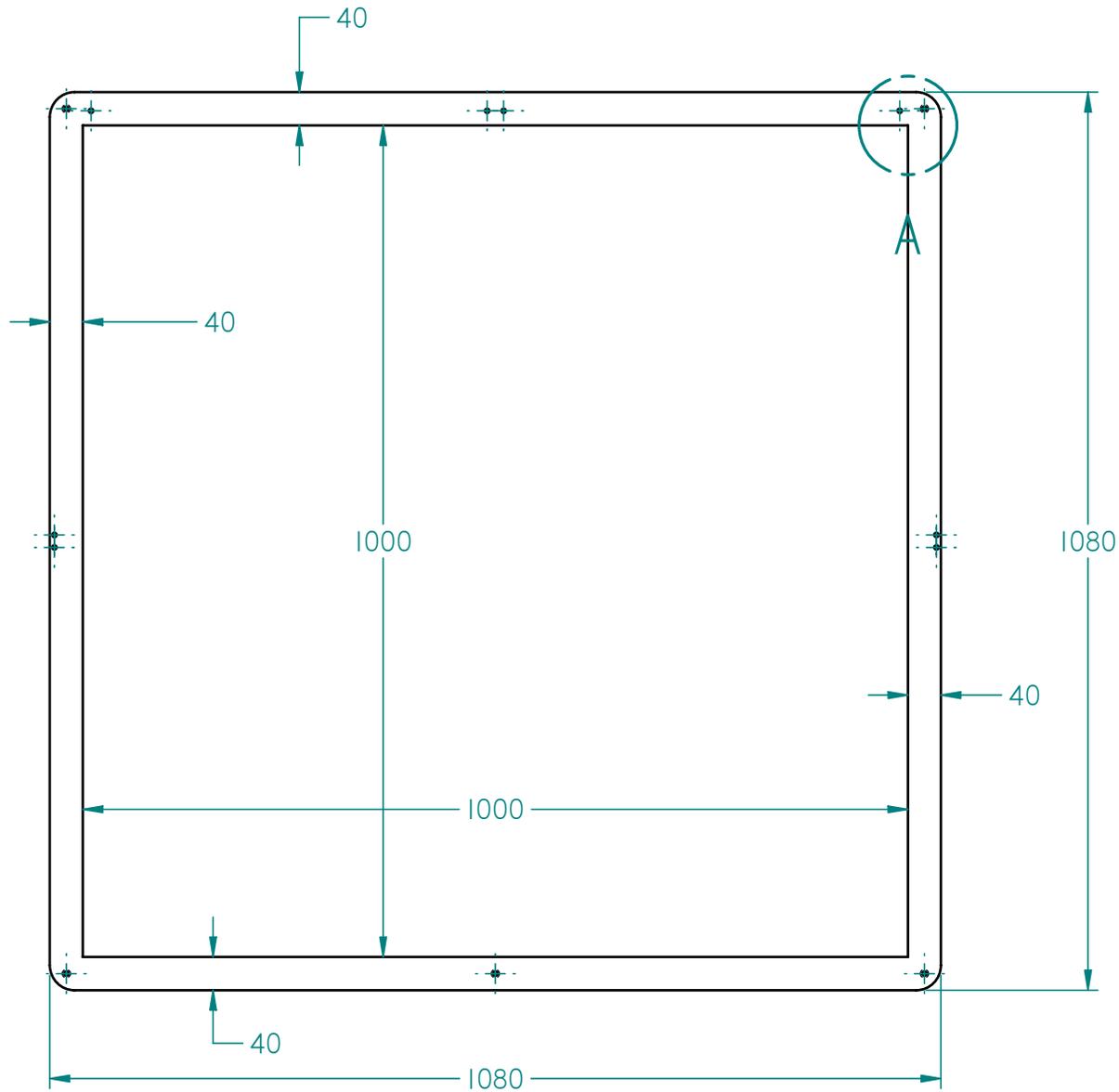
Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111H	1113	Rejilla Inferior Sujeción Vidrio	Acero AISI 1020	1
111i	1113	Rejilla Superior Sujeción Vidrio	Acero AISI 1020	1

	Nombre	Fecha
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006
Plano N° 1113		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:5	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica

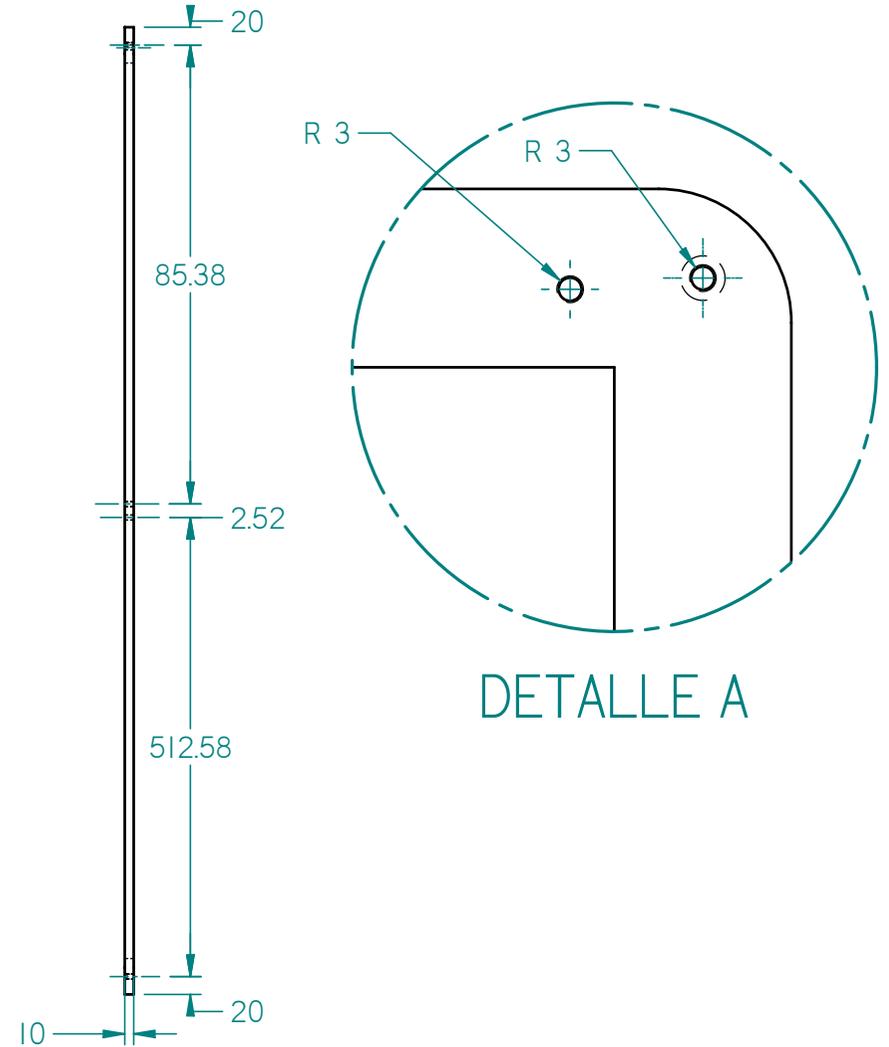
ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias

Rejillas de Soporte del Vidrio de la Escotilla



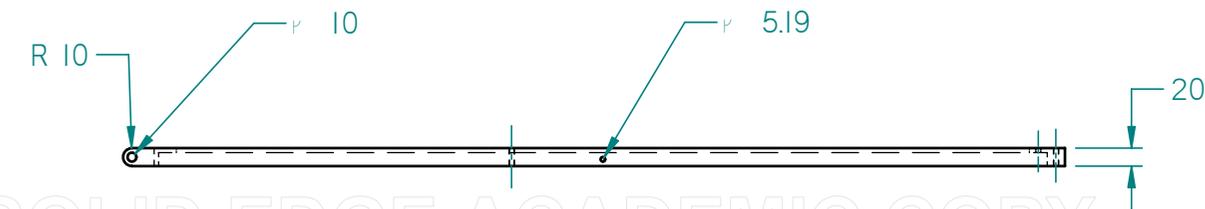
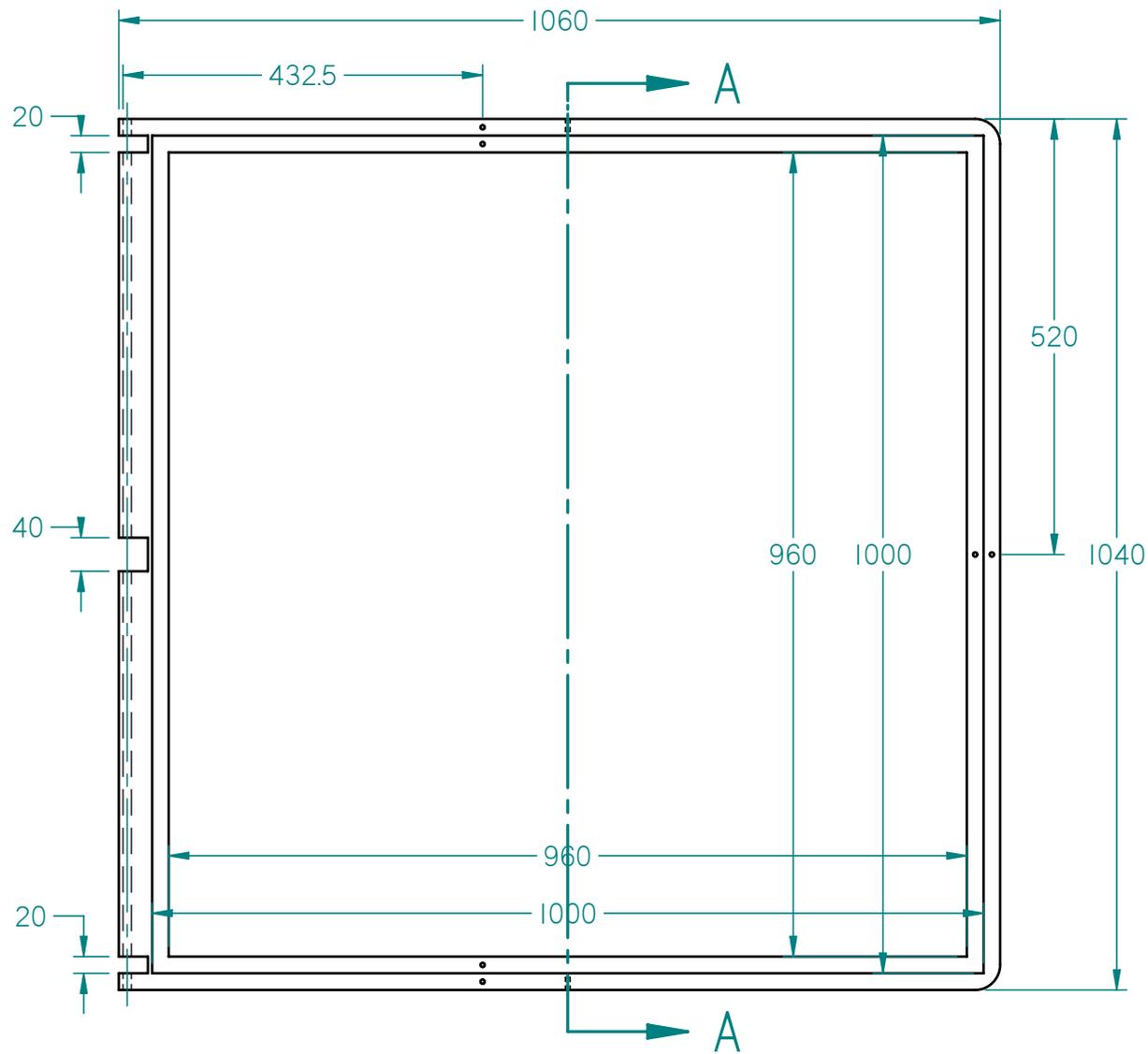
NOTA: Todos los agujeros de pernos tienen una rosca M6x0.75 y son avellanados arriba de manera de admitir este tipo de pernos.

Listado de Piezas				
Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111J	1114	Marco de La Escotilla	Acero AISI 1020	1

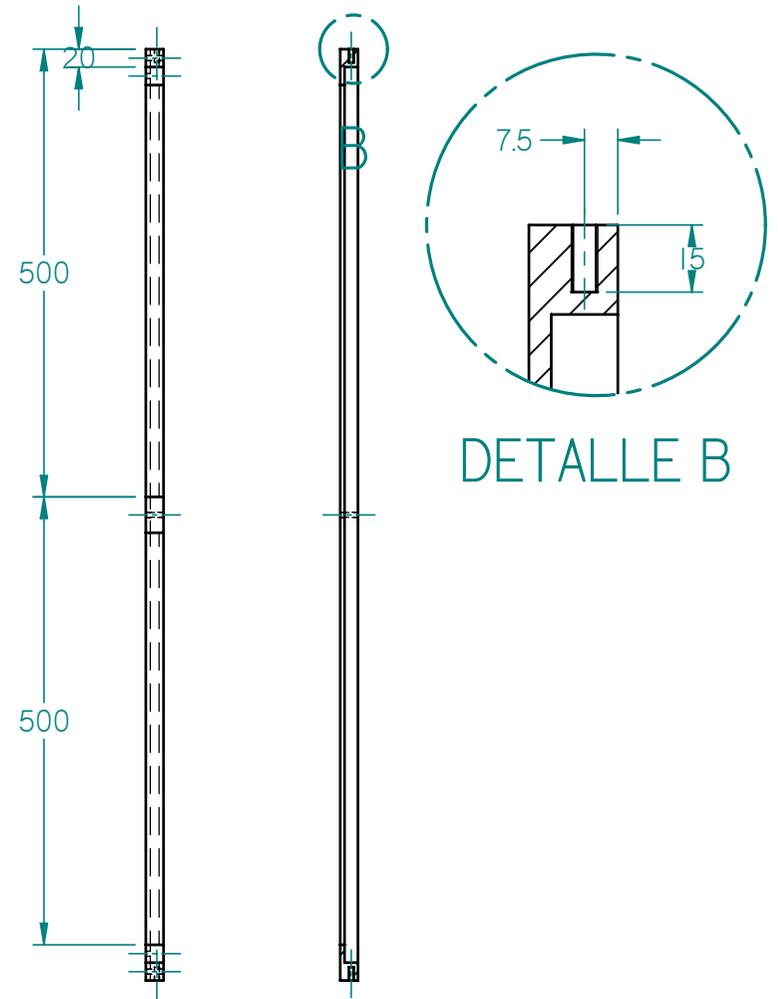


	Nombre	Fecha
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006
Plano N° 1114		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 16	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica
 ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias
Marco de Escotilla



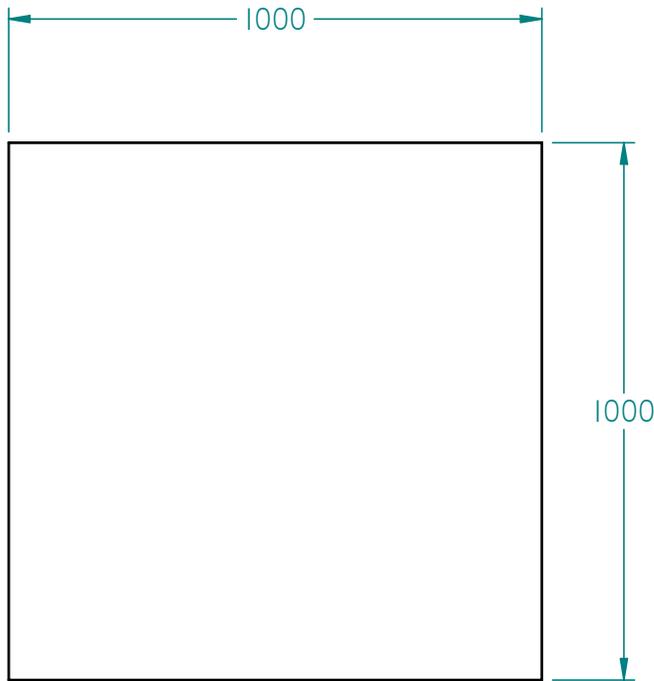
Listado de Piezas				
Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111K	1115	Marco del Vidrio	Acero AISI 1020	1



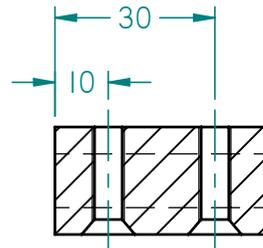
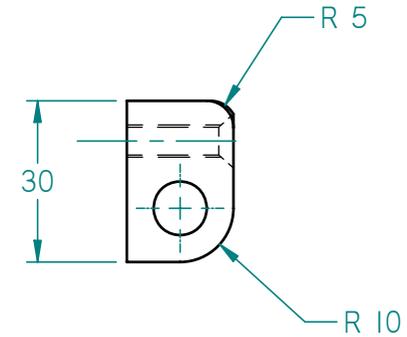
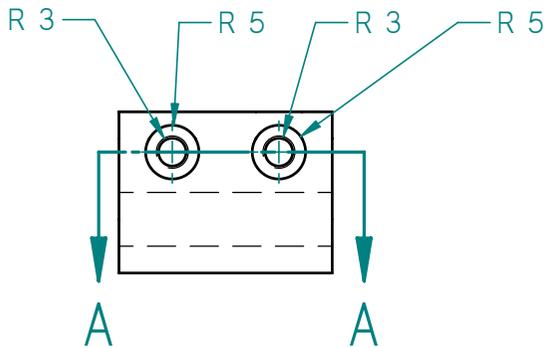
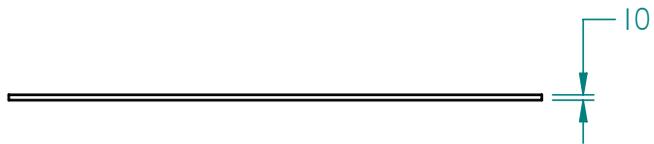
CORTE A-A

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006	
Plano N° 1115			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Marco del Vidrio
A3	Escala: 16		

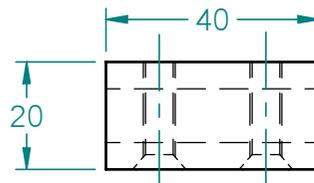
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



1:10



CORTE A-A



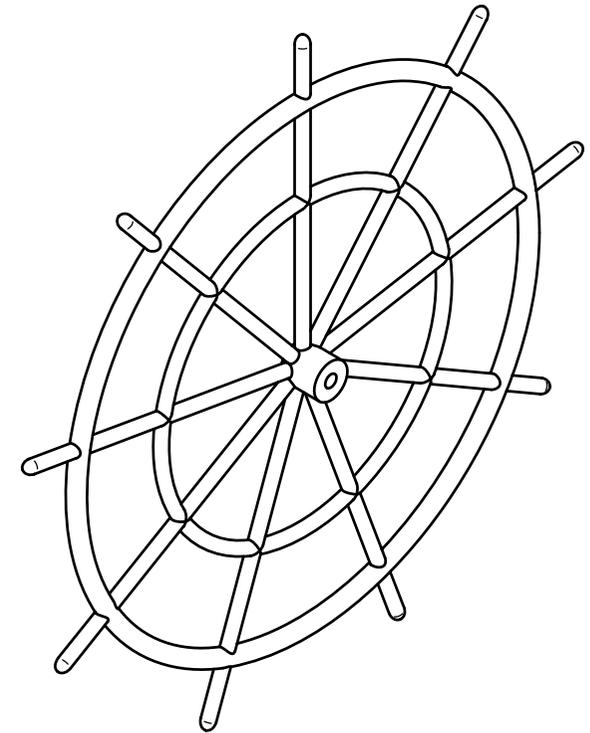
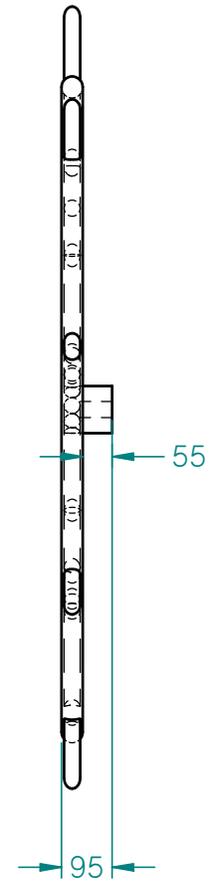
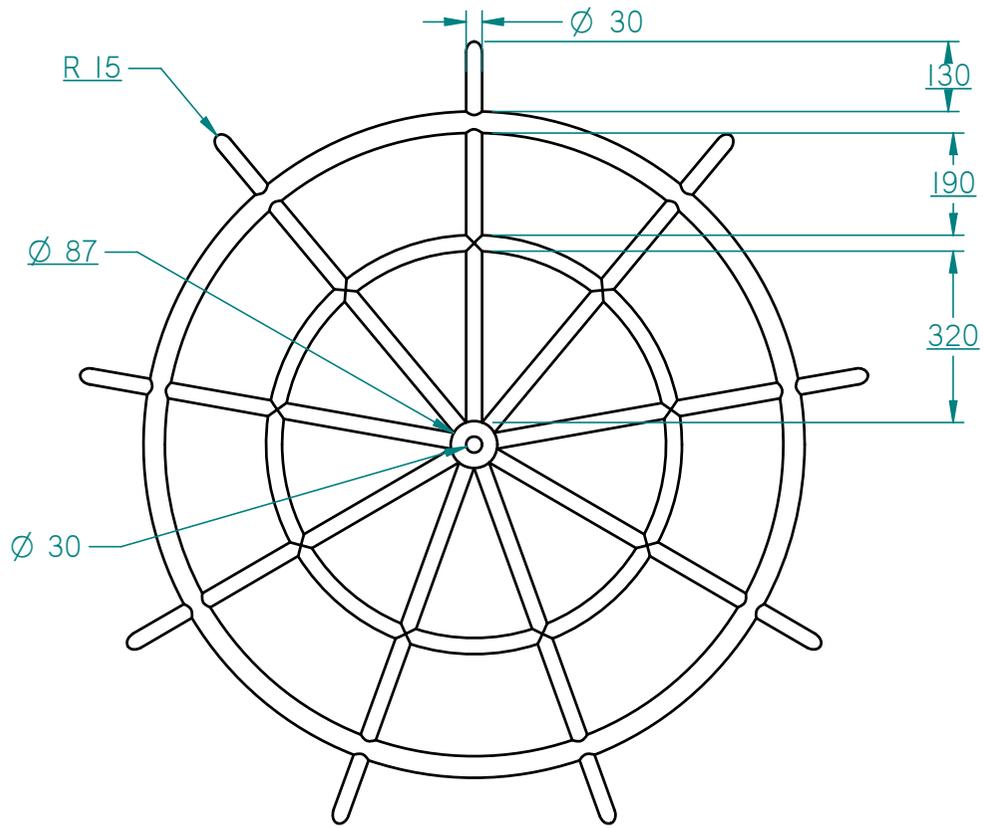
Listado de Piezas

Número de elemento	Número de Documento	Título	Material	Cantidad
111L	1116	Vidrio de Escotilla	Vidrio Templado	1
111M	1116	Soporte Medio de Eje Escotilla	Acero AISI 1020	1

NOTA: Se utilizan pernos avellanados M6x0.75 y cabeza de 10mm.

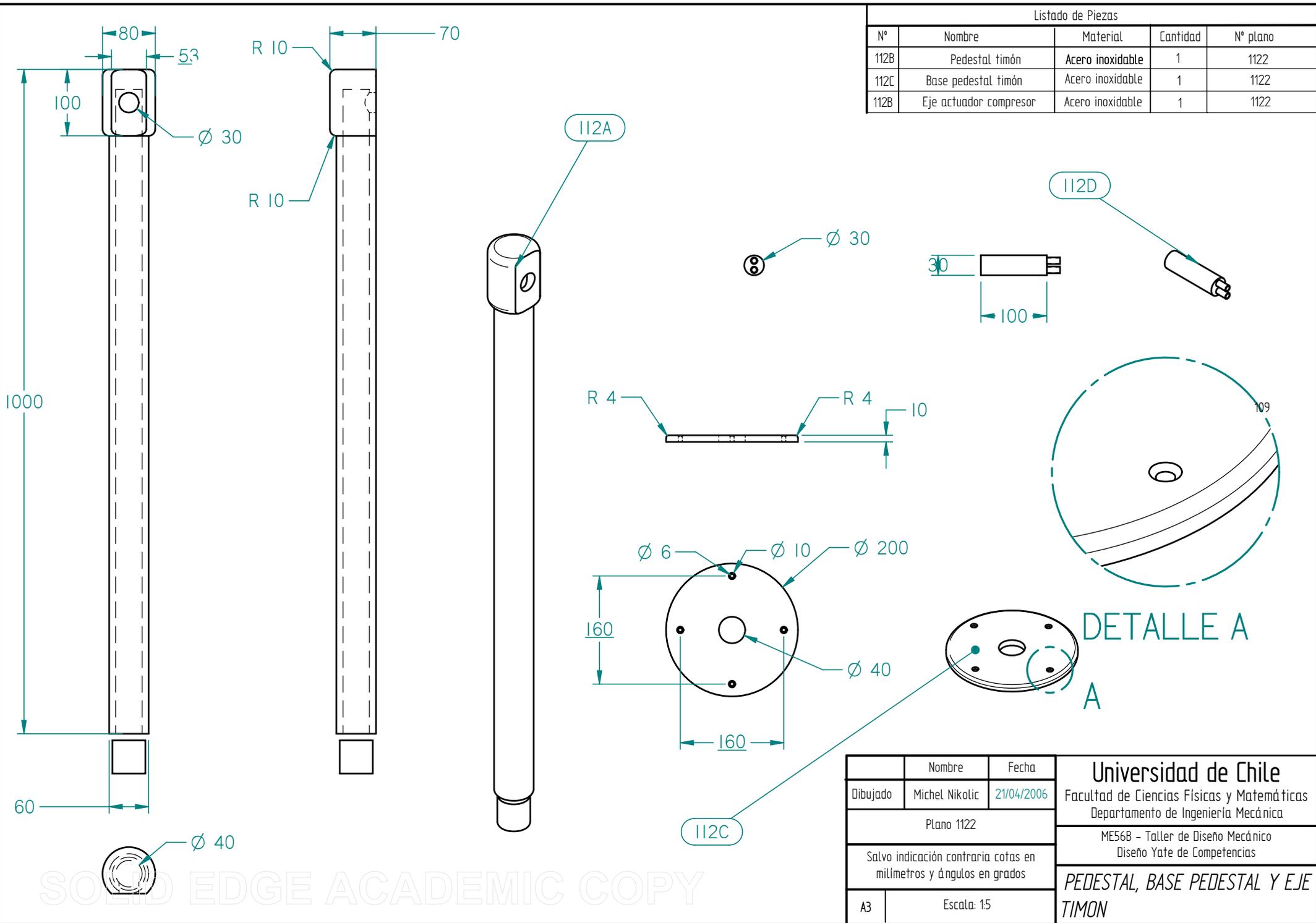
Nombre		Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Hans Petersen	21/04/2006	
Plano N° 1116			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Vidrio y Soporte Medio del Eje
A3	Escala: 1:1		

Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
112A	Timón	Acero inoxidable	1	1121



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006	
Plano 1121			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			TIMON
A3	escala: 1:10		



Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	N° plano
112B	Pedestal timón	Acero inoxidable	1	1122
112C	Base pedestal timón	Acero inoxidable	1	1122
112B	Eje actuador compresor	Acero inoxidable	1	1122

	Nombre	Fecha
Dibujado	Michel Nikolic	21/04/2006
Plano 1122		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 15	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica

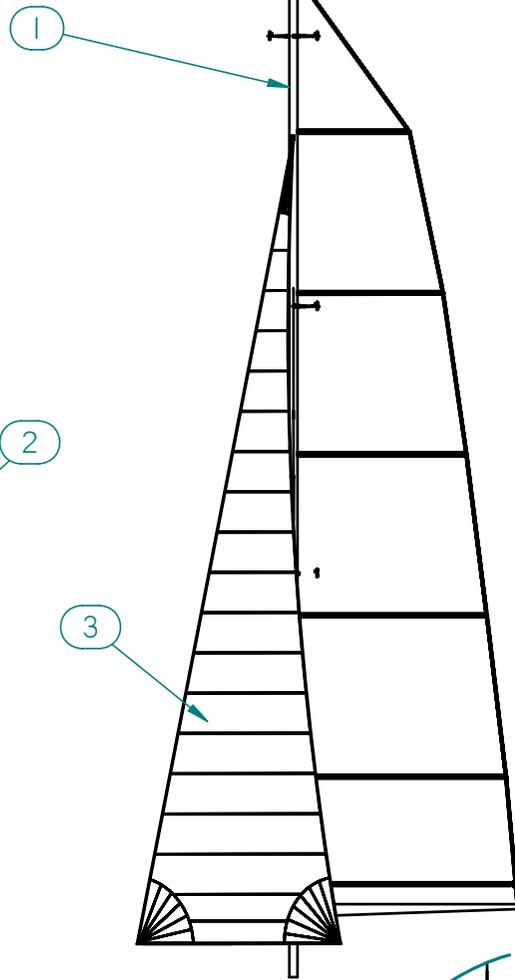
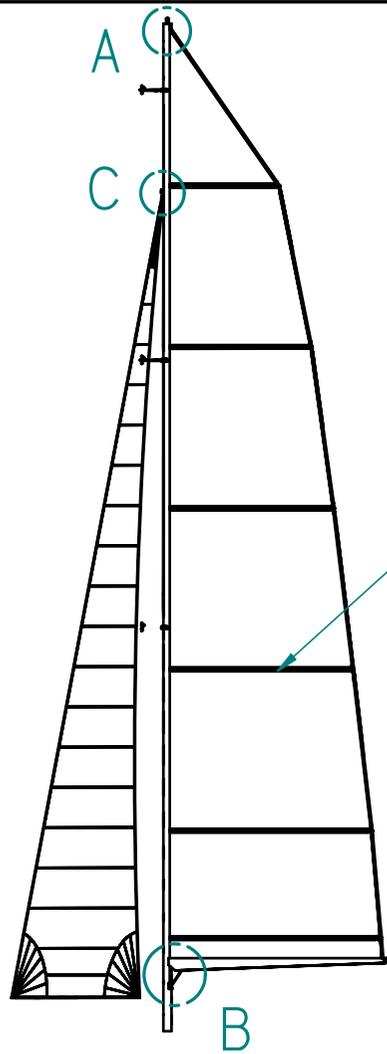
ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias

PEDESTAL, BASE PEDESTAL Y EJE TIMON

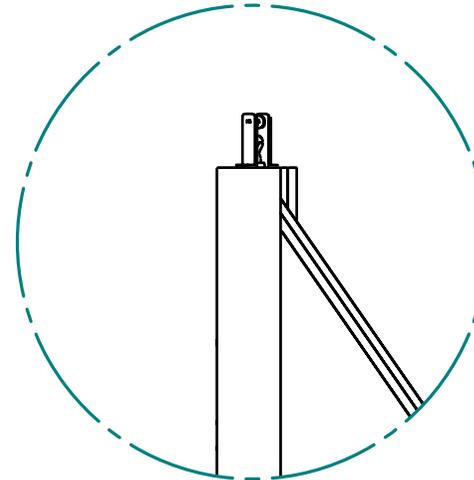
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Listado de Piezas

Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Número de Plano
1	SUBCONJUNTO MÁSTIL	---	1	122
2	SUBCONJUNTO VELA MAYOR	---	1	1211
3	FOQUE	Kevlar	1	12 C

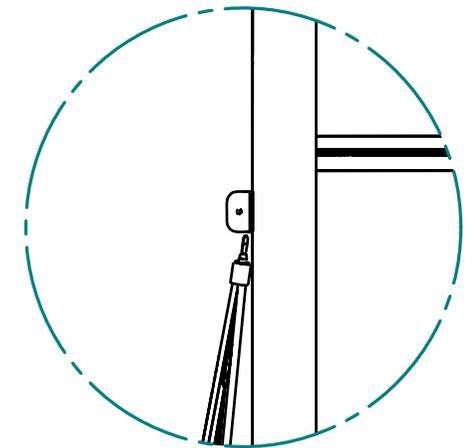


DETALLE A



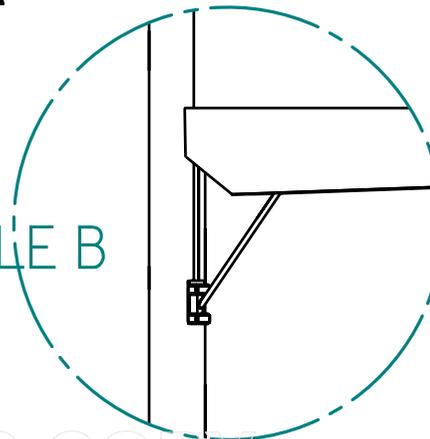
Sujeción de vela Mayor al Mástil

DETALLE C

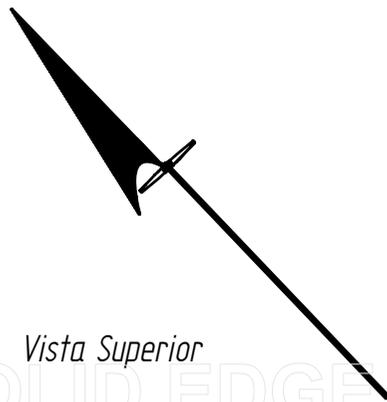


Sujeción del Foque al Mástil

DETALLE B



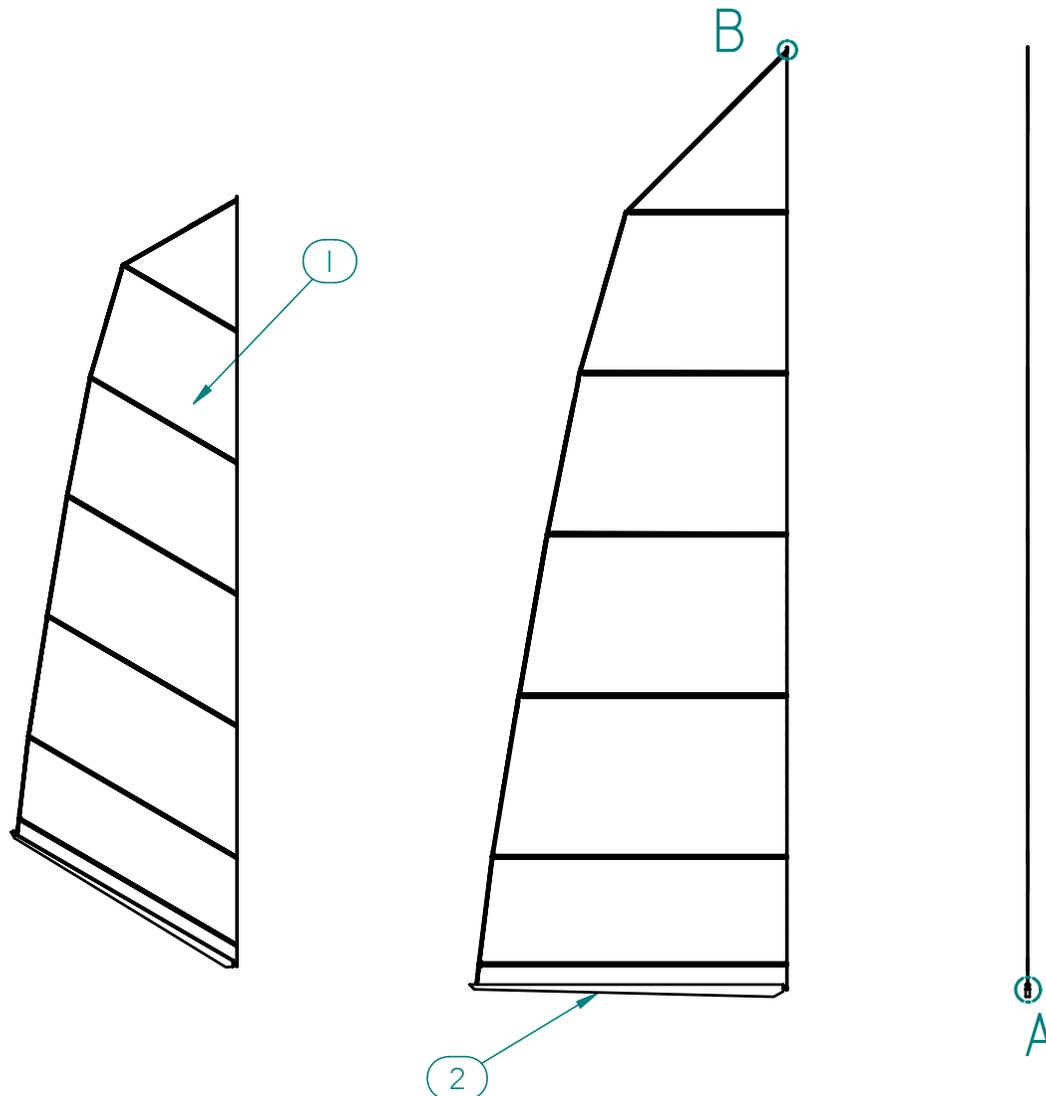
Articulación para Movimeinto de la Botavara



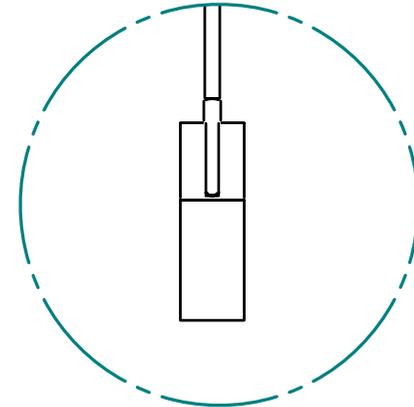
Vista Superior

	Nombre	Fecha
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006
Plano 121		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:200	

Universidad de Chile
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Departamento de Ingeniería Mecánica
 ME56B - Taller de Diseño Mecánico
 Diseño Yate de Competencias
SUBCONJUNTO MÁSTIL Y VELAS

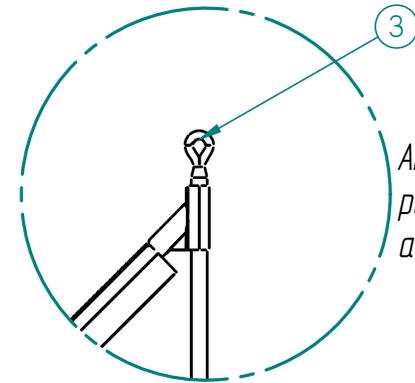


Listado de Piezas				
Número de elemento	Número de Plano	Nombre	Cantidad	Material
1	1211A	VELA MAYOR	1	KEVLAR
2	1211B	BOTAVARA	1	ALUMINIO
3	1211B	ARGOLLA DE MARTINGALA	1	ALUMINIO



Vela Mayor a través de canal de la Botavara

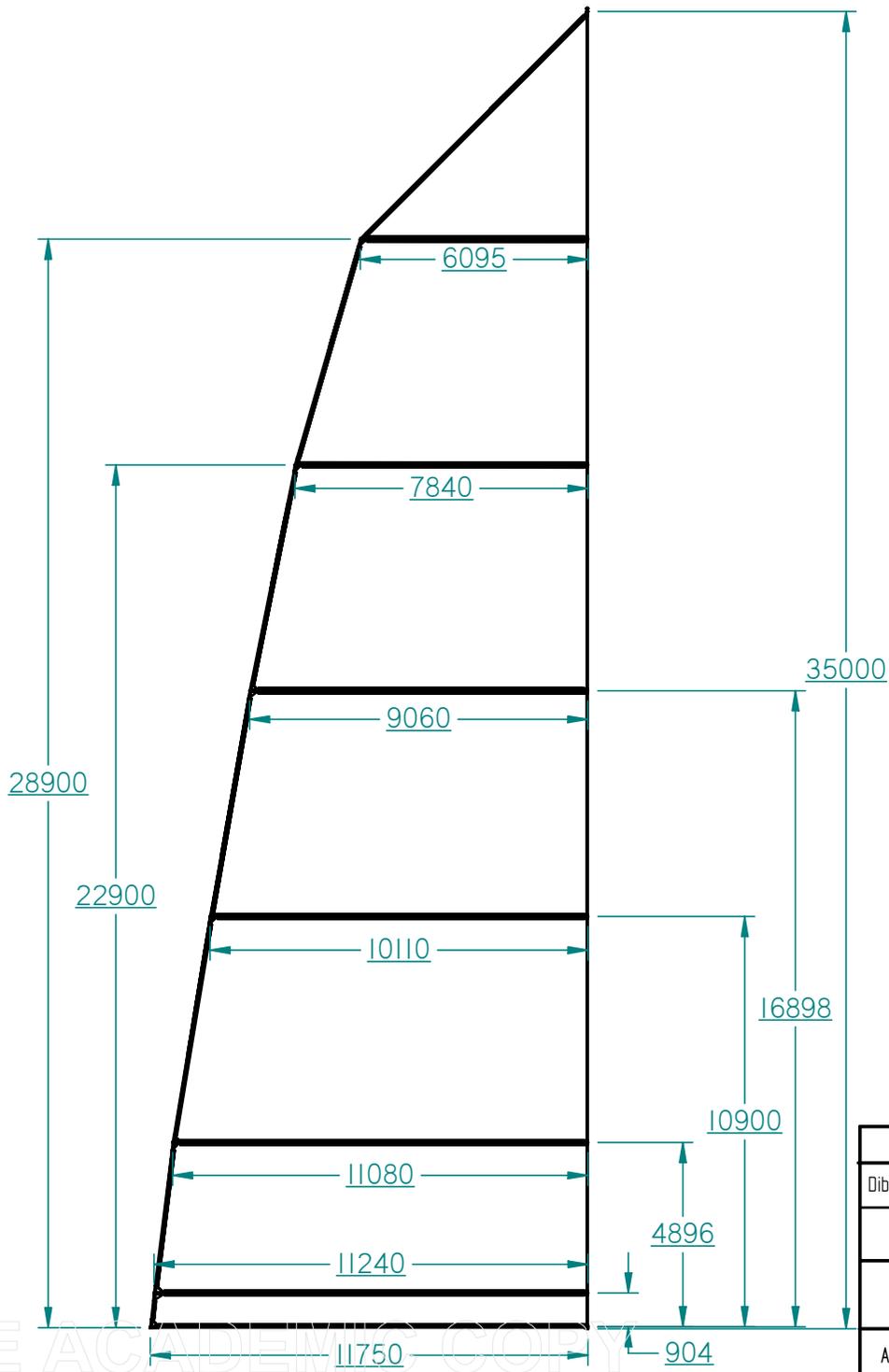
DETALLE A



Argolla final de la martingala para fijación de Vela Mayor al Mástil

DETALLE B

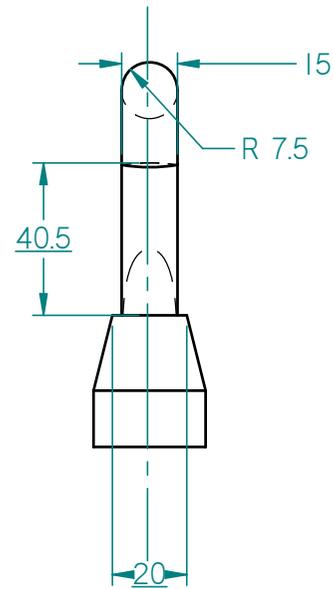
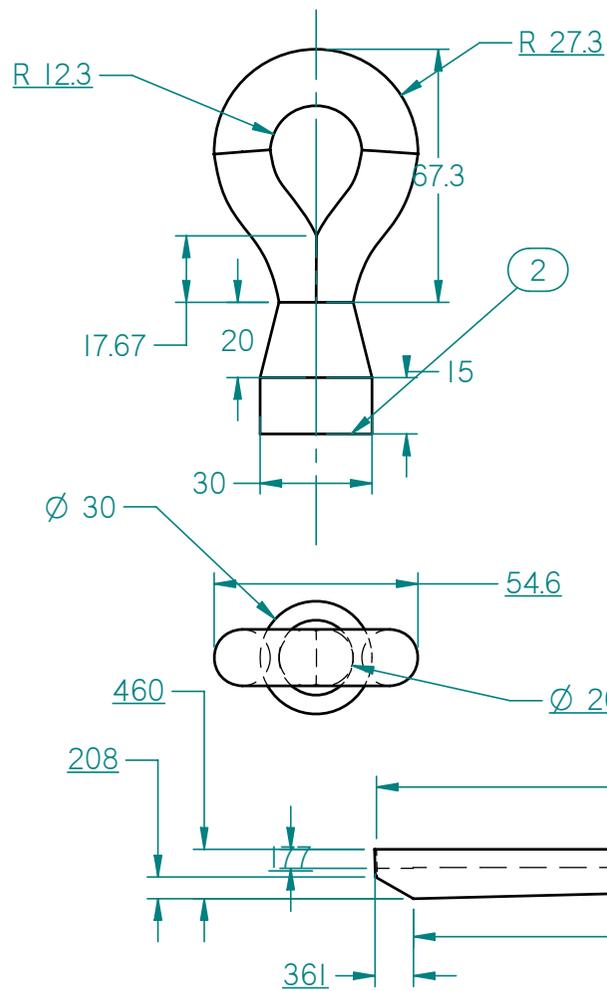
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006	
Plano 1211			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			SUBCONJUNTO VELA MAYOR
A3	Escala: 1:200		



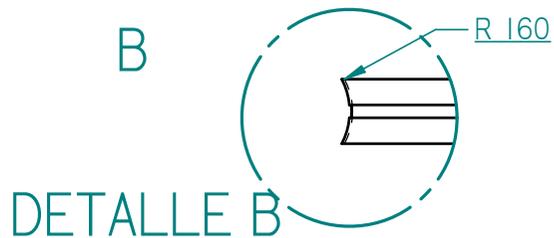
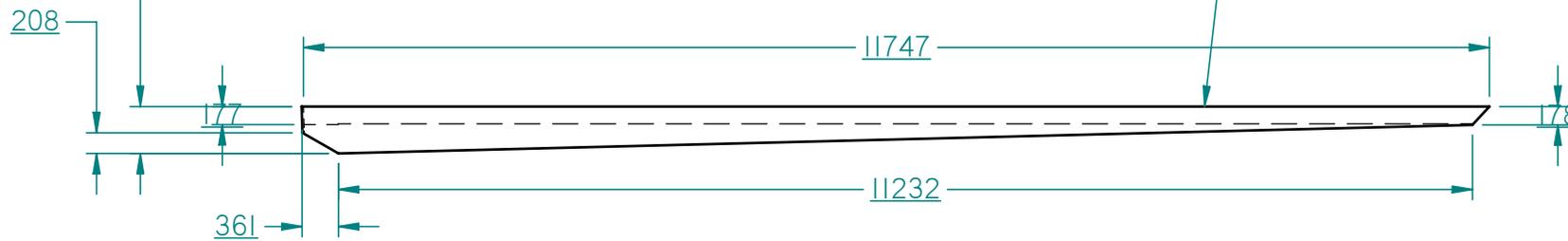
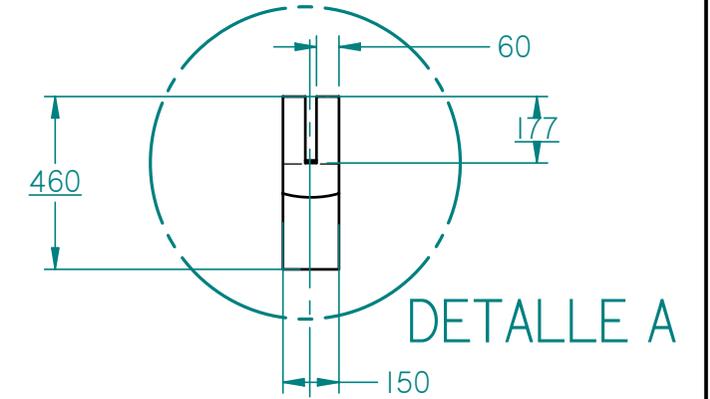
	Nombre	Fecha
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006
1211A		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:150	

Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
<i>VELA MAYOR</i>

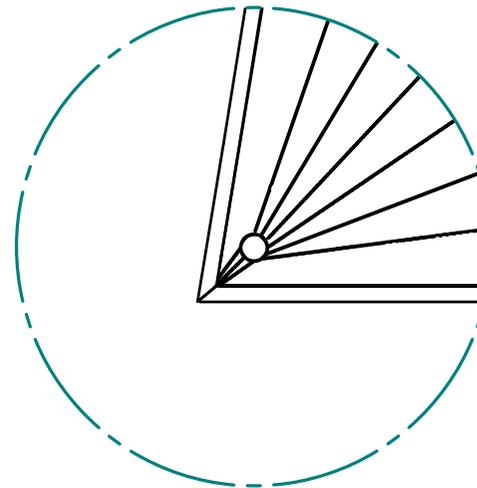
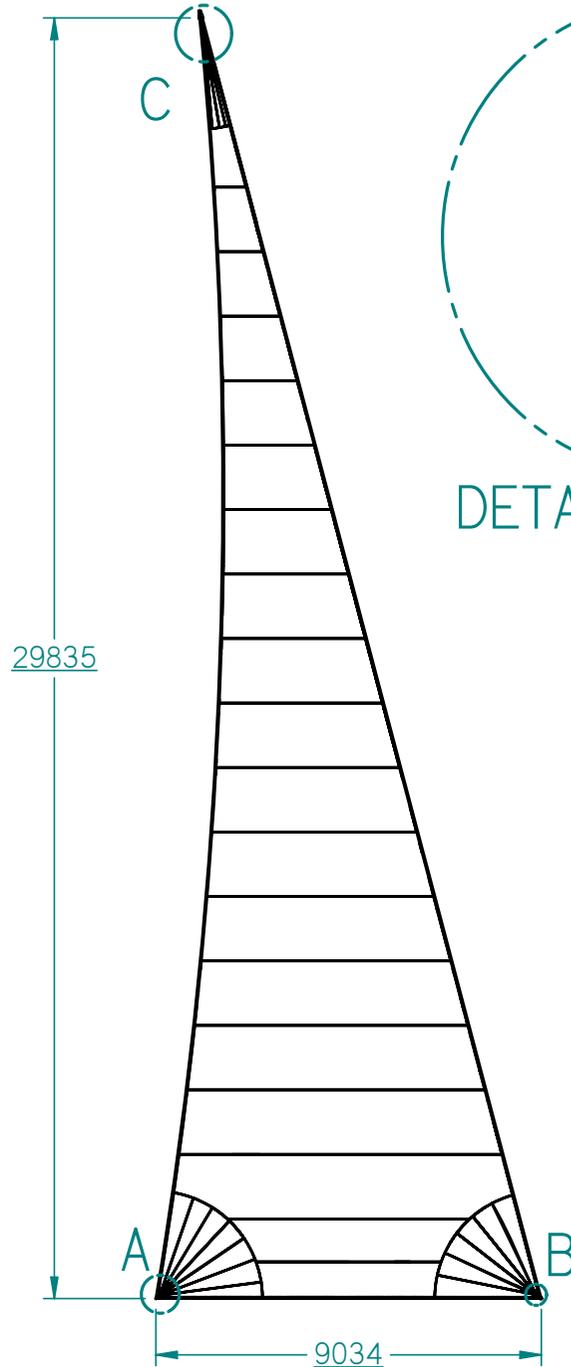
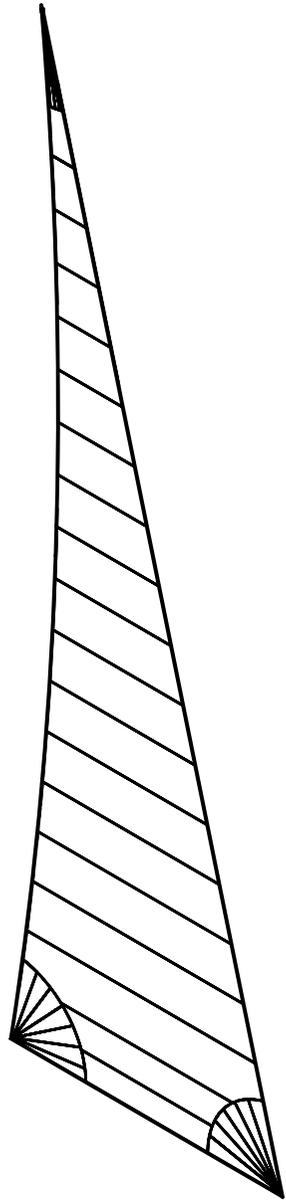
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



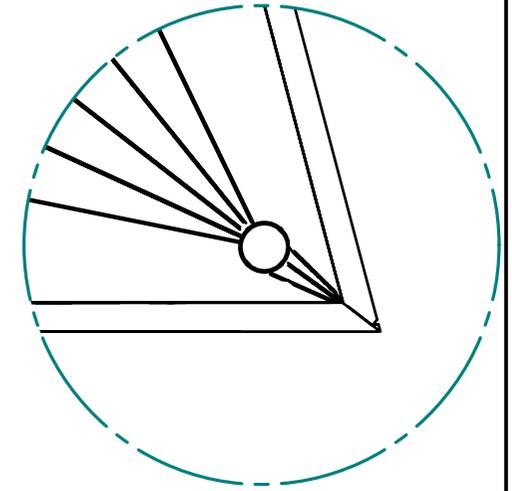
Listado de Piezas			
Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad
1	BOTAVARA	ALUMINIO	1
2	ARGOLLA DE MARTINGALA	ALUMINIO	1



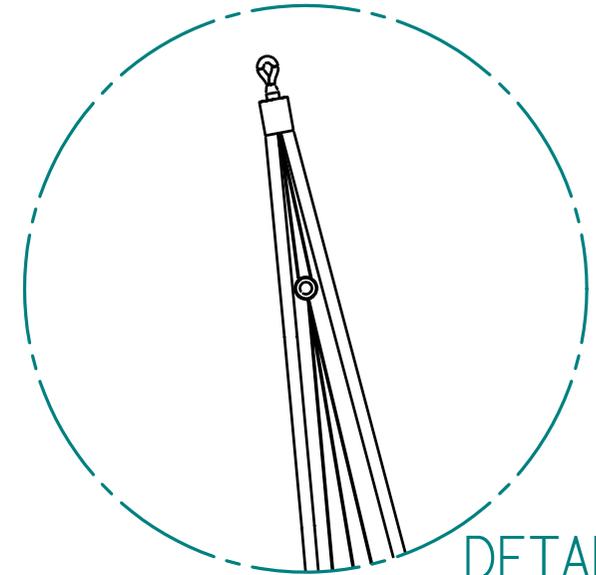
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006	
Plano n° 121B			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>BOTAVARA Y ARGOLLA DE MARTINGALA</i>
A3	Escala: 1:200		



DETALLE A

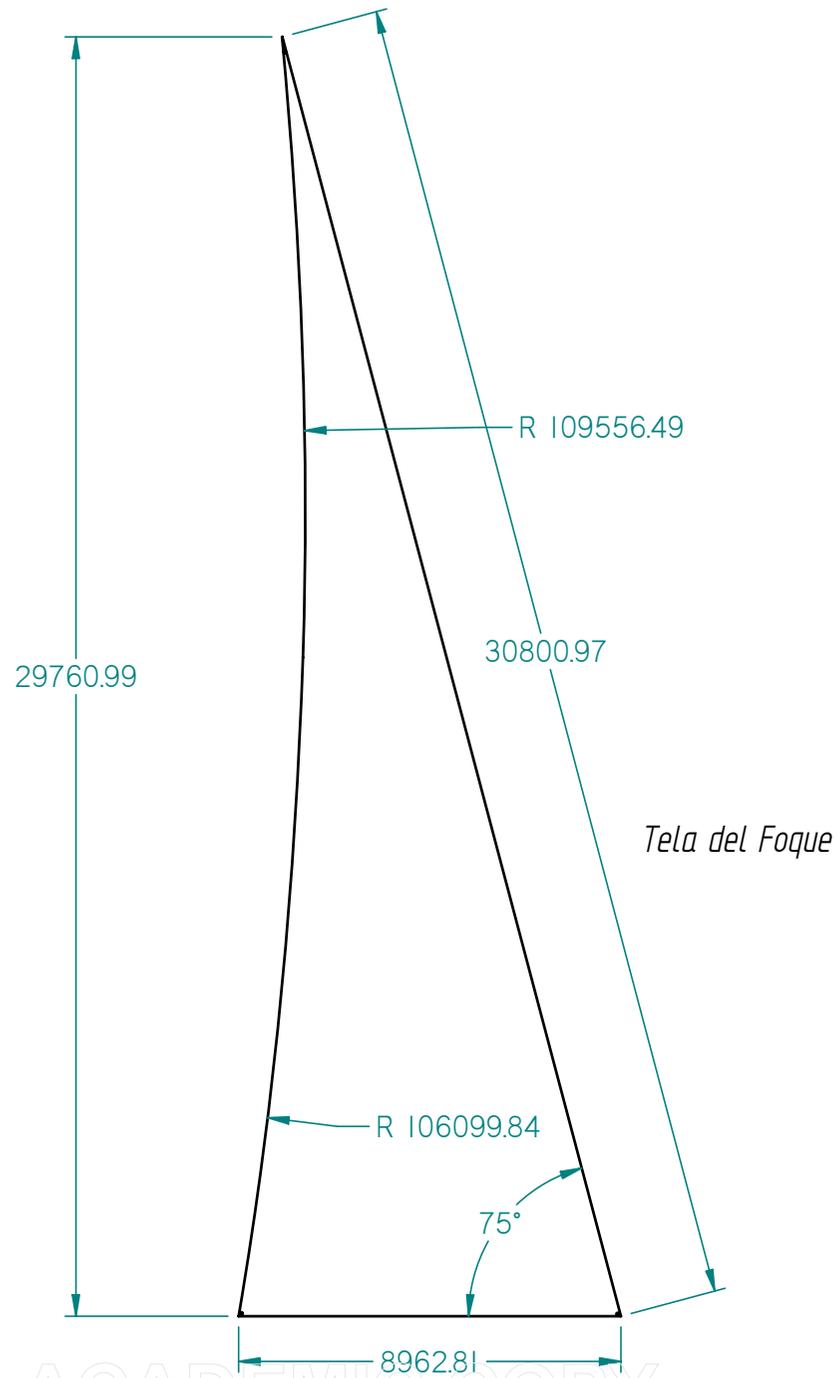


DETALLE B



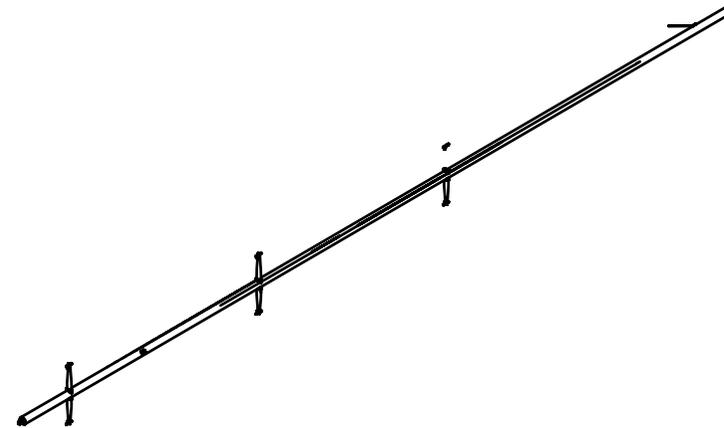
DETALLE C

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006	
12C			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			FOQUE
A3	Escala: 1:125		

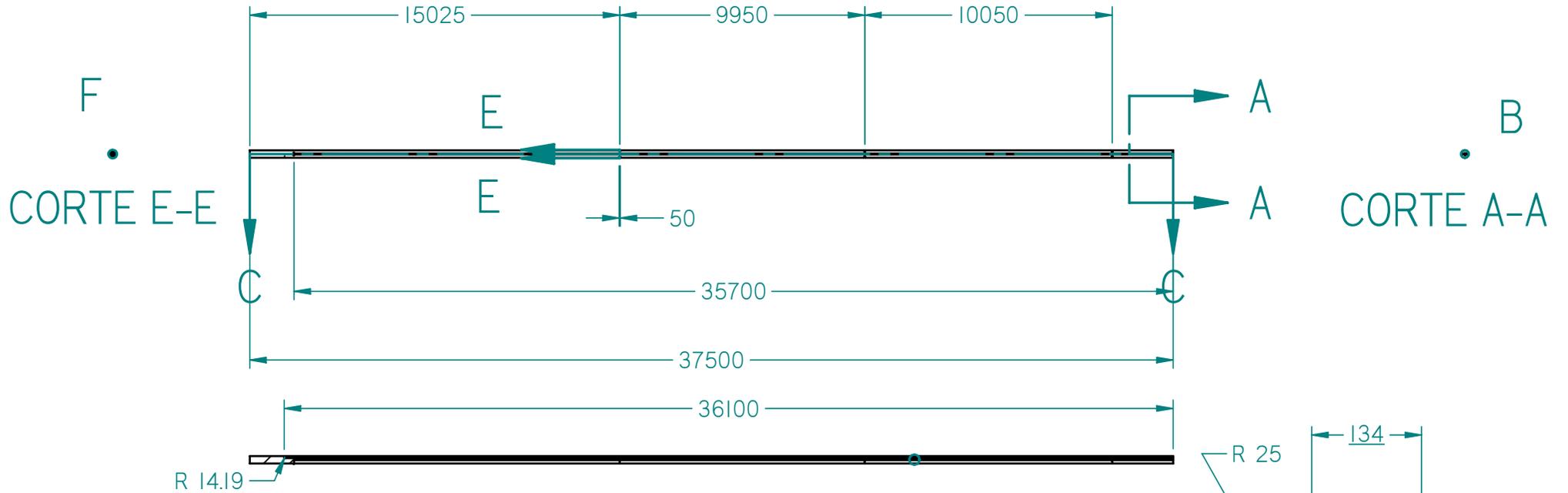


	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006	
12C(2)			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>Foque</i>
A3	Escala: 1:125		

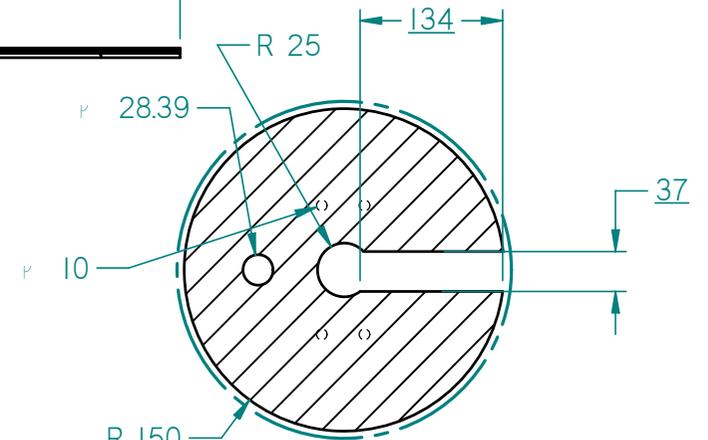
Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1*	Mástil	Aluminio	1	122a
2*	Conjunto Cruceta	Aluminio	6	1221
3*	Conjunto Polea	Acero SAE 1045	1	1223
4*	Conjunto Polea 1	Acero SAE 1045	1	1224
5*	Conjunto Articulación	Acero SAE 1045	1	1222



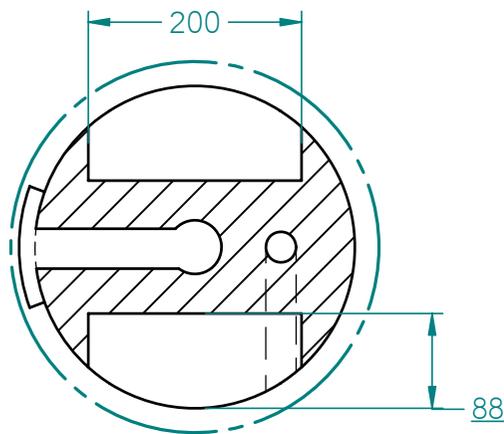
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
122			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 2:1		<i>Conjunto Mástil</i>



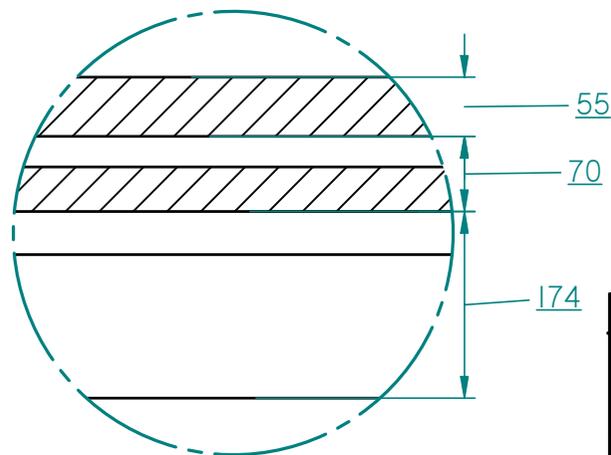
CORTE C-C D



DETALLE B



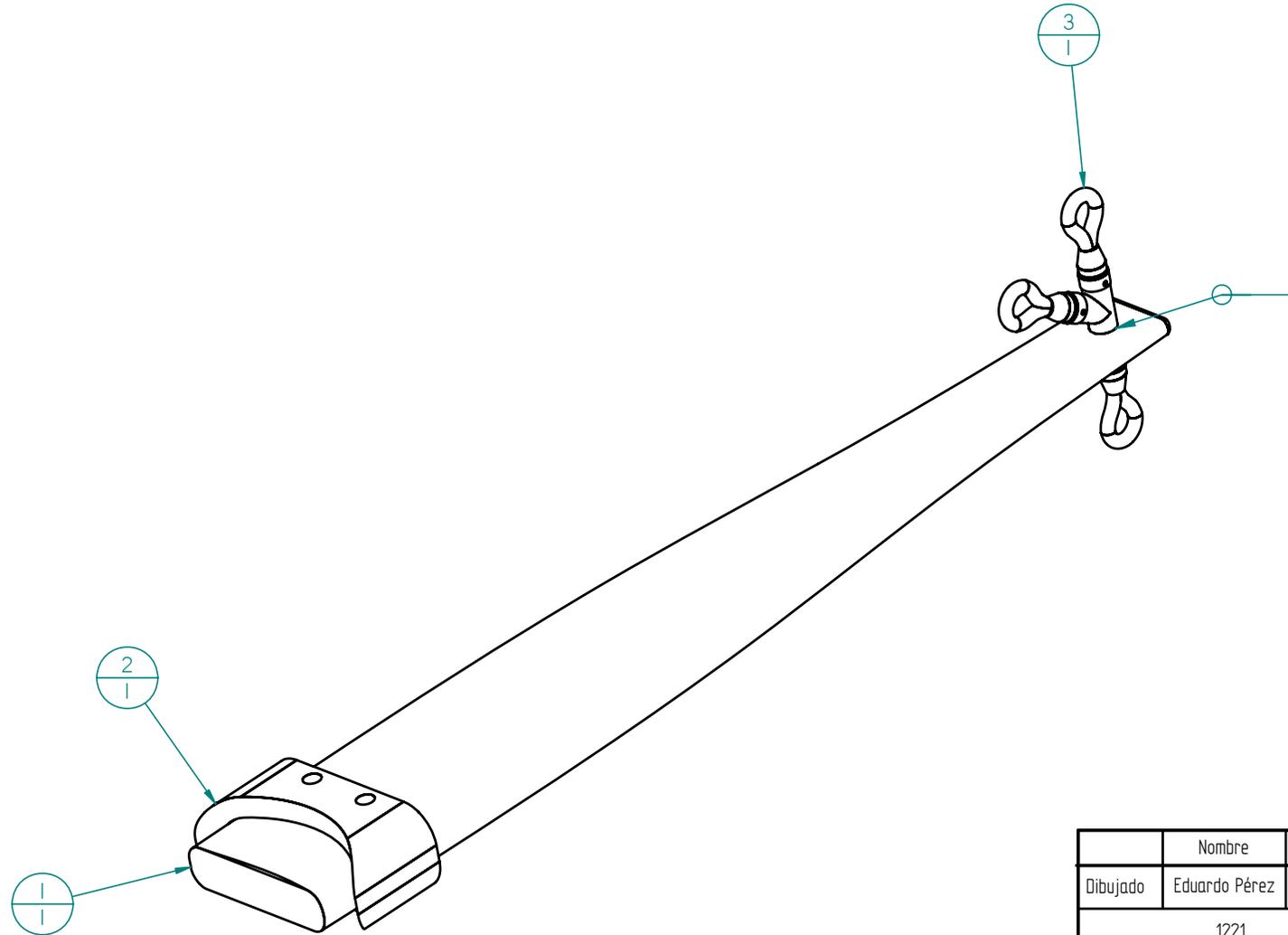
DETALLE F



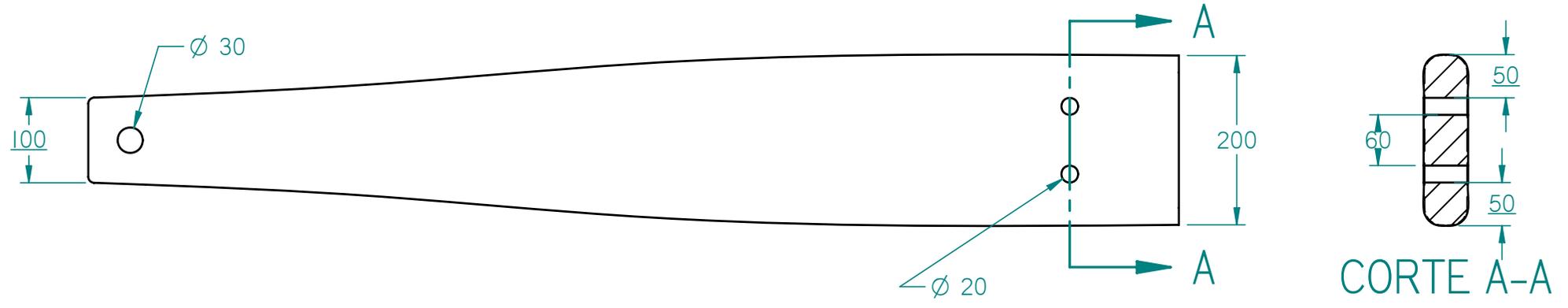
DETALLE D

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
122a			ME56B - Taller de Diseño Mecánico
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Diseño Yate de Competencias
A3	Escala: 1:5		Mástil

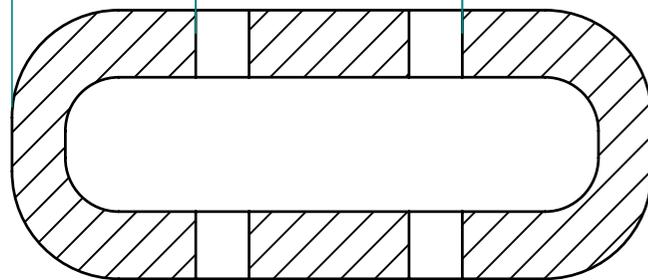
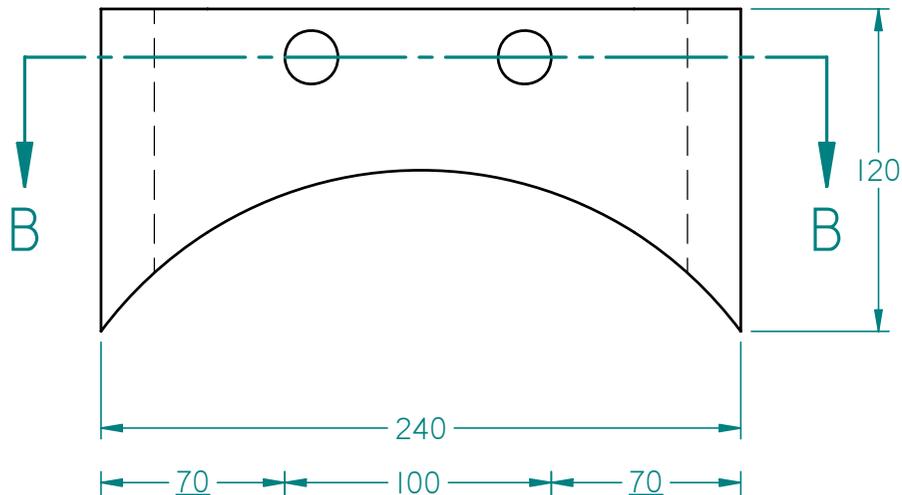
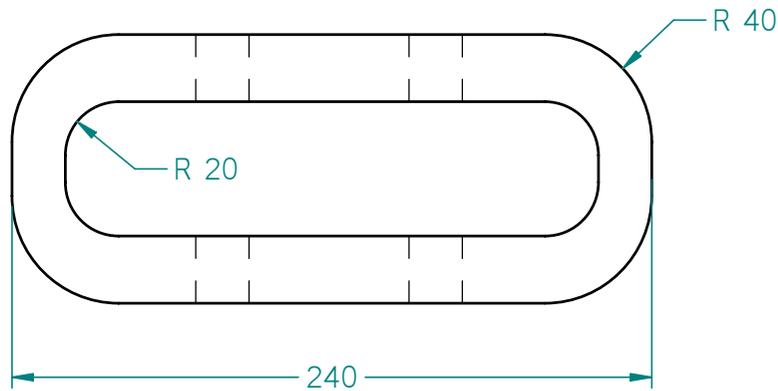
Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Cruceta	Aluminio	1	1221a
2	Soporte Cruceta	Aluminio	1	1221b
3	Conjunto Soporte Tensor	Acero SAE1045	1	12211



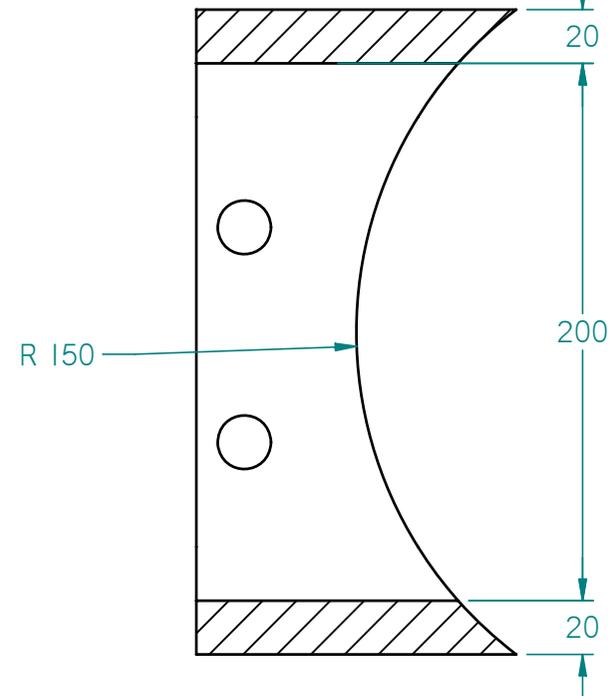
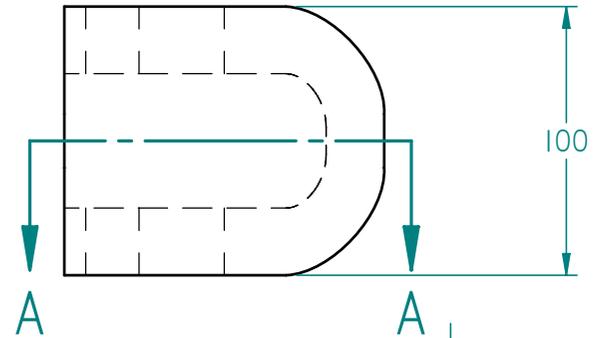
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1221			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>Conjunto Cruceta</i>
A3	Escala: 1:5		



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1221a			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>Cruceta</i>
A3	Escala: 1:5		



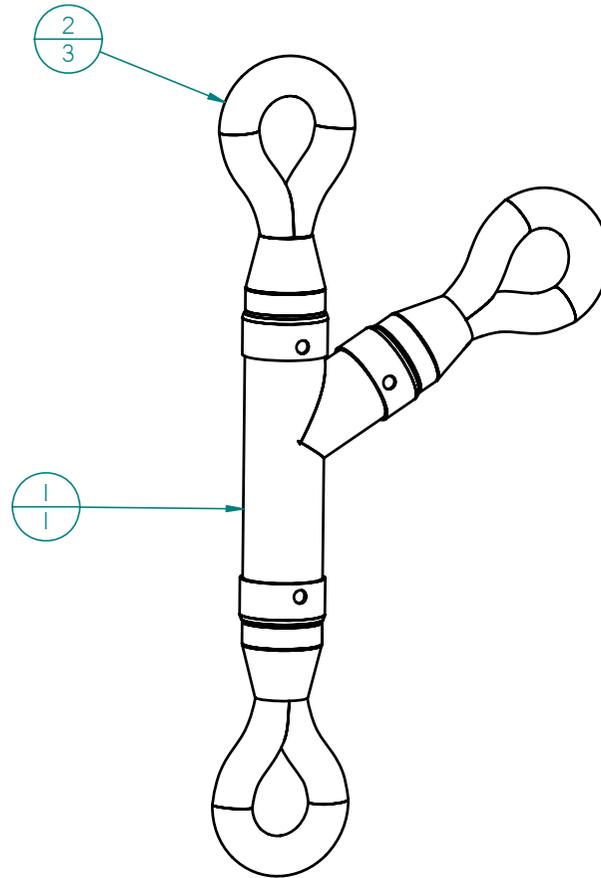
CORTE B-B



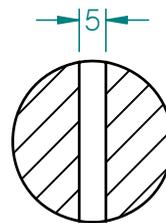
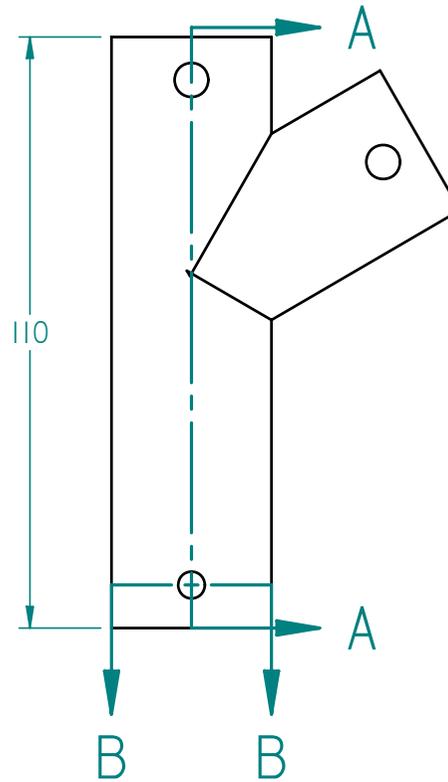
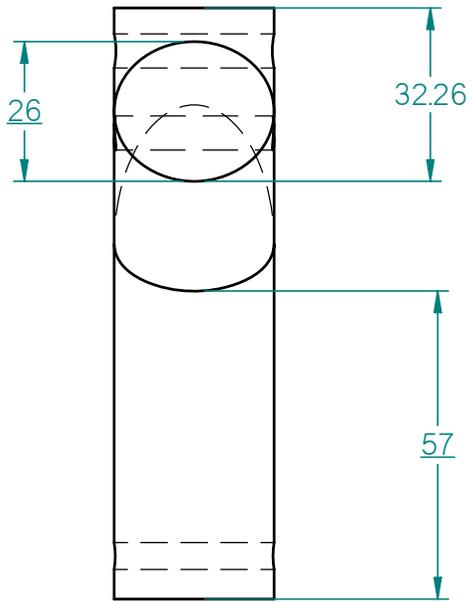
CORTE A-A

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1221b			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Soporte Cruceta
A3	Escala: 1:2		

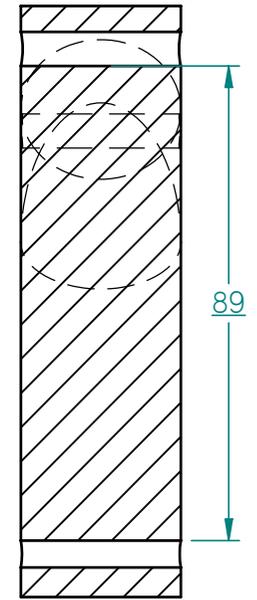
Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Soporte gancho	Acero 1045	1	12111a
2	Gancho	Acero 1045	3	12111b



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
12111			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 1:2		<i>Conjunto Gancho</i>

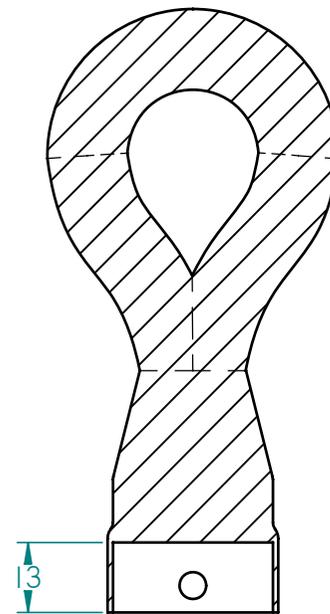
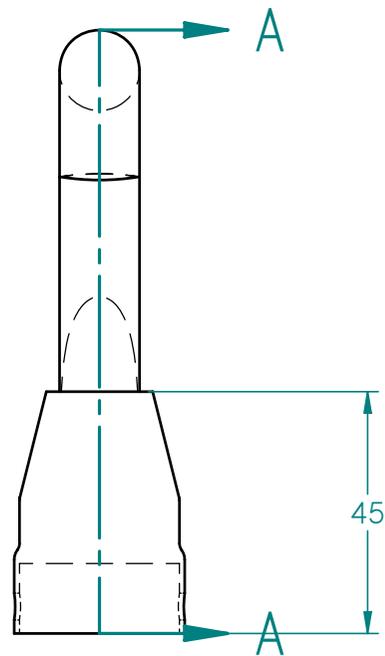
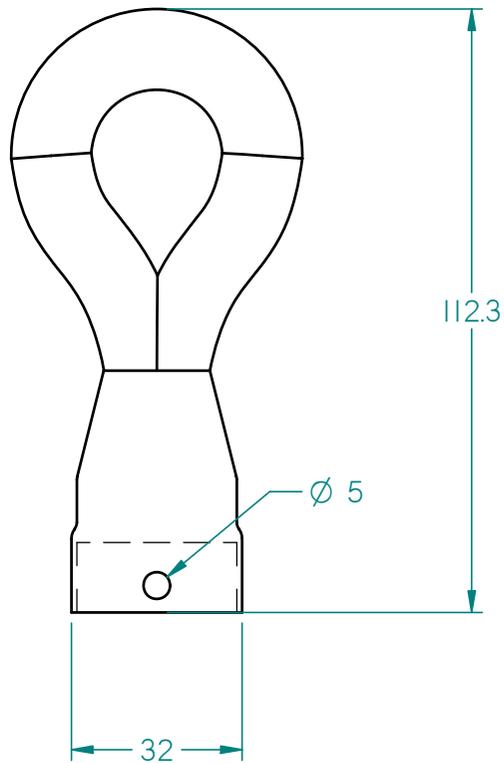


CORTE B-B

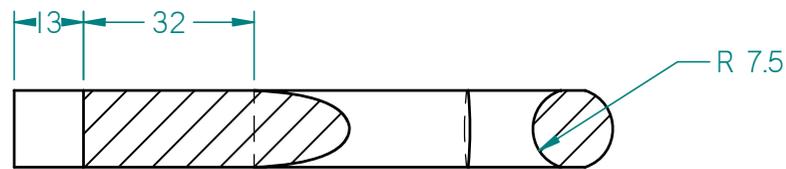
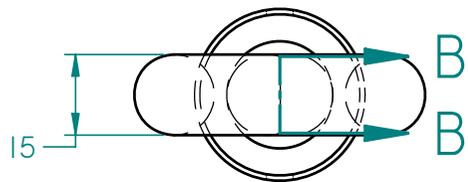


CORTE A-A

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
	12111a		ME56B - Taller de Diseño Mecánico
	Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		Diseño Yate de Competencias
A3	Escala: 1:1		Soporte Gancho



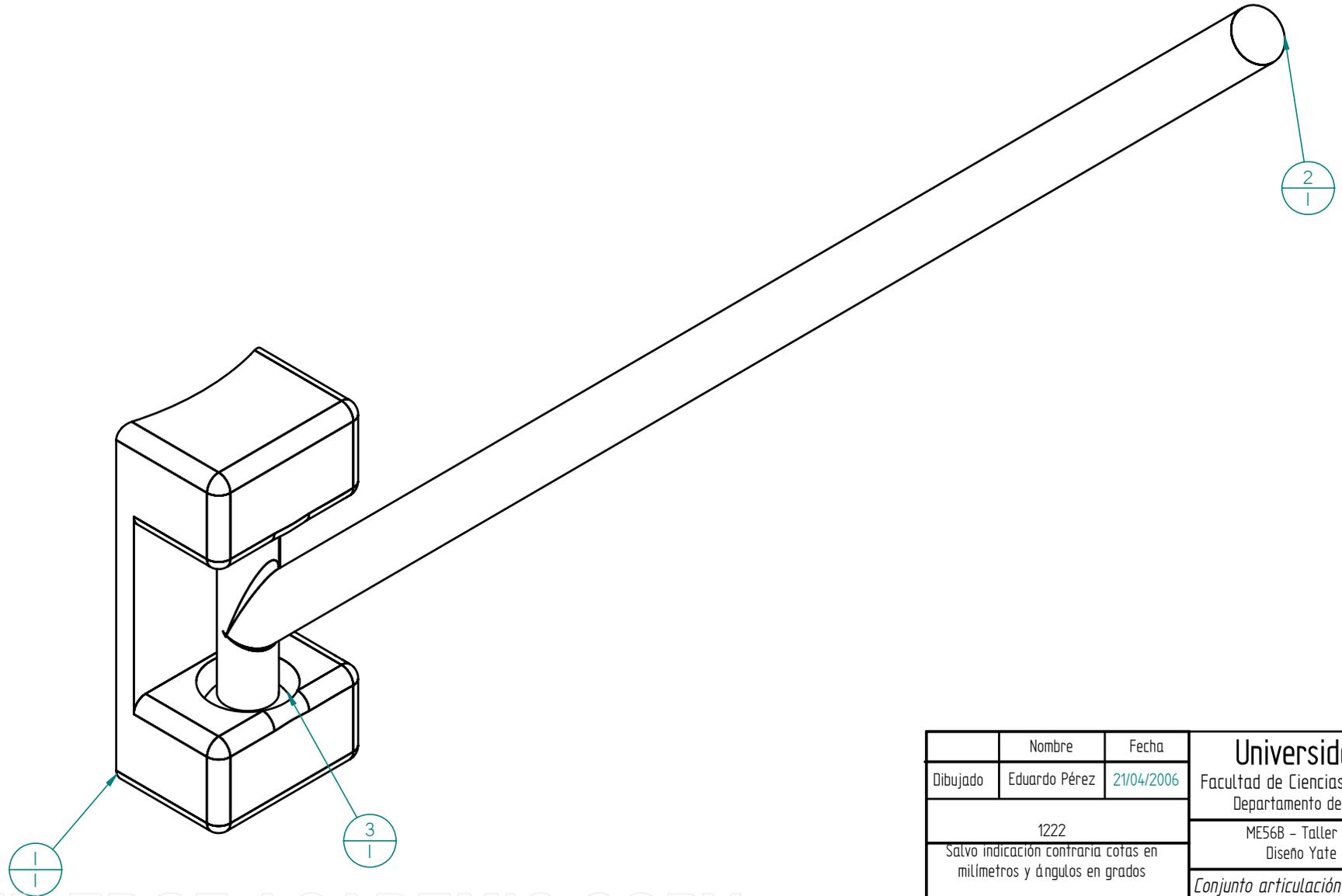
CORTE A-A



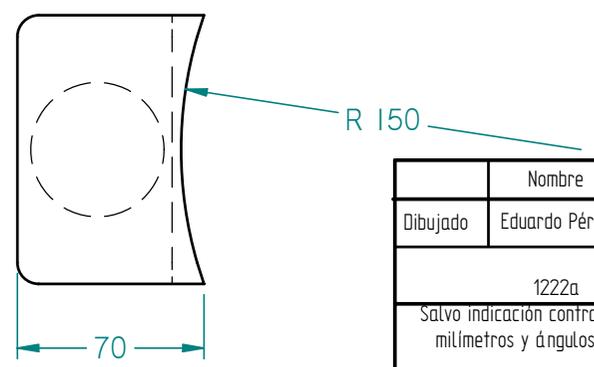
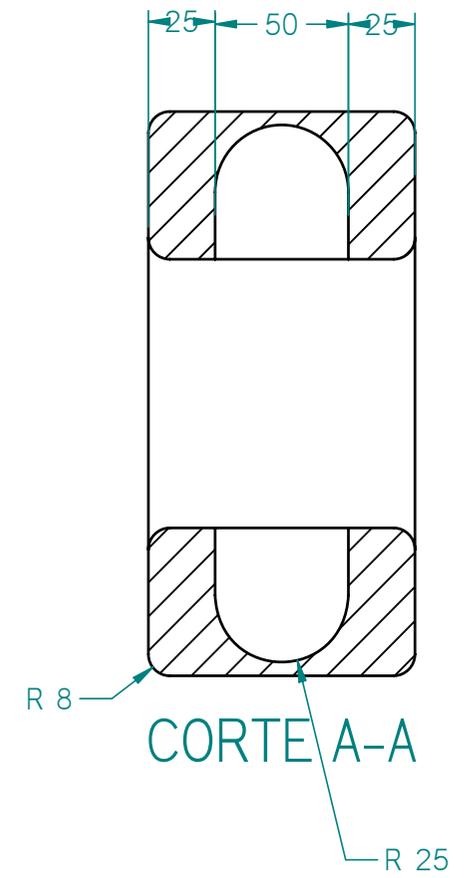
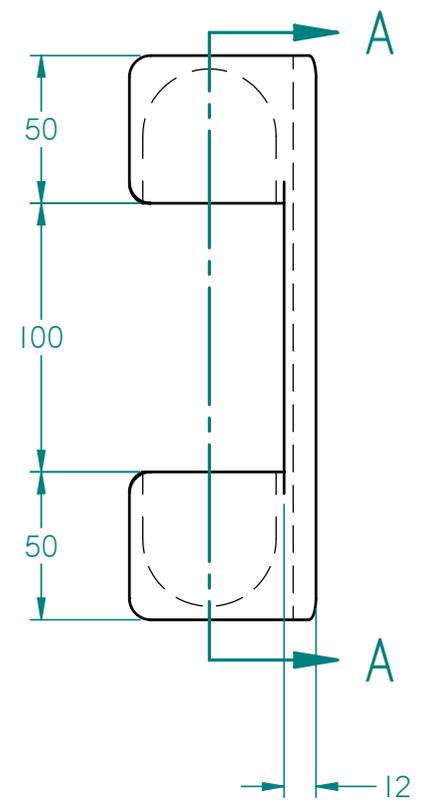
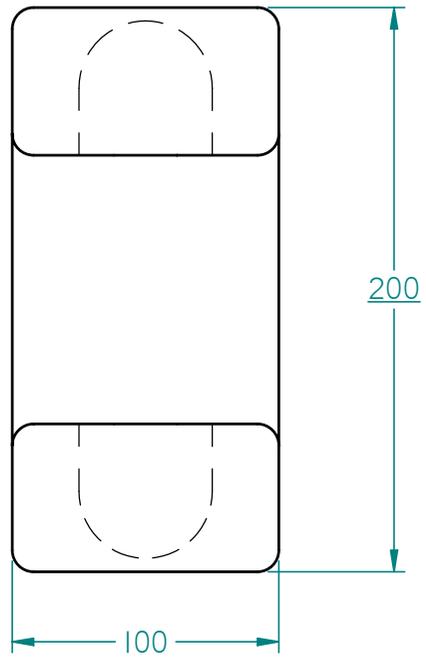
CORTE B-B

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
12111b			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 1:1		Gancho

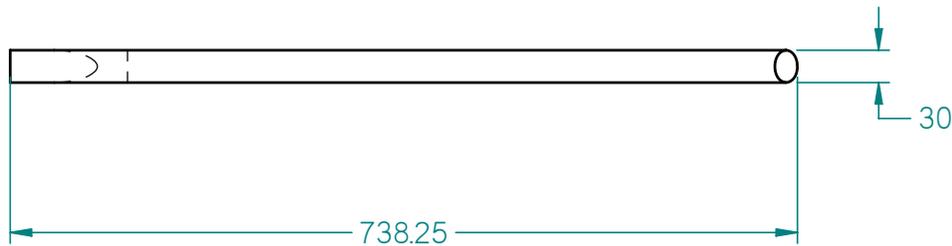
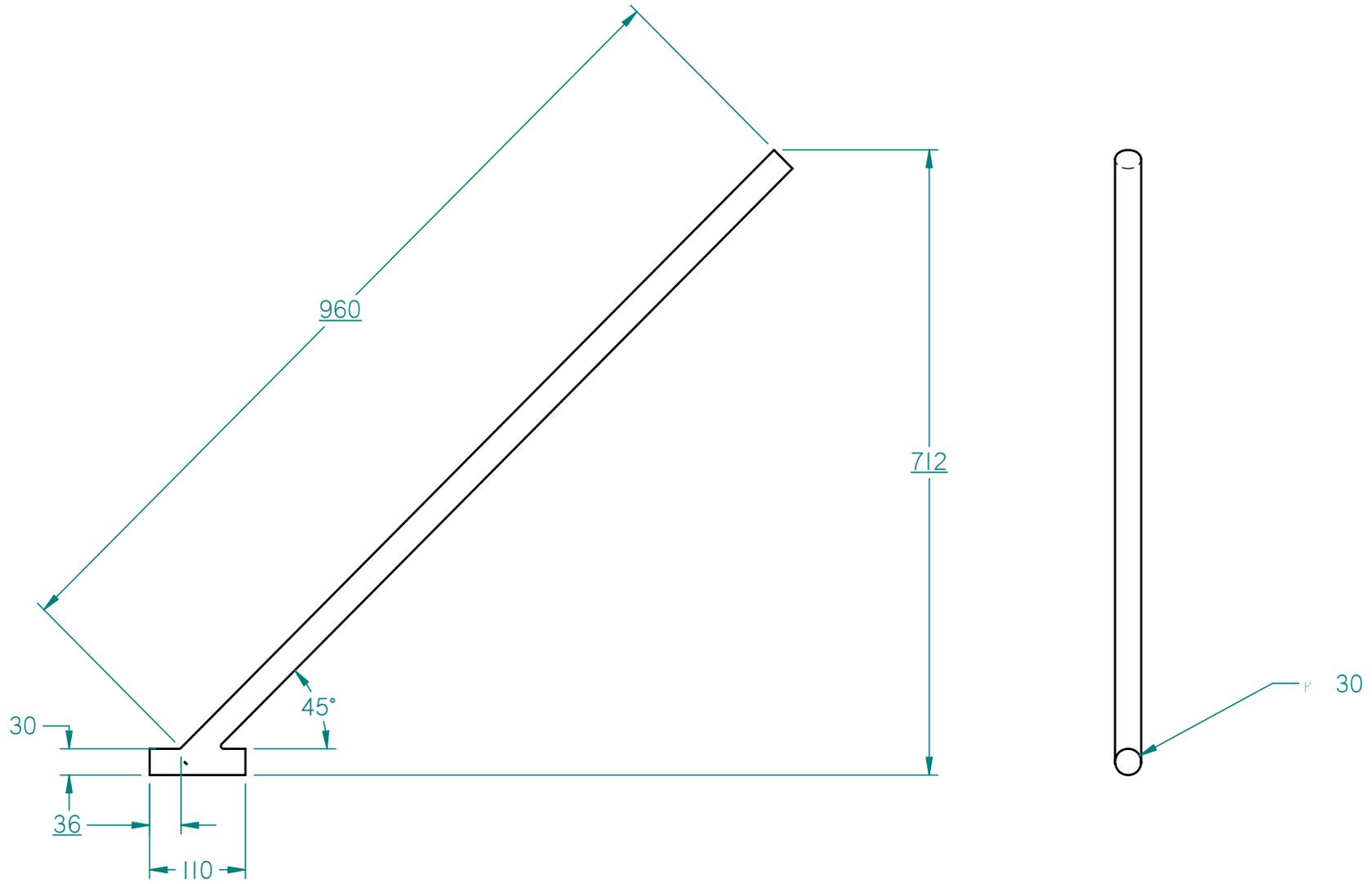
Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Base Articulación	Acero SAE 1045	1	1222a
2	Soporte articulaciín	Acero SAE 1045	1	1222b
3	Articulación	Acero Cromado	2	1222c



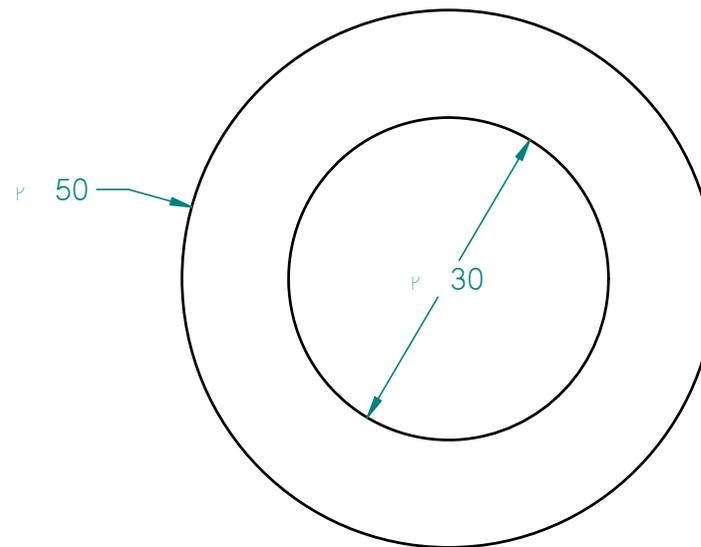
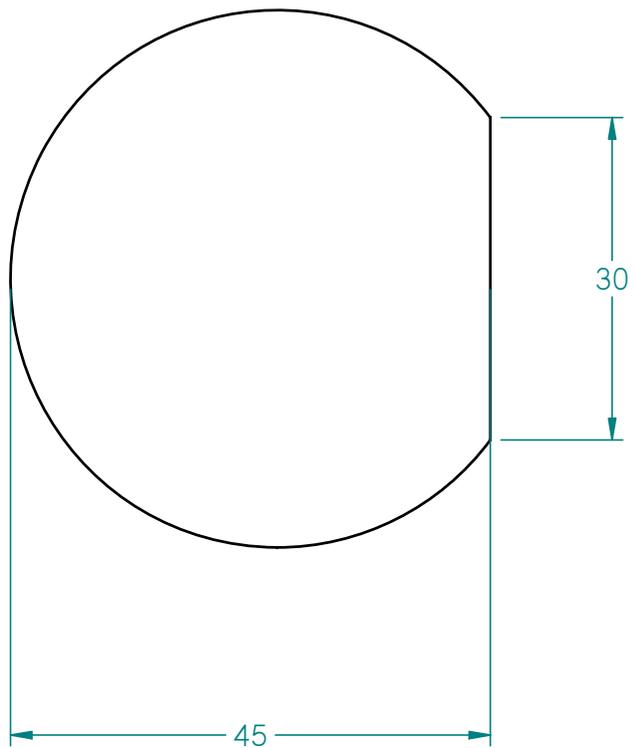
Nombre		Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1222			ME56B - Taller de Diseño Mecánico
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Diseño Yate de Competencias
A3 Escala: 1:2			<i>Conjunto articulación</i>



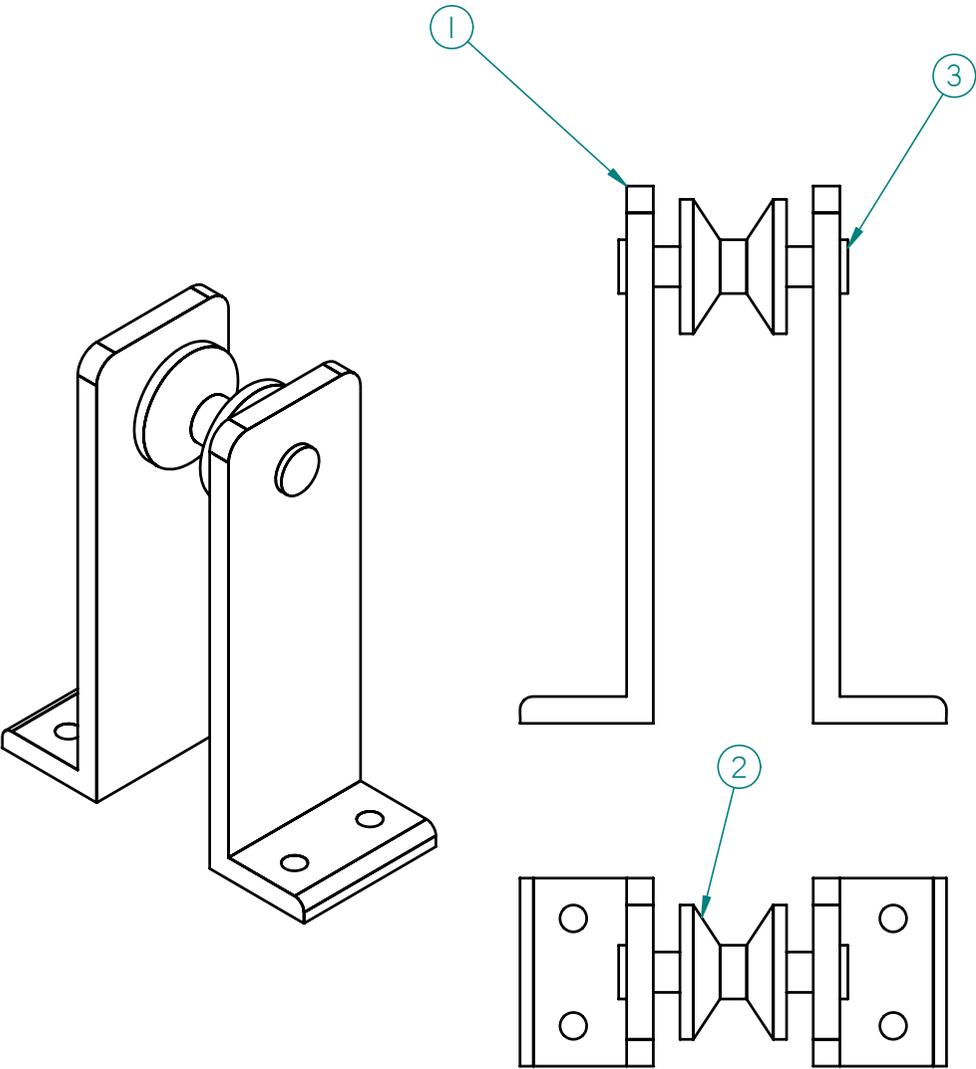
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1222a			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 1:2		Base articulación



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1222b			ME56B - Taller de Diseño Mecánico
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			Diseño Yate de Competencias
A3	Escala: 1:2		Base articulación



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1222c			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 2:1		Articulación

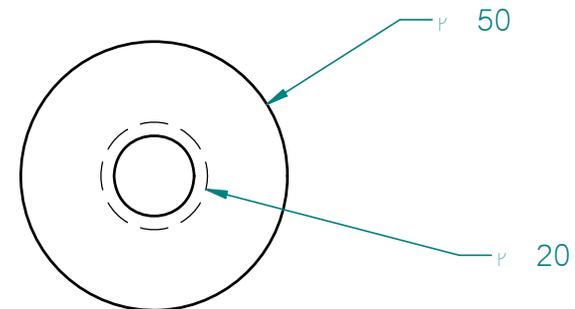
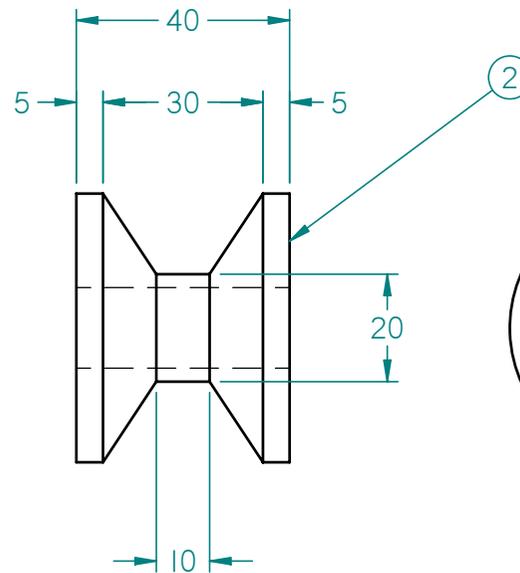
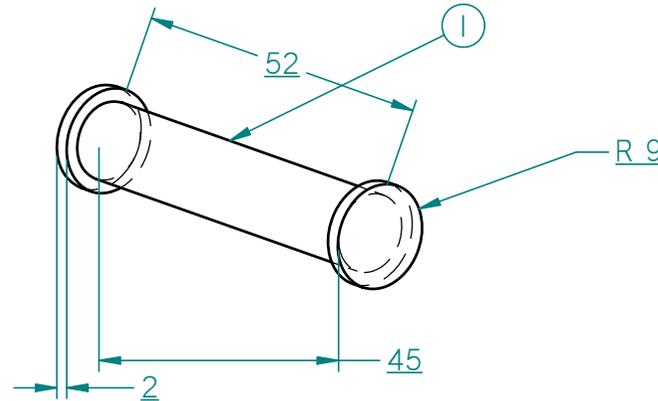
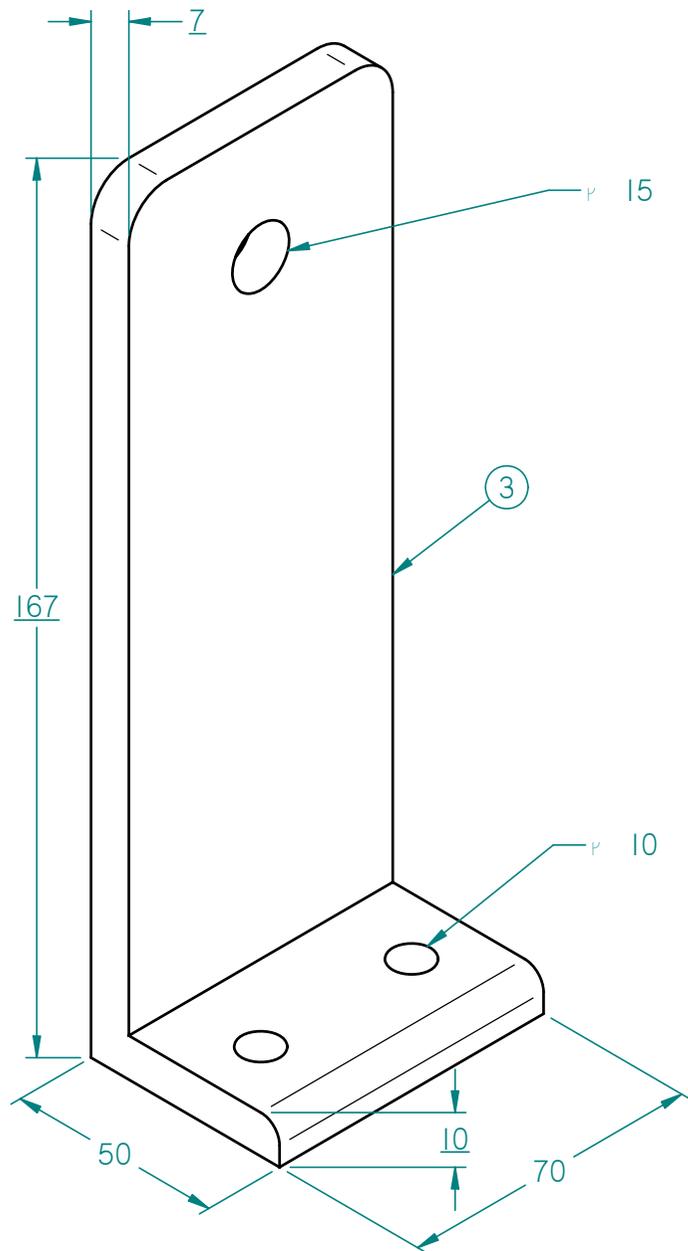


Número de elemento	Nombre	Cantidad	Material	Número de Documento
1	PLACA EN L PARA POLEA	2	SAE 1045	1223A
2	POLEA	1	SAE 1045	1223A
3	EJE PARA POLEA	1	SAE 1045	1223A



Nombre		Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Camilo Orellana	21/04/2006	
Plano 1223			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>POLEA PARA VELA MAYOR</i>
A3	Escala: 12		

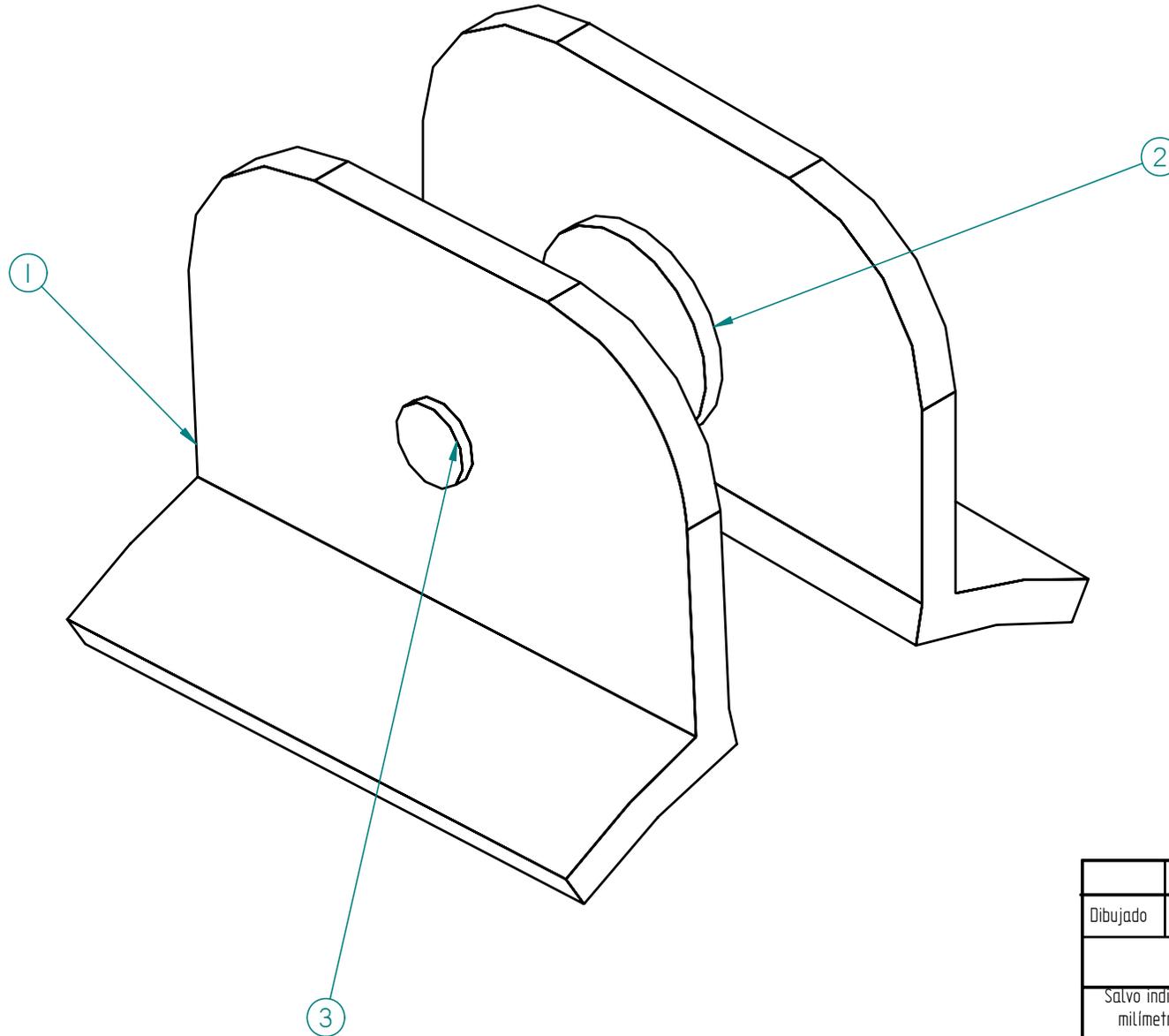
Número de elemento	Nombre	Material
1*	Pasador	Acero SAE 1045
2*	Polea	Acero SAE 1045
3*	Placa	Acero SAE 1045



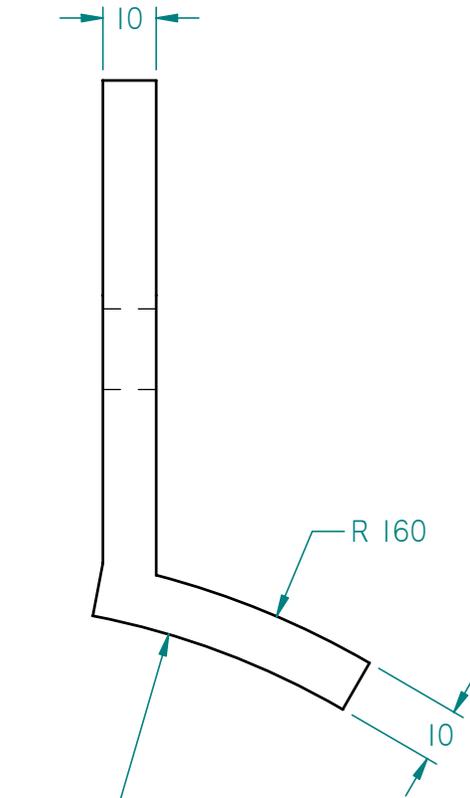
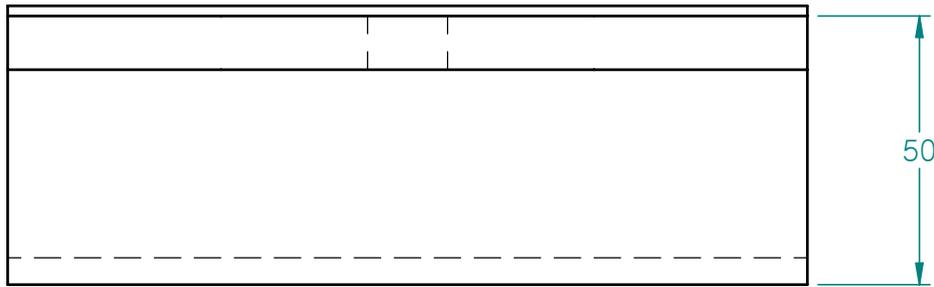
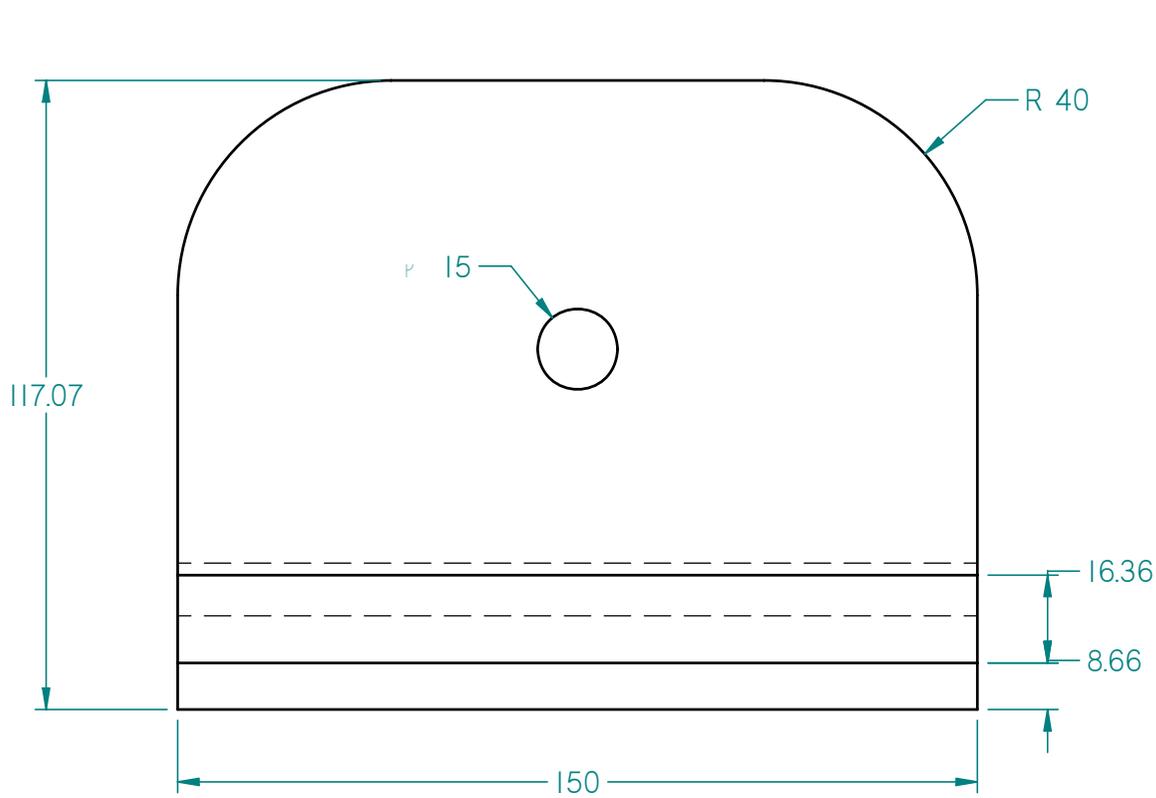
	Nombre	Fecha
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006
1223a		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1:1	

Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
<i>Placa, polea y pasador del conjunto Polea</i>

Número de elemento	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1*	Placa Soporte	Acero SAE 1045	2	1224a
2*	Pasador	Acero SAE 1045	1	1224a
3*	Polea	Acero SAE 1045	1	1224a

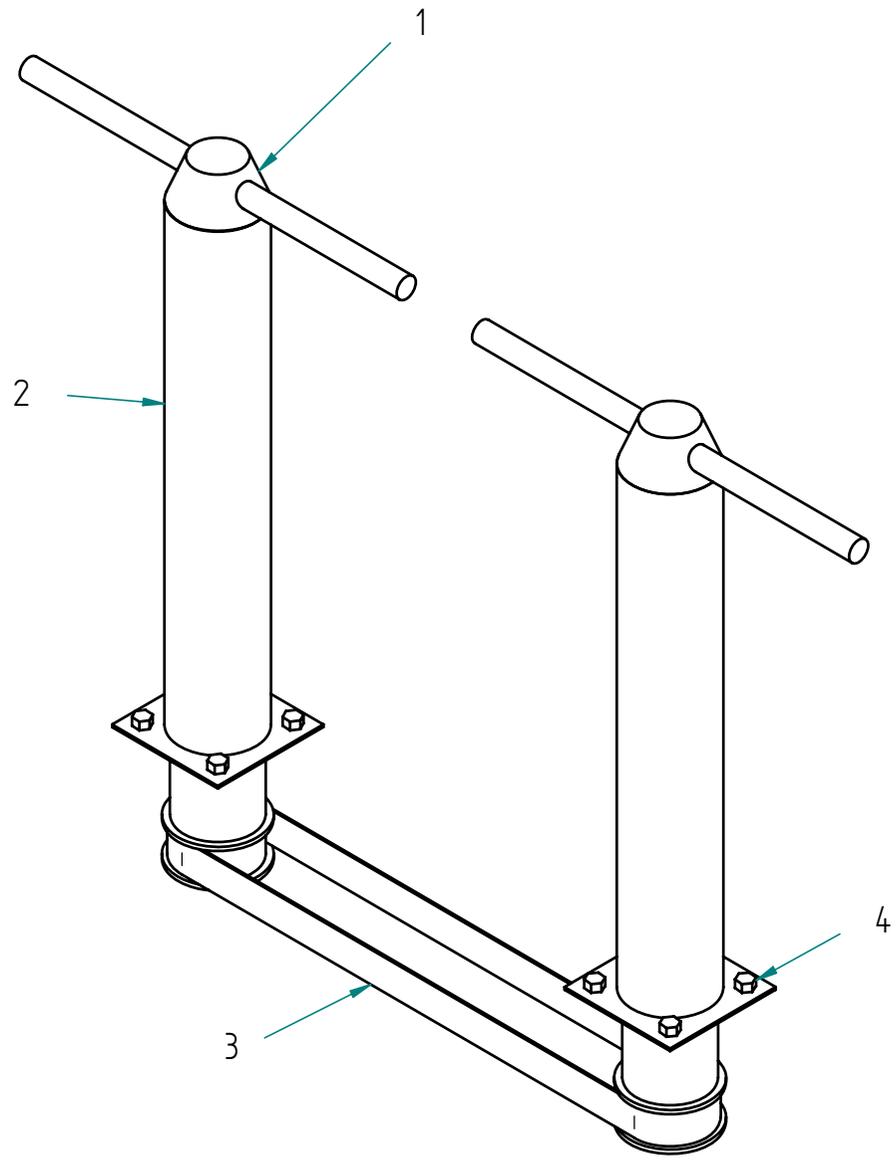


	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1224			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 1:1		<i>Conjunto Polea 2</i>



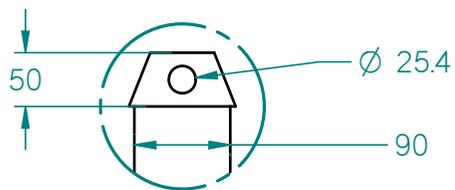
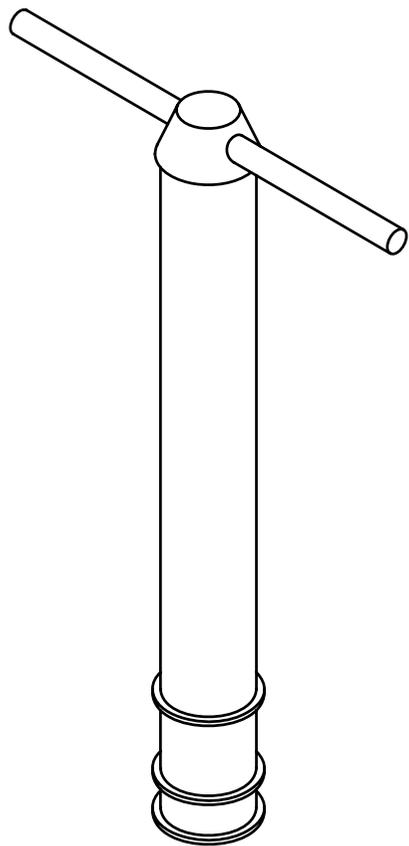
R 150

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Eduardo Pérez	21/04/2006	
1224a			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			
A3	Escala: 1:1		Placa Polea 2

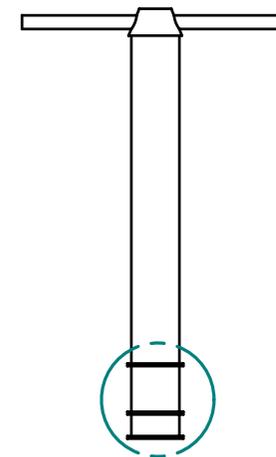
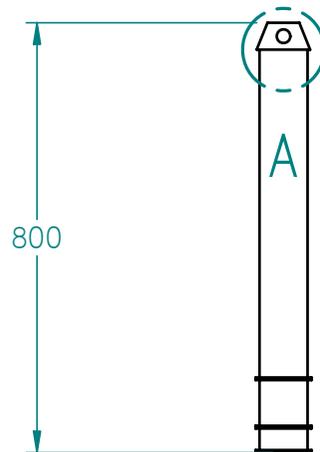
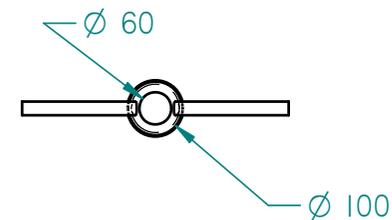


Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Barra Giratoria	Acero SAE 1010	1	131 A
2	Tubo Soportante	Acero SAE 1020	1	131 B
3	Correa	Caucho	1	
4	Pernos	Acero SAE 1010	8	

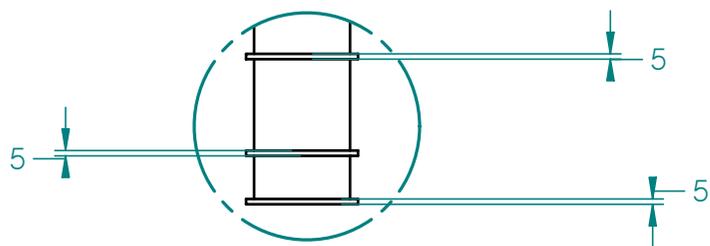
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 131			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>HUINCHA ESCOTA VELA MAYOR</i>
A3	Escala: 1 : 5		



DETALLE A

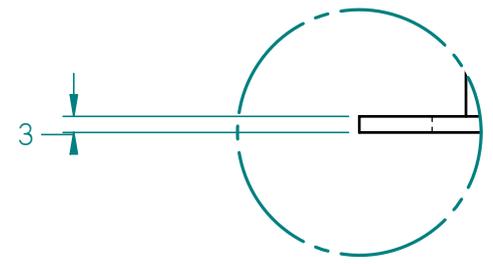
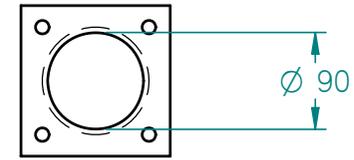
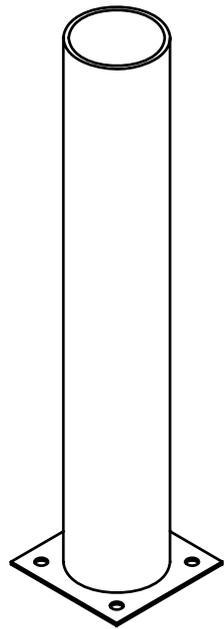


B

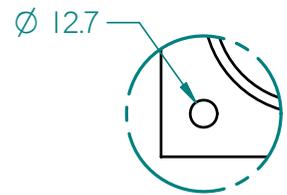
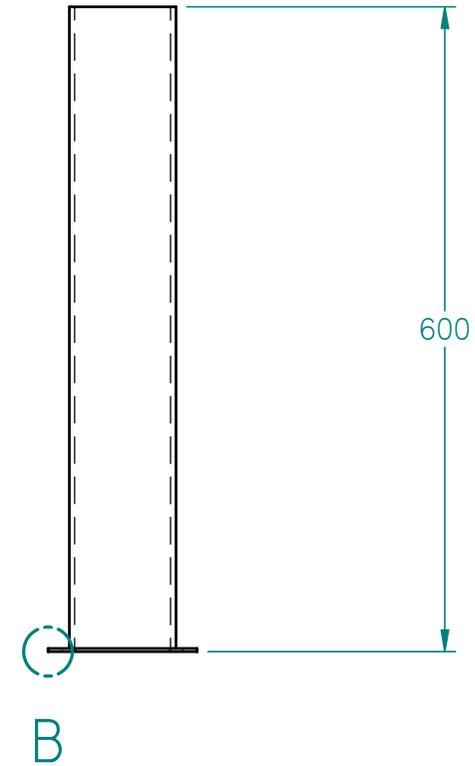


DETALLE B

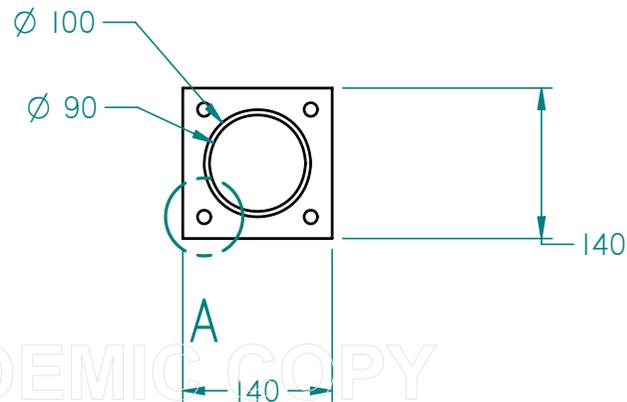
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 131 A			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>BARRA GIRATORIA</i>
A3	Escala: 1:5		



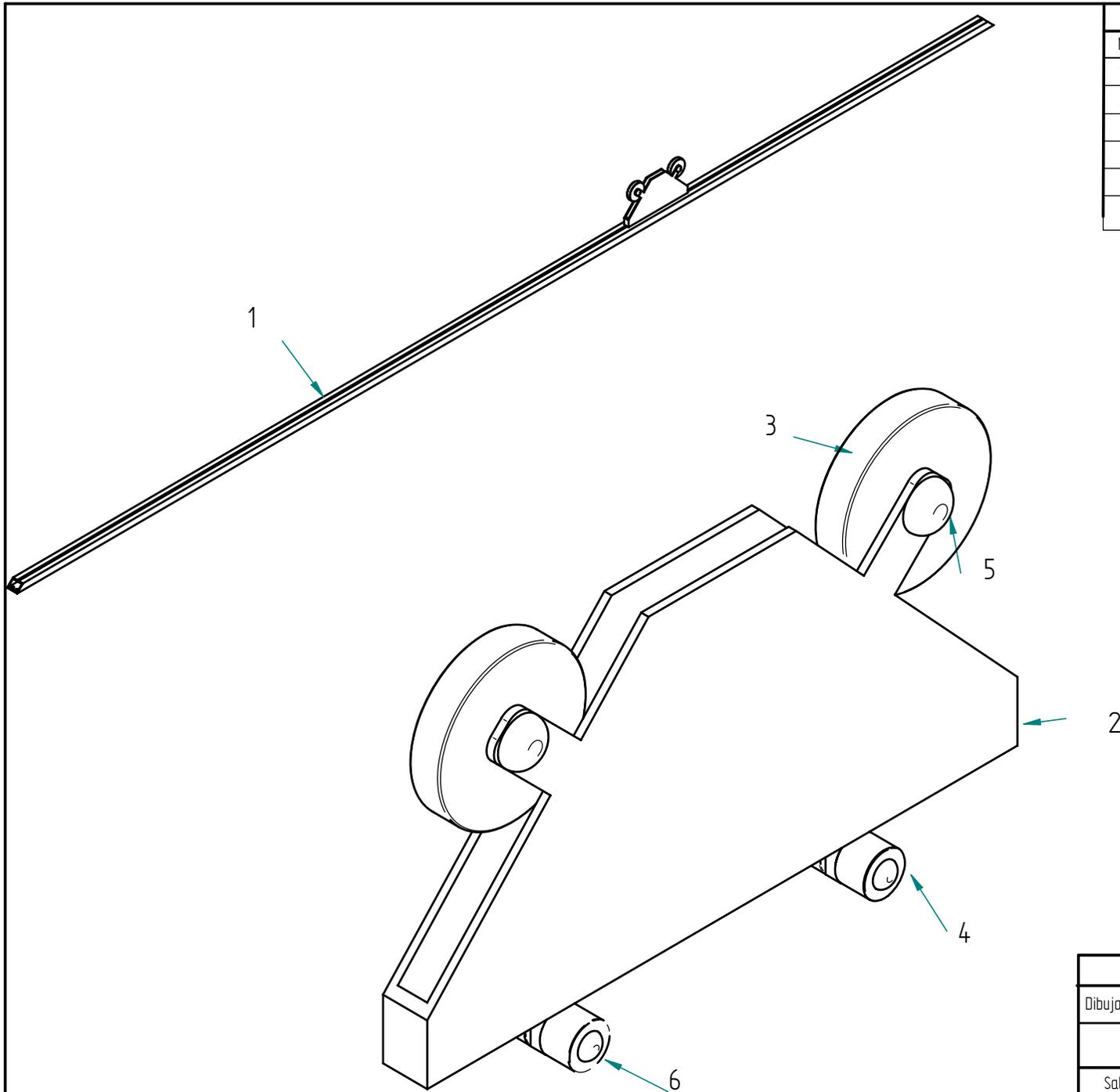
DETALLE B



DETALLE A

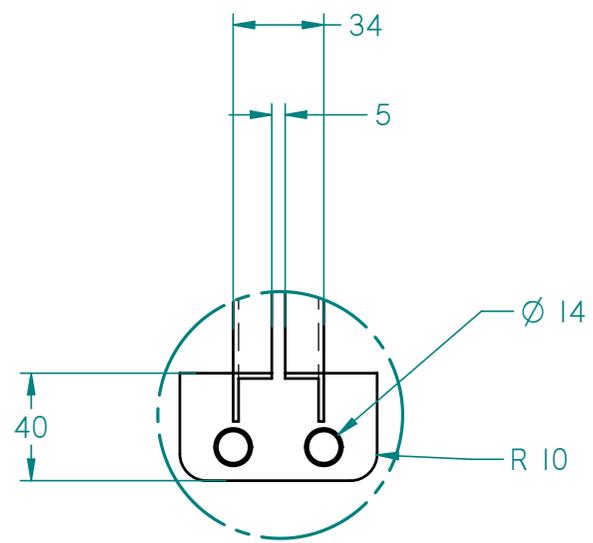
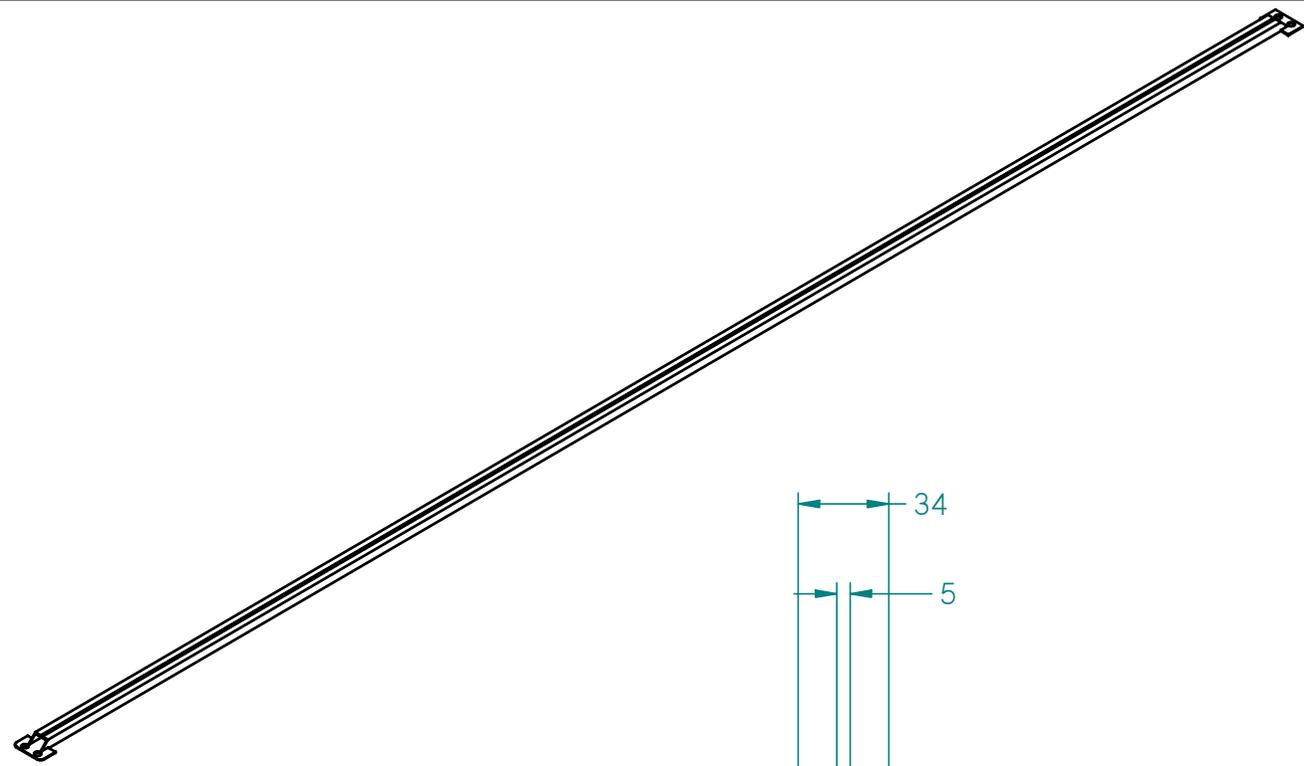


	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 131 B			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>TUBO CONTENEDOR</i>
A3	Escala: 1:5		

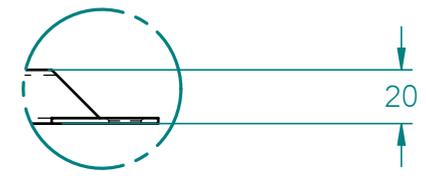


Listado de Piezas				
N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Barra	Acero SAE 1045	1	132 A
2	Carro	Acero SAE 1045	1	132 B
3	Rueda Mayor	Aluminio	2	132 C
4	Rueda Menor	Aluminio	2	132 C
5	Eje rueda mayor	Acero SAE 1010	2	132 C
6	Eje rueda menor	Acero SAE 1010	2	132 C

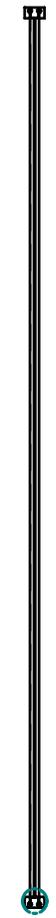
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 132			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			CONJUNTO CARRO DESLIZANTE-BARRA Y SUBCONJUNTO CARRO
A3	Escala: 1 : 10, 1 : 1 (Carro)		



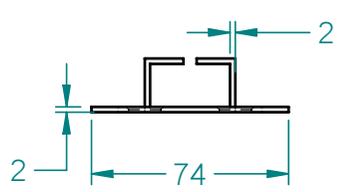
DETALLE A



DETALLE B

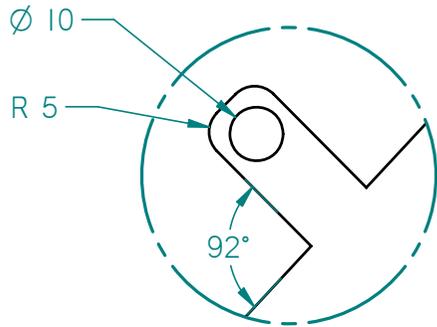
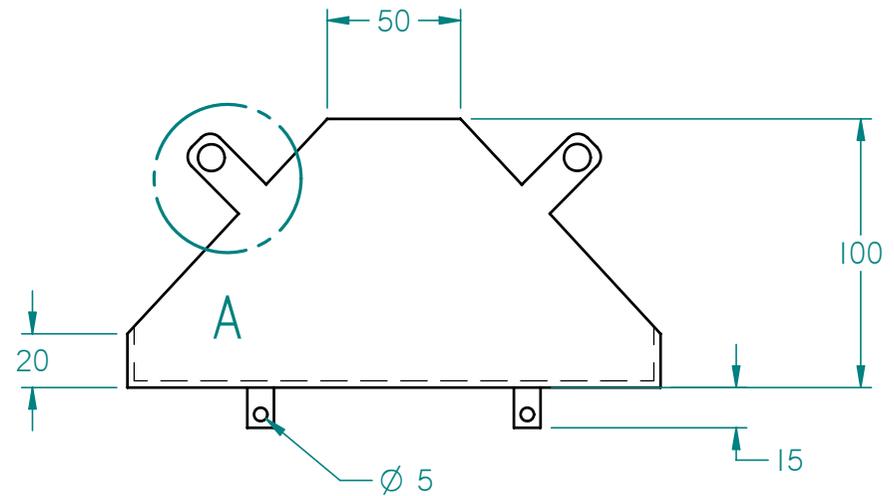
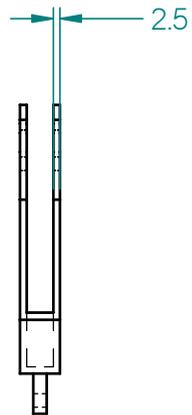
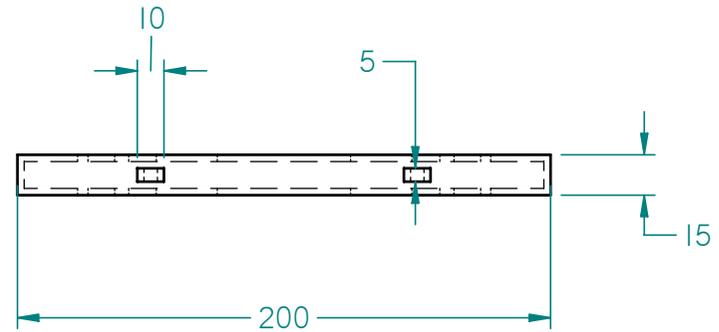
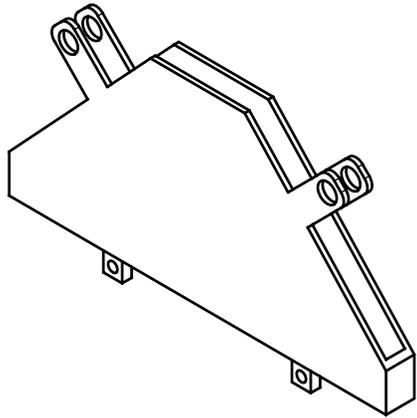


A



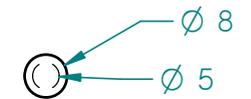
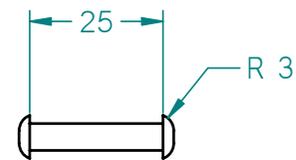
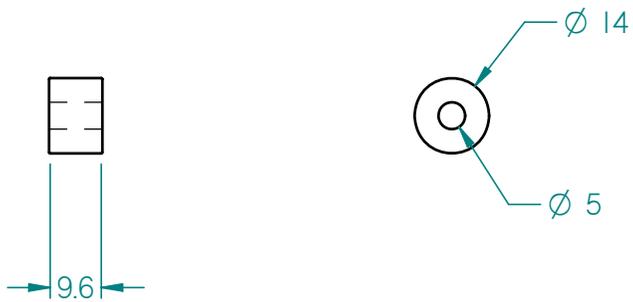
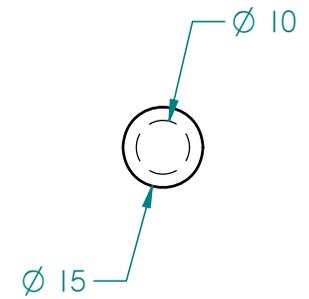
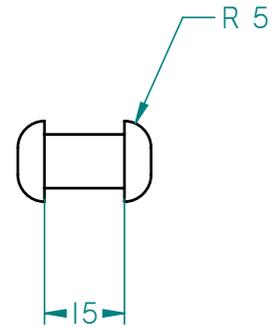
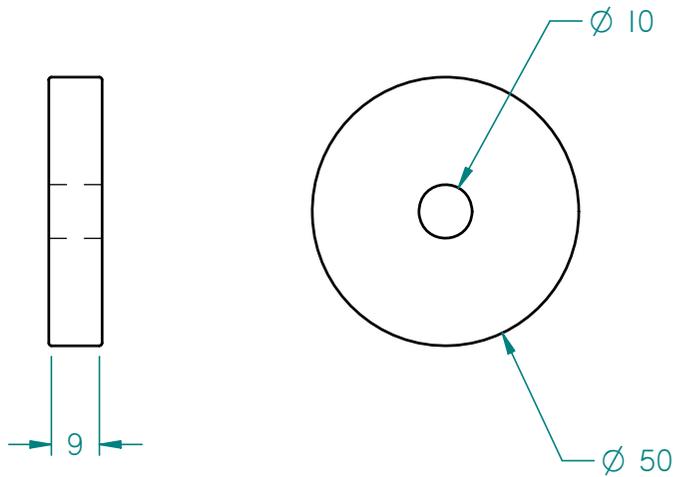
	Nombre	Fecha
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006
Plano 132 A		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados		
A3	Escala: 1 : 10	

Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
<i>BARRA SOPORTANTE</i>



DETALLE A

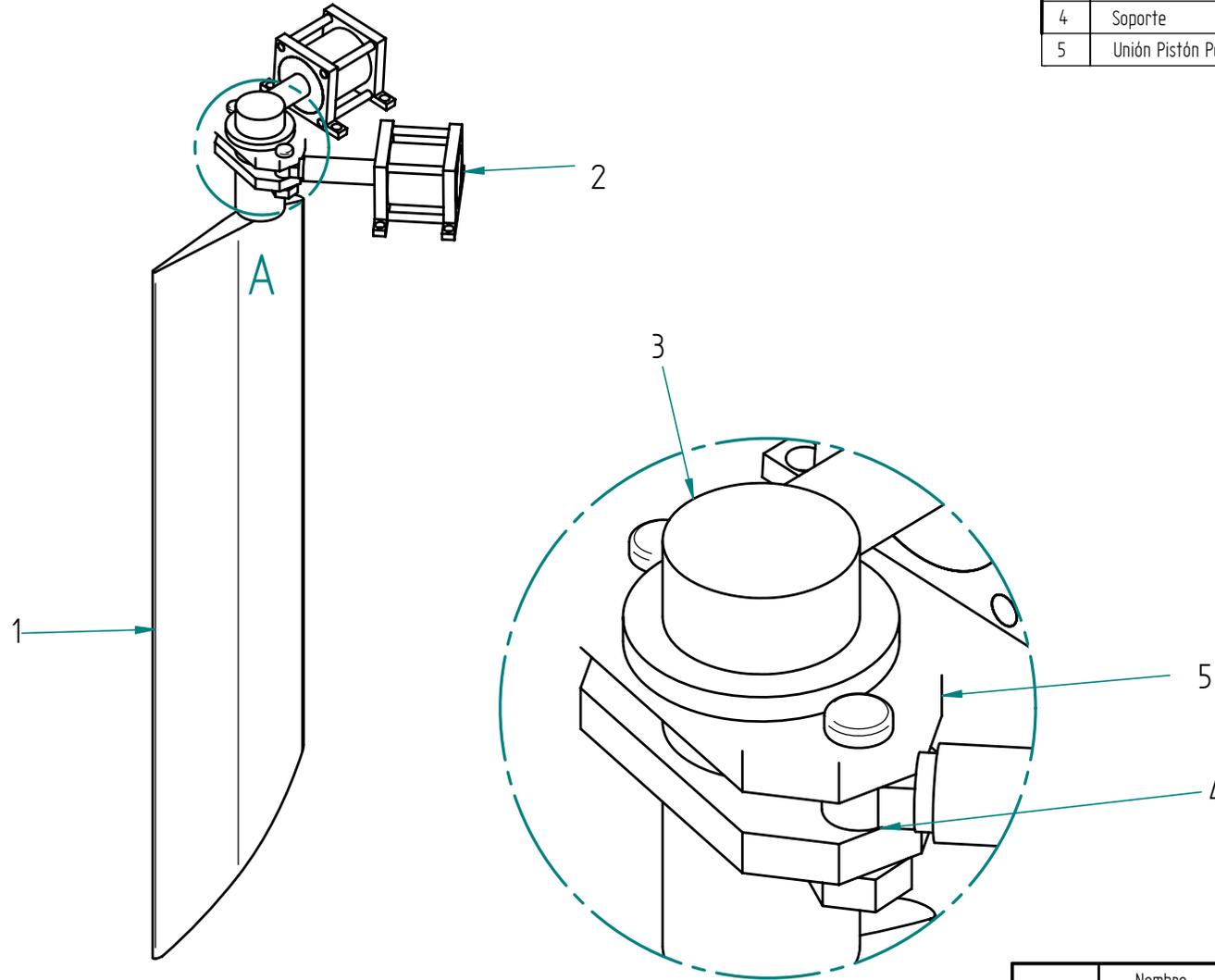
	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 132 B			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			CARCAZA CARRO
A3	Escala: 1 : 2		



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Rodrigo Navarrete	21/04/2006	
Plano 132 C			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>RUEDA MAYOR, RUEDA MENOR, EJE MAYOR, EJE MENOR.</i>
A3	Escala: 1:1		

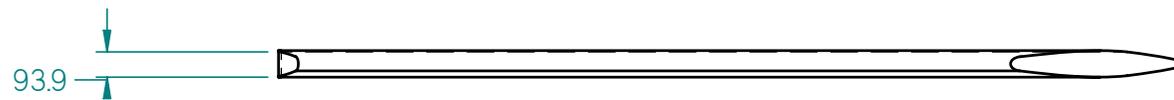
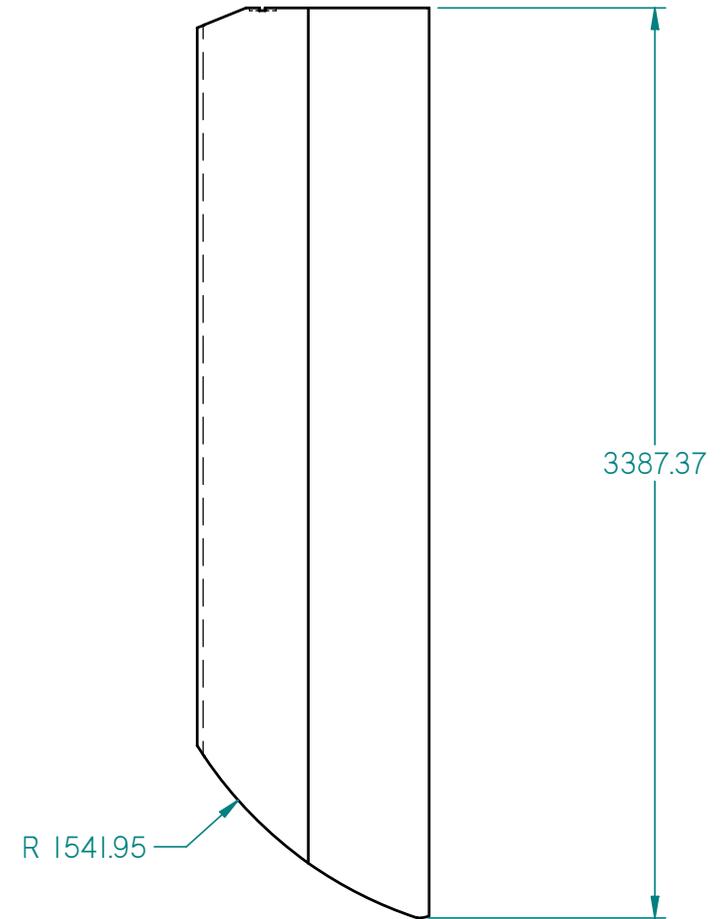
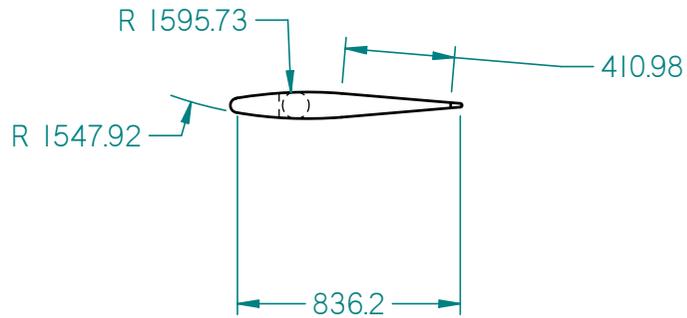
Listado de Piezas

N°	Nombre	Material	Cantidad	Plano
1	Timón	Acero	1	1101
2	Cilindros neumáticos	Acero	2	
3	Barra transmisión	Acero	1	
4	Soporte	Acero	2	
5	Unión Pistón Pasador	Acero	2	



DETALLE A

	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Pablo Quintana	21/04/2006	
Plano 151			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			<i>CONJUNTO ACCIONAMIENTO TIMÓN</i>
A3	Escala: 1 : 20		



	Nombre	Fecha	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica
Dibujado	Pablo Quintana	21/04/2006	
Plano 1101			ME56B - Taller de Diseño Mecánico Diseño Yate de Competencias
Salvo indicación contraria cotas en milímetros y ángulos en grados			TIMÓN
A3	Escala: 1 : 20		