



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA
Y ELÉCTRICA**

UNIDAD TICOMÁN



**“DISEÑO PRELIMINAR DEL TREN DE ATERRIZAJE DE NARIZ
PARA UNA AERONAVE UTILITARIA DE ALA FIJA”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AERONÁUTICA

PRESENTAN:

**FELDMAN SZNIGER ALEJANDRO
PERALTA MENDOZA LUIS FERNANDO
SOLIVERAS GALVÁN DUQUE DIEGO**

ASESOR: M. EN C. ARMANDO OROPEZA OSORNIO



MÉXICO D.F. 2012.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO
DEBERÁN PRESENTAR: LOS CC. PASANTES:
FELDMAN SZNIGER ALEJANDRO
PERALTA MENDOZA LUIS FERNANDO
SOLIVERAS GALVÁN DUQUE DIEGO

**“DISEÑO PRELIMINAR DEL TREN DE ATERRIZAJE DE NARIZ PARA
UNA AERONAVE UTILITARIA DE ALA FIJA”**

CAPÍTULO I **DESPLIEGUE DE FUNCIÓN DE CALIDAD**
CAPÍTULO II **DISEÑO CONCEPTUAL**
CAPÍTULO III **DISEÑO CAD Y DIMENSIONAMIENTO Y TOLERANCIAS
DE GEOMETRIAS (GD&T) Y ANÁLISIS CAM**
CAPÍTULO IV **ANÁLISIS CAE**
CAPÍTULO V **COSTOS**

México, DF., a 06 de Marzo de 2012

A S E S O R


M. EN C. ARMANDO OROPEZA OSORNIO

Vo. Bo.




ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO
ESCUELA SUPERIOR DE
DIRECTOR INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS PARTICULARES	7
JUSTIFICACIÓN	7
ALCANCE	7
CAPÍTULO 1	8
DESPLIEGUE DE FUNCIÓN DE CALIDAD	8
1.1.- PRIMER PASO IDENTIFICACIÓN DE CLIENTES	8
1.2.- SEGUNDO PASO TIPOS DE REQUERIMIENTOS O ESPECTATIVAS DE ACUERDO AL CLIENTE	8
1.3.- TERCER PASO DETERMINAR IMPORTANCIA DE LOS REQUERIMIENTOS OBLIGATORIOS Y DESEABLES	8
1.3.1 REQUERIMIENTOS DESEABLES	9
1.4.-CUARTO PASO EVALUACIÓN O ESTUDIO COMPARATIVO	9
1.5.-QUINTO PASO TRADUCIR TÉRMINOS OBTENIDOS EN TÉRMINOS DE INGENIERÍA	11
1.6.- SEXTO PASO METAS DE DISEÑO	12
CAPÍTULO 2	15
DISEÑO CONCEPTUAL	15
2.1.- REQUERIMIENTOS	15
2.2.- FUNCIÓN GLOBAL DE SERVICIO	15
2.3.- DESARROLLO DE MODELO FUNCIONAL	15
2.4.- LÍMITES DEL SISTEMA	16
2.5.- DEFINICIÓN DEL MODELO FUNCIONAL	17
2.6.- GENERACIÓN DE CONCEPTOS	17
2.7.- EVALUACIÓN DE CONCEPTOS	19
CAPÍTULO 3	20
DISEÑO CAD Y DIMENSIONAMIENTO Y TOLERANCIAS DE GEOMETRÍAS (GD&T) Y ANÁLISIS CAM	20
3.1.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEL TREN	20
3.2.- CARRERA	21
3.3.- RELACIONES DE COMPRESIÓN	22
3.4.- LONGITUD DEL CILINDRO INTERNO	23
3.5.- MODELADO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS	23

CAPÍTULO 4	31
ANÁLISIS CAE	31
CAPÍTULO 5	34
COSTOS	34
5.1.- DEFINICIÓN DE COSTOS	34
5.2.- OBJETIVO DE COSTOS DE LA TESINA	34
5.3.- CUANTIFICACIONES DE LA TESINA	35
5.4.- DIMENSIONES DE LA TESINA	36
5.5.- ALCANCE DEL PROYECTO	36
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXO A	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1- Tabla de ponderación de requerimientos	9
Tabla 2- Tabla de requerimientos, ponderación y comparación con productos de la competencia	10
Tabla 3 - Traducción de los términos obligatorios	12
Tabla 4 - El sistema de calificación	12
Tabla 5 - Gráfico de despliegue de funciones de calidad	13
Tabla 6 - Matriz morfológica	18
Tabla 7 - Tabla de costos	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tren de aterrizaje	11
Figura 2 – Diagrama tren de aterrizaje	11
Figura 3 - Función global de servicio	15
Figura 4 - Función como flujo de energía	16
Figura 5 - Límites del sistema	16
Figura 6 - Primer y segundo nivel de descomposición funcional	17
Figura 7 – Distribución de cargas del tren de aterrizaje	20
Figura 8 – Ensamble del tren	23
Figura 9 – Ensamble del tren desarmado	24
Figura 10 – Anillo soporte	24
Figura 11 – Base conectora	25
Figura 12 – Cilindro	25
Figura 13 – Cojinete	25
Figura 14 – Collar	26
Figura 15 – Cuernos	26
Figura 16 – Eje de dirección	27
Figura 17 – Horquilla	27
Figura 18 – Pistón	27
Figura 19 – Soporte	28
Figura 20 – Tijera inferior	28
Figura 21 – Tijera superior	29
Figura 22 – Tubo pistón	29
Figura 23 – Tuerca castilla	30
Figura 24 – Cuernos con cargas y apoyos	31
Figura 25 - Cuernos con deformaciones	31
Figura 26 – Cuernos con esfuerzos	32
Figura 27 – Cubo pistón con cargas y apoyos	32
Figura 28 – Cubo pistón con deformaciones	33
Figura 29 – Cubo pistón con esfuerzos	33

RESUMEN

Se definió el tipo de aeronave que operaría con el tipo de tren de aterrizaje que se pretendía diseñar. Después se prosiguió a determinar las características generales de este tipo de aeronaves para poder diseñar eficientemente el tren.

Ya definidas las características del tren de aterrizaje (de nariz únicamente, de acuerdo al tipo de aeronave), se realiza el despliegue de la función de calidad (QFD – Quality Function Deployment). Esto incluye la identificación de clientes, los requerimientos deseables del cliente, los requerimientos obligatorios, el estudio comparativo estadístico y las metas de diseño.

Definido lo anterior, se procede al diseño conceptual, desarrollado con herramientas de generación de conceptos, definición y desarrollo del modelo funcional y la evaluación de los conceptos definidos.

Ya con el concepto correctamente establecido, se inicia la parte de modelado asistido por computadora (referida a partir de aquí como CAD), esto involucra un alto manejo de software, el e utilizado fue Catia V5R20 de Dassault Systems. El mismo que se utilizó para desarrollar los planos y su respectivo dimensionado y generación de tolerancias. Los módulos utilizados fueron Part Design, Assembly, Drafting y Generative Shape Design.

Con el dibujo realizado en software CAD, se puede hacer uso de software CAE (computer assisted engineering) para hacer cálculos de resistencia estructural. Se determinaron las cargas de las piezas críticas y se analizó su diseño y funcionamiento.

Para terminar el desarrollo de proyecto, se realizó un análisis de costos que complementa el desarrollo de este proyecto de diseño de ingeniería ya que es muy importante saber si el proyecto es costeable para así poder llevarlo a producción en un futuro no muy lejano.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nació de la idea de realizar un proyecto mayor en el cual estaría incluido y presenta un reto, el cual ayude a poner en práctica tanto como a prueba conocimientos previos y adquiridos en el seminario. El proyecto global es el diseño de una aeronave en su totalidad.

El hecho de que se seleccione esta parte del aeronave es debido a que representa una pieza lo suficientemente compleja como para que el diseño sea interesante y justificado pero no tan complicada debido al poco tiempo, para llevar a cabo este proyecto. Sin embargo, es también de interés aplicar conocimientos, adquiridos durante el seminario sino también los adquiridos a lo largo de la carrera, por lo cual esta pieza figuro la mejor opción para el proyecto.

El tren de aterrizaje es una parte fundamental de cualquier aeronave, la mayoría de las aeronaves de estas características utilizan un tren de aterrizaje de tipo triciclo con tren de nariz, en su mayoría fijos. Los modelos más enfocados en velocidad son los únicos que utilizan un sistema retráctil. Aun así, el sistema retráctil es complejo y pesado motivo por el cual un sistema retráctil no sobresalen en aeronaves pequeñas.

DISEÑO PRELIMINAR DE UN TREN DE ATERRIZAJE DE NARIZ

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un tren de aterrizaje de nariz retráctil para una aeronave de peso estimado de 1 – 2.5 ton y de 2 a 6 plazas con motor alternativo, mediante el uso del software Catia V5R20 y ANSYS 13 para el apoyo CAD/CAE respectivamente

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Evaluar las aeronaves de la misma categoría para determinar el despliegue de la función de calidad
- Desarrollar el diseño conceptual del tren de aterrizaje y cálculos preliminares
- Rediseño y calculo mediante CAE
- Diseño preliminar y propuesta de materiales de construcción

JUSTIFICACIÓN

Se pretende desarrollar el tren de aterrizaje de nariz retráctil ya que este tipo de aeronaves por lo general suelen manejar trenes de aterrizaje fijos debido a que el sistema retráctil es más caro, más pesado y más complejo; por lo cual nuestro diseño pretende reducir estas 3 dificultades técnicas mediante un diseño eficiente.

El diseño es también parte de un proyecto más grande, el cual tiene por objetivo el desarrollo de una aeronave de peso estimado 1 – 2.5 ton y de 2 a 6 plazas de capacidad con motor alternativo

ALCANCE

Se desarrollará el proyecto hasta alcanzar la fase de diseño preliminar del tren de aterrizaje, incluyendo el diseño conceptual, cálculos preliminares, análisis usando ANSYS (CAE) y la propuesta de materiales de construcción pero sin llegar al diseño a detalle ya que sería un proyecto demasiado extenso.

CAPÍTULO 1 DESPLIEGUE DE FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)

1.1.- PRIMER PASO.- IDENTIFICACIÓN DE CLIENTES

Para este proyecto los clientes solicitaron el diseño del tren de aterrizaje de nariz retráctil para una aeronave de peso estimado de 1 – 2.5 ton y de 2 a 6 plazas, y ya que por limitación de tiempo, éste llegará al diseño conceptual.

1.2.-SEGUNDO PASO.- TIPOS DE REQUERIMIENTOS O EXPECTATIVAS DE ACUERDO AL CLIENTE

En esta etapa se exponen algunos requerimientos de acuerdo a lo solicitado, si es que el proyecto llegará a superar el diseño conceptual.

Los requerimientos son los siguientes:

- Que sea retráctil
- Que sea seguro
- Fácil mantenimiento
- Maniobrabilidad en el mantenimiento
- Resistencia a diferentes temperaturas
- Propuesta de materiales para obtener un tren de aterrizaje de poco peso
- Que no sea un tren robusto
- Del menor número de piezas posibles
- Eficiente en su funcionamiento
- Que la manufactura sea de un costo no elevado y sea fácil de manufacturar

1.3.- TERCER PASO.- DETERMINAR LA IMPORTANCIA DE LOS REQUERIMIENTOS OBLIGATORIOS Y DESEABLES

Se pretende que el tren a diseñar cumpla con los siguientes puntos, ya que con esto se logrará tener una visión más específica de lo que se desea obtener sin olvidar detalles mínimos. Además de establecer los requerimientos principales u obligatorios, y los deseables

Los requerimientos obligatorios son los siguientes:

- Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo
- Que el modelado no sea tan robusto para un fácil análisis estructural computacional
- Que el modelado sea de fácil entendimiento para terceros.
- Que sea de doble oreja

1.3.1.- REQUERIMIENTOS DESEABLES

- a) Que sea seguro
- b) Fácil mantenimiento
- c) Maniobrabilidad en el mantenimiento
- d) Resistencia a diferentes temperaturas
- e) Que no sea un tren robusto
- f) Que sea retráctil
- g) Del menor número de piezas posibles
- h) Eficiente en su funcionamiento
- i) Que la manufactura sea de un costo no elevado y sea fácil de manufacturar

La siguiente tabla (Tabla 1) se analizan los requerimientos deseables para saber que tendencia tomar si se llegará a tener esa situación.

Tabla 1 - Tabla de ponderación de requerimientos

REQ	a	B	C	D	e	f	G	h	I	(+)	Ir. %
a	0	+	+	+	+	+	+	+	+	08	22.2
b	-	0	+	+	-	-	+	-	-	03	8.1
c	-	-	0	+	-	-	+	-	-	02	5.4
d	-	-	-	0	-	-	-	-	-	00	0
e	-	+	+	+	0	+	+	+	-	06	16.2
f	-	+	+	+	-	0	+	-	-	04	10.8
g	-	-	-	+	-	-	0	-	-	01	2.7
h	-	+	+	+	-	+	+	0	-	05	13.5
I	-	+	+	+	+	+	+	+	0	07	18.9
TOTAL										36	100%

En esta tabla de ponderaciones (tabla 1) se observa cuáles son los requerimientos que más porcentaje de atención requieren, esto con el fin de darle un buen enfoque al diseño. Y se observan dos tendencias, que sea seguro y de costo bajo.

1.4.- CUARTO PASO.- EVALUACIÓN O ESTUDIO COMPARATIVO

Tomando en cuenta los trenes de aviones similares y el uso de éstos, se utilizarán para hacer una comparación y obtener un diseño conceptual más acertado, para así poder cumplir con los requerimientos.

En la (Tabla 2) se analizan los requerimientos obligatorios y los deseables.

Tabla 2- Tabla de requerimientos, ponderación y comparación con productos de la competencia

Requerimiento	Tren 1	Tren 2	Tren propio	Importancia relativa
Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo.	3	3	4	#
Que el modelado no sea robusto para un fácil análisis estructural computacional.	2	3	3	#
Que el modelado sea de fácil entendimiento para terceros.	3	4	4	#
Que sea de dos orejas	5	5	5	#
a) Que sea seguro	5	5	5	22.2
b) Fácil mantenimiento	3	4	4	8.1
c) Maniobrabilidad en el mantenimiento	4	4	3	5.4
d) Resistencia a diferentes temperaturas	4	3	4	0
e) Que no sea un tren robusto	3	2	3	16.2
f) Que sea retráctil	5	5	4	10.8
g) Del menor número de piezas posibles	5	4	3	2.7
h) Eficiente en su funcionamiento	5	5	5	13.5
i) Que la manufactura sea de un costo no elevado y sea fácil de manufacturar.	4	4	4	18.9

Marcando con un símbolo de número (#) los requerimientos obligatorios.

Al inicio de la tabla se enlistan los requerimientos obligatorios y se les da seguimiento a los deseables dejando su listado con el inciso asignado antes.

Se muestran imágenes de los trenes comparados para obtener una idea de lo que se quiere lograr, 1 y 2 respectivamente.



Figura 1 – Tren de aterrizaje

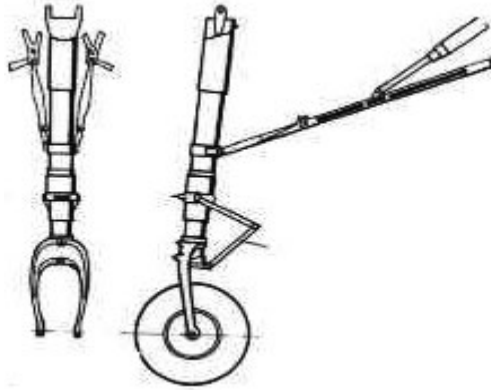


Figura 2 – Diagrama tren de aterrizaje

Y se utilizará una forma de calificar de 1 a 5. Dando:

- 1 punto al que menos cumple
- 2 puntos al que cumple en algo
- 3 puntos al que cumple medianamente
- 4 puntos al que cumple casi en su totalidad
- 5 puntos al que cumple en su totalida

Con esto se observa la tendencia con la combinación que se da al hacer este tipo de comparaciones, así se propone una idea mas abierta de lo propuesto a obtener al término de este proyecto.

1.5.- QUINTO PASO.- TRADUCIR TÉRMINOS OBTENIDOS EN TÉRMINOS DE INGENIERÍA

De acuerdo a lo obtenido, el siguiente paso es traducir esto a términos de ingeniería, esto para poder obtener el resultado deseado y cumplir con el objetivo planteado al inicio.

- Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo.
- Que tipo de software a utilizar para hacer el análisis computacional.
- Que el modelado no sea robusto para un fácil análisis estructural computacional.
- Que sea de manufactura sencilla para hacerlo de mejor calidad.

Tabla 3 - Traducción de los términos obligatorios

	Traducción	Unidad de medida
Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo.	Adiestramiento En el software Para fácil modelado.	40 horas
Que el modelado no sea robusto para un fácil análisis estructural computacional.	Adiestramiento para uso de software de análisis	40 horas
Recurso humano de modelado	Personas para modelar	3 personas
Recurso humanos para analizar	Personas para analizar	3 personas

1.6.- SEXTO PASO.- METAS DE DISEÑO

Último paso en el cual de acuerdo a los pasos anteriores y a los datos obtenidos se hará una relación entre éstos para saber cuáles serán las metas de diseño para poder desplegar un Diseño Conceptual apegado a lo requerido.

En la tabla 4 se observa que la relación entre los pasos anteriores, en esta tabla se calificará con la escala que se muestra a continuación:

Tabla 4 - El sistema de calificación

POCA RELACIÓN	3
MEDIANA RELACIÓN	6
ALTA RELACIÓN	9

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestra la relación:

Tabla 5 - Gráfico de despliegue de funciones de calidad

TREN DE ATERRIZAJE	Importancia relativa	Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo	Que el modelado no sea robusto para un fácil análisis estructural computacional	Recurso humano de modelado	Recurso humanos para analizar	Tren 1	Tren 2
Que el modelado sea sencillo para poder hacer modificaciones específicas sin que sea necesario modificar todo el modelo	#	9	9	9	9	3	3
Que el modelado no sea tan robusto para un fácil análisis estructural computacional	#	9	9	9	9	2	3
Que el modelado sea de fácil entendimiento para terceros	#	9	9	9	9	3	4
Que sea de dos orejas	#	9	9	9	9	5	5
a) Que sea seguro	22.2	6	3	3	3	5	5
b) Fácil mantenimiento	8.1	3	3	3	3	3	4
c) Maniobrabilidad en el	5.4	3	3	3	3	4	4

mantenimiento							
d) Resistencia a diferentes temperaturas	0	3	3	3	3	4	3
e) Que no sea un tren robusto	16.2	9	9	3	3	3	2
f) Que sea retráctil	10.8	3	3	3	3	5	5
g) Del menor número de piezas posibles	2.7	3	9	3	3	5	4
h) Eficiente en su funcionamiento	13.5	3	3	3	3	5	5
i) Que la manufactura sea de un costo no elevado y sea fácil de manufacturar	18.9	3	3	3	3	4	4
Unidades		HORAS	HORAS	*RH	*RH		
Registros		40	40	3	3		
Metas de Diseño		8	8	7	7		

***RH- RECURSOS HUMANOS**

Con esto se detectan las metas de diseño para tener un panorama más acertado de lo que se va a desarrollar y así evitar errores desde el inicio del diseño.

CAPÍTULO 2 DISEÑO CONCEPTUAL

2.1.- REQUERIMIENTOS

Se retoman los requerimientos ya planteados de acuerdo al análisis realizado con QFD.

La presente etapa sólo estará enfocada a la parte en la que el tren es usado de la manera más crítica, que es la parte mecánica de aterrizaje, para después proceder con el análisis de los demás casos.

2.2.- FUNCIÓN GLOBAL DE SERVICIO

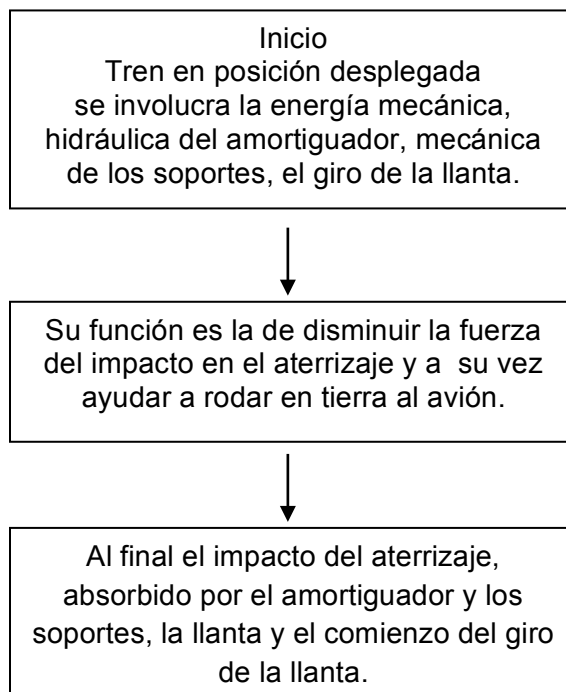


Figura 3 - Función global de servicio

2.3.- DESARROLLO DEL MODELO FUNCIONAL

Se inicia con el impacto que es una fuerza que se crea, al tener contacto el avión en descenso con la pista.

Esta energía es absorbida por el tren, en conjunto llanta, amortiguador y soportes que pasa de ser tomada en este caso como una fuerza puntual a un trabajo mecánico en conjunto de todo el sistema.

A su vez el sistema funcionará con energía hidráulica del amortiguador y la mecánica del sistema.

Con esto se desarrolla el despliegue de funciones en energía y del sistema, y se propone de la siguiente manera.

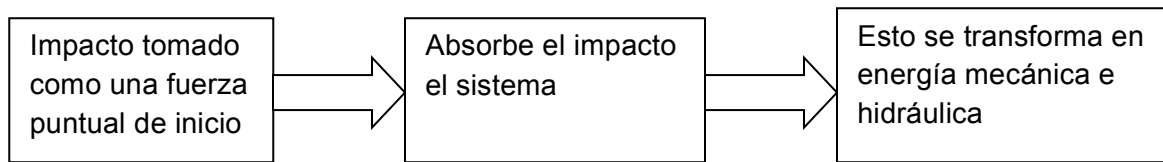


Figura 4 - Función como flujo de energía

Esto se toma como el diagrama de flujo de energía.

En este caso no se ocupa flujo de materia por que no existe uno en específico, ni flujo de información por que sólo se toma en cuenta el diseño la resistencia estructural.

2.4.- LÍMITES DEL SISTEMA

En esta parte del diseño conceptual se establecen los límites entre nuestro sistema ya mencionado y el entorno en el que se va a desarrollar.

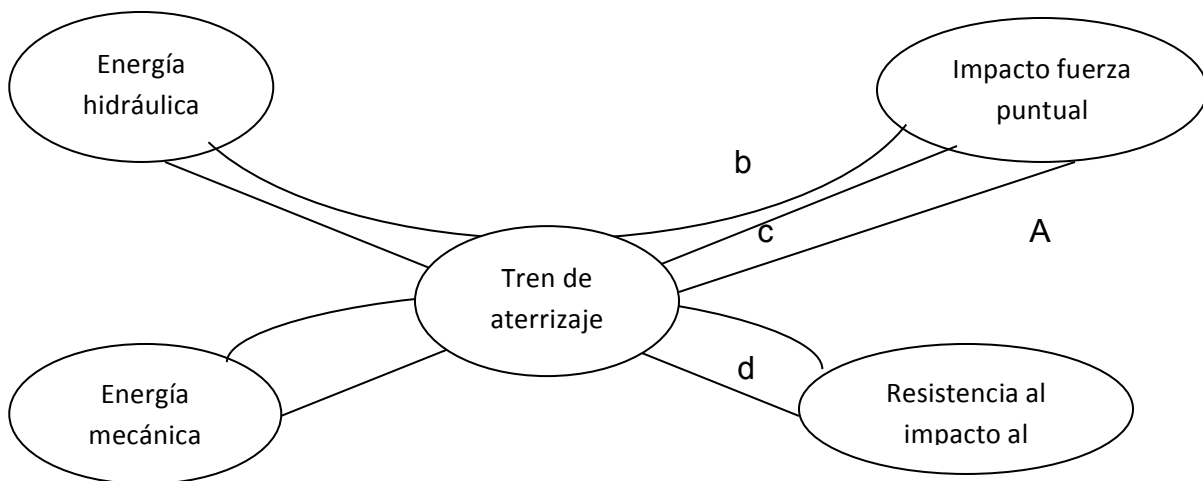


Figura 5 - Límites del sistema

- A) Contacto con el sistema
- B) Despliegue de energía mecánica
- C) Despliegue de energía hidráulica
- d) Resistencia del sistema

Con esto se define el concepto principal del proyecto, se obtiene la relación y la resistencia de éste en su totalidad.

2.5.- DEFINICIÓN DEL MODELO FUNCIONAL

Es posible descomponer el sistema en cada una de sus funciones principales para desarrollar cada una de ellas para llegar al objetivo.

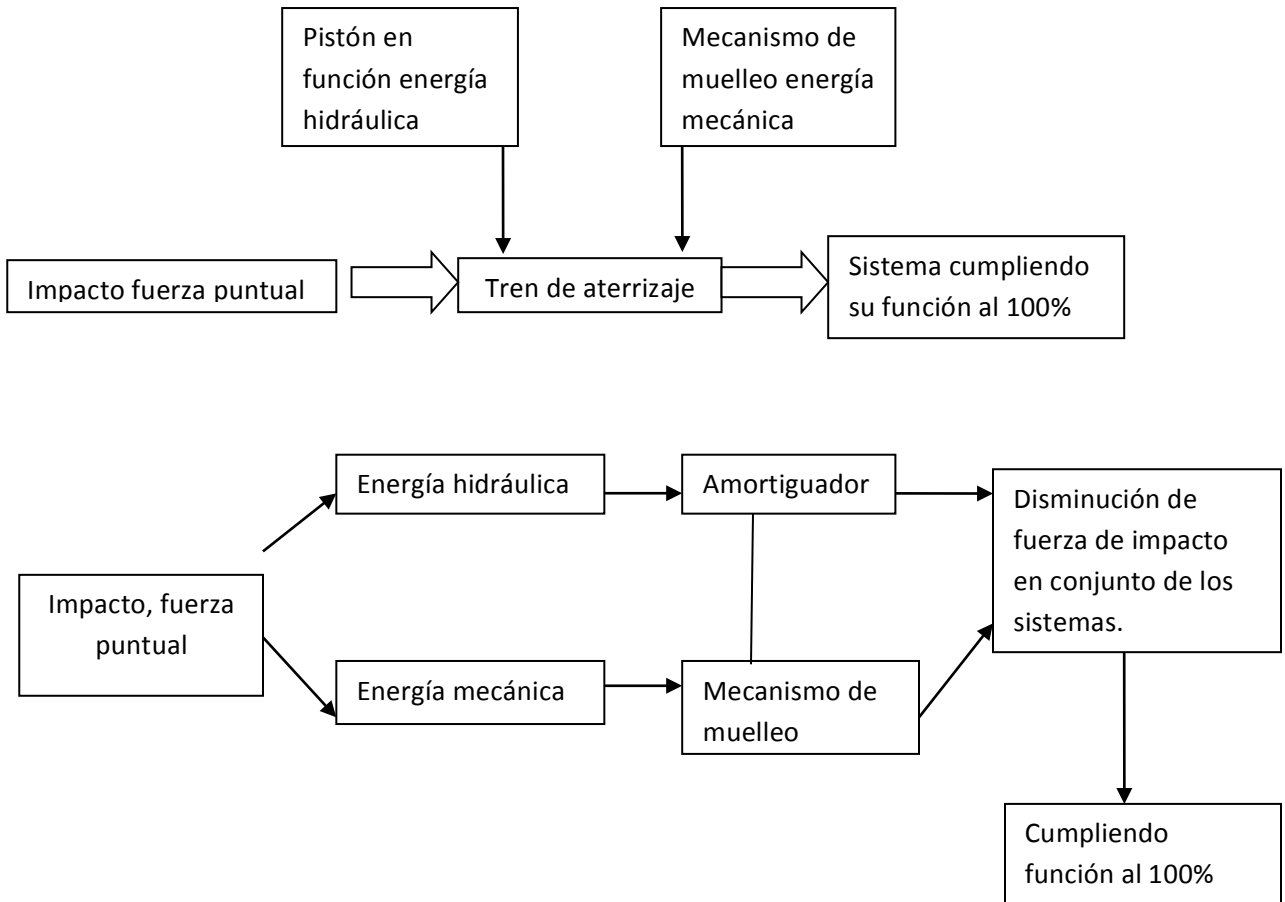


Figura 6 - Primer y segundo nivel de descomposición funcional

Con estos niveles de descomposición propuestos se observa más detallada la forma de trabajo de nuestro sistema.

2.6.- GENERACIÓN DE CONCEPTOS

De acuerdo a los diagramas realizados en el paso anterior da pie a la generación de conceptos con los que se formulan preguntas sobre materiales y formas para obtener un diseño conceptual más detallado.

¿Tipo de amortiguador a usar?

- Émbolo con lubricante en su interior
- Resorte expuesto
- Resorte con cubierta y lubrican

¿Tipo de mecanismo mecánico?

- a) De mariposa sujeción delantera
- b) De mariposa sujeción trasera

¿Tipo de base a utilizar?

- a) De doble oreja
- b) De oreja simple
- c) Un tubo con pistón ya incluido

¿Tipo de sujeción a la estructura del avión?

- a) De sujeción con tornillos
- b) De sujeción con pernos
- c) De sujeción con remaches

Con estas propuestas se realizar la matriz morfológica

Tabla 6 - Matriz morfológica

FUNCION	A	B	C
Amortiguador	Émbolo con lubricante en su interior	Resorte expuesto	Resorte con cubierta y lubricante
Mecánico mariposa	Sujeción delantera	Sujeción trasera	
Tipo de base	Doble Oreja	Oreja simple	Tubo con pistón
Sujeción	Tornillos	Pernos	Remaches

Con esto se pasa a las condiciones de operación, exposición al medio ambiente y de personal.

- Resistencia al impacto más crítico del amortiguador
- Resistencia al impacto más crítico de sujeción a la estructura
- Resistencia al impacto más crítico de la parte mecánica
- Resistencia al impacto más crítico del tipo de base
- Condiciones de operación en humedad
- Condiciones de operación en altas temperaturas ambientales
- Condiciones de operación en bajas temperaturas ambientales
- Desgaste de los sistemas por estos
- Tiempo de mantenimiento cada cuántos ciclos de trabajo se va a realizar éste
- El personal a realizar el mantenimiento

Con este tipo de preguntas y observando lo planteado en la tabla anterior, en color amarillo se remarca lo que se ajusta a la idea de diseño y a las preguntas planteadas.

2.7.- EVALUACIÓN DE CONCEPTOS

En esta etapa como el análisis se cierra en una sola fase de función del tren de aterrizaje, no es necesario ponderar la tabla que se combinan con los resultados del QFD por lo tanto se toman los resultados obtenidos en la tabla de matriz morfológica, y los porcentajes de atención obtenidos en QFD, ya que en este caso los resultados son los óptimos y no hace falta de acuerdo a lo observado una tabla más para calificar.

CAPÍTULO 3

DISEÑO CAD Y DIMENSIONAMIENTO Y TOLERANCIAS DE GEOMETRIAS (GD&T)

En esta fase del proyecto, utilizando los resultados obtenidos, con las ponderaciones anteriores y de acuerdo a la investigación previa sobre diseño de trenes de aterrizaje, con las siguientes ecuaciones matemáticas se obtienen las dimensiones requeridas de acuerdo a nuestros objetivos propuestos anteriormente.

Se comienza el cálculo con este orden:

3.1.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEL TREN

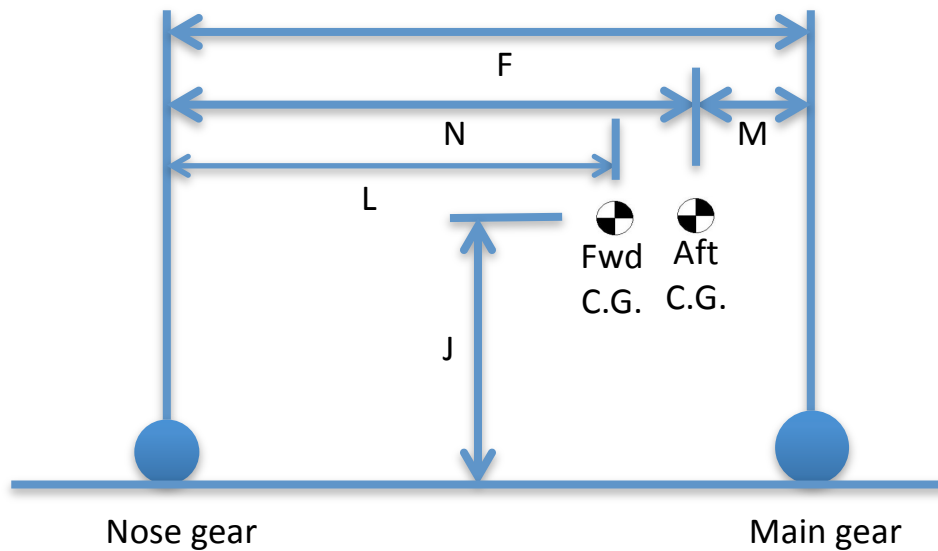


Figura 7 – Distribución de cargas del tren de aterrizaje

$$\text{Carga máxima estática de tren principal (por lado)} = W(F - M)/2F \dots(\text{Ec } 1)$$

$$\text{Carga máxima estática de tren de nariz} = W(F - L)/F \dots(\text{Ec } 2)$$

$$\text{Carga mínima estática de tren de nariz} = W(F - N)/F \dots (\text{Ec } 3)$$

$$\text{Carga máxima dinámica de tren de nariz} = \text{Carga máxima estática} + \frac{10\left(\frac{ft}{s}\right) J W}{gF} \dots(\text{Ec } 4)$$

Donde: W = Peso máximo

g = Aceleración de la gravedad

Las cargas obtenidas en este análisis se aumentan un 7% por normas de seguridad.

Si la carga estática mínima de nariz es muy pequeña (6% aproximadamente del total) se mueve el tren de nariz ó el principal hacia adelante. Si es muy alta (15% aproximadamente), se mueven hacia atrás.

Después de determinar esto, se procede a determinar el número de llantas por actuador. Esto suele hacerse de manera estadística de acuerdo al peso de la aeronave. Luego se divide la carga entre el número de llantas que se utilizarán por actuador y se aumenta un 25% para escoger la llanta de acuerdo a su capacidad de carga máxima. Si distintas llantas cumplen esta restricción, se escogerá la llanta de acuerdo a otros parámetros como peso mínimo, diámetro o costos.

3.2.- CARRERA

Para calcular la deflexión vertical de la llanta (S) se selecciona primero el factor de carga de aterrizaje (N) (no es el mismo que el factor de carga del aeronave), que varía entre 0.7 y 1.5, siendo 1.2 el más común para una primera aproximación.

La velocidad de hundimiento V_s que se debe soportar por la aeronave, según la FAA, es de 10 ft/s (3.048 m/s) con el peso de aterrizaje de diseño y de 6 ft/s (1.829 m/s) con el peso máximo bruto.

La energía total (E) (cinética y potencial) es aproximadamente:

$$E = \frac{wv^2}{2g} (W - L)(S + S_t) \dots(\text{Ec } 5)$$

Donde: W - Peso del aeronave
V - Velocidad de hundimiento
g - Aceleración de la gravedad
L - Levantamiento de la aeronave
 S_t - Deflexión de la llanta

Dado que la energía cinética capaz de ser absorbida por la suspensión y la llanta debe ser igual a la energía total, la ecuación se re-escibe como:

$$\eta_s SNW + \eta_t S_t NW = \frac{wv^2}{2g} + (W - L)(S + S_t) \dots(\text{Ec } 6)$$

Donde: η_s - eficiencia del soporte (se asume 0.8 inicialmente en oleo-neumáticos)
 η_t - eficiencia de absorción de la llanta (se asume 0.47 generalmente)

Se iguala la relación de levantamiento $K = L/W$ se obtiene:

$$N(S_t \eta_t + S \eta_s) = \frac{v^2}{2g} + (1 - K)(S + S_t) \dots (\text{Ec } 7)$$

$$S = \frac{\frac{V^2}{2g} - S_t(N\eta_t + K - 1)}{(N\eta_s + K - 1)} \dots (Ec 8)$$

Por lo general se le suma una pulgada a S para mejorar el rendimiento final.

3.3.- RELACIONES DE COMPRESIÓN

Se consideran dos relaciones de compresión. La primera es la relación entre la posición estática y completamente extendida y la segunda entre estática a completamente comprimida.

La presión estática se denominara P_2
 La presión en la posición extendida será P_1
 La presión en la posición comprimida será P_3

Por lo general se manejan valores de: $\frac{P_2}{P_1} = 2.1$ $\frac{P_3}{P_2} = 1.9$

El área del pistón (A) y el desplazamiento de volumen (d) se determinan por:

$$A = \frac{F}{P_2} \dots (Ec 9) \qquad d = SA \dots (Ec 10)$$

Donde: F es la máxima carga estática por soporte

Curva de Carga-Carrera (Load-Stroke)

Presión en posición comprimida $P_3 = \frac{P_3}{P_2} P_2 \dots (Ec 11)$

Presión en posición extendida $P_1 = \frac{P_1}{P_2} \dots (Ec 12)$

Volumen en posición extendida $V_1 = \frac{P_3 d}{P_3 - P_1} \dots (Ec 13)$

Volumen posición estática $V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} \dots (Ec 14)$

Volumen posición comprimida $V_3 = V_1 - d...$ (Ec 15)

Carrera de posición extendida a estática $S_s = S - \frac{V_2-V_3}{A}...$ (Ec 16)

3.4.- LONGITUD DEL CILINDRO INTERNO

La longitud mínima del cilindro interno debe de ser:

$$L_{pist} = S + 2.75D...(Ec 17)$$

Dónde: D - diámetro del pistón

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}...(Ec 18)$$

3.5.- MODELADO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS

Con los resultados obtenidos de estos cálculos se procede al modelado geométrico en software (CATIA), se muestran las piezas del tren ya modeladas, y su aplicación de dimensionamiento y tolerancias de geometrías (GD&T).

El tren de aterrizaje totalmente ensamblado se verá así,

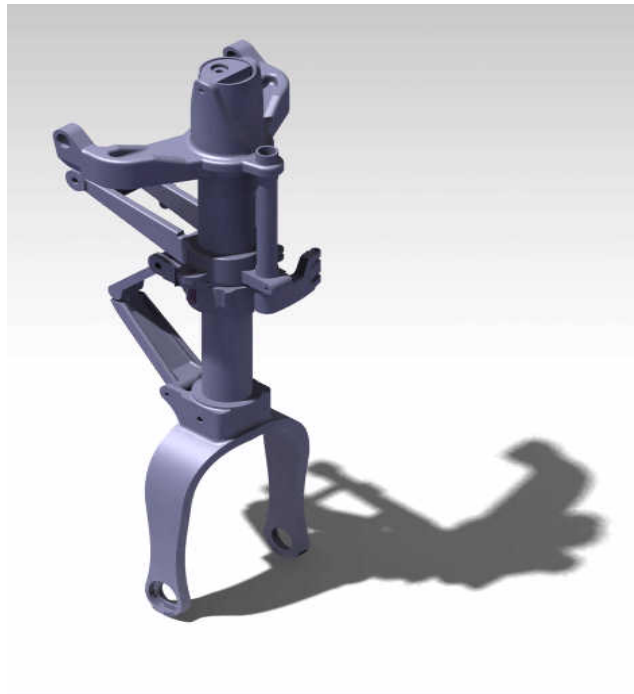


Figura 8 – Ensamble del tren

A continuación se explicará pieza a pieza su función e importancia.

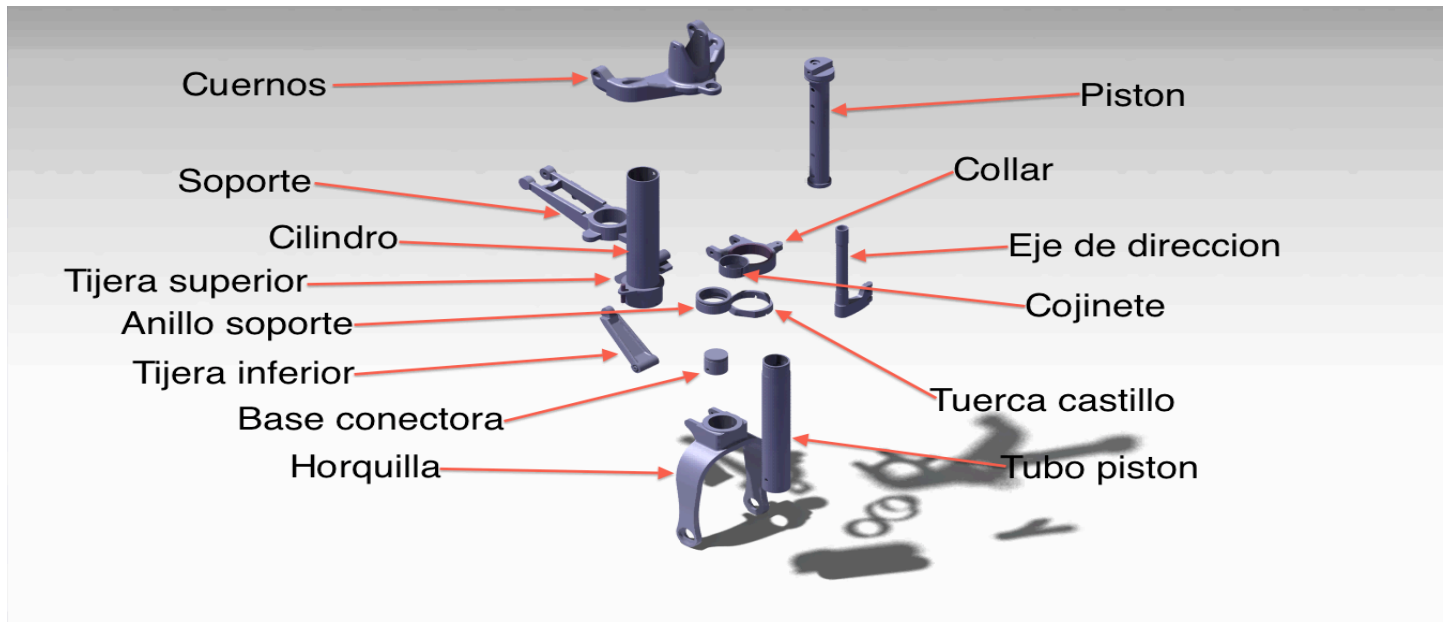


Figura 9 – Ensamble del tren desarmado

Anillo Soporte: Esta pieza se coloca debajo del cilindro del amortiguador y se coloca un seguro por debajo de el para mantener su posición. Por dentro lleva un sello asegurado con arandelas para evitar que el líquido hidráulico se salga. Esta pieza mantiene el pistón asegurado dentro del cilindro. (Ver plano en anexo 1).

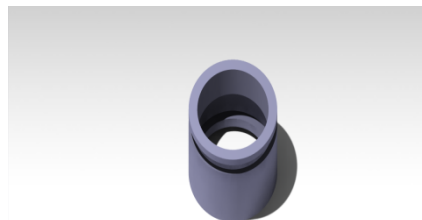


Figura 10 – Anillo soporte

Base Conectora: Esta pieza se asegura junto con el tubo del pistón y la horquilla por medio de un perno, de esta manera, simula ser una sola pieza. Tiene un canal para colocársele un sello y evitar escurrimientos del líquido hidráulico por debajo del tubo del pistón. Su función principal es la de generar una base removible en la horquilla para poder desarmar el tubo de la horquilla y darle a la horquilla una base necesaria para el funcionamiento del amortiguador. (Ver plano en anexo 2).

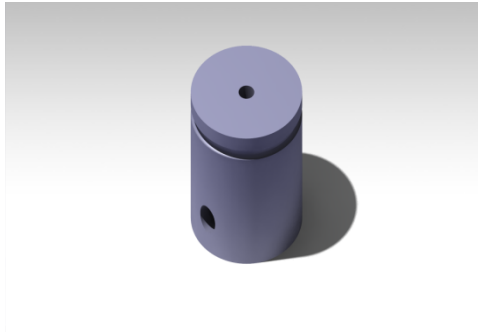


Figura 11 – Base conectora

Cilindro: Las funciones de esta pieza son de suma importancia para el funcionamiento del sistema. Junto con el pistón y los cuernos, se unen con un perno para mantenerse fijos de la parte superior, es el cilindro que soporta la presión interior del amortiguador. Tiene el tope físico del sistema de dirección que impide que el tren se mueva más de lo debido y soporta el ensamble de la pieza de retracción. (Ver plano anexo 3).

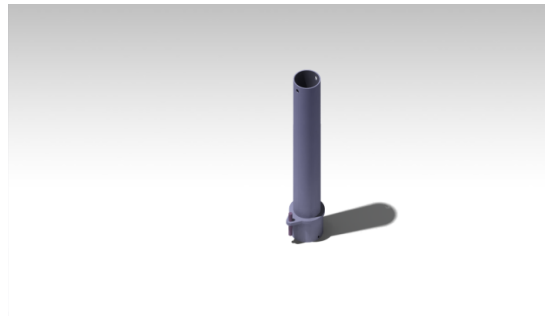


Figura 12 – Cilindro

Cojinete: Esta pieza es básicamente para evitar el rozamiento del tubo del pistón con la pared interior del cilindro. Tiene un redondeado para asegurarse al tubo del pistón de una manera mas sencilla y segura. (Ver plano anexo 4).

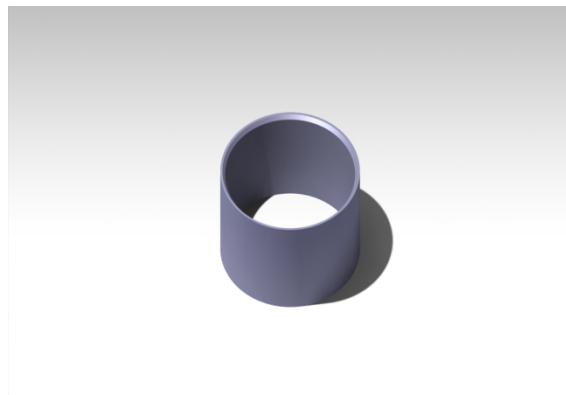


Figura 13 - Cojinete

Collar: Esta pieza es la que conecta el sistema de dirección al tren de aterrizaje. Tiene un rodamiento que le permite girar alrededor del cilindro y se sostiene con una tuerca

por debajo que le permite libre movimiento en el eje del tren pero sin salirse de su posición. Esta se conecta a la tijera para transmitir el movimiento del sistema de dirección a la horquilla. Esta pieza es la que choca con el tope del cilindro para evitar un movimiento exagerado. (Ver plano anexo 5).

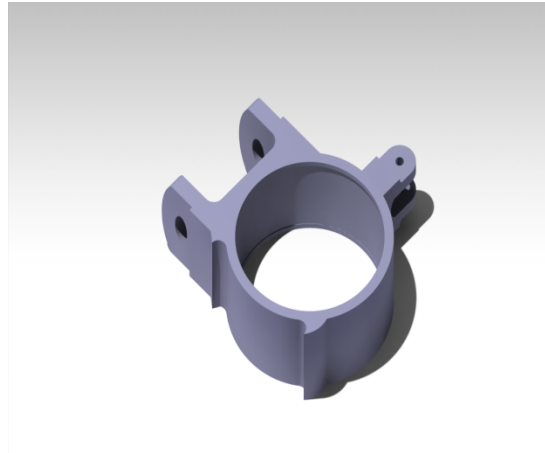


Figura 14 - Collar

Cuernos: Esta pieza es la que une el tren de aterrizaje al avión. Se empotra a la bancada con rodamientos que permiten que giren las uniones al retraerse el tren. Esta pieza también sostiene la parte superior del eje de dirección para mantener uno de los dos pivotes necesarios. Sostiene también el cilindro y el pistón juntos por la parte superior. (Ver plano anexo 6).

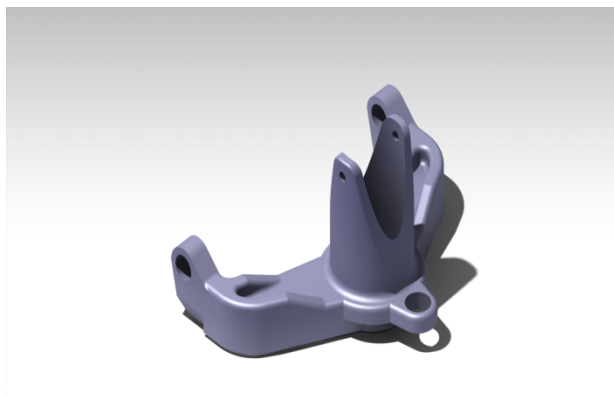


Figura 15 - Cuernos

Eje de dirección: Esta es la pieza que transmite el movimiento del sistema de dirección al collar. Tiene pivotes en los cuernos y en el soporte para sostenerse. Se conecta al collar por medio de una pieza que mantiene la distancia necesaria para el punto neutro. (Ver plano anexo 7).

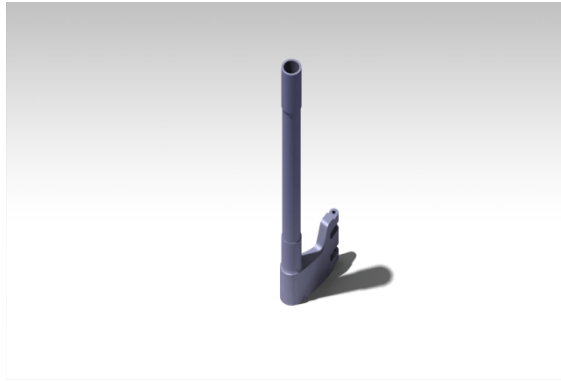


Figura 16 – Eje de dirección

Horquilla: Es el soporte de la llanta. Esta va unida al tubo del pistón y la base conectora por medio de un perno, su función es la de sostener la llanta y unirse a la tijera inferior para recibir el movimiento del sistema de dirección y pasarlo a la llanta. Es en esencia, la parte final del sistema de dirección. (Ver plano anexo 8).

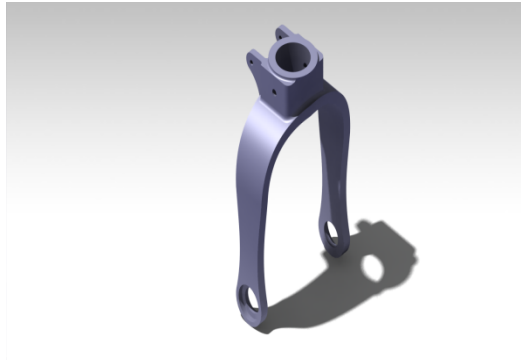


Figura 17 – Horquilla

Pistón: Es el corazón del amortiguador. Esta pieza se une a los cuernos y el cilindro para sellar la parte superior del amortiguador. Va dentro del cilindro y del tubo del pistón. En los agujeros laterales que tiene pasa el líquido hidráulico y el nitrógeno. En su parte superior lleva una válvula que permite el llenado del amortiguador una vez ensamblado. (Ver plano anexo 9).

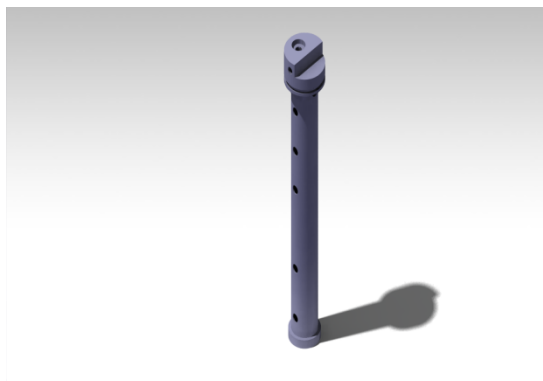


Figura 18 – Pistón

Soporte: Esta pieza es la unión del tren al sistema retráctil. Es también el segundo pivote del eje de dirección. Para evitar que gire, comparte el tope del cilindro/collar y se mantiene fijo al cilindro. (Ver plano anexo 10).

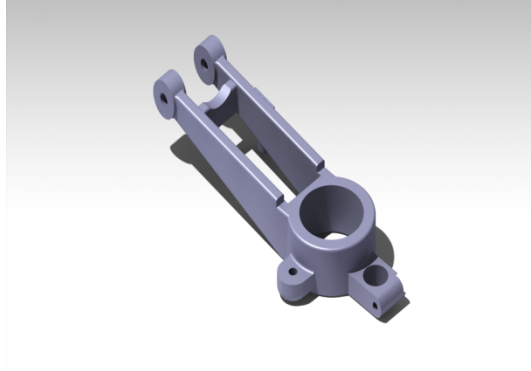


Figura 19 - Soporte

Tijera inferior: Esta pieza se une a la tijera superior y a la horquilla. Su función es la de conectar la horquilla al sistema de dirección. (Ver plano anexo 11).

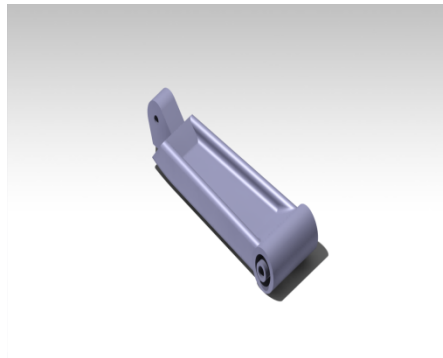


Figura 20 – Tijera inferior.

Tijera superior: Esta pieza se une a la tijera inferior y al collar. Sus funciones son las de transmitir el movimiento del eje de dirección a la horquilla y la de crear un tope físico para cuando el amortiguador se extiende, así se evita que cuando el avión despegue el amortiguador se expanda de más. (Ver plano anexo 12).

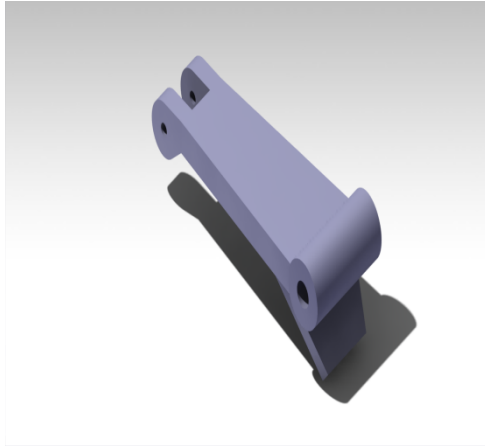


Figura 21 – Tijera superior

Tubo pistón: Este tubo, junto con la base conectora y la horquilla forman la parte inferior del amortiguador. En la parte superior tiene un desbastado para colocar un cojinete de radio ligeramente mayor que asegure que haya un ligero roce con la pared interior del cilindro. Su función es la de complementar el sistema de amortiguación. (Ver plano anexo13).

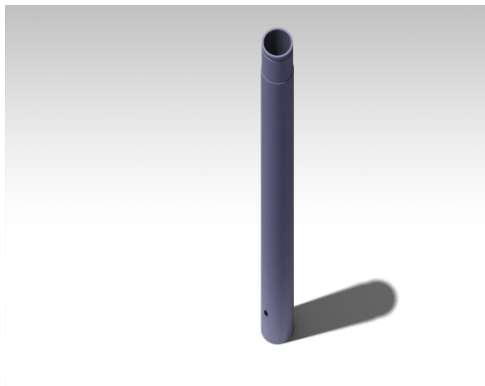


Figura 22 – Tubo pistón

Tuerca castilla: Esta tuerca va en la parte inferior del cilindro. Su función es mantener el collar en su lugar para que no se salga pero pueda girar. Para que esta pieza no se afloje en absoluto, se asegura al cilindro con un perno de seguridad que fija una de las muescas de la tuerca al cilindro. (Ver plano anexo 14).

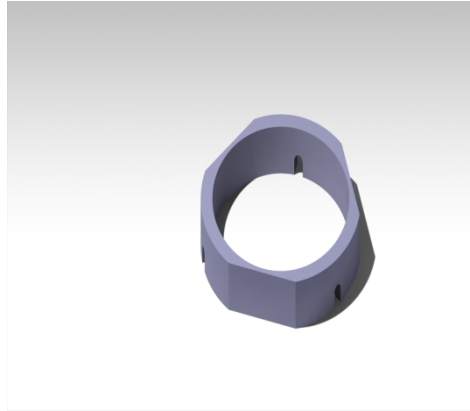


Figura 23 – Tuerca castilla

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS CAE

Se analiza primero la parte crítica de la unión del tren al avión. La parte llamada "cuernos". La etiqueta "A" es el apoyo y la etiqueta "B" es la localización de la fuerza. 4175N en la dirección Z positiva, carga máxima.

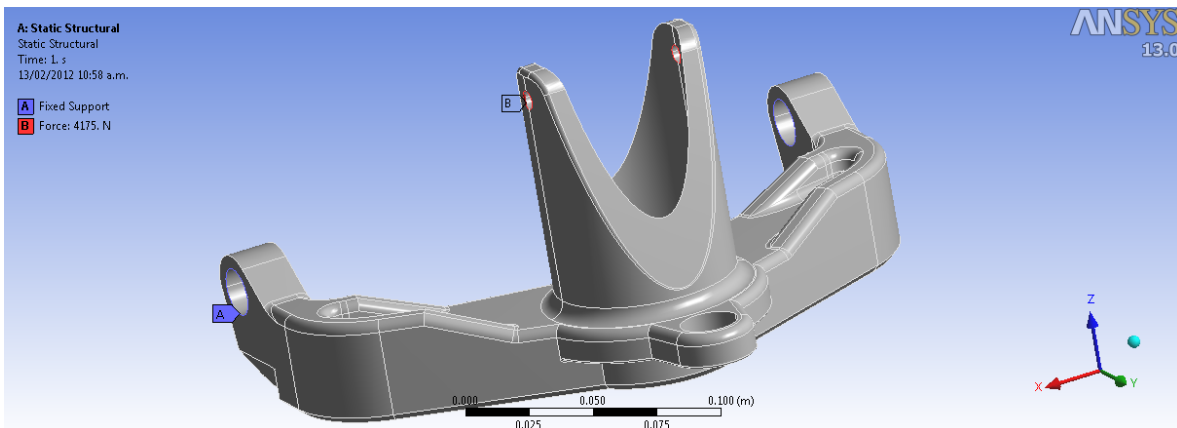


Figura 24 – Cuernos con cargas y apoyos

Se realizó un análisis para determinar esfuerzos y deformaciones.

Deformación mínima (zona azul oscuro): 0 mm

Deformación máxima (zona roja): 0.25839 mm

Deformaciones

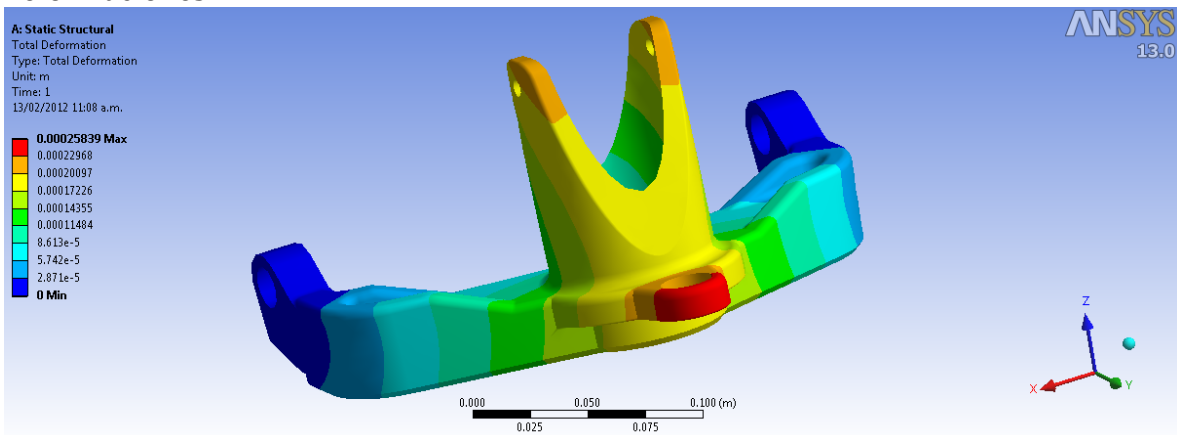


Figura 25 - Cuernos con deformaciones

Esfuerzo mínimo (zona azul oscuro): 62.544 KPa

Esfuerzo máximo (zona roja): 1305.3 KPa

Esfuerzos equivalentes

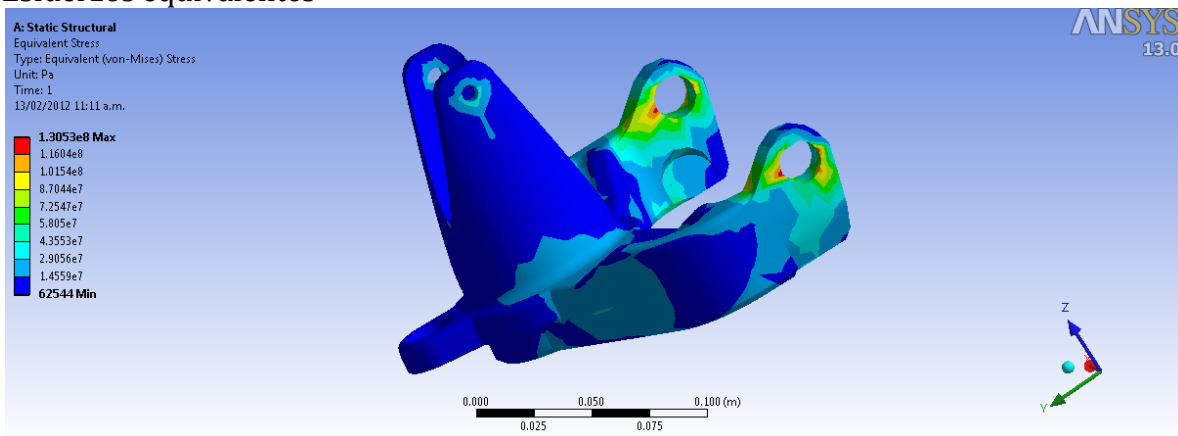


Figura 26 – Cuernos con esfuerzos

Después se realizó el análisis en el tubo del pistón ya que siendo la pieza que transmite el impacto, es crítico que éste lo transmita al amortiguador.

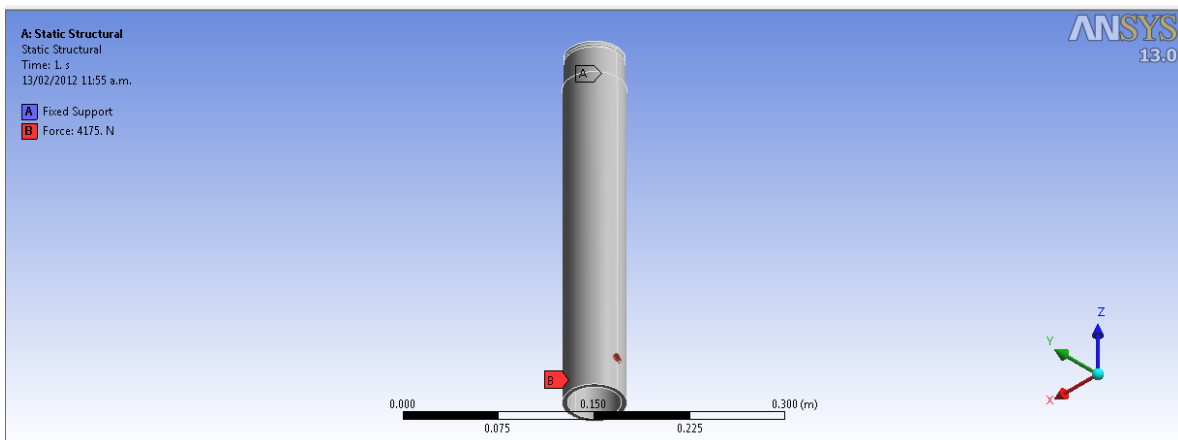


Figura 27 – Cubo pistón con cargas y apoyos

También con su análisis de esfuerzos y deformación.

Deformación mínima (zona azul oscuro): 0 mm

Deformación máxima (zona roja): 0.013157 mm

Deformaciones

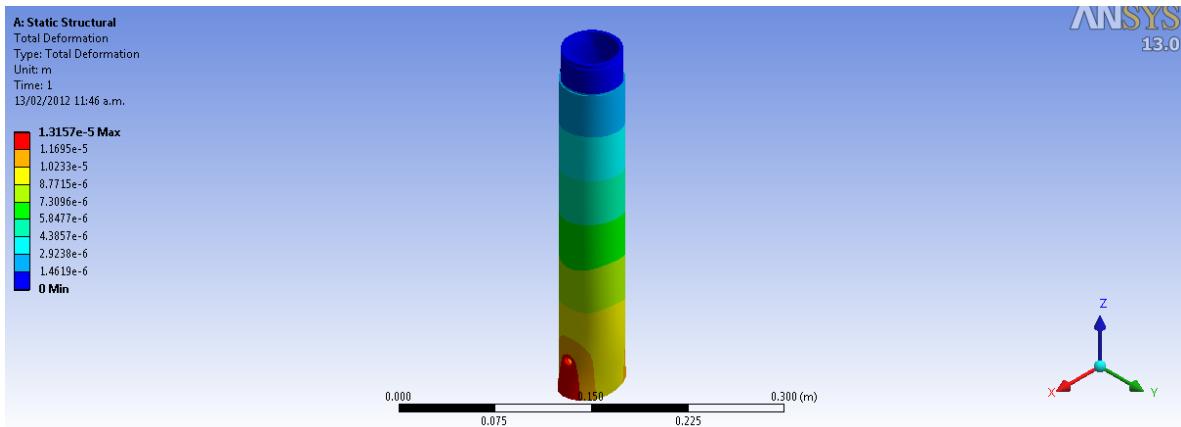


Figura 28 – Cubo pistón con deformaciones

Esfuerzo mínimo (zona azul oscuro): 768.510 KPa

Esfuerzo máximo (zona roja): 60131 KPa

Esfuerzos

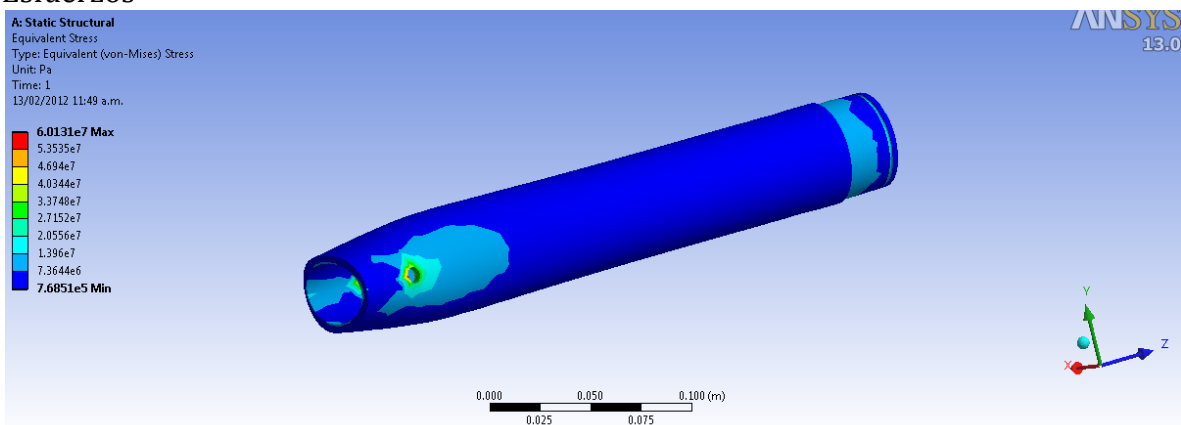


Figura 29 – Cubo pistón con espuezos

CAPÍTULO 5 COSTOS

Esta es la fase final del proyecto, en ésta se comenzó a plantear un costo proyectado al diseño de acuerdo al tiempo empleado, material, y recurso humano, esto para poder empezar a añadir valor agregado al costo del mismo.

5.1.- DEFINICIÓN DE COSTOS

El costo o coste es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio El cual dentro de esta tesina no se lleva a acabo debido a que el producto en el diseño conceptual.

En la elaboración de esta tesina se han considerado varios costos y un tiempo determinado ya que este tipo de proyecto su finalidad es reducir costos ya sea con capacitación investigación y el diseño.

El tiempo que se consideró en esta tesina es de 7 meses que esta considerado de mayo a diciembre del 2011.

5.2.- OBJETIVO DE COSTOS DE LA TESINA

Visualizar los costos generados en la elaboración de la tesina del diseño preliminar de un tren de nariz de una aeronave pequeña, con 3 egresados de la carrera de ingeniería aeronáutica de la ESIME Unidad Profesional Ticomán.

Clasificación de costos

Los siguientes costos son tomados a partir de la investigación de costos de la tesina

Costos de inversión

a) Oficina

-Electricidad

-Papelería

-Activos fijos

b) Computo

-Computadora Toshiba

-Computadora Mac

-Software de diseño

c) Costos de investigación

-Asesorías

-IPN

-Tiempo de investigación

-Costos de horas hombre

- d) Horas hombre
 - Ing. Diego Soliveras
 - Ing. Luis Peralta
 - Ing. Alejandro Feldman

- e) Transporte
 - Coche
 - Gasolina
 - Pasajes

Se planteó distribuyendo los porcentajes de la siguiente manera para así determinar el valor agregado de éste:

Estudio estadístico	
Diseño conceptual	15%
Dibujo conceptual (CATIA)	25%
Estudio y selección de material	10%
Análisis (ANSYS)	25%
Diseño preliminar	5%
Costos	15%
Entrega	5%
Total	100%

5.3.- CUANTIFICACIONES DE LA TESINA

Ya que se definieron los costos ya se pueden cuantificar, esto se observara en la tabla siguiente:

Tabla 7 – Tabla de costos

Costos Totales DILUX				
Concepto	tiempo	marca	costo	tipo de costo
papelería	7 meses	kymberly clark varios	\$ 250.00	V
internet	7 meses	cablevision	\$ 1,800.00	F
electricidad	7 meses	CFE	\$ 7,000.00	F
software de diseño	7 meses	CATIA, ANSYS	\$ 5,000.00	F
asesorías de tiempo de investigación	7 meses	IPN	\$ 5,000.00	V
	7 meses	Genérico	\$ 10,000.00	V
horas hombre	7 meses	Ingenieros	\$ 19,000.00	V
activos fijos	7 meses	Rak (fábrica)	\$ 5,000.00	F

transporte	7 meses	auto transporte público	\$ 25,200.00	F
computadora	7 meses	mac, toshiba	\$ 30,000.00	V
TOTAL			\$ 108,250.00	
F = costo fijo				
V = costo variable				

5.4.- DIMENSIONES DE LA TESINA

Ventajas competitivas

Menor costo de diseño

Alianzas estratégicas

IPN, ESIME Ticomán, industria privada

Valor agregado

Diseñado a la medida

Innovación tecnológica

Completamente diseñado en CATIA V5 y simulado en ANSYS 13

5.5.- ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es el diseño conceptual del tren de nariz para una aeronave pequeña el cual ya con el resultado de costos se podría llegar a construir en un futuro ya que las bases ya están.

CONCLUSIONES

El diseño del tren de aterrizaje es una tarea muy importante en el diseño general de la aeronave, se tienen que considerar cosas como posición, ángulos, localización del centro de gravedad y variación del mismo, tipo de aeronave, categoría y muchas cosas más que en esta tesina no se abarcaron a gran escala. Esto demuestra la importancia ya que todo va relacionado para poder determinar el diseño más óptimo de este sistema tan indispensable que es el tren de aterrizaje.

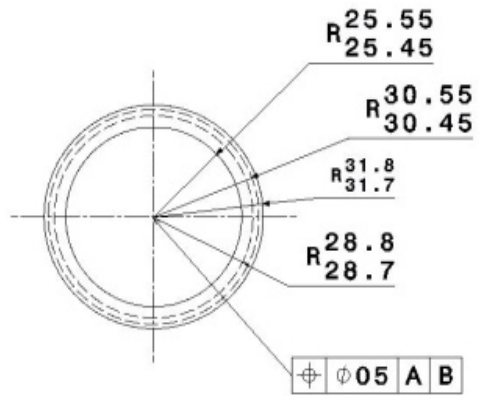
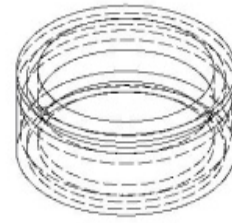
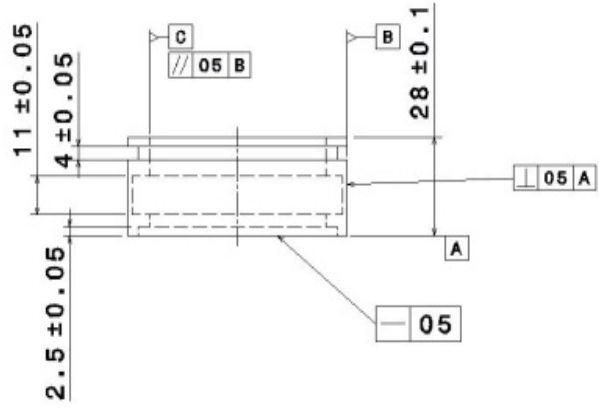
Se observa que las herramientas aprendidas a lo largo del seminario pueden facilitar el desarrollo de un proyecto de una manera bastante útil, desde el QFD hasta el análisis de costos. Por otra parte, el uso de software CAD/CAM/CAE nos ofrece una herramienta competitiva de alto nivel para el desarrollo de proyectos que es indispensable mundialmente en la actualidad.

En conclusión, esta tesina demuestra el valor que tiene cada herramienta, a pesar de que no fueron explotadas al cien por ciento (debido al corto alcance de este proyecto en comparación con proyectos mayores que podrían hacer un mayor uso de ellas). Hemos demostrado que el diseño, a pesar de ser muy complejo, puede desarrollarse de una manera fácil, detallada, vanguardista y completa si se hace uso de las herramientas correctas y una buena planeación.

Podemos también observar que esta ideología no se limita al desarrollo de proyectos de ingeniería y que es sólo el uso de las herramientas lo que lo convierte en un proyecto de ingeniería de diseño.

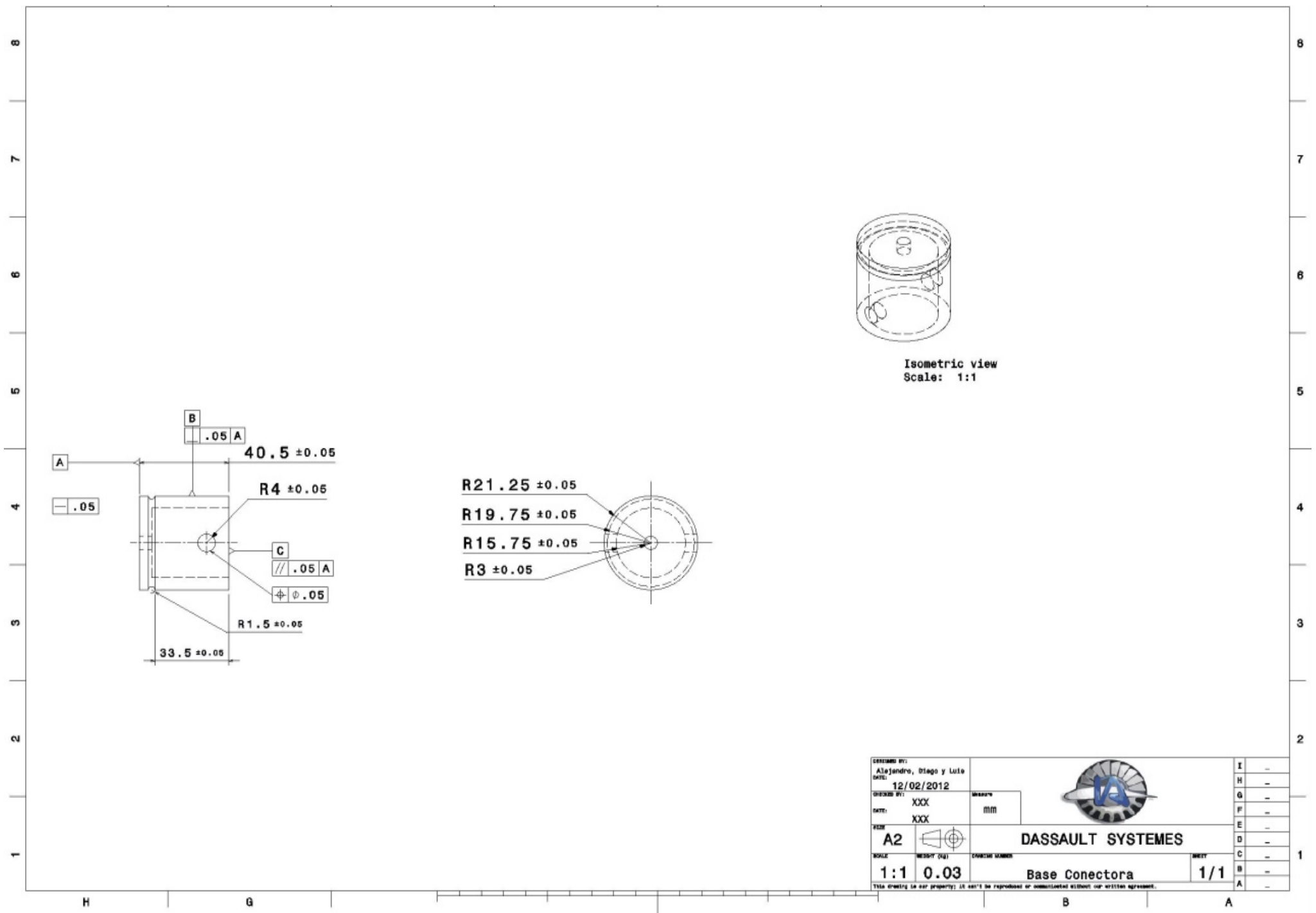
BIBLIOGRAFÍA

- Chai and William H. Mason Sonny T, Landing Gear Integration in Aircraft Conceptual Design, Multidisciplinary Analysis and Design Center for Advanced Vehicles, Primera Edición, 1997.
- Currey Norman S, Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices, AIAA Education Series, Primera Edición, 1998.
- Dr Roskam Jan, Airplane Design - Part IV: Layout of Landing Gear and Systems, Design, Analysis and Research Corporation, Primera Edición, 1986.
- Michael Chun-Yung Niu, Airframe Structural Design, Technical Book Company, Primera Edición.
- Pazmany Ladislao, Landing Gear Design For Light Aircraft - Volume 1, Pazmany Aircraft Corporation, Primera Edición, 1986.
- Raymer Daniel P, Aircraft Design: A Conceptual Approach, American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Education Series, Tercera Edición, 1999.
- Thusrston David B, Design for Flying, McGraw Hi, Primera Edición, 1978.

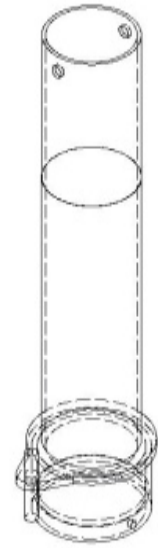
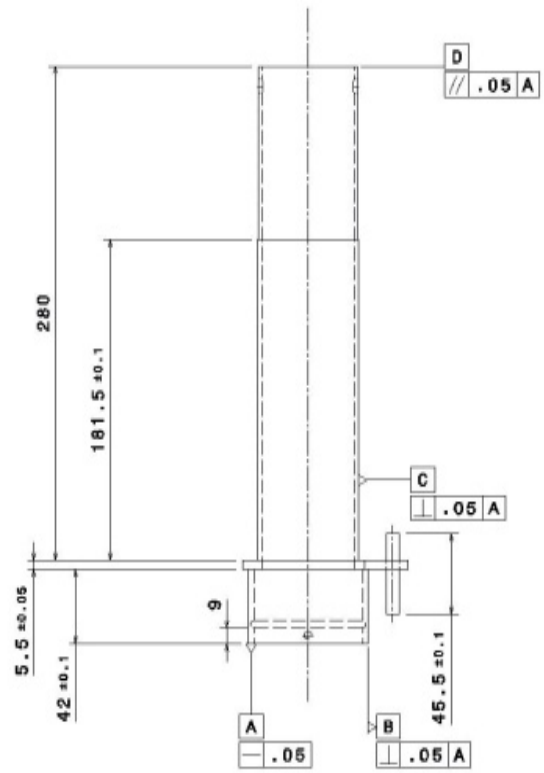


DESIGNER BY: Alejandro, Diego y Luis			I	-
DATE: 12/02/2012			H	-
DRAWN BY: XXX	UNITS: mm		G	-
DATE: XXX			F	-
FILE: A2	Name: Anillo Soporte		E	-
SCALE: 1:1	MESSY (kg): 0.02	Number: 1	D	-
Total drawing is our property; it can't be reproduced or disseminated without our written agreement.		Sheet: 1/1	C	-
			B	-
			A	-

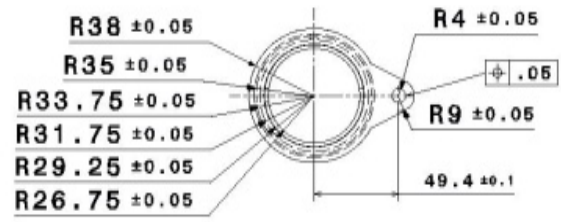
Plano 1



Plano 2

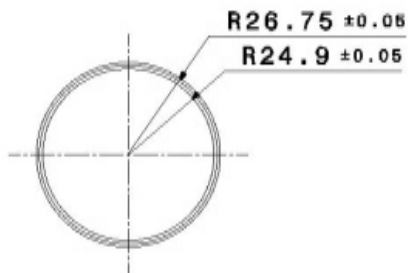
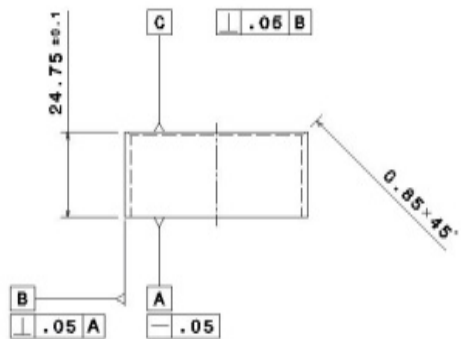




Isometric view
Scale: 1:2



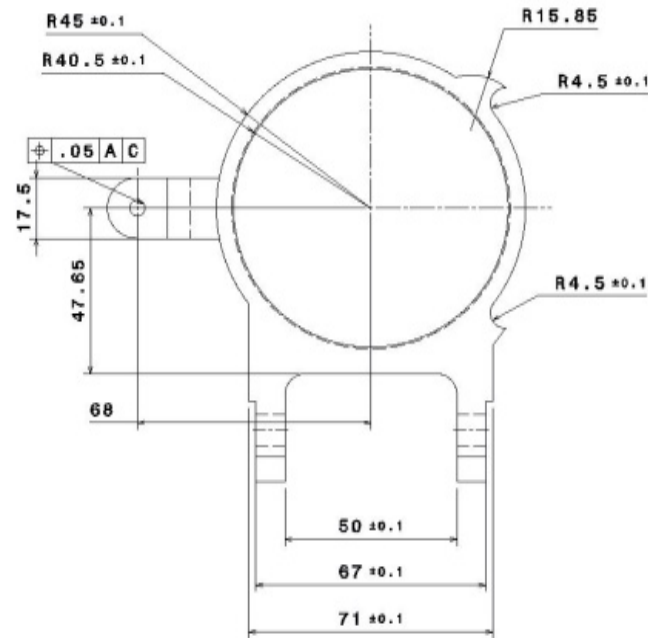
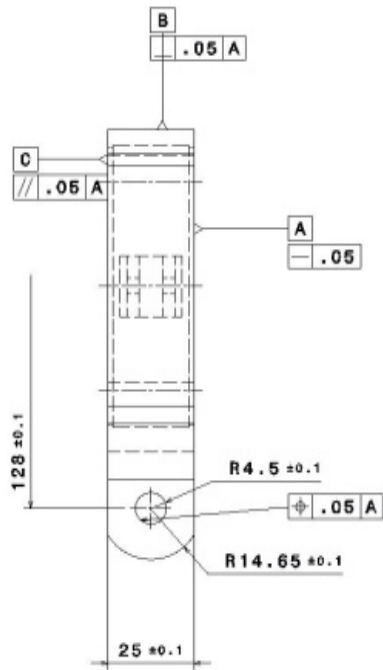
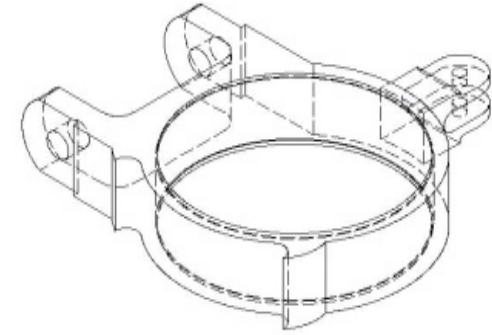
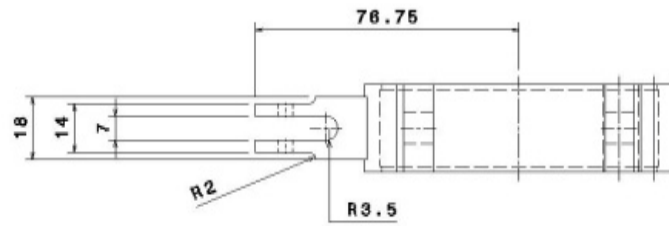
DESIGNER BY: Alejandro, Diego y Luis	DATE: 12/02/2012	SCALE: mm		I	-
DRAWN BY: XXX	DATE: XXX	UNIT: mm		H	-
VIEW: A2	SCALE: 1:2	WEIGHT (kg): 0.16	DASSAULT SYSTEMES	G	-
TOTAL WEIGHTS IS OUR PROPERTY; IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.			Cilindro	F	-
			1/1	E	-
				D	-
				C	-
				B	-
				A	-

Plano 3



DESIGNADO POR: Alejandro, Diego y Luis				I	-
FECHA: 12/02/2012				H	-
REVISOR POR: XXX	UNIDAD:	DASSAULT SYSTEMES		G	-
FECHA: XXX	MM			F	-
VERSIÓN: A2		Cojinete (piston) TN		E	-
ESCALA:	PRECISIÓN (mm):			D	-
1:1	0.01	1/1		C	-
<small>THIS DRAWING IS OUR PROPERTY; IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.</small>				B	-
				A	-

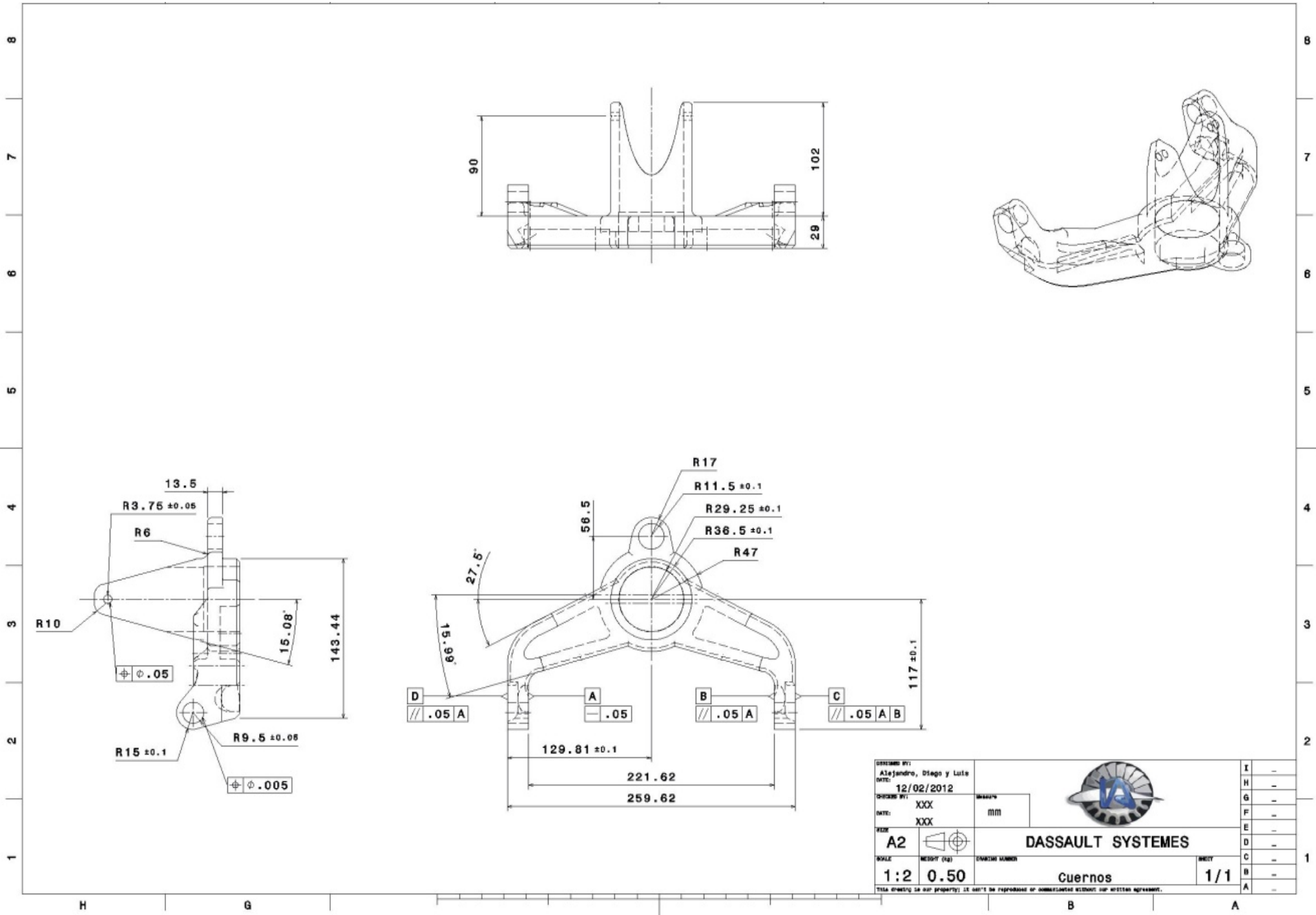
Plano 4



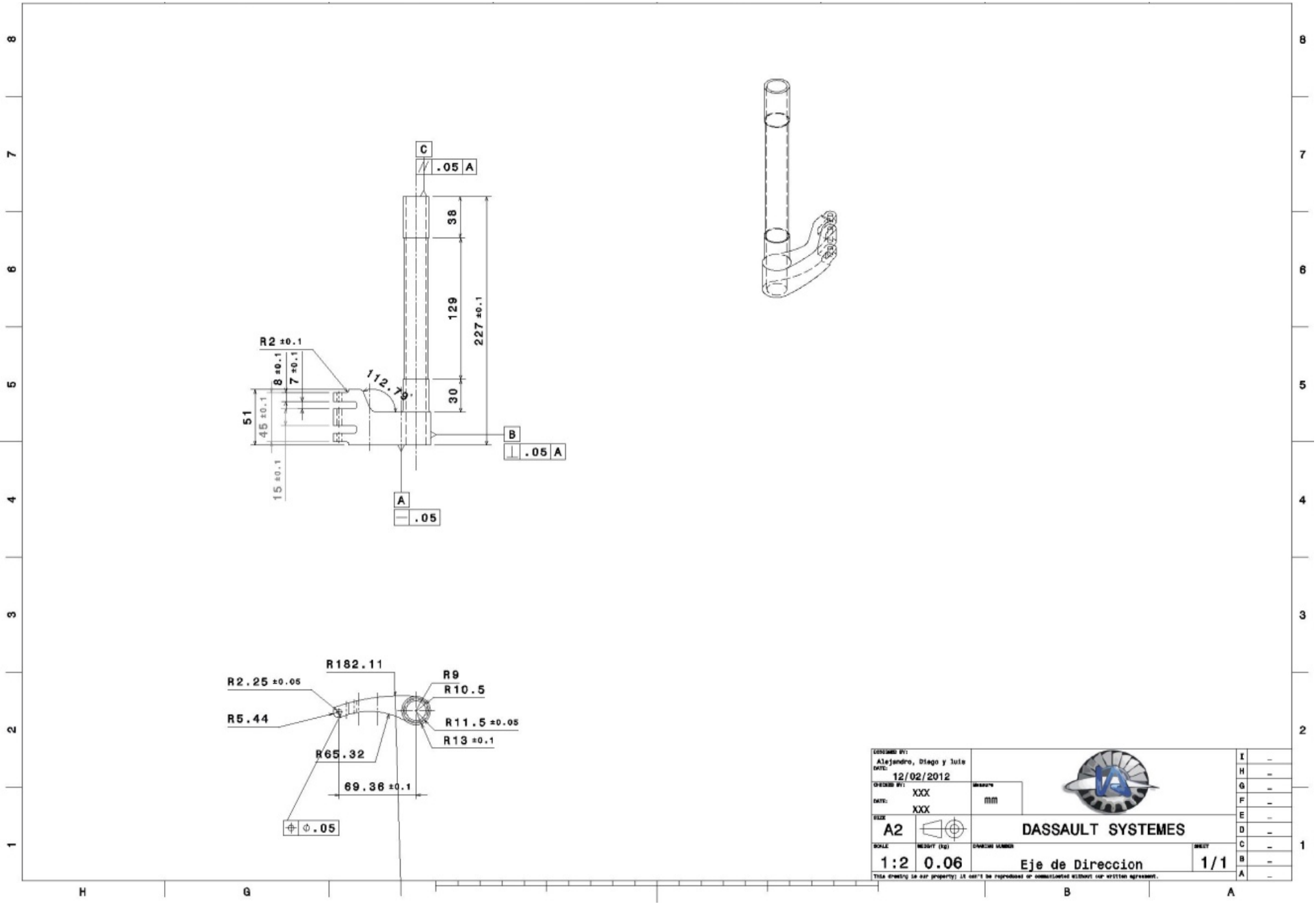
DESIGNER BY: Alejandro, Diego y Luis			I	-
DATE: 12/02/2012			H	-
DRAWING BY: XXX	UNITS: mm		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE: A2		DASSAULT SYSTEMES	E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg): 0.09		D	-
	DRAWING NUMBER:	Collar	C	-
			B	-
			A	-

THIS DRAWING IS OUR PROPERTY; IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMUNICATED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.

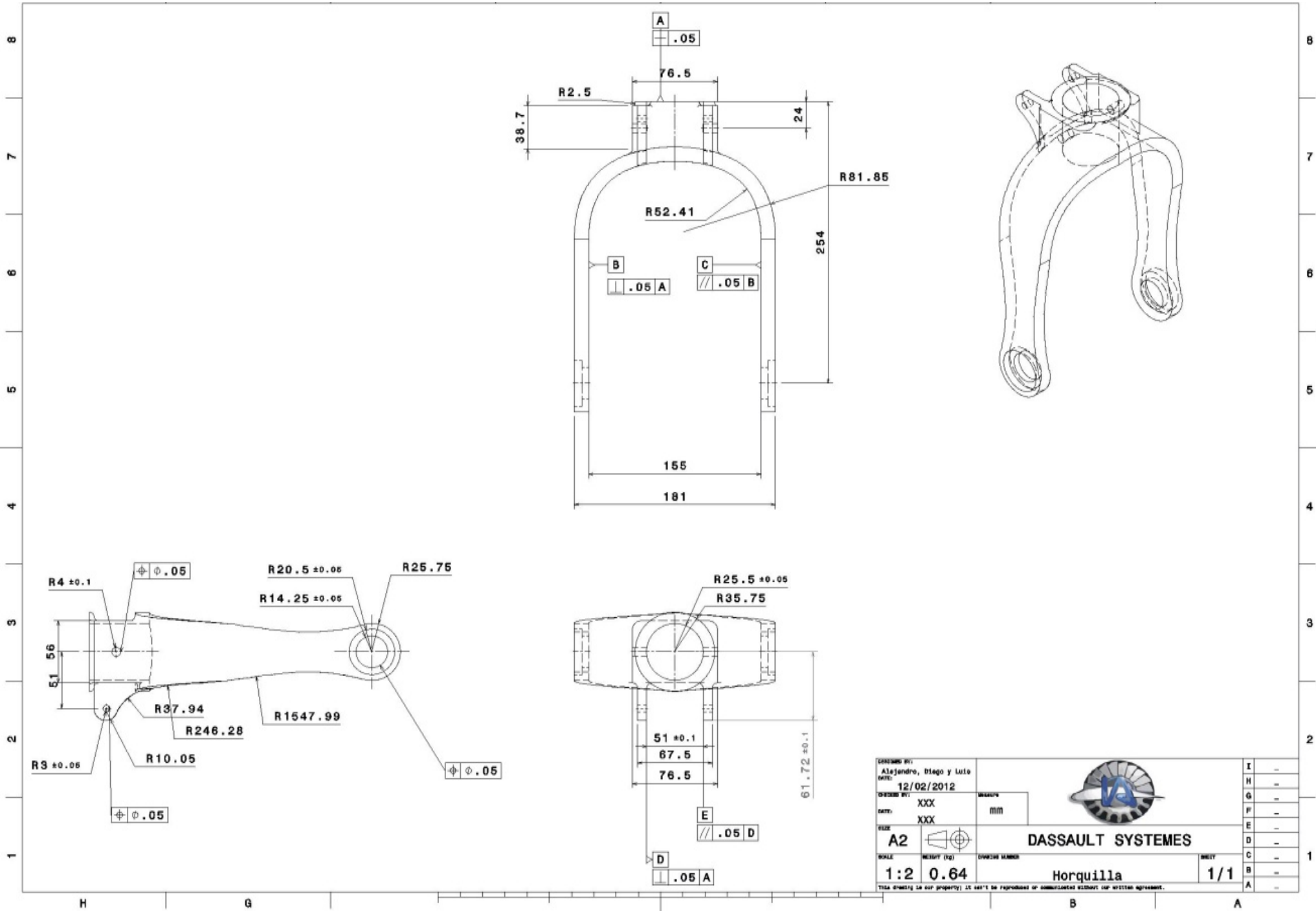
Plano 5



Plano 6

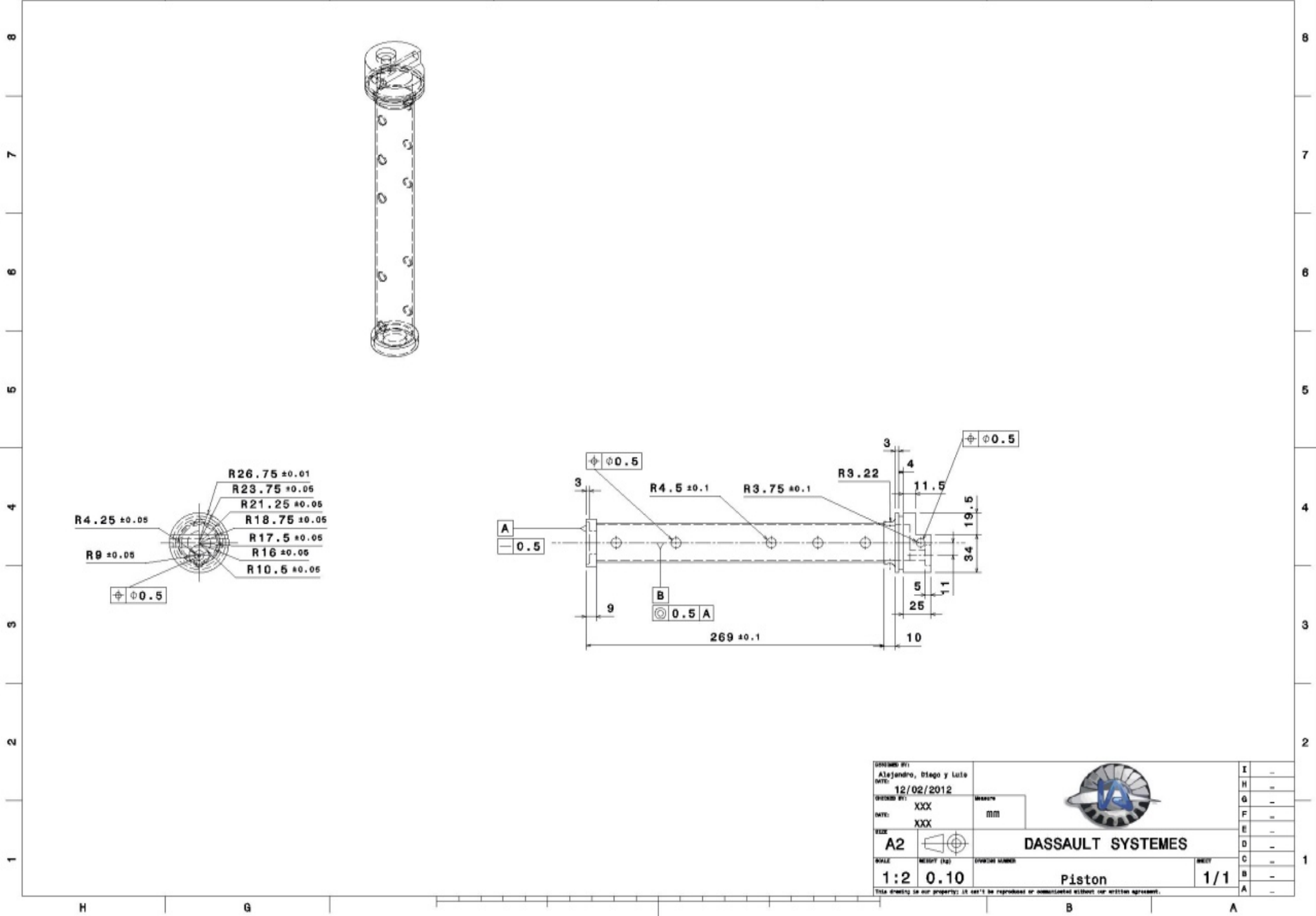


Plano 7

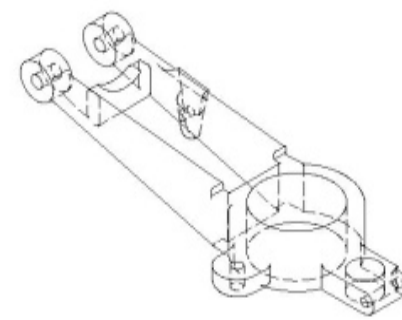
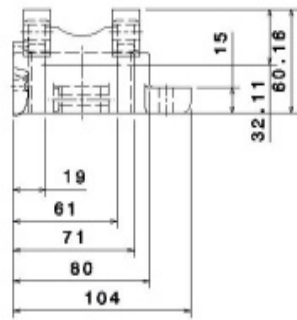
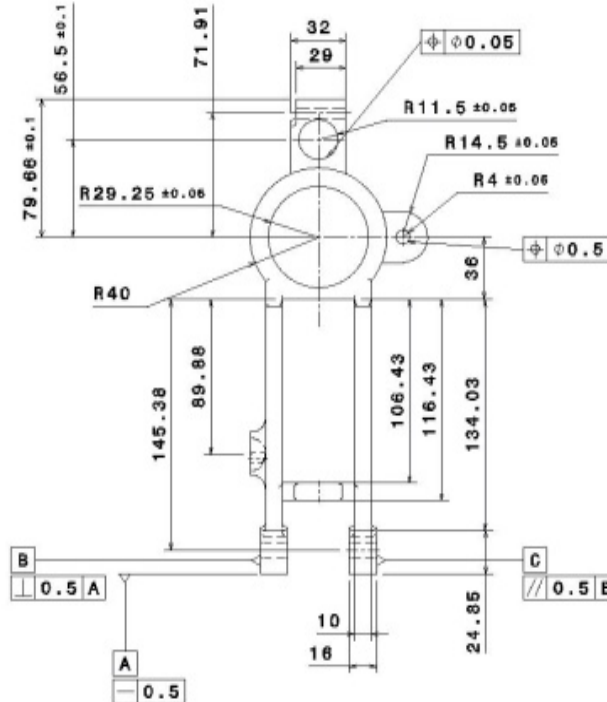
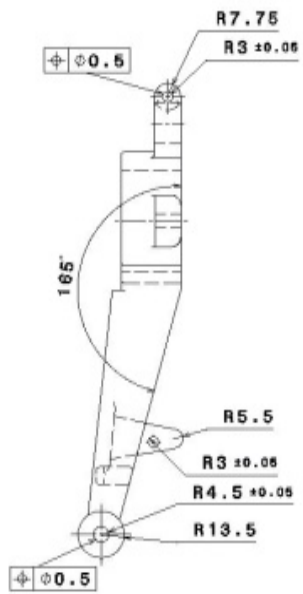


Plano 8

DISEÑO BY: Alejandro, Diego y Luis				I	-
DATE: 12/02/2012				H	-
DISEÑO BY: XXX	REVISOR: mm	DASSAULT SYSTEMES		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE: A2		Horquilla		E	-
SCALE: 1:2	REDUCTION (1/2): 0.64			D	-
DOWNSHOWN NUMBER: Horquilla		1/1		C	-
				B	-
TITLE SHEET IS OUR PROPERTY! IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.				A	-

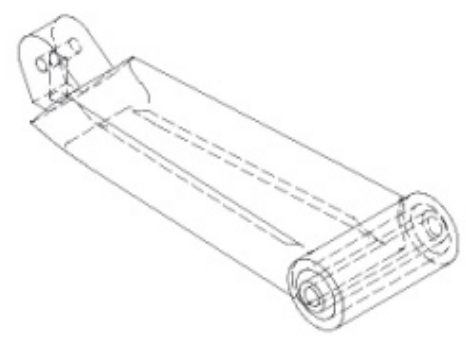
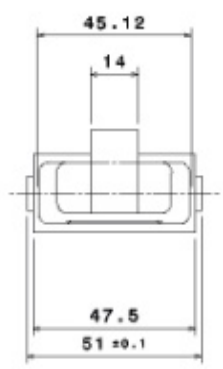
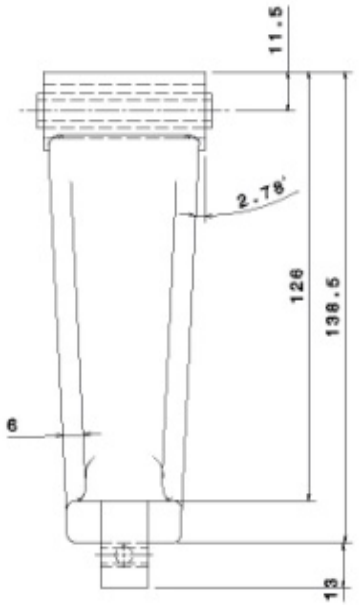
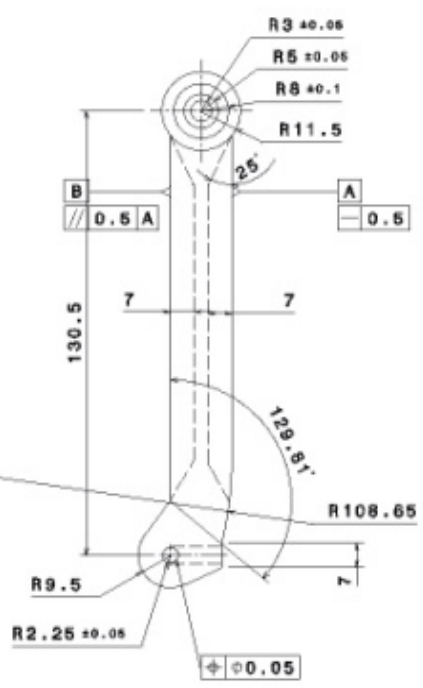




Plano 9



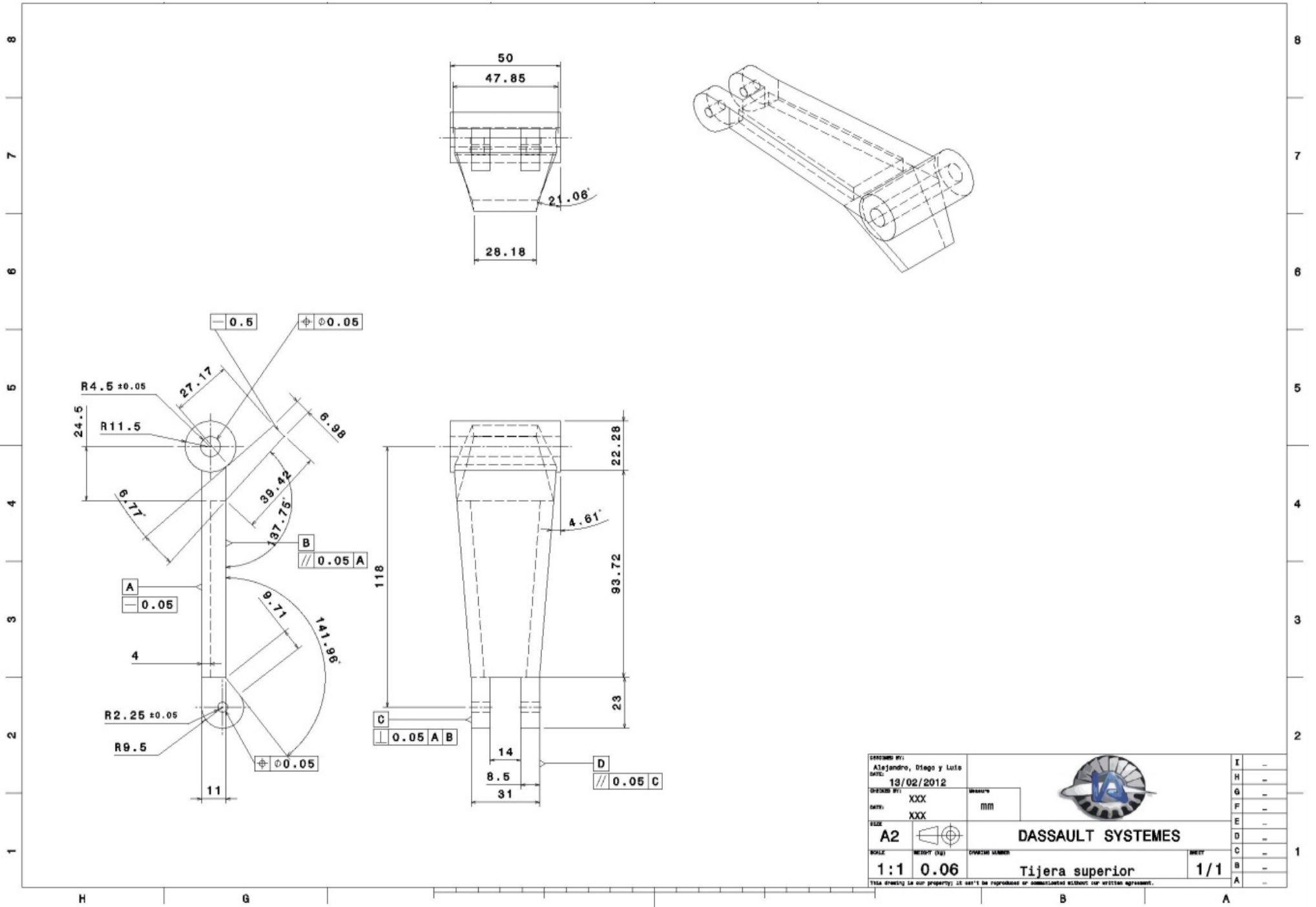
DISEÑADO BY: Alejandro, Diego y Luis			I	-
DATE: 12/02/2012			H	-
DISEÑO BY: XXX	ESCALA: mm	DASSAULT SYSTEMES	G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE: A2			E	-
SCALE: 1:2	MECÁNICO (mm): 0.21	soporte	D	-
TITULO DRAWING IS OUR PROPERTY. IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.			C	-
			B	-
			A	-
				1

Plano 10

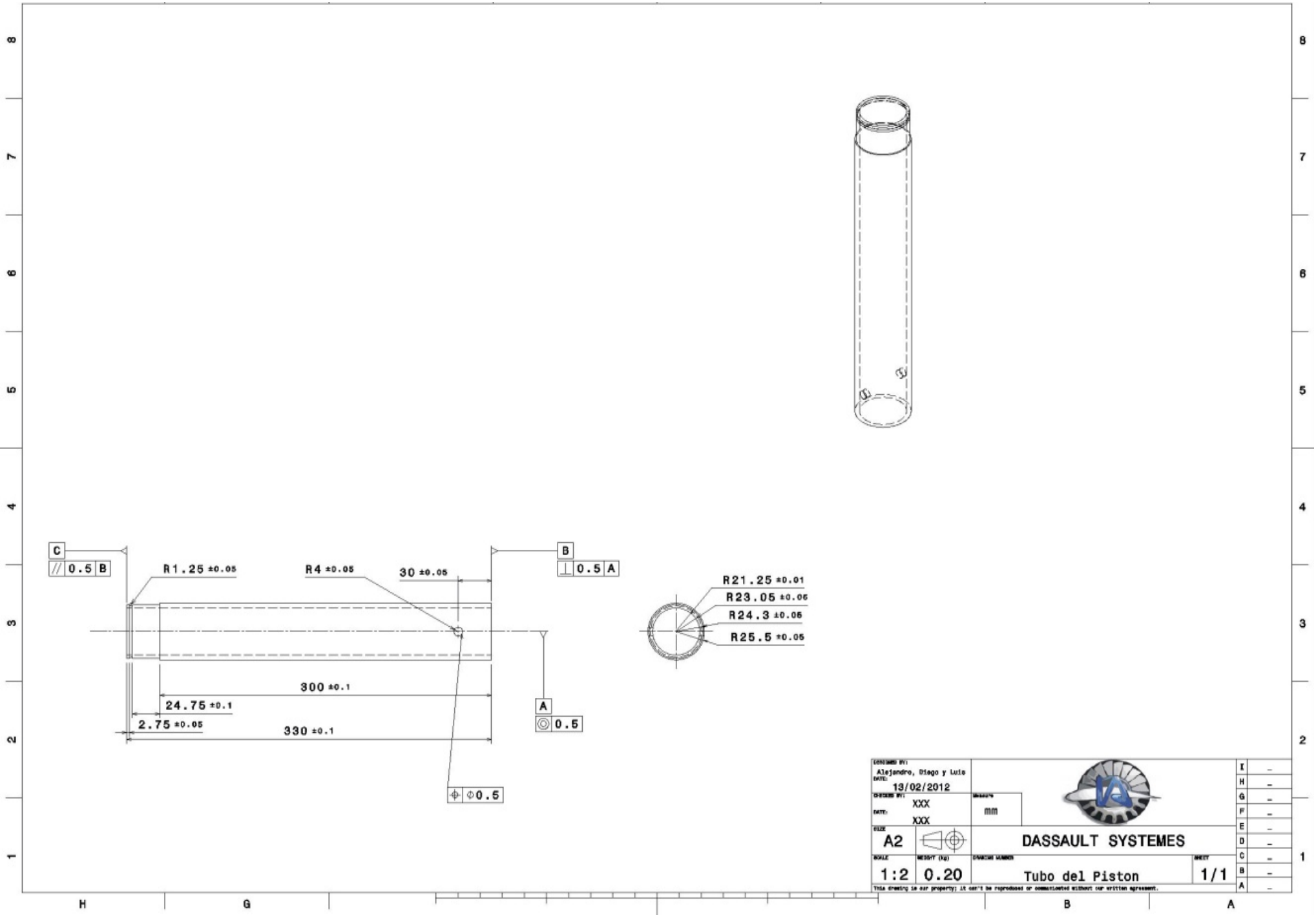


DISEÑO DE: Alejandro, Diego y Iolo			I	-
FECHA: 12/02/2012			H	-
DISEÑO DE:	XXX	DASSAULT SYSTEMES	G	-
MATERIA:	XXX		F	-
ESCALA:	XXX		E	-
ESCALA:	1:1		D	-
TITULO:		Tijera inferior	C	-
ESCALA:		1:1	B	-
ESTADO:		1/1	A	-

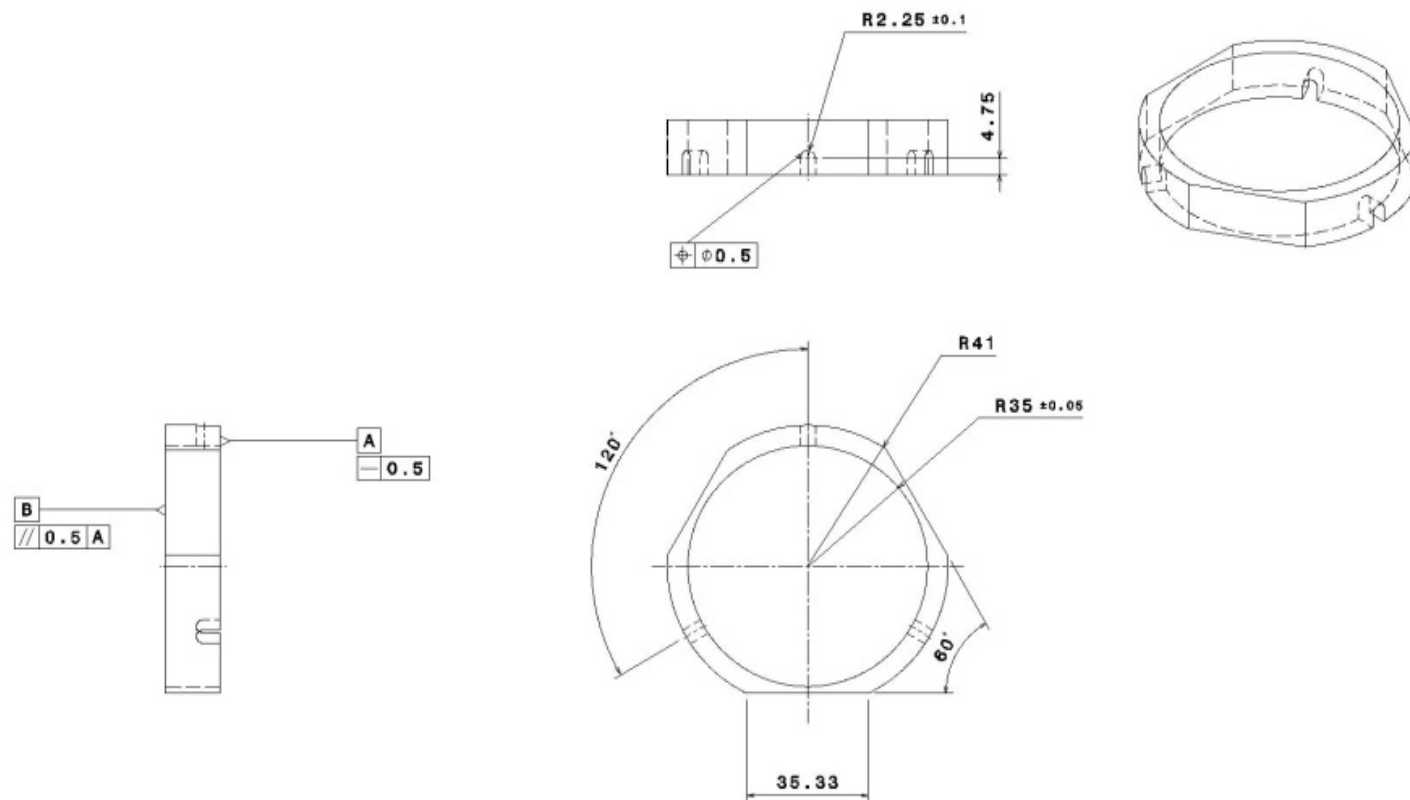
Plano 11



Plano 12



Plano 13



DISEÑO BY: Alejandro, Diego y Luis				I	-
DATE: 13/02/2012				H	-
DISEÑO BY: XXX	UNITS: mm	G	-	F	-
DATE: XXX		E	-	D	-
FILE: A2		DASSAULT SYSTEMES		C	-
SCALE: 1:1	MECHY (D): 0.02	CHANGE NUMBER		B	-
Tuerca castillo			1/1	A	-

This drawing is our property. It can't be reproduced or commercialized without our written agreement.

Plano 14