



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

**Motor de combustión interna alternativo para vehículos
de automodelismo de escala 1/8 TT.**

Trabajo fin de grado

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Javier Giner Peidro.

Tutor: Samuel Sánchez Caballero.

Curso Académico: 2015-2016.

Resumen

El presente proyecto consiste en un MCIA, el proceso de combustión se clasifica dentro de los MEP, en el que el ciclo de trabajo es de 2T con aspiración natural, con una única cámara de combustión (mono cilíndrico) y refrigerado por aire, con lubricación por mezcla y una cilindrada de $3,5 \text{ cm}^3$.

El campo en el que va establecer su vida útil es el del automodelismo, para vehículos de automodelismo de escala 1/8 que compiten en la categoría TT. En esta categoría, los MCIA son exigidos por las condiciones atmosféricas, como pueden ser las elevadas temperaturas debido al calendario de la mayor parte de los campeonatos tanto a nivel nacional como europeo, combinadas con la baja o elevada humedad según el estado del circuito en función de la climatología o el nivel del campeonato, es decir según con la asiduidad con la que se riegue con agua el trazado del circuito en función de si el campeonato se realiza a nivel de club, provincial, comunidad autónoma, nacional o europeo.

La normativa a nivel europeo de dicha categoría limita los MCIA a mono cilíndricos de como máximo $3,5 \text{ cm}^3$ de cilindrada, debiendo funcionar con una mezcla de metanol, aceites y nitro metano, otra clase de aditivo o sustancia está prohibida. El porcentaje de nitro metano será libre. El escape estará convenientemente homologado por EFRA, u otra federación supranacional y no podrá exceder el nivel sonoro de 80 decibelios medidos en el suelo a un metro de distancia. En este caso, el sistema de escape, será motivo de proyectos específicos aparte.

Agradecimientos

A mis padres, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue. En especial a mi madre, por estar siempre en todo momento a mi lado mostrando su apoyo.

A mis sobrinos Pau y Quim, por alegrarme con su sonrisa cada día que comparto con ellos.

A mi abuelita Carmen, por tu apoyo incondicional en mi vida.

En especial a mi pareja Aranza, por toda la paciencia que ha tenido conmigo estos años de estudio y por estar siempre a mi lado apoyándome.

Resumen	3
Agradecimientos	5
Índice	7
Listado de Símbolos	11
Listado de Acrónimos	15
1 Introducción.	17
1.1 Justificación académica del proyecto.	17
1.2 Justificación técnica del proyecto.	17
2 Estudio de mercado.	19
2.1 Estudio del estado del arte.	19
2.1.1 Características del combustible tipo Glow.....	19
2.1.1 Funcionamiento de motores tipo Glow.	20
2.1.3 Vehículos RC que equipan este tipo de motorizaciones.....	23
2.2 Análisis de la competencia	26
2.2.1 MCIA del tipo ABC.	26
2.2.2 MCIA con anillo.....	26
2.2.3 Diferencias MCIA con anillo y del tipo ABC.....	27
2.2.2. Principales fabricantes de MCIA para coches 1/8 TT.....	28
3 Requerimientos y especificaciones.	33
3.1 Requerimientos del vehículo.	33
3.1.1 Especificaciones técnicas de los vehículos.....	33
3.1.2 Especificaciones técnicas de los depósitos de combustible.	34
3.2 Requerimientos del MCIA.....	34
3.2.1 Normativa de obligado cumplimiento.	34
3.2.2 Especificaciones para MCIA del tipo ABC.....	34
3.2.2.1 Combustible a utilizar.....	34
3.2.2.1.1 Metanol.	35
3.2.2.1.2 Aceite de ricino.....	35
3.2.2.1.3 Nitrometano.	35
3.2.2.2 Rodaje del MCIA.....	36
3.2.2.3 Carburación del MCIA.....	37
4 Características básicas de la máquina.	41
4.1 Descripción general de la máquina.....	41
4.2 Descripción de los subconjuntos de la máquina	42

4.2.1 Subconjunto fluido.	43
4.2.2 Subconjunto amarre.....	49
4.2.3 Subconjunto cámara.	51
4.3 Descripción del funcionamiento de la máquina.....	59
4.3.1 Proceso de compresión.	59
4.3.2 Proceso de combustión.....	60
4.3.3 Proceso de expansión.....	62
4.3.4 Proceso de escape y barrido.....	63
5 Cálculos justificativos.	65
5.1 Valores de referencia.	65
5.1.1 Datos o parámetros atmosféricos de referencia.	65
5.1.2 Datos o parámetros geométricos de referencia.....	65
5.1.3 Datos o parámetros de referencia del fluido.....	66
5.1.4 Rendimientos de referencia.	66
5.1.5 Restricciones impuestas.	66
5.2 Cálculos geométricos	67
5.3 Cálculos Termodinámicos.	69
5.3.1 Etapa de compresión en el cárter (4-5).	69
5.3.2 Etapa de barrido (5-6).	71
5.3.3 Etapa de compresión (6-7).	72
5.3.3 Etapa de combustión (7-1).	72
5.3.4 Etapa de expansión (1-2).	74
5.3.5 Etapa de escape (2-3).	75
5.3.6 Parámetros indicados y efectivos.....	75
5.4 Selección de materiales.	80
5.4.1 Métodos de selección utilizados.....	80
5.4.1.1 Método tradicional.....	80
5.4.1.2 Método gráfico.	81
5.4.1.3 Método con base de datos.	82
5.4.2 Materiales obtenidos.....	83
5.4.2.1 Materiales para el subconjunto fluido.	83
5.4.2.2 Materiales para el subconjunto amarre.	83
5.4.2.3 Materiales para el subconjunto cámara.....	84
5.4.3 Procesos de fabricación obtenidos.	84
5.4.3.1 Procesos de fabricación para el subconjunto fluido.....	85
5.4.3.2 Procesos de fabricación para el subconjunto amarre.....	87

5.4.3.3	Procesos de fabricación para el subconjunto cámara.	87
5.5	Cálculos de equilibrado del cigüeñal.	90
5.6	Cálculos de resistencia.....	92
5.6.1	Cálculos de fallas resultantes de carga estática mediante módulo elementos finitos.	92
5.6.1.1	Análisis del pistón junto con el bulón.....	94
5.6.1.2	Análisis del mecanismo biela-manivela.	95
5.6.2	Cálculos de fallas resultantes de carga estática y variable.....	100
5.6.2.1	Metodología de cálculo.	101
5.6.2.2	Cálculos realizados para el Pistón.	111
5.6.2.3	Cálculos realizados para el Bulón.	113
5.6.2.4	Cálculos realizados para la biela.....	115
5.6.2.5	Cálculos realizados para el cigüeñal.	117
5.7	Cálculos rodamientos.	132
5.7.1	Elección de la disposición de los rodamientos y el tipo.	132
5.7.2	Comprobación de la deflexión angular admisible.	133
5.7.3	Modelos seleccionados.....	133
5.7.4	Cálculo horas de duración según el catalogo del fabricante.....	134
5.8	Fórmulas utilizadas.	135
6	Presupuesto.	137
6.1	Presupuesto contemplado y software utilizado.	137
7	Planos.	143
7.1	Índice de planos.	143
8	Pliego de condiciones.	191
8.1	Normativa a cumplir para los elementos normalizados.....	191
8.2	Condiciones para elementos estándar.	193
8.3	Planificación de la fabricación, montaje y ajuste.....	197
8.4	Hojas de proceso y verificación.	211
9	Bibliografía, webs y software utilizado.	221
9.1	Bibliografía utilizada.	221
9.2	Webs utilizadas.	222
9.3	Software utilizado.	225
	Índice de Figuras.	227
	Índice de Tablas.	231

Listado de Símbolos

B → Longitud manivela.

$C_{acabado}$ → Factor de Marín para el acabado superficial.

C_{carga} → Factor de Marín para la carga.

$C_{confiabilidad}$ → Factor de Marín para la confiabilidad.

C_m → Velocidad lineal media del pistón.

$C_{tamaño}$ → Factor de Marín para el tamaño.

$C_{temperatura}$ → Factor de Marín para la temperatura de trabajo.

C_V → Calor específico a volumen constante.

D → Diámetro exterior.

d → Diámetro interior.

ϵ_{equi} → Deformación equivalente.

F → Dosado.

h_{la} → Altura lumbrera admisión.

h_{le} → Altura lumbrera escape.

J_{Neto} → Inercia polar en flexión para tubo hueco con orificio pasante transversal.

K → Constante adiabática.

K_F → Factor concentrador de tensión afectado por la sensibilidad a la entalla.

$K_{F_{flexión}}$ → Factor concentrador de tensión a flexión.

$K_{F_{torsion}}$ → Factor concentrador de tensión a torsión.

K_T → Factor concentrador de tensión.

L → Longitud biela.

M → Par.

M_e → Par efectivo.

M_{equi} → Momento equivalente.

M_f → Momento flector.

M_i → Par indicado.

M_{XY} → *Momento en el plano XY.*

M_{XZ} → *Momento en el plano XZ.*

m → *Masa.*

m_{bi} → *Masa de la biela.*

m_{ca} → *Masa del casquillo lubricado.*

m_{ci} → *Masa del cigüeñal.*

m_f → *Masa de la mezcla de combustible.*

m_{max} → *Masa máxima del fluido.*

m_{real} → *Masa real del fluido.*

m_1 → *Masa del contrapeso 1.*

N → *Potencia.*

N_e → *Potencia efectiva.*

N_i → *Potencia indicada.*

n → *Revoluciones.*

n_f → *Coeficiente de seguridad a fluencia.*

n_g → *Coeficiente de vida según la recta de Goodman modificada.*

n_{sut} → *Coeficiente de seguridad a rotura.*

η_c → *Rendimiento de la combustión.*

n_m → *Rendimiento mecánico.*

P_{equi} → *Presión equivalente.*

p_{me} → *Presión media efectiva.*

p_{mi} → *Presión media indicada.*

p_{atm} → *Presión atmosférica.*

p_o → *Presión inicial.*

p_n → *Presión en el punto n del diagrama p – V.*

ρ → *Densidad.*

Q_{HV} → *Poder calórico de la mezcla de combustible.*

Q_{HV-ar} → *Poder calórico del aceite de ricino.*

Q_{HV-as} → Poder calórico del aceite sintético.

Q_{HV-m} → Poder calórico del metanol.

Q_{HV-n} → Poder calórico del nitrometano.

Q_{HV-m} → Poder calórico del metanol.

q → Sensibilidad a la entalla del material.

R → Constante de los gases ideales.

Rb → Relación biela – manivela.

r → Radio.

rc → Relación de compresión.

rc → Relación de compresión.

S → Carrera.

S/D → Relación carrera – diámetro.

S_e → Límite de resistencia a fatiga del material.

S_K → Límite de resistencia a fatiga modificado por el concentrador de tensiones.

S_{ut} → Límite de resistencia a rotura del material.

S_y → Límite de resistencia a fluencia del material.

S_e' → Límite de resistencia a fatiga del material modificado por los factores de Marín.

T → Torsión.

T_{atm} → Temperatura atmosférica.

T_o → Temperatura inicial.

T_n → Temperatura en el punto n del digrama $p - V$.

V_C → Volumen de la cámara de combustión.

V_T → Cilindrada o volumen total desplazado.

V_n → Volumen en el punto n del diagrama $p - V$.

V_{bi} → Volumen mitad inferior desde el CG de la biela.

V_{ca} → Volumen ocupado por el casquillo lubricado.

V_{bie} → Volumen ocupado por la biela .

V_{bul} → Volumen ocupado por la biela.

V_{car} → Volumen ocupado por el carter.

V_{cig} → Volumen ocupado por la parte del cigüeñal introducida en el cárter .

V_{cli} → Volumen ocupado por el clip de bulón.

V_{pis} → Volumen ocupado por el pistón.

V_{rod} → Volumen ocupado por el rodamiento .

W → Trabajo.

W_e → Trabajo efectivo.

W_i → Trabajo indicado.

W_{1-2} → Trabajo obtenido por la expansión.

W_{6-7} → Trabajo suministrado para la compresión.

w → Velocidad angular.

Z_{Neto} → Inercia polar en torsión para tubo hueco con orificio pasante transversal.

σ_a → Tensión alternante.

σ_m → Tensión media.

σ_{equi} → Tensión equivalente de Von Mises.

σ_{max} → Tensión máxima.

σ_{min} → Tensión mínima.

σ_a' → Tensión equivalentede Von Mises para cargas combinadas.

τ_a → Tensión cortante alternante.

Δ_{equi} → Desplazamiento equivalente.

\sqrt{a} → Constante de Neuber..

Listado de Acrónimos

MCIA: Motor de Combustión Interna Alternativo.

2T: 2 Tiempos.

MEP: Motor de Encendido Provocado.

TT: Todo Terreno.

EFRA: European Federation of Radio operated model Automobiles, Federación Europea de Automóviles operados a Radio control.

EPSA: Escuela Politécnica Superior de Alcoy.

UPV: Universidad Politécnica de Valencia.

CFGS: Ciclo Formativo de Grado Superior.

RC: Radio Control.

P.M.S: Punto Muerto Superior.

P.M.I: Punto Muerto Inferior.

Rpm: Revoluciones por minuto.

AECAR: Asociación Española de Coches a Radiocontrol.

VCF: Vehículos de Combustión Flexible.

ABC: Aluminio Bronce Cromo.

Db: Decibelios.

CAD: Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora.

ASTM: American Society for Testing Materials, Sociedad Americana de Prueba de Materiales.

AISI: American Iron and Steel Institute, Instituto Americano del Hierro y el Acero

SAE: Society of Automotive Engineers, Sociedad de Ingenieros Automoción.

NASA: National Aeronautics and Space, Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.

1

Introducción.

1.1 Justificación académica del proyecto.

El presente proyecto basado en un MCIA bautizado con el nombre de NINJA XGP, nace por la necesidad de obtener los últimos 12 créditos del desarrollo del proyecto de final de Grado, y por lo tanto obtener el título de Grado en ingeniería mecánica en el campus de la EPSA que pertenece a la UPV. Siendo el resultado de gran parte de los conocimientos adquiridos en mi experiencia profesional anterior a los estudios comentados, así como los conocimientos adquiridos durante estos 4 años en la Universidad y durante los 2 años anteriores en los estudios del CFGS, fundamentalmente en el área de diseño de máquinas.

1.2 Justificación técnica del proyecto.

Las circunstancias que originan la necesidad que motiva la realización de este proyecto son, el aumento de aficionados y pilotos así como la competencia en el mercado de los MCIA de automodelismo de la categoría 1/8 TT, la reina de las escalas en los vehículos de automodelismo de Todo Terreno dado que, es la que más campeonatos organiza a distintos niveles y también la que más ingresos ha tenido en el último año, siendo de alrededor de 100 millones de euros. Debido al crecimiento de dicho mercado, estamos obligados a invertir en I+D+I para poder ofrecer anualmente a nuestros clientes, un MCIA con mejoras para aumentar las prestaciones y reducir el consumo en comparación con el modelo de MCIA del año anterior.

Por otro lado, existen otros motivos relacionados con los éxitos alcanzados en el pasado por la marca, como pueden ser:

- El nivel de ventas obtenido en las versiones del año 2013 y 2015.
- Repetir el título del Campeonato Europeo obtenido en 2014 por el piloto catalán Robert Batlle motorizado con la versión del año 2013 fabricada por nuestra marca.

2 Estudio de mercado.

2.1 Estudio del estado del arte.

Debido a que existe la limitación de que el MCIA sea monocilíndrico, con una cilindrada como máximo de $3,5 \text{ cm}^3$ y que el combustible sea del tipo Glow, dado que así lo especifica la normativa europea que depende de la EFRA. Vamos a empezar por comentar las características de este tipo de combustibles, para seguidamente observar el funcionamiento de este tipo de MCIA y sus características. Finalmente, podremos observar en qué tipo de vehículos RC se equipan este tipo de motorizaciones.

2.1.1 Características del combustible tipo Glow.

Los componentes básicos encargados de detonar la mezcla de este tipo de combustibles, se basan en una mezcla de Metanol CH_3OH y Nitrometano CH_3NO_2 . Además, se componen de aditivos como pueden ser antioxidantes, detergentes, antiespumantes, antidetonantes, deslizantes, antiácidos, estabilizadores, dispersantes, etc...

Finalmente, el componente más importante es el aceite. Que puede ser del tipo:

- **Mineral:** Procede del aceite crudo del petróleo, en desuso para los MCIA de 2T de automodelismo o aeromodelismo, sus cualidades son inferiores y ofrecen peores prestaciones que las de sus competidores, son más ácidos y de menor resistencia a las altas temperaturas, también tienden a formar más espuma que los otros aceites pudiendo provocar una lubricación inadecuada, y lo más importante no se disuelven en Metanol.
- **Sintéticos:** Son producidos a partir de sustancias sintéticas por procesos químicos, su variedad y viscosidad es muy amplia, imprescindible que sean solubles en Metanol y se mantengan intactos a temperaturas elevadas garantizando un buen funcionamiento a revoluciones altas, su capacidad de lubricación y viscosidad es muy buena pero menor que la del ricino, por lo que su porcentaje en la mezcla será en mayor cantidad; si es de calidad deberá llevar inhibidores adecuados para disminuir la corrosión, la espuma, aditivos antideslizantes y estabilizadores para que se mantengan en el tiempo. Estos aceites prácticamente no ensucian el pistón, escape, bujías, dejan poco

o nada de residuos de carbonilla o barniz, se podría decir que efectúan una lubricación limpia.

- **De Ricino:** Se obtiene por presión de la semilla del ricino o higuera del diablo, en Ingles Castor-oil plant. Para modelismo solo usaremos de primera presión o prensada. Es soluble en metanol, pero en mezclas superiores al 50 % insoluble en nitrometano. Es un aceite altamente viscoso, si no es de primera presión o prensada habrá que usarlo desgomado, de no ser así o si se usa en un porcentaje alto dejará residuos en el pistón. Debidamente tratado es el lubricante por excelencia para MCI A de 2T, es un gran anticorrosivo y antiácido, su rendimiento a altas temperaturas sin perder sus propiedades es excelente y el más resistente a quemarse, permitiéndonos usar mezclas con menor porcentaje de aceite y poder subir el de los componente básicos consiguiendo mayor potencia y mejor ralentí. De lo contrario si no es de la calidad adecuada, nos dejará residuos en la cámara de combustión (carbonilla o barniz) por la polimerización de sus gomas.

2.1.1 Funcionamiento de motores tipo Glow.

Aunque existen otras versiones de MCI A, el más utilizado actualmente en el modelismo es el motor de 2 tiempos que trabaja con combustible tipo Glow aunque no precisamente significa que sea el mejor motor, debido a que muchos factores y diferencias determinan la calidad del motor.

Las Bujías de incandescencia utilizadas en el modelismo son denominadas en inglés "Glow Plugs". Estas Bujías en el transcurso del tiempo han sido rediseñadas y modificadas para trabajar según las características del MCI A, y tipo de combustible. Una Bujía convencional utilizada para un automóvil genera un arco eléctrico que se encarga de hacer estallar la mezcla de combustible que se encuentra en el cilindro del MCI A, pero una Bujía "Glow Plugs" no trabaja de la misma forma.



Figura 1: Bujías del tipo Glow Plugs.

Si se observa la figura1, en el orificio se puede observar un alambre fino enrollado como si fuera un resorte (Filamento). Un extremo del alambre esta soldado en la masa principal de la bujía y el otro extremo es soldado en la parte superior central. Desde el punto de vista eléctrico, este resorte viene a ser como una resistencia parecida al filamento que tiene una bombilla común y corriente; pero diseñado para trabajar con 1.5 Vts. Este filamento está recubierto por una capa de platino, este recubrimiento tiene un efecto catalizador necesario para desencadenar la explosión del combustible que se encuentra en el cilindro de los MCIA que trabajan con combustible tipo Glow. El uso de este tipo de bujías tiene una razón crucial, el peso, pues si se usasen bujías de chispa se necesitarían alternadores, baterías y otros elementos que incrementarían de forma considerable el peso.

Cuando se pretende poner en marcha un MCIA, primero calentamos la Bujía hasta ponerse incandescente mediante la circulación de una corriente eléctrica (Se conecta una batería de 1.5 V, llamada chispómetro). Seguidamente, el MCIA no arrancara por sí solo, sino que hay que hacerlo girar con cualquier método conocido (Manualmente – Motor Eléctrico, etc). Para finalizar, el MCIA comienza a girar por su propia cuenta y desde este punto podemos desconectar la corriente de la Bujía ya que la propia energía de las explosiones del combustible mantiene la Bujía incandescente.

Los MCIA de 2T reciben tal denominación pues los cuatro ciclos de su funcionamiento, se producen en solo dos movimientos del pistón: uno ascendente y otro descendente, es decir, en tan solo una vuelta del cigüeñal, a diferencia de un MCIA de 4 tiempos en el cual los cuatro ciclos se producen en cuatro movimientos del pistón o sea en dos giros de cigüeñal (cualquier MCIA tiene esas 4 fases de funcionamiento).

Pero antes de continuar, explicaremos cuáles son esos cuatro ciclos en el funcionamiento de estos MCIA, como se puede observar en la figura 2:

1. Ciclo de Admisión: es aquel que introduce la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión.
2. Ciclo de Compresión: es aquel que corresponde al momento en que el pistón en su carrera ascendente, comprime los gases introducidos en la cámara de combustión, llegando al P.M.S.
3. Ciclo de Encendido: es cuando se produce el encendido de la mezcla provocando la explosión de la misma.
4. Ciclo de Escape: es el ciclo en el cual el pistón en su carrera descendente, expulsa los gases quemados a través de la lumbrera de escape del MCIA. De los 4 ciclos, este es el único que genera trabajo, y en este ciclo el pistón alcanza el P.M.I., antes de recomenzar el ciclo de admisión.

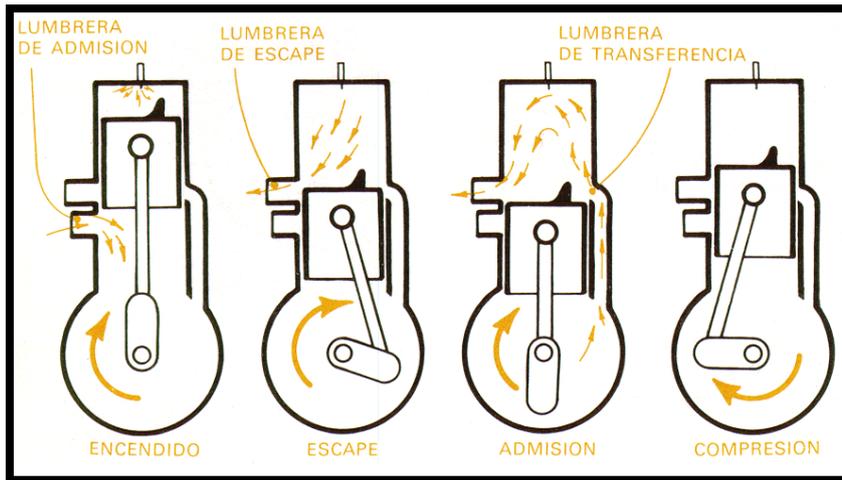


Figura 2: Ciclo seguido por los gases del cilindro en un motor 2T del tipo Glow.

Para entender mejor este funcionamiento, detallaremos a continuación por medio de dibujos simples, los componentes mecánicos básicos del tren alternativo de un MCIA Glow tradicional (cigüeñal, biela y pistón), como se puede observar en la figura 3.

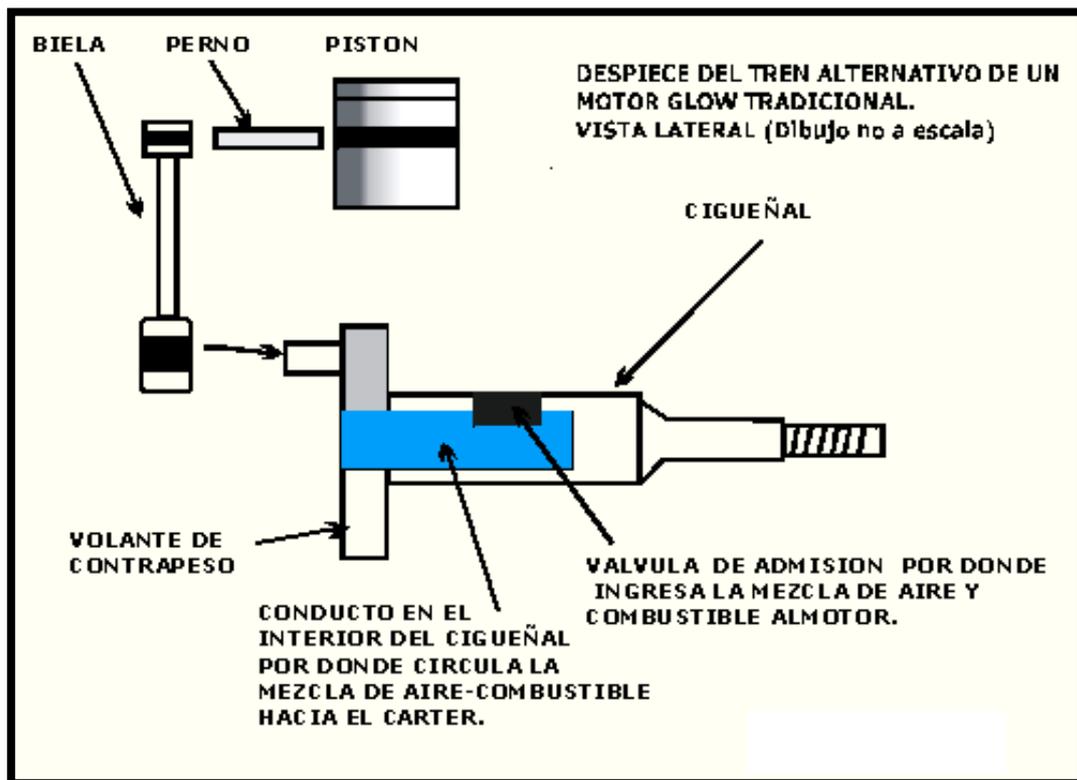


Figura 3: Tren alternativo de un MCIA Glow tradicional.

También es necesario conocer aunque sea en forma elemental, como se compone el bloque de un MCIA por dentro, incluyendo el tren alternativo antes descrito, en la figura 4 se muestra el MCIA visto desde atrás. En este caso, se trata un

MCIA donde se observa en la parte superior la tapa de cilindro (llamada comúnmente "culata") con la bujía incandescente incorporada, el hueco que forma la cámara de combustión, las aletas refrigerantes, el cigüeñal con su interior ahuecado para que la mezcla pase al "cárter", el grupo de biela y pistón, el canal por donde sube la mezcla hacia la cámara de combustión (llamado comúnmente "transfer de admisión"), y la abertura que existe en la camisa del cilindro por donde pasa la mezcla ("lumbrera de admisión").

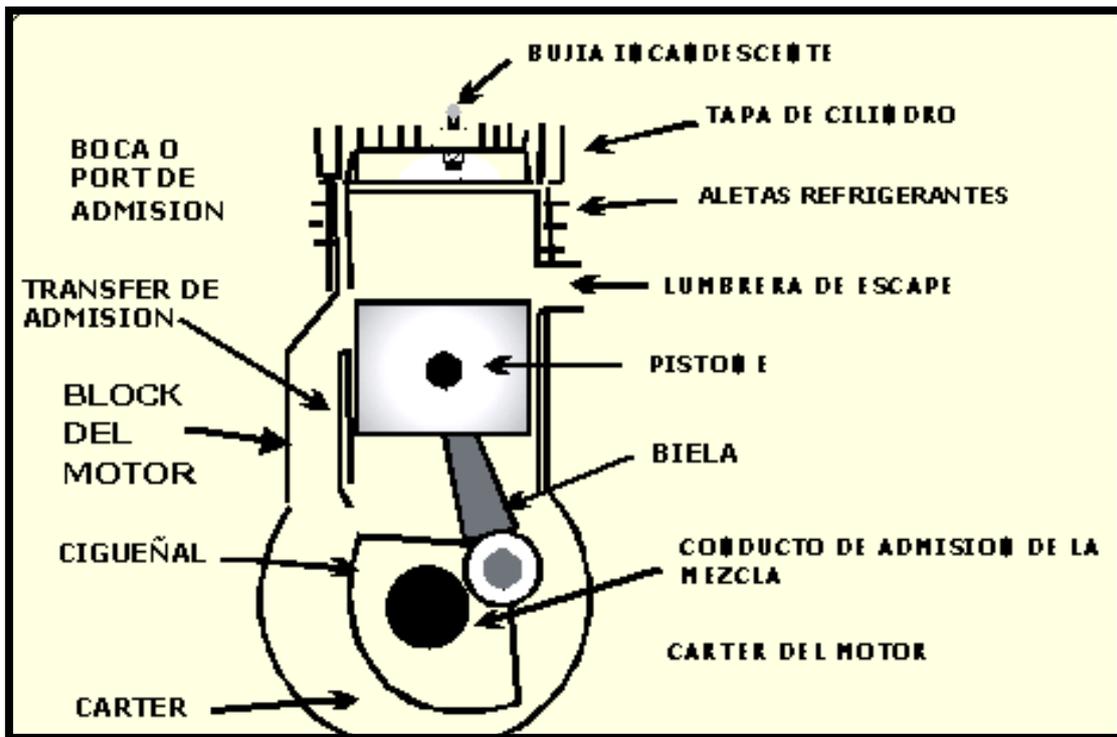


Figura 4: Bloque motor y tren alternativo de un MCIA Glow tradicional.

2.1.3 Vehículos RC que equipan este tipo de motorizaciones.

Los vehículos RC que equipan este tipo de motorizaciones son los siguientes:

- **Aviones RC:** Las cilindradas van desde $0,4 \text{ cm}^3$ hasta unos 23 cm^3 , habitualmente, aunque no solo se utilizan este tipo de motorizaciones.
- **Barcos RC:** Se utilizan una única cilindrada de $3,5 \text{ cm}^3$.
- **Helicópteros RC:** Las cilindradas van desde 6 cm^3 hasta unos 15 cm^3 habitualmente.
- **Coches RC:** En los MCIA utilizados en automóviles, la cilindrada permitida según reglamento es de 12 ($2,0 \text{ cm}^3$) ò 15 ($2,5 \text{ cm}^3$) pulgadas cúbicas para los modelos de escala 1/10 y de 21 ($3,5 \text{ cm}^3$) pulgadas cúbicas para los vehículos

a escala 1/8, no estando permitidas otras cilindradas en competición. Para los vehículos de gran escala, 1/4, 1/5 y 1/6 no se utilizan este tipo de MCI.

En las figuras 5, 6 y 7 se pueden observar este tipo de MCI en los diferentes vehículos comentados.



Figura 5: Avión RC con este tipo de motorizaciones.



Figura 6: Barco RC con este tipo de motorizaciones.



Figura 7: Helicóptero RC con este tipo de motorizaciones.

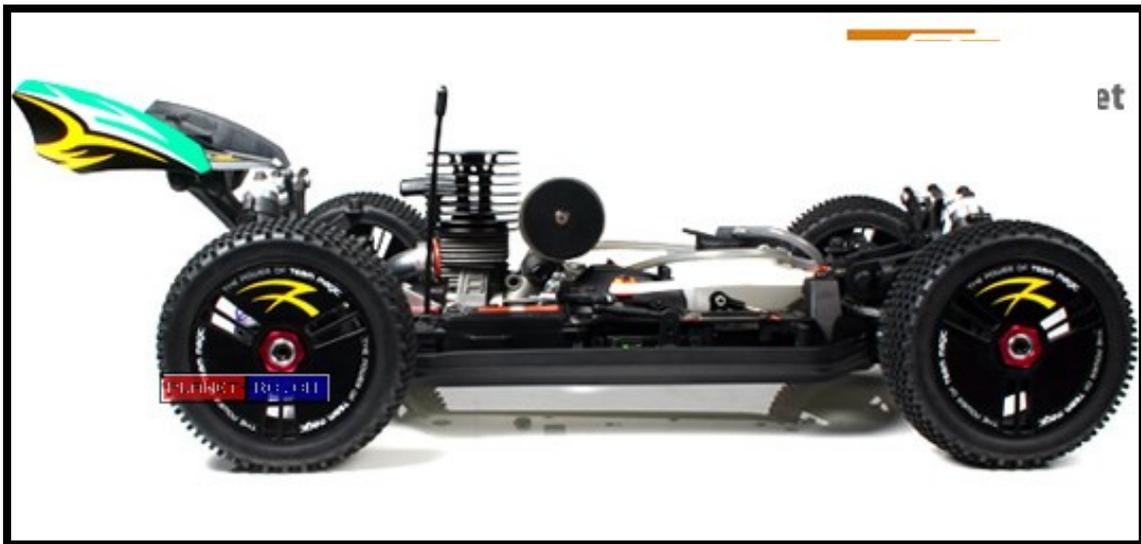


Figura 8: Coche escala 1/8 TT equipado con este tipo de motorizaciones.

2.2 Análisis de la competencia

Las empresas fabricantes cuando diseñaron sus primeros MCIA encontraban problemáticas del diseño y a medida que transcurría el tiempo, rediseñaban los modelos obteniendo mayor potencia, MCIA más livianos y lo mejor de todo, menor temperatura de trabajo que representa un factor importante en los MCIA.

Comencemos por las abreviaturas que tienen los MCIA impresos en sus cajas, la cual representa una identificación clásica de los materiales que fueron utilizados para la fabricación del MCIA.

2.2.1 MCIA del tipo ABC.

En términos generales, los MCIA que trabajan con combustible tipo Glow podemos resumirlos en dos abreviaturas principales: La Primera representa a los MCIA tipo ABC y la segunda a los MCIA con anillo.

En el año 1968, la empresa Italiana Súper Tigre fabricante de MCIA introduce una nueva línea de motores en la cual el Pistón y la Camisa estaban compuestos de tres materiales básicos: Aluminio - Bronce - Cromo y la abreviación de la terminología escrita como "ABC", de esta forma, se indica con 3 letras los metales que se han utilizado: la primera letra para el pistón y las otras dos para la camisa. Por ejemplo, un MCIA con las letras ABC indica que el pistón es de aluminio (A) y la camisa es de bronce (B) con un baño de cromo (C). Los MCIA tipo ABC, son los de mayor producción en la actualidad por la mayoría de las empresas que fabrican MCIA que trabajan con combustible tipo glow. Un MCIA construido con la combinación de estos materiales suele ser ligeramente más costoso. Existen otras combinaciones de materiales utilizados como AAC y ABN; pero el más utilizado es la combinación ABC.



Figura 9: Camisa y pistón del tipo ABC.

2.2.2 MCIA con anillo.

Por otro lado, antes de la invención de los MCIA tipo ABC, existían los motores que tienen un anillo en el Pistón (Segmento). Estos MCIA se siguen utilizando en la actualidad sobre todo en el helimodelismo. Los motores con anillos son ciertamente un poco más económicos de fabricar.

Los MCIA con anillos son utilizados actualmente y continúan fabricándose aunque estos son los predecesores a los MCIA tipo ABC. Estos motores utilizan un pistón de aluminio o acero que se desplaza dentro de una camisa de acero. El pistón incorpora un anillo que se encarga de proveer la compresión.



Figura 10: Camisa, pistón y segmento de MCIA con anillo.

2.2.3 Diferencias MCIA con anillo y del tipo ABC.

Las principales diferencias en las características de estos MCIA que trabajan con combustible del tipo glow son las siguientes:

- **Compresión, Potencia y Arranque** - El MCIA de ABC proporciona mayor compresión porque toda la superficie del pistón se desliza sobre el cilindro lo que implica mayor potencia. Los materiales de Aluminio, Bronce y Cromo dependen de temperaturas de dilatación que tienen que ser alcanzadas para lograr una correcta compresión. En un MCIA de ABC cuando está frío los materiales no se encuentran dilatados y el Pistón se desliza sobre el cilindro con mayor dificultad. Cuando el MCIA alcanza su temperatura de funcionamiento, los materiales se dilatan y el pistón funciona con mayor libertad. Es de entenderse que esta dilatación es de apenas unas micras. En cambio en el MCIA con anillo, el pistón se encuentra totalmente aislado del cilindro, solamente el anillo se desliza sobre el cilindro. La tensión del anillo asegura la compresión, no se requiere alcanzar una temperatura ideal para obtener la compresión ideal porque todos los materiales son los mismos, la dilatación es proporcional y despreciable. En la práctica, un MCIA con anillo es más fácil de arrancar que un MCIA de ABC. Este particular detalle suele ser importante en el Helimodelismo. Los helicópteros normalmente tienen un pequeño cono que se utiliza para encender el motor lo que implica aplicar mayor fuerza entre el arrancador y el cono para que no se deslice el arrancador sobre el cono. Por lo explicado anteriormente, el MCIA de ABC ofrecerá mayor resistencia al arrancado que el MCIA con anillo.
- **Precio** - El MCIA de ABC suele ser ligeramente más costoso por el tipo de proceso de producción que este implica. Específicamente la sección de Pistón y Cilindro requieren de un proceso más elaborado por los diferentes materiales.
- **Desgaste** - En el MCIA de ABC cuando ya se ha llegado a un nivel de desgaste en el pistón y el cilindro, se debe adquirir un pistón y un cilindro

nuevo. En el MCIA con anillo, tan solo se debe cambiar el anillo. Para el caso del MCIA de ABC el cambio del pistón y el cilindro representa aproximadamente el 35 % del costo de un MCIA completamente nuevo. Para el caso del MCIA con anillo, el gasto representa apenas un 4 % del costo de un MCIA completamente nuevo.

- **Rodaje** - El rodaje para un MCIA tipo ABC es más corto que un MCIA con anillo por que el ajuste pistón-cilindro puede alcanzarse con algunos pocos tanques de combustible, el MCIA con anillo requiere un periodo de rodaje más largo funcionando con una mezcla muy rica para proveer una gran cantidad de lubricación hasta que el anillo se ajuste al cilindro. En ambos casos existe un factor de peligro en dañar el MCIA si el rodaje no se hace adecuadamente. Para el caso de un MCIA de ABC, si el rodaje no se realiza adecuadamente se perderá el pistón y el cilindro la cual deberá adquirir nuevamente. Para el caso de un motor con anillo en la cual el rodaje no se realizó adecuadamente, tan solo se debe adquirir el anillo del pistón.

2.2.2. Principales fabricantes de MCIA para coches 1/8 TT.

Los fabricantes de MCIA para coches de escala 1/8 TT suelen ofrecer un MCIA para pilotos que están en la fase de iniciación, con unas potencias comprendidas entre 1,5 y 1,7 Cv, este tipo de motor no es el que contempla este proyecto. También, ofrecen otro MCIA dedicado al uso en competición, con potencias de alrededor de 3 y 4 Cv, este tipo de motor es el contemplado por este proyecto.

Los principales fabricantes de MCIA para coches de escala 1/8 TT se detallan a continuación, además se puede observar el respectivo MCIA dedicado al uso en competición con sus principales características:

- **O.S ENGINE:** Esta empresa ofrece al mercado el “21XZ-B VII”, como se puede observar en la figura 11.



Cilindrada:	3.49 cm^3 .
□ Max pistón:	16.27 mm.
Carrera:	16.8 mm.
Régimen de RPM:	3.000-41.500 RPM.
Potencia de salida:	2,7 Cv a 34.000 RPM.
Peso:	0,362 Kg.
□ carburador:	6-7 mm.
Manga:	5 puertos.

Figura 11: “21 XZ-B VII” de O.S Engine y sus características.

- **NOVAROSSİ:** Este fabricante de MCIA, fabrica dicho componente para diferentes empresas como pueden ser TOP ENGINES o REX ENGINES, como se puede observar en la figura 12 y 13.



Cilindrada:	3.49 cm^3 .
□ Max pistón:	16.26 mm.
Carrera:	16.8 mm.
Régimen de RPM:	-
Potencia de salida:	- a 36.800 Rpm.
Peso:	0,370 Kg.
□ carburador:	9 mm.
Manga:	8 puertos.

Figura 12: “Elite 8” de TOP ENGINES y sus características.



Cilindrada:	3.49 cm^3 .
□ Max pistón:	15.88 mm.
Carrera:	17.66 mm.
Régimen de RPM:	6000 - 40.700 Rpm
Potencia de salida:	- a 35.800 Rpm
Peso:	0,363 Kg.
□ carburador:	9 mm.
Manga:	7 puertos.

Figura 13: “Paloma 21” de REX ENGINES y sus características.

- **AXE ROSSI:** Esta empresa ofrece al mercado el “Cobra Off X1”, como se puede observar en la figura 14.



Cilindrada:	3.49 cm^3 .
□ Max pistón:	16 mm.
Carrera:	17.4 mm.
Régimen de RPM:	6000 - 41.300 Rpm
Potencia de salida:	3,23 Cv
Peso:	0,363 Kg.
□ carburador:	9 mm.
Manga:	7 puertos.

Figura 14: “Cobra Off X1” de AXE ROSSI y sus características.

- **PICCO:** Esta empresa ofrece al mercado el “21.5TR Cer Team Spec”, como se puede observar en la figura 15.



Cilindrada:	3.49 cm^3 .
□ Max pistón:	16,26 mm.
Carrera:	16,8 mm.
Régimen de RPM:	3000 - 41.000 Rpm
Potencia de salida:	2,6 Cv a 33.000 Rpm
Peso:	-
□ carburador:	6 - 7 mm.
Manga:	7 puertos.

Figura 15: “21.5TR Cer Team Spec” de PICCO y sus características.

- **HOBBO:** Esta empresa ofrece al mercado el “Hyper 21 Racing Pro”, como se puede observar en la figura 16.



Cilindrada:	3.49 <i>cm</i> ³ .
□ Max pistón:	-
Carrera:	-
Régimen de RPM:	-
Potencia de salida:	2,7 Cv a 38.000 Rpm
Peso:	-
□ carburador:	6 - 7 mm.
Manga:	8 puertos.

Figura 16: “Hyper 21 Racing Pro” de HOBAO y sus características.

3

Requerimientos y especificaciones.

3.1 Requerimientos del vehículo.

La AECAR obliga a cumplir en su normativa las siguientes especificaciones técnicas en referente a los vehículos de escala 1/8 TT con MCIA, dichas especificaciones se dividen en dos puntos:

- Especificaciones técnicas de los vehículos.
- Especificaciones técnicas de los depósitos de combustible.

3.1.1 Especificaciones técnicas de los vehículos.

Las carrocerías deberán estar pintadas, con los cristales transparentes o traslucidos colocando los números en ella bien visibles en las tres ventanillas (frontal, izquierda, derecha), en el caso de pérdida de la carrocería o de los números en carrera deberá subsanarse o será sancionado con la pérdida de la manga, únicamente podrán seguir en caso de lluvia o barro y si así lo comunica la organización por megafonía. Las defensas serán de material plástico flexible para evitar daños a recoge-coches. El uso de aditivos para los neumáticos y para la reparación de los circuitos será libre. El peso del vehículo será mínimo de 3.200 g. Las dimensiones máximas a cumplir deben ser las que se observan en la figura 17.

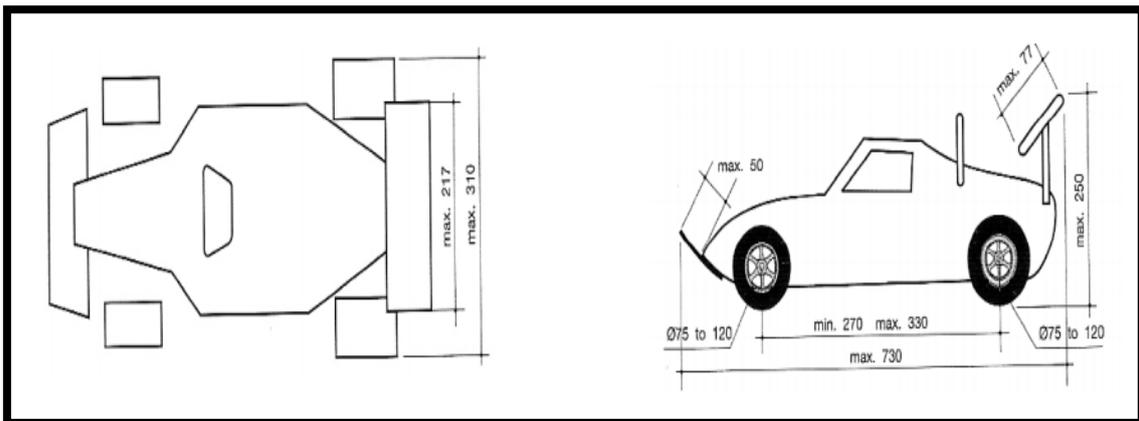


Figura 17: Dimensiones máximas para los vehículos escala 1/8 TT con MCIA.

3.1.2 Especificaciones técnicas de los depósitos de combustible.

Los depósitos de combustible, estarán situados en el interior del coche y su capacidad máxima, incluidos tubos y filtros, será de 125 cm^3 . No se permiten objetos sueltos en el interior para conseguir la capacidad nombrada.

3.2 Requerimientos del MCIA.

Este capítulo, se divide en la normativa de obligado cumplimiento impuesta por la AECAR para los MCIA y las especificaciones técnicas de los MCIA del tipo ABC.

3.2.1 Normativa de obligado cumplimiento.

Los MCIA serán monocilíndricos de como máximo $3'5 \text{ cm}^3$ de cilindrada, debiendo funcionar con una mezcla de metanol, aceites y nitrometano, otra clase de aditivo o sustancia está prohibida. El porcentaje de nitro será libre. El escape estará convenientemente homologado por EFRA, u otra federación supranacional y no podrá exceder el nivel sonoro de 80 db. medidos en el suelo a un metro de distancia, queda en potestad del director de carrera obligar al cambio de escape por exceso de ruido o falta de homologación.

3.2.2 Especificaciones para MCIA del tipo ABC.

En este subcapítulo dedicado a las especificaciones para los MCIA del tipo ABC, se divide en los siguientes apartados:

- Combustible a utilizar.
- Rodaje del MCIA.
- Carburación del MCIA.

3.2.2.1 Combustible a utilizar.

El MCIA en el que se basa este proyecto, está diseñado para utilizar combustible NINJA 20%, obteniendo las máximas prestaciones, así como para alargar su vida útil, dicho combustible contiene estos tres componentes: mezcla con base de Metanol (62%), Nitrometano (20%), aceite sintético (15%) y aceite de ricino (3%).

3.2.2.1.1 Metanol.

El uso del metanol como combustible de automoción recibió atención durante las crisis del petróleo de la década de 1970 debido a su disponibilidad, bajo coste, y los beneficios medioambientales. A mediados de la década de 1990, más de 20 000 VCF capaces de funcionar con metanol o gasolina se vendieron en Estados Unidos.

Además, durante gran parte de la década de 1980 y principios de los 1990, en los combustibles de gasolina que se venden en Europa se mezclan pequeños porcentajes de metanol. Los fabricantes de automóviles dejaron de construir VCF's a metanol a finales de los años 1990, cambiando su atención a los vehículos propulsados por etanol. Aunque el programa de VCF a metanol fue un éxito técnico, el aumento del precio del metanol a mediados y finales de la década de 1990 durante un período de caída en precios de la gasolina disminuyó el interés en el metanol como combustible.

El metanol, como todo alcohol, tiene varios usos. Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehído. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, combustible de estufas de acampada, disolvente de tintas, tintes, resinas, adhesivos, biocombustibles y aspartame. El metanol puede ser también añadido al etanol para vehículos de modelismo con MCIA.

3.2.2.1.2 Aceite de ricino.

Este aceite se utiliza mezclado con el combustible, actúa como lubricante y refrigerante en nuestro MCIA, es un aceite del tipo vegetal, hoy en día sigue siendo el preferido por todos los modelistas. Es más barato que los aceites sintéticos y es el que mejor protege el motor a altas revoluciones. El aceite de ricino de mejor calidad es el que se obtiene en la primera prensada, o de la segunda prensada realizando un desgomizado, como ya vimos en el apartado 2.1.1 referido al combustible de tipo Glow.

3.2.2.1.3 Nitrometano.

Todos los MCIA mezclan aire y algún otro ingrediente, en este caso combustible glow. El propósito del carburador es mezclar esos dos ingredientes en la proporción justa, y cada motor en particular necesita una proporción específica de aire y combustible.

El Metanol es más inflamable que el Nitrometano en el combustible Glow. Un MCIA puede quemar más de 2,5 veces tanto nitrometano para un volumen de aire dado que lo que puede hacer el metanol, lo que implica que el consumo de combustible será mayor. El Nitrometano hace que un motor sea más estable en su funcionamiento.

No utilizar Nitrometano en los motores que lo requieran implica inestabilidad en su funcionamiento y para ser ajustado se requerirá un experto de segundo nivel por lo que es un dolor de cabeza para las personas que se están iniciando incluso para las personas de nivel técnico medio.

Cuanto más alto el porcentaje de nitro, más alta será la temperatura de funcionamiento. El uso de mayor cantidad de Nitro implicara que el motor consuma mayor cantidad de combustible.

3.2.2.2 Rodaje del MCIA.

El rodaje o ablande conocido en inglés como "RUNNIG-IN" y también como "BREAKING-IN" es el factor más importante cuando el motor es nuevo de paquete. Realizar un buen Rodaje nos garantizara una larga vida del motor. El Rodaje es un procedimiento estrictamente controlado bajo un operador con los conocimientos bien claros, de lo contrario con la ejecución de un mal rodaje los componentes se sobre calentaran y el motor puede llegar a ser totalmente inservible. Es recomendable siempre leer el manual del fabricante.

El rodaje de los motores tipo ABC tiene ciertas normas básicas importantes. En los primeros minutos de funcionamiento (15 y 25 minutos) el motor debe funcionar en unas 4000 a 5500 Rpm con el carburador totalmente abierto. Después de los 25 minutos podrá ajustar el carburador para que el motor pueda llegar a su máximo rendimiento; pero esto solo deberá hacerlo durante aproximadamente 3 segundos y volver nuevamente al entorno de 4000 a 5500 Rpm. Esta operación hay que repetirla tantas veces como sea posible sin que el motor no sobrepase su temperatura de funcionamiento y lo podamos mantener acelerado.

Este Rodaje se realiza por que el motor tiene que ajustarse perfectamente, pero si la temperatura se excede de los limites sobrepasando los 100 grados centígrados, los materiales de la camisa y el pistón se dilataran de forma no uniforme obteniéndose un futuro mal funcionamiento en sobre calentamiento, apagones imprevistos y debe saberse que el motor no tendrá recuperación al menos que el cliente obtenga un nuevo conjunto de pistón y camisa para realizar nuevamente el procedimiento de rodaje.

Delante de este mal funcionamiento, es muy común culpar al fabricante aunque la mayoría de los operadores desconocen el procedimiento exacto para el rodaje de un motor tipo ABC.

Idealmente, el cliente debería tener un dispositivo para medir la temperatura y un contador de RPM para realizar un rodaje perfecto. En el caso de que el cliente no disponga de estos instrumentos de medición, el cual es muy típico, debe primero consumir tres tanques completos de combustible con el motor girando en mínimos en la carburación predeterminada de fábrica, esto asegurara un tiempo promedio de 30 a 70 minutos de funcionamiento. En segundo lugar el cuarto tanque lo dedicara para llevar al máximo de RPM en un periodo no mayor a tres segundos. El cliente deberá

repetir este procedimiento con intervalos de tiempo de 10 segundos en mínimas RPM hasta que se agote el cuarto tanque de combustible. En tercer lugar, el cliente podrá continuar el rodaje del motor sin ningún problema en pista, tratando en lo posible de no mantener las máximas RPM en los primeros 2 depósitos, para seguidamente afinar la carburación en función de la presión atmosférica y temperatura del aire del circuito en cuestión. Este método ha resultado ser muy práctico y eficiente.

3.2.2.3 Carburación del MCIA.

En la figura 18, se puede observar los elementos mecánicos que pueden variar la carburación del MCIA, en la que se observan los siguientes elementos mecánicos:

- **A=** Aguja de regulación de las Altas, más combustible o menos combustible en Altas Rpm. Cuando la cantidad de combustible sea mayor, la temperatura y la potencia obtenida serán menores. No exceder de 120 Grados Centígrados en funcionamiento.
- **B=** Aguja de regulación de las Bajas, más combustible o menos combustible en Bajas Rpm. Cuando la cantidad de combustible sea menor, la temperatura y la potencia obtenida serán mayores. No exceder de 120 Grados Centígrados en funcionamiento.
- **C=** Aguja de regulación del Ralentí, más o menos abierto el Acelerador en la posición de reposo. Con la obtención de más o menos Rpm en estático.

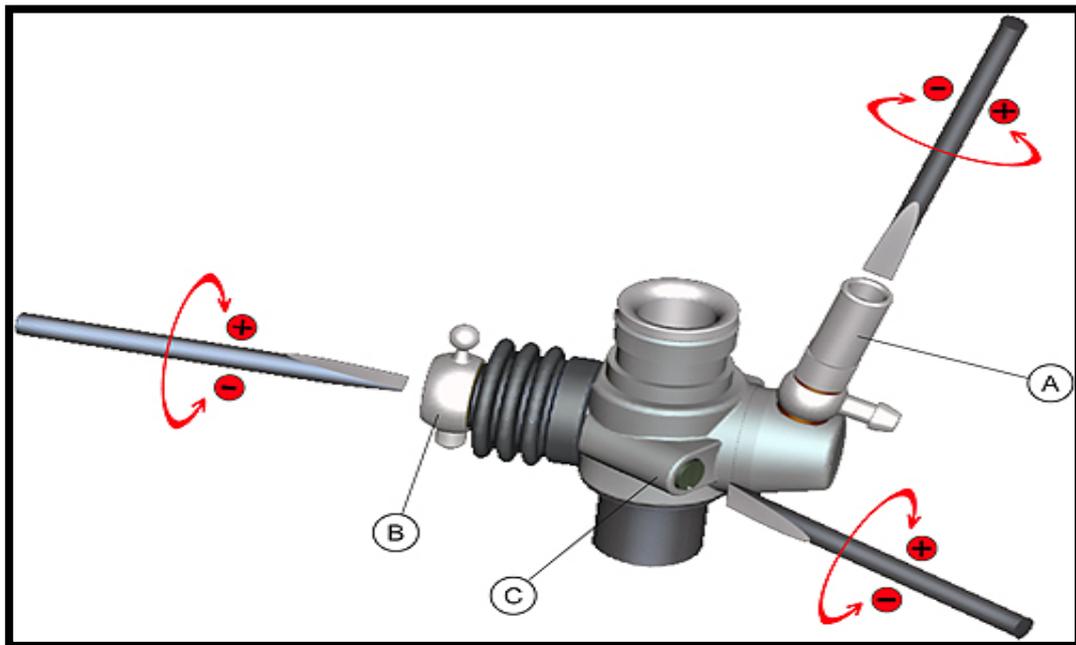


Figura 18: Elementos mecánicos de regulación de la carburación.

Los MCIA se alimentan de una mezcla de aire y combustible, éste último en forma de finas gotas. No todas las mezclas de estos elementos funcionarán para que dicha mezcla dé lugar a una combustión correcta, la proporción de aire y combustible debe estar dentro de unos límites determinados.

Cuando hablamos de “carburar”, queremos decir ajustar correctamente las proporciones de la mezcla. En un principio todos los carburadores funcionan de la misma manera. Tienen un conducto por donde el aire es aspirado hacia dentro del motor, siendo esta aspiración consecuencia del propio movimiento del pistón.

En el conducto de aspiración hay un estrechamiento, y según el “Principio de Bernoulli”, cuando una columna de fluido pasa por un estrechamiento, en ese punto se produce una depresión, si en ese lugar colocamos la entrada de combustible, éste será aspirado y se convertirá en pequeñas gotas, se pulverizará, y ahora sí podrá inflamarse en la cámara de combustión.

Los carburadores de nuestros MCIA llevan además, un mecanismo que regula la cantidad de aire y combustible que puede pasar al motor, permitiendo así regular la velocidad de giro del mismo, generalmente es un cilindro, con un orificio central, que se mueve girándolo con un servo. Los modelos más sencillos sólo regulan la cantidad de aire: sin embargo, aunque este sistema funciona, es difícil conseguir que el motor funcione regularmente a altas, bajas y medias revoluciones. Por este motivo, los motores de mayor tamaño y rendimiento tienen un carburador en donde el mando de gases regula a la vez la cantidad de aire y de combustible.

Nuestro carburador tiene básicamente dos agujas de ajuste, aguja de alta, y aguja de baja o ralentí, como se ha comentado anteriormente.

Es importante tener en cuenta que la aguja de alta regulará el motor a altas revoluciones, podemos decir que desde la mitad de la apertura del barrilete, hasta estar totalmente abierto.

La aguja de baja regulará pues, desde menos de la mitad del barrilete hasta el ralentí. Por lo tanto, si un motor funcionando a plenas revoluciones sufre una parada, no debemos buscar el problema, hurgando en la aguja de baja. Ahora bien, por la aguja de alta pasa siempre todo el combustible que llega al motor, es por eso que primero ajustaremos la de alta, y después la de baja.

De todo lo dicho se deduce que, todo el aire que entre en el motor, debe pasar por el conducto de aspiración, o sea, que si funcionando el motor a un ralentí alto, tapamos con el dedo la aspiración, y vemos que al motor le cuesta pararse es que tenemos suelto el carburador o nos entra aire por algún otro sitio

En el siguiente diagrama de flujo que se puede observar en la figura 19, podemos ver las reacciones de un carburador mientras procedemos a un buen ajuste, hay que tener en cuenta que hay que controlar la temperatura máxima tras rodar el vehículo en pista.

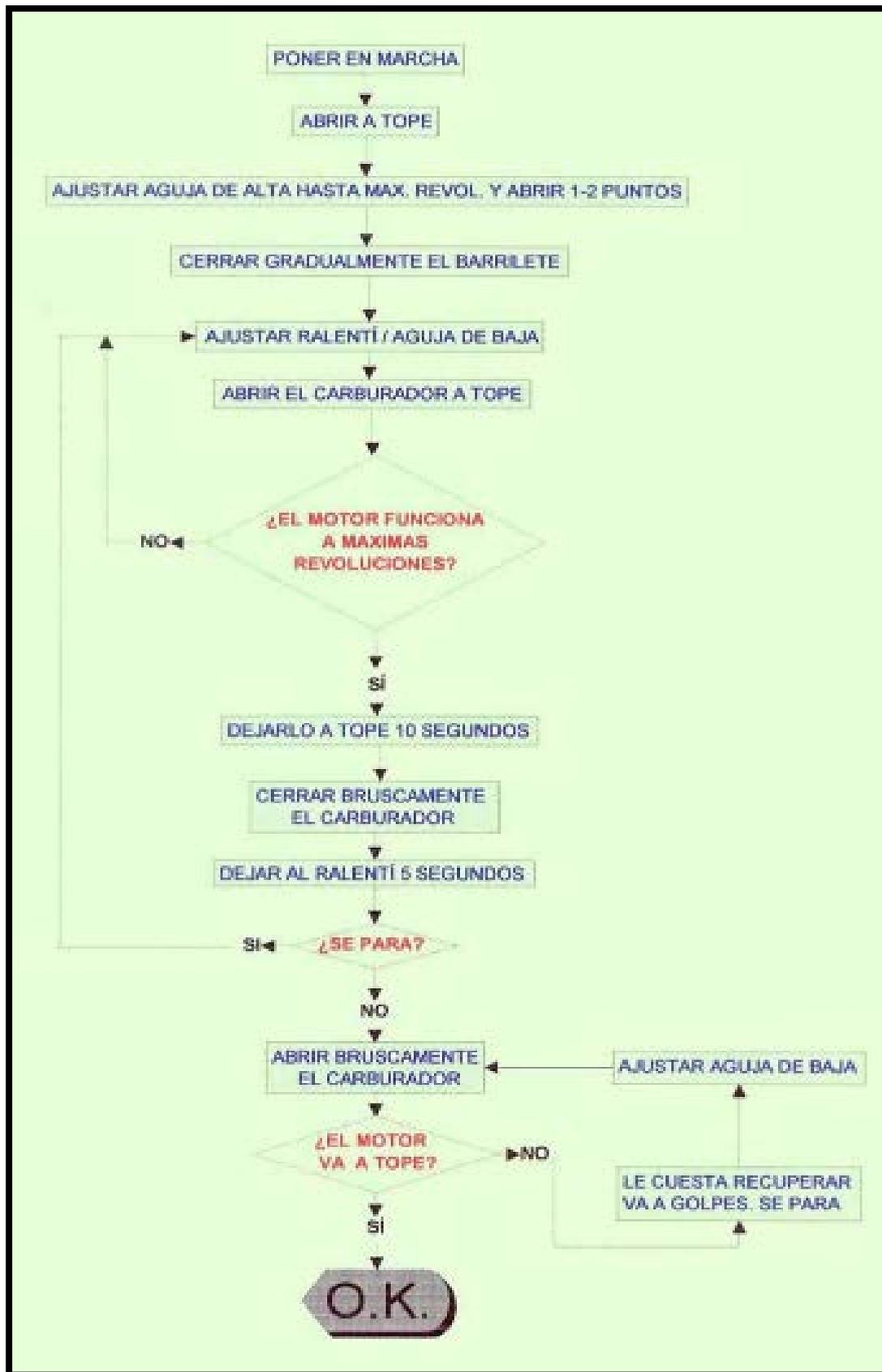


Figura 19: Diagrama de flujo para una buena carburación.

4 Características básicas de la máquina.

4.1 Descripción general de la máquina.

La máquina es un sistema termodinámico formado por un mecanismo básico de biela manivela, cuya función principal es la de utilizar de forma efectiva y precisa la energía del calor obtenido en la combustión para transformarla en energía mecánica que termina por generar movimiento en el automóvil.

Todo ocurre en el cilindro, en su parte superior se encuentra la cámara de combustión donde se producen las explosiones del combustible, en el interior del cilindro hay un pistón que realiza un movimiento lineal provocado por el empuje de los gases creados por la combustión. En la parte inferior hay un cigüeñal que finalmente utilizará el impulso generado por el pistón a través de la biela para generar movimiento rotacional.

El motor completo con nº de plano 02.00.00 consta de tres subconjuntos:

- SUBCONJUNTO FLUIDO con nº de plano 02.00.01.00
- SUBCONJUNTO AMARRE con nº de plano 02.00.02.00
- SUBCONJUNTO CAMARA con nº de plano 02.00.03.00

El subconjunto fluido, es el carburador encargado de suministrar la mezcla de aire con combustible al motor (nº1 en la figura 20).

El subconjunto cámara, es el encargado de generar el calor obtenido en la combustión para transformarlo en trabajo (nº3 en la figura 20).

El subconjunto amarre, se encarga de realizar la unión de los dos subconjuntos que acabamos de comentar anteriormente (nº2 en la figura 20).

La máquina al completo tiene un peso de 361 gramos y unas dimensiones de 112 x 102 x 55 mm.

4.2 Descripción de los subconjuntos de la máquina

Como ya se ha comentado el conjunto principal está formado por tres subconjuntos, como se puede observar en la figura 20.

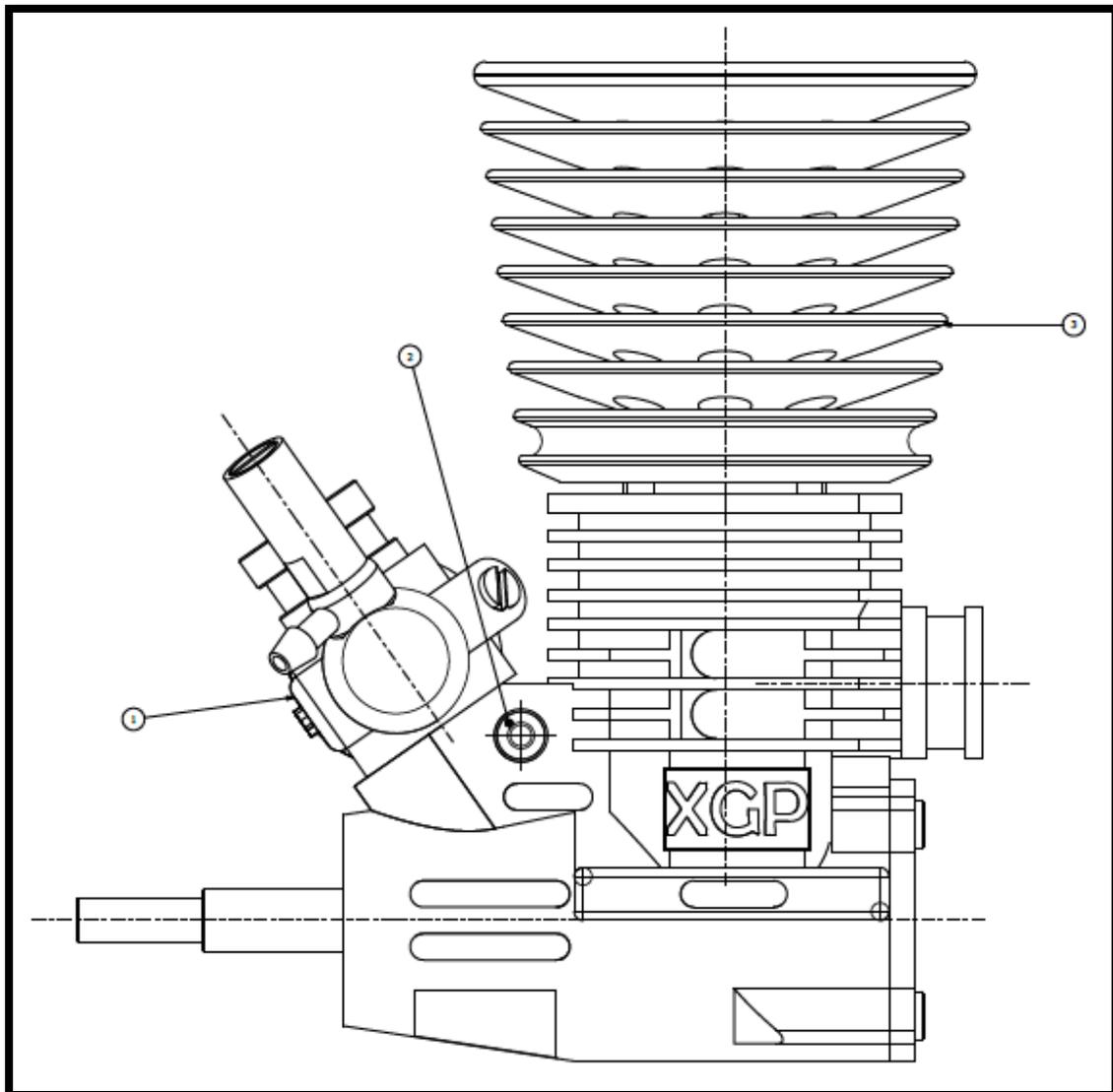


Figura 20: Vista en Alzado del Conjunto Ninja XGP.

A continuación se va a realizar una descripción detallada de cada subconjunto que forma el conjunto principal, así como de todos los componentes que forman cada subconjunto.

4.2.1 Subconjunto fluido.

Subconjunto con nº de plano 02.00.01.00, es el encargado de introducir y regular la cantidad de combustible en la mezcla, tanto en estático como en altas y bajas Rpm.

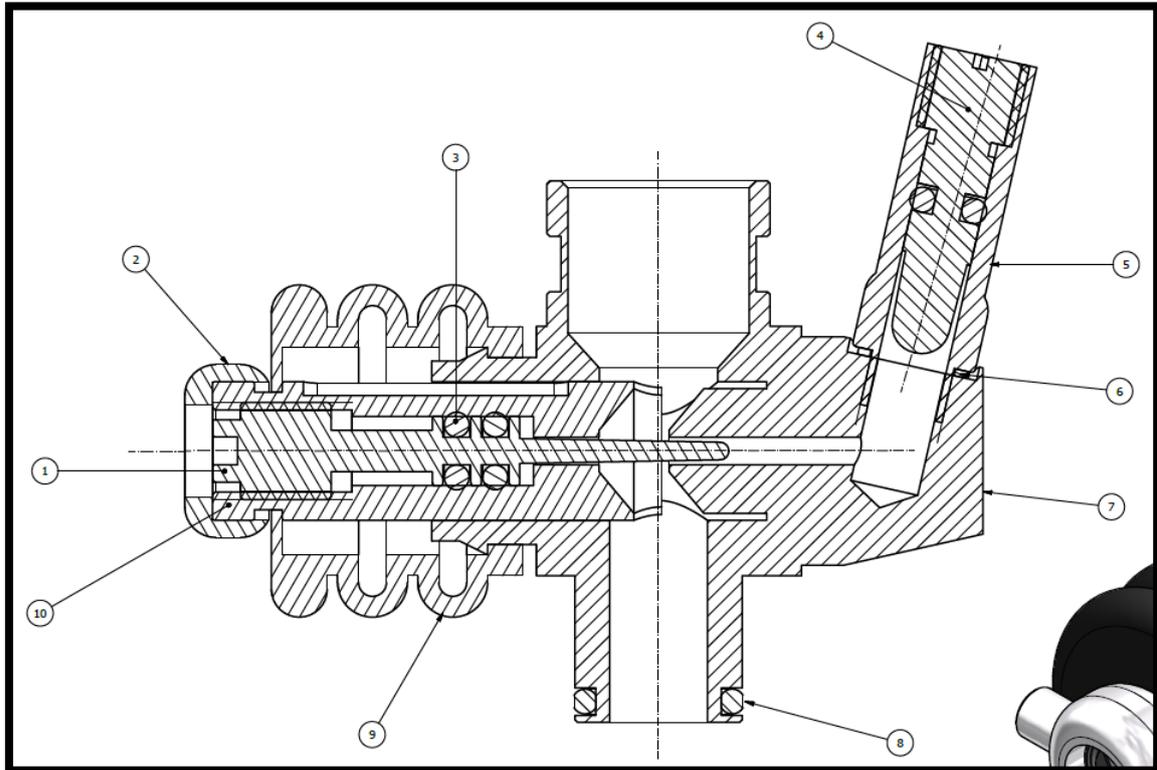


Figura 21: Vista en alzado seccionado del Subconjunto fluido.

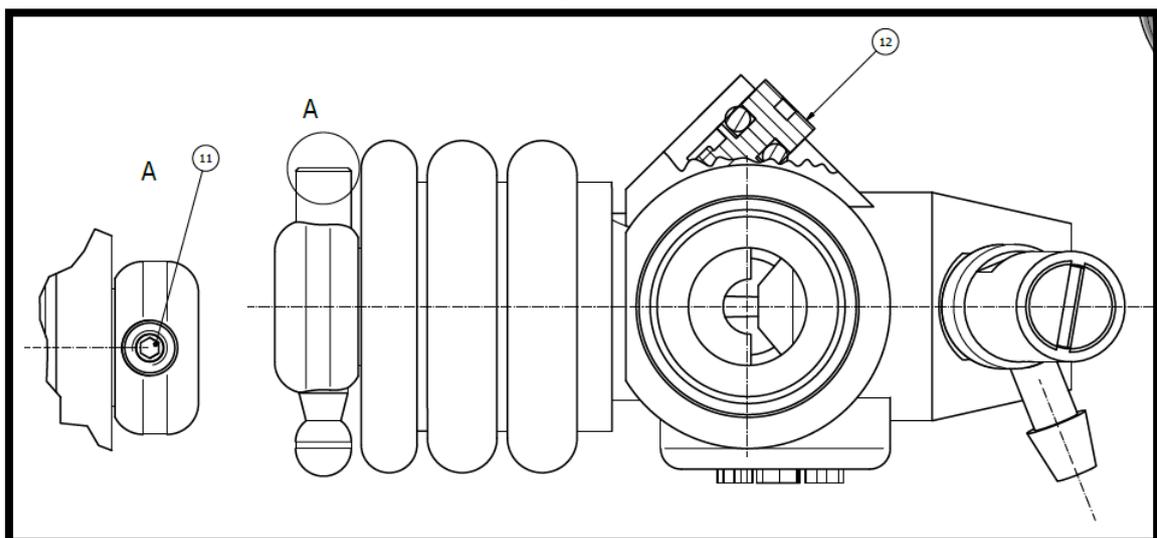


Figura 22: Vista en planta y detalle A del subconjunto fluido.

En la figura 21 y 22 se puede observar que el subconjunto fluido está formado por 12 componentes, dichos componentes se describen a continuación:

1. **AGUJA ACELERADOR:** Este componente tiene el nº de plano 02.00.01.01, es la aguja encargada de regular la entrada de gasolina en bajas Rpm y en estático, realiza la unión mediante un orificio roscado al elemento “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10, junto con 2 elementos normalizados “ISO 3601-1 - A 0020 G” para asegurar la estanqueidad del MCIA (marca nº 3).

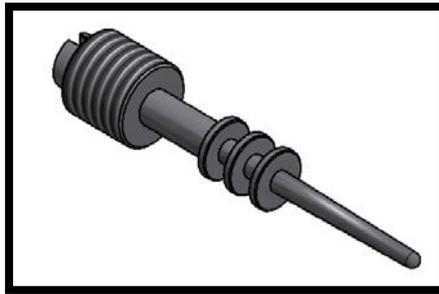


Figura 23: Aguja acelerador.

2. **SOPORTE VARILLAJE:** Este componente tiene el nº de plano 02.00.01.02, realiza la unión del varillaje del servo encargado de desplazar el “eje acelerador” para acelerar o decelerar el MCIA, va insertado con un ajuste de juego en el “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10, el sistema de fijación del mismo consiste en un elemento normalizado, tornillo sin cabeza con hueco hexagonal y punta plana ISO 4027 – M 2,5 x 5 mm (marca nº 11).

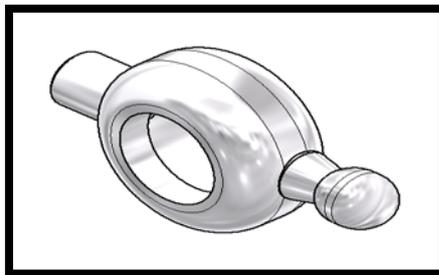


Figura 24: Soporte varillaje.

3. **ISO 3601-1 - A 0020 G:** Elemento normalizado con marca nº 3, junta para asegurar la estanqueidad del motor, se necesitan 2 unidades para la “aguja acelerador” con nº de plano 02.00.01.01, 1 unidad para la “aguja ralenti” con nº de plano 02.00.01.12 y 1 unidad para la “aguja admisión” con nº de plano 02.00.01.04, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

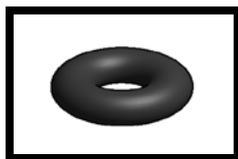


Figura 25: ISO 3601-1 – A 0020 G.

- 4. AGUJA ADMISION:** Componente con n° de plano 02.00.01.04, es la aguja encargada de regular la entrada de gasolina en altas Rpm, realiza la unión mediante un orificio roscado al elemento "admisión gasolina" con marca n°5, junto con 1 elemento normalizado "ISO 3601-1 - A 0020 G" para asegurar la estanqueidad del motor (marca n° 3).

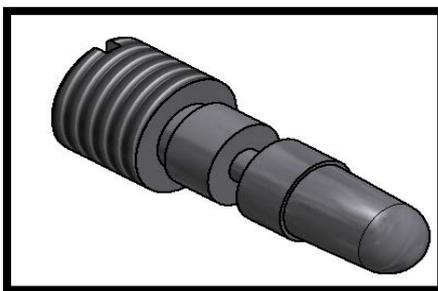


Figura 26: Aguja admisión.

- 5. ADMISION GASOLINA:** Elemento estándar con marca n° 5, pieza encargada de administrar la gasolina al subconjunto fluido desde el depósito de combustible, realiza la unión mediante un orificio roscado ubicado en el "bloque carburador" con n° de plano 02.00.01.07, por el manguito perpendicular al eje del componente se realiza la unión con la manguera de gasolina que viene desde el depósito de combustible, y como ya se ha comentado, también se realiza la unión mediante un orificio roscado con la "aguja admisión" con n° de plano 02.00.01.04, con 1 elemento normalizado "ISO 3601-1 - A 0020 G" para asegurar la estanqueidad del motor (marca n° 3). Todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

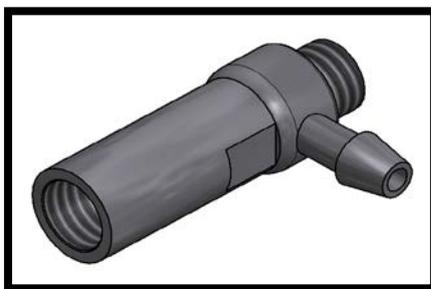


Figura 27: Admisión gasolina.

- 6. ARANDELA ADMISION:** Elemento estándar con marca n° 6, pieza encargada de asegurar la estanqueidad en la unión entre la "admisión de gasolina" con

marca nº 5 y el “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.06. Todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

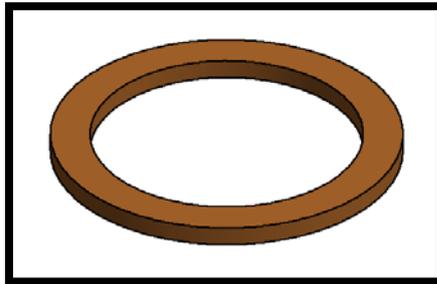


Figura 28: Arandela admisión.

7. **BLOQUE CARBURADOR:** Este componente tiene el nº de plano 02.00.01.07, es la pieza base para realizar el montaje del subconjunto fluido, realiza la unión con el subconjunto cámara mediante el subconjunto amarre, cuando se le han montado todas las piezas que forman el subconjunto fluido. Dicha unión la realiza mediante orificio/eje con ajuste de juego, mediante un elemento normalizado “ISO 3601-1 - A 0090 G” con marca nº 3 se asegura la estanqueidad.

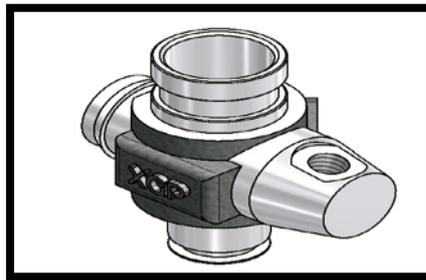


Figura 29: Bloque carburador.

8. **ISO 3601-1 - A 0090 G:** Elemento normalizado con marca nº 8, como se acaba de comentar es la encargada de asegurar la estanqueidad de la unión realizada por el subconjunto fluido con nº de plano 02.00.01.00, con el subconjunto cámara con nº de plano 02.00.03.00, mediante el subconjunto amarre con nº de plano 02.00.02.00, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

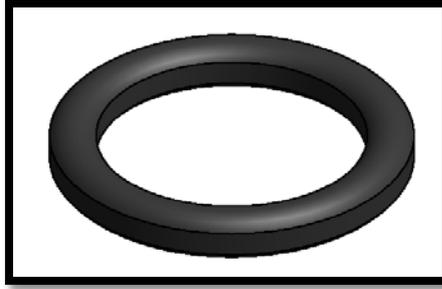


Figura 30: ISO 3601-1 - A 0090 G.

- 9. FUELLE:** Elemento estándar con marca nº 9, fuelle que conecta por un extremo con el “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.07 y por el otro extremo con el “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10, su función es la de asegurar la estanqueidad, debido a que el movimiento deslizante del “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10 provoca que el MCIA de forma natural absorba aire no filtrado por las holguras existentes. Todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

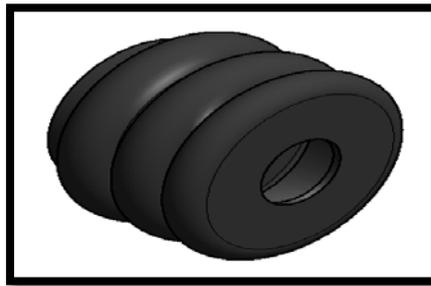


Figura 31: Fuelle.

- 10. EJE ACELERADOR:** Componente con nº de plano 02.00.01.10, realiza la unión mediante eje/orificio con ajuste deslizante en el “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.07, es la pieza encargada de abrir la toma interna del “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.07, para aumentar las Rpm de giro del MCIA al entrar más aire y más gasolina de la que entra con el MCIA en marcha pero en estático o ralentí.



Figura 32: Eje acelerador.

11. ISO 4027 – M 2,5 x 5 mm: Elemento normalizado con marca nº 11, tornillo sin cabeza con hueco hexagonal y punta plana, dicho elemento normalizado realiza la unión del “soporte varillaje” con nº de plano 02.00.01.02 con el “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

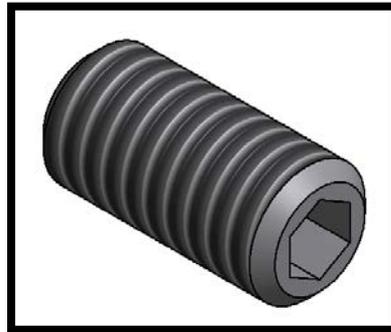


Figura 33: ISO 4027 – M 2,5 x 5 mm

12. AGUJA RELENTI: Componente con nº de plano 02.00.01.12, es la aguja encargada de regular la entrada de gasolina y aire cuando el motor está en marcha en estático o ralentí, es decir cuando el motor está en marcha pero no se acelera, mediante el giro de dicha aguja se desplaza y guía el “eje acelerador” con nº de plano 02.00.01.10, obteniendo más o menos Rpm en estático para mantener el MCIA en marcha, realiza la unión mediante orificio roscado ubicado en el “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.07, junto con 1 elemento normalizado “ISO 3601-1 - A 0020 G” para asegurar la estanqueidad (marca nº 3).

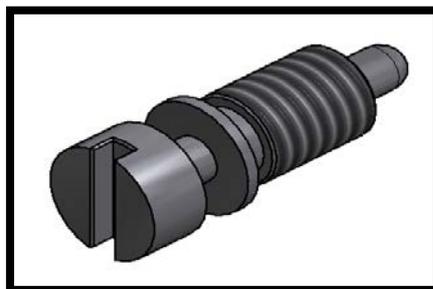


Figura 34: Aguja ralentí.

4.2.2 Subconjunto amarre.

Subconjunto con nº de plano 02.00.02.00, es el encargado de realizar la unión del “subconjunto fluido” con el “subconjunto cámara”.

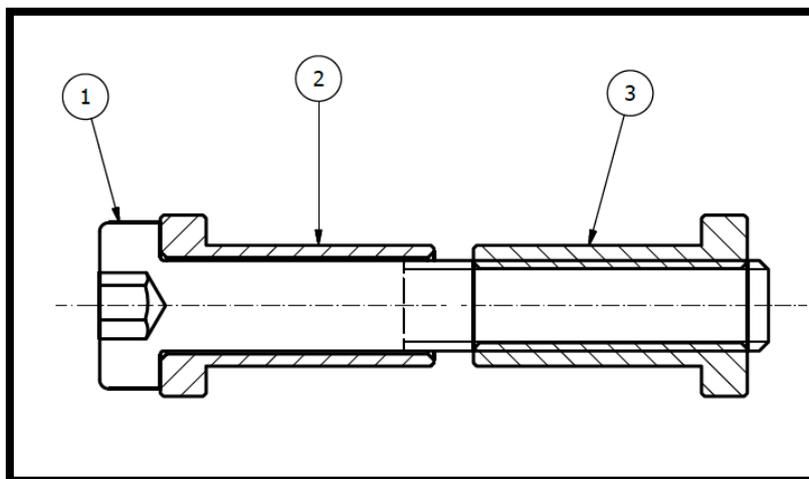


Figura 35: Vista en alzado seccionado del Subconjunto amarre.

En la figura 35 se puede observar que el subconjunto fluido está formado por 3 componentes, dichos componentes se describen a continuación:

1. **ISO 7045 – M3 x 20 mm:** Elemento normalizado con marca nº1, tornillo de cabeza cilíndrica baja con hexágono interior, encargado de comprimir el “casquillo pasante” con nº de plano 02.00.02.02, mediante un orificio roscado en el “casquillo roscado” con nº de plano 02.00.02.03, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

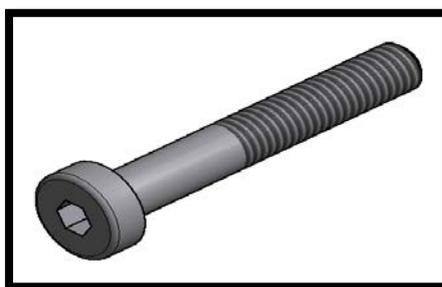


Figura 36: ISO 7045 – M3 x 20 mm.

2. **CASQUILLO PASANTE:** Componente con nº de plano 02.00.02.02, insertado en el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 mediante ajuste deslizante, para unir el “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.06 con el “bloque motor” ya comentado, estas dos piezas son las piezas base del “subconjunto fluido” con nº de plano 02.00.01.00 y el “subconjunto cámara” con nº de plano 02.00.03.00 respectivamente.



Figura 37: Casquillo pasante.

3. **CASQUILLO ROSCADO:** Componente con nº de plano 02.00.02.03, insertado en el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 con ajuste deslizante para realizar la unión del “bloque carburador” con nº de plano 02.00.01.07 con el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02, estas dos piezas son las piezas base del “subconjunto fluido” con nº de plano 02.00.01.00 y el “subconjunto cámara” con nº de plano 02.00.03.00 respectivamente. En este componente va roscado el tornillo de cabeza cilíndrica baja con hueco hexagonal comentado con anterioridad, encargado de realizar la unión del “casquillo pasante” con nº de plano 02.00.02.02 con el “casquillo roscado” con nº de plano 02.00.02.03.

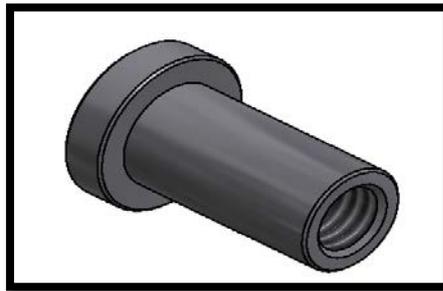


Figura 38: Casquillo roscado.

4.2.3 Subconjunto cámara.

Subconjunto con nº de plano 02.00.03.00, es el encargado de soportar la combustión alternativa en la cámara, debido a dicha combustión se genera movimiento lineal en el "pistón" con nº de plano 02.00.03.05, mediante la "biela" con nº de plano 02.00.03.08, se transforma el movimiento lineal comentado en movimiento circular en sentido horario en el "cigüeñal" con nº de plano 02.00.03.01, estas 3 piezas forman el mecanismo de biela manivela encargado de transformar el movimiento lineal en circular.

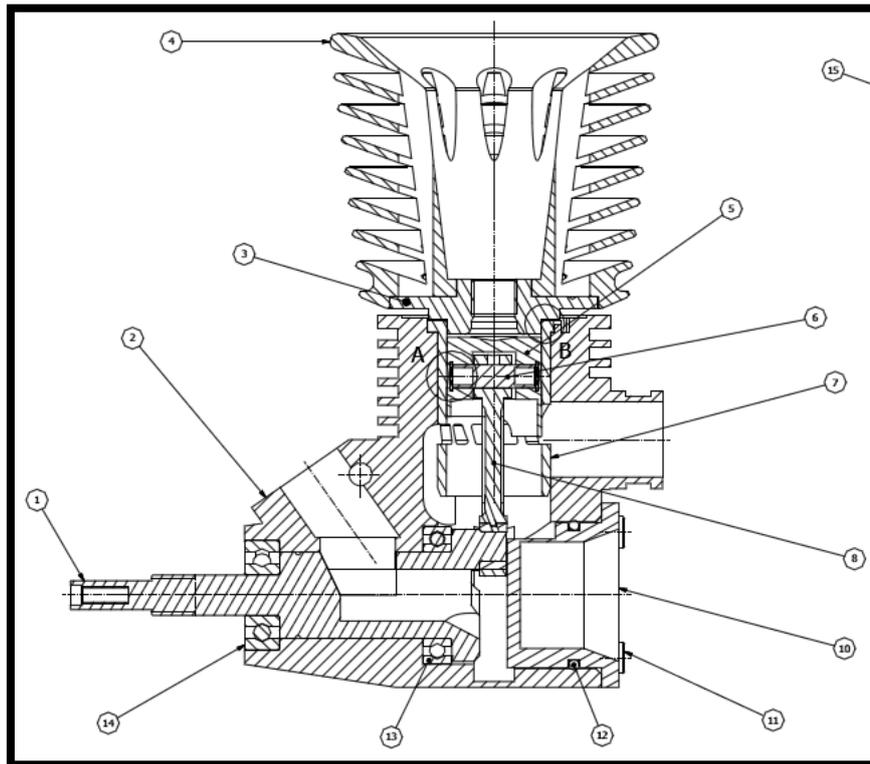


Figura 39: Vista en alzado seccionado del subconjunto cámara.

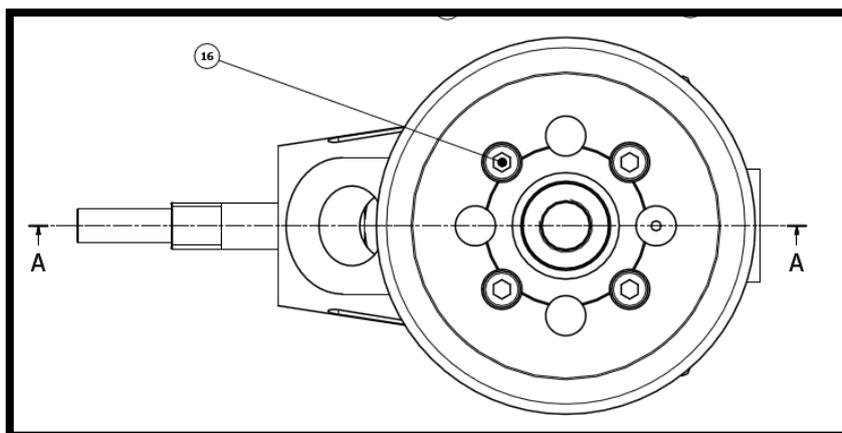


Figura 40: Vista en planta del Subconjunto cámara.

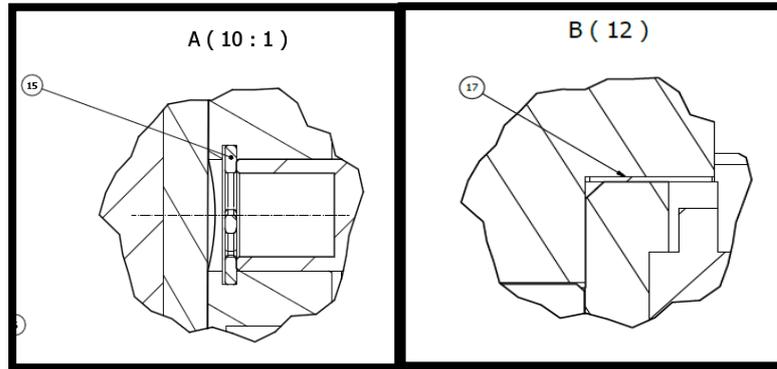


Figura 41: Detalle A y B del Subconjunto cámara.

En la figura 39, 40 y 41 se puede observar que el subconjunto fluido está formado por 17 componentes, dichos componentes se describen a continuación:

1. **CIGÜEÑAL:** Componente con nº de plano 02.00.03.01, este componente es el árbol de salida del MCI que genera movimiento circular, va montado en el "bloque motor" con nº de plano 02.00.03.02 mediante dos rodamientos de bolas de una hilera, SKF 61802 (marca nº13) y JIS B 1521 - 607 7x19x6 (marca nº14). Es el encargado de conducir la mezcla combustible/aire al cárter para la correcta lubricación, dicha mezcla llega a la cámara de combustión mediante el transfer de admisión labrado en el "bloque motor" con nº de plano 02.00.03.02 y las lumbreras de admisión de la "camisa" con nº de plano 02.00.03.07. Este componente, se une a la cabeza o sombrero de la "biela" con nº de plano 02.00.03.08 mediante el "casquillo lubricado" con nº de plano 02.00.03.09 por medio de orificio/eje con ajuste deslizante.

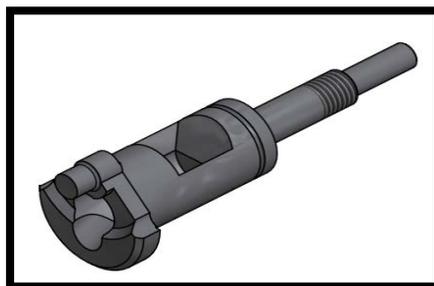


Figura 42: Cigüeñal.

2. **BLOQUE MOTOR:** Componente con nº de plano 02.00.03.02, pieza base para realizar el montaje del "subconjunto cámara" con nº de plano 02.00.03.00, encargada de recibir la mezcla mediante el "subconjunto fluido" con nº de plano 02.00.01.00, para transformar una parte (pérdidas) de la energía obtenida en forma de calor de la combustión de dicha mezcla, en trabajo útil en el "cigüeñal" con nº de plano 02.00.03.01.

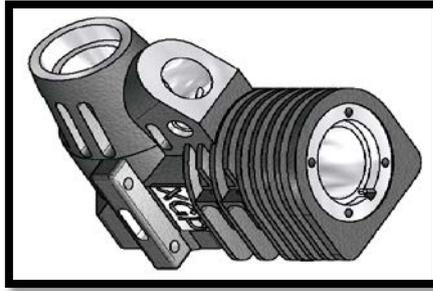


Figura 43: Bloque motor.

- 3. CULATIN:** Componente con nº de plano 02.00.03.03, es uno de los componentes encargado de recibir los esfuerzos producidos por la combustión en la cámara junto con el “pistón” con nº de plano 02.00.03.05, también sirve de soporte para la unión de la bujía. Realiza la unión en la “camisa” con nº de plano 02.00.03.07 mediante orificio/eje con ajuste deslizante, atornillada mediante orificio pasante por 4 tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M3 x 10 (marca nº15) al “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 junto con la “culata” con nº de plano 02.00.03.04 y un elemento estándar para asegurar la estanqueidad de la cámara de combustión.

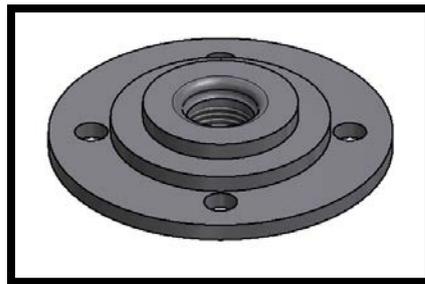


Figura 44: Culatín.

- 4. CULATA:** Este componente con nº de plano 02.00.03.04, se une con un ajuste deslizante al “culatín” con nº de plano 02.00.03.03, siendo atornillado mediante orificio pasante por 4 tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M3 x 10 (marca nº15), la función de este componente es la transmitir calor por convección a la atmósfera.

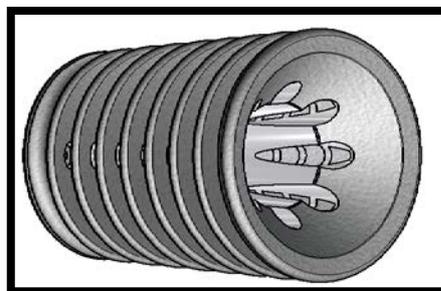


Figura 45: Culata.

5. **PISTON:** Componente con nº de plano 02.00.03.05, realiza un movimiento lineal guiado por el orificio cónico interior de la “camisa” con nº de plano 02.00.03.07, realiza una unión orificio/eje con ajuste deslizante por el pie de la “biela” con nº de plano 02.00.03.08, mediante el “bulón” con nº de plano 02.00.03.06. Es el encargado de generar movimiento lineal tras recibir las fuerzas generadas por la combustión de la mezcla de combustible/aire, transformando dicho movimiento en forma de giro al “cigüeñal” con nº de plano 02.00.03.01 mediante la “biela” con número de plano 02.00.03.08.

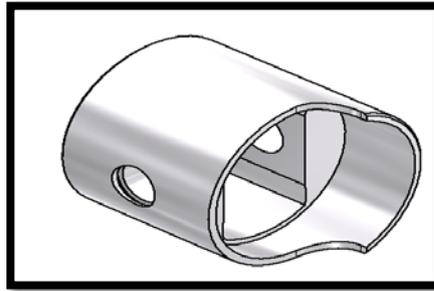


Figura 46: Pistón.

6. **BULON:** Este componente con nº de plano 02.00.03.06, se encargada de realizar la unión del “pistón” con nº de plano 02.00.03.05 con la “biela” con nº de plano 02.00.03.08, como ya se ha comentado anteriormente. Para asegurar su posición dentro del pistón, se retiene con 2 seguros de pasador del tipo anillo de seguridad (marca nº16), estos seguros van encajados en las ranuras radiales ubicadas en los extremos del orificio pasante con ajuste deslizante del “pistón” con nº de plano 02.00.03.05, en el que se realiza la unión comentada.



Figura 47: Bulón.

7. **CAMISA:** Componente con nº de plano 02.00.03.07, este componente va unido mediante orificio/eje con ajuste deslizante al “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02, tiene una posición única para que la posición de las ventanas que tiene labradas de admisión de gasolina y de escape (lumbreras), coincidan con el transfer labrado de admisión y escape del “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02. Como ya se ha comentado, por el orificio interior cónico guía al “pistón” con nº de plano 02.00.03.05 en su recorrido lineal.

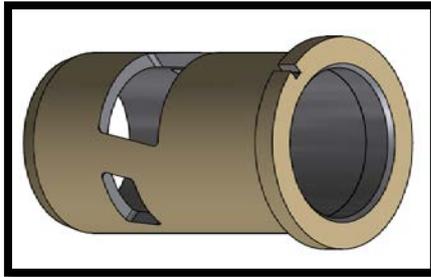


Figura 48: Camisa.

- 8. BIELA:** Este componente con nº de plano 02.00.03.08, va unido mediante orificio/eje con ajuste deslizante por el pie, al “pistón” con nº de plano 02.00.03.05 mediante el “bulón” con nº de plano 02.00.03.06 y por la cabeza, al “cigüeñal” con nº de plano 02.00.03.01 mediante el “casquillo lubricado” con nº de plano 02.00.03.09 teniendo un ajuste deslizante en ambos extremos, es la encargada de transformar la velocidad lineal en velocidad angular.

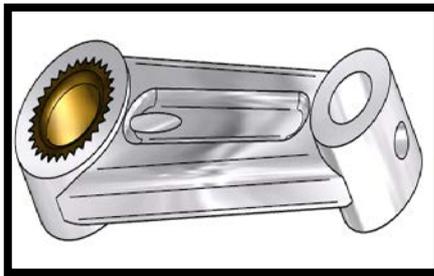


Figura 49: Biela.

- 9. CASQUILLO LUBRICADO:** Componente con nº de plano 02.00.03.09, como se ha comentado realiza la unión de la “biela” con nº de plano 02.00.03.08 mediante orificio/eje con ajuste deslizante, con el cigüeñal con nº de plano 02.00.03.01. Este componente, va insertado con un ajuste forzado en la biela con nº de plano 02.00.03.08.

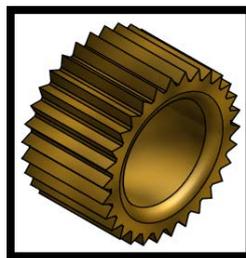


Figura 50: Casquillo lubricado.

- 10. TAPA BLOQUE:** Este componente con nº de plano 02.00.03.10, va montado en el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02, con un elemento normalizado ISO 3601-1 - A 0224 G (marca nº12) para asegurar la estanqueidad del motor, la unión se realiza mediante orificio pasante con 4 tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M3 x 8 (marca nº11), su función es la de cerrar la zona (cárter) del “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 por la que se realiza el montaje de los rodamientos de bolas

de una hilera, SKF 61802 (marca nº13), JIS B 1521 - 607 7x19x6 (marca nº14) y el “cigüeñal” con nº de plano 02.00.03.01, otra de sus funciones es hacer de tope mecánico de la BIELA con nº de plano 02.00.03.08 para evitar que se salga de su posición.

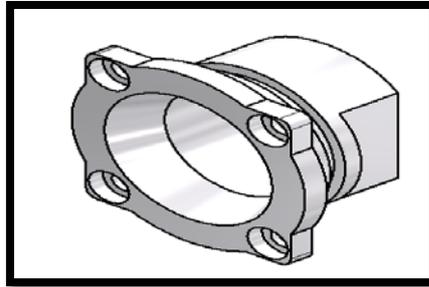


Figura 51: Tapa bloque.

11. ISO 4762 - M3 x 8 mm: Elemento normalizado con marca nº11, tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal, se utilizan 4 unidades atornilladas al “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 para unir la “tapa bloque” con nº de plano 02.00.03.10, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

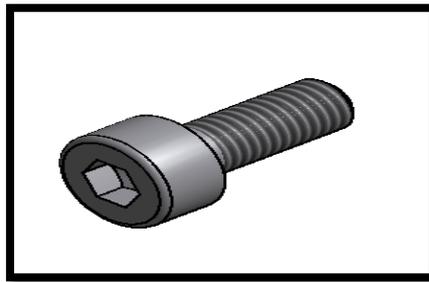


Figura 52: ISO 4762 – M3 x 8 mm.

12. ISO 3601-1 - A 0224 G: Elemento normalizado con marca nº12, junta para asegurar la estanqueidad del motor, va montada en la “tapa bloque” con nº de plano 02.00.03.10, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

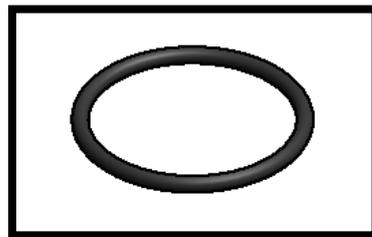


Figura 53: ISO 3601-1 – A 0224 G.

- 13. SKF 61802 C2H – 15x24x5 mm:** Elemento normalizado con marca nº13, rodamiento de bolas de una hilera montado en su contorno exterior en el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 y en su contorno interior en el “cigüeñal” con nº de plano 02.00.03.01, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

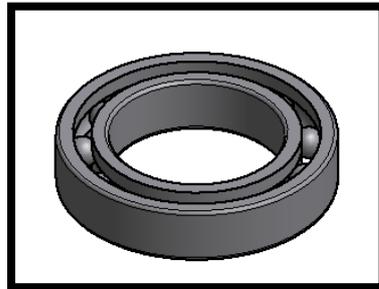


Figura 54: SKF 61802 C2H – 15x24x5 mm.

- 14. SKF 607 C2H – 19x7x6 mm:** Elemento normalizado con marca nº14, rodamiento de bolas de una hilera cerrado por un lateral, montado en su contorno exterior en el “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 y en su contorno interior en el “cigüeñal” con nº de plano 02.00.03.01, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

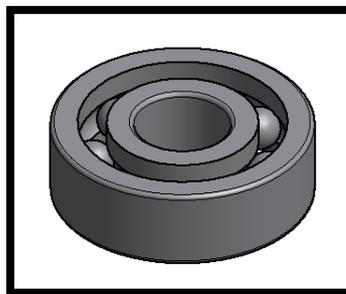


Figura 55: SKF 607 C2H – 19x7x6 mm.

- 15. ISO 4762 - M3 x 10:** Elemento normalizado con marca nº15, tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal, se utilizan 4 unidades atornilladas al “bloque motor” con nº de plano 02.00.03.02 para unir la “culata” con nº de plano 02.00.03.04, el “culatín” con nº de plano 02.00.03.03, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

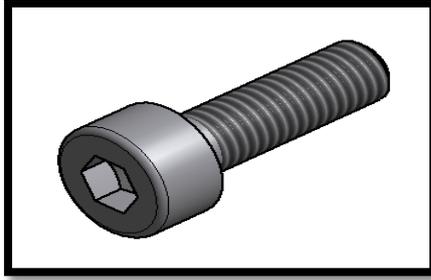


Figura 56: ISO 4762 – M3 x 10 mm.

16. CLIP BULON: Elemento estándar con marca nº16, se utilizan 2 unidades empotradas en las ranuras mecanizadas en el orificio del “pistón” con nº de plano 02.00.03.05 para alojar el “bulón” con nº de plano 02.00.03.06, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.



Figura 57: Clip bulón.

17. ARANDELA DE CALZADO: Elemento estándar con marca nº17, como ya se ha comentado tiene la función de asegurar la estanqueidad en la cámara de combustión. Se encuentra ubicada entre la “camisa” con nº de plano 02.00.03.07 y el “culatín” con nº de plano 02.00.03.03, todas las especificaciones que deben cumplir los componentes adquiridos a proveedores externos se podrán observar en el capítulo 8 dedicado al pliego de condiciones.

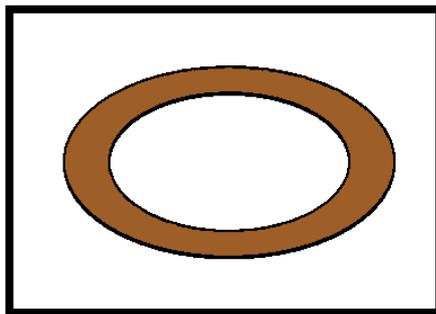


Figura 58: Arandela de calzado.

- Gases residuales procedentes del ciclo anterior.
- Combustible.

Una primera consideración a realizar, a la hora de plantear un ciclo teórico, es si el fluido que evoluciona debe ser tenido en cuenta en su composición real, o por el contrario se utiliza el aire como el fluido de referencia en el estudio de la evolución. En el caso de la compresión suponer que se realiza con aire no representa una simplificación excesiva.

Durante el proceso de compresión las diferencias de temperatura y velocidad relativa entre fluido y pared no son muy elevadas, siendo además el proceso de una duración corta, por lo que el tiempo de residencia es bajo. Se puede asumir, teniendo en cuenta estas circunstancias, que en el proceso de compresión esencialmente no hay transmisión de calor, de ahí de que la hipótesis de que el proceso sea adiabático es próxima a la realidad.

Durante la compresión real, la presión es prácticamente uniforme en el cilindro, por lo que las velocidades del fluido en el cilindro son moderadas. Ello conduce a que la disipación de energía cinética en energía interna en el seno del fluido sea despreciable y con ello se puede considerar con mucha aproximación que el proceso de compresión es mecánicamente reversible.

En un motor alternativo en buen estado y en condiciones normales de funcionamiento, las fugas del fluido a través del cilindro son despreciables durante el proceso de compresión debido a la moderada presión existente en el cilindro, por lo que es aceptable suponer que la masa que evoluciona se mantiene constante a lo largo del proceso de compresión.

En resumen, considerar que el proceso de compresión se realiza con un fluido con las propiedades del aire, siendo el proceso mecánicamente reversible y adiabático y suponiendo que la masa que evoluciona permanece constante, son hipótesis próximas a la realidad en la mayoría de condiciones de funcionamiento. Posiblemente, de todas ellas la condición más alejada de la realidad sea la referida a las propiedades del fluido como consecuencia del combustible.

4.3.2 Proceso de combustión.

Si se observa la figura 59, el proceso de combustión transcurre desde el punto 7 hasta el punto 1

La combustión se inicia por el efecto catalizador que provoca el platino que recubre el filamento de la bujía, inflamándose la mezcla de combustible y aire en el momento adecuado, formándose una llama que avanza hasta llegar a las paredes, convirtiendo los reactantes en productos de la combustión.

Durante el proceso de combustión, la velocidad del frente de llama es del mismo orden de magnitud que la velocidad del pistón. En consecuencia, el diagrama p-V queda afectado por la velocidad de combustión, originando las denominadas

pérdidas de tiempo, debidas a la progresión de la combustión. En definitiva, la combustión se inicia antes del PMS para evitar que termine demasiado tarde, lo que provoca un incremento de la presión antes del PMS y por ello el pistón tiene que realizar más trabajo contra los gases antes del PMS. Además, la expansión ya ha comenzado cuando la combustión no ha finalizado aún, por lo que la última parte de la mezcla que se quema no se expande desde el PMS, cuando el volumen es mínimo, sino desde un volumen mayor, produciendo por ello menos trabajo. Si la combustión se produjese instantáneamente en el PMS, el rendimiento sería, lógicamente, más elevado.

La necesidad de refrigerar el motor para evitar su deterioro por temperatura excesiva, conduce a un proceso de combustión no adiabático con las consiguientes pérdidas de calor que, al ocurrir en las inmediaciones del PMS, cuando aún falta para obtener la casi totalidad del trabajo de expansión, reducen de forma apreciable el trabajo del ciclo.

Las fugas de fluido a través del cilindro son pequeñas, debido sustancialmente al poco tiempo que transcurre durante la combustión, por lo que pueden despreciarse.

Finalmente, es preciso señalar que la combustión real no es completa, debido a imperfecciones en la formación de la mezcla aire-combustible y al apagado de la llama por la turbulencia excesiva o por el contacto con la pared, menos caliente. Además, a la temperatura a la que se desarrolla el proceso, la reacción química de oxidación no está desplazada a productos finales y existe disociación, por lo que no se libera la totalidad del calor.

Del análisis del proceso de combustión se concluye que resulta un proceso difícil de idealizar, con el problema añadido de que el motor térmico es una máquina de combustión interna y no se puede hablar con propiedad de calor aportado, sino de generación de calor por un proceso de combustión, que además implica un cambio de composición en el fluido que evoluciona.

Una hipótesis usual es suponer que el fluido que evoluciona es aire con composición constante. Esta hipótesis es sin lugar a dudas la de más transcendencia conceptual, si bien los errores que se cometen en la estimación de trabajo no son superiores al 5-10% debido a estas circunstancias. Evidentemente, como no hay combustión, habrá que considerar una aportación de calor igual a la generada por el proceso de combustión.

Es el momento de analizar cómo se puede idealizar una combustión que, ya se ha visto, no es instantánea. Una manera ampliamente aceptada es la que históricamente se ha empleado en los MEP, es suponer una aportación de calor a volumen constante, que es lo mismo que suponer que la combustión es instantánea.

Resumiendo, el proceso de combustión es el que necesita de hipótesis más restrictivas para poderlo idealizar y las que se van a utilizar son:

- El fluido que evoluciona es un gas ideal con propiedades constantes correspondientes al aire.

- La generación de calor se sustituye por una liberación de calor a volumen constante, dada la invariabilidad de la composición es idéntica en sus efectos a un aporte externo de calor a volumen constante. Con esta hipótesis no se considera las pérdidas denominadas de tiempo y que pueden representar entre un 3-7%.
- Suponer que el aporte de calor se realiza a volumen constante implica asumir que el proceso es instantáneo, por lo que no se van a tener en cuenta durante la combustión, ni las pérdidas de calor a las paredes ni las fugas, que se incluirán en los procesos de compresión y expansión, si da lugar.

4.3.3 Proceso de expansión.

Si se observa la figura 59, el proceso de expansión transcurre desde el punto 1 hasta el punto 2.

Durante el proceso de expansión, debido al aumento del volumen del cilindro, se expande un fluido cuya composición es sustancialmente productos quemados, aunque debido a la rapidez del proceso y la variación importante de presión y temperatura se puede considerar que su composición evoluciona según las leyes de la cinética química. Hacer la hipótesis en este caso de que el fluido que evoluciona es aire con propiedades constantes se aleja de la realidad.

Por las mismas razones que en el caso de la compresión, el proceso de expansión se puede considerar mecánicamente reversible.

La necesidad de refrigerar el motor para evitar su deterioro por la temperatura excesiva, y las temperaturas elevadas del fluido que evolucionan, que acaba de sufrir un proceso de combustión, hacen que el proceso de expansión no sea adiabático. De hecho, el porcentaje de calor cedido durante la expansión es del orden del 10-20% del calor aportado y su valor depende del tamaño del motor, grado de carga y régimen de giro.

En cuanto a las pérdidas por fugas en el cilindro, si bien son pequeñas pueden representar entre el 1-2 % de la masa de fluido que evoluciona, ya que la presión en el cilindro durante todo el proceso de expansión es elevada. Su valor porcentual crece con la reducción del régimen y del tamaño del motor. Es interesante indicar que en condiciones no convencionales, como por ejemplo durante el transitorio de arranque, esta hipótesis no es asumible dado que las fugas pueden ser mucho más elevadas.

Con el fin de conseguir una evacuación efectiva de los gases de escape, se hace necesario iniciar el escape antes de finalizar el proceso de expansión, lo que provoca una disminución de la presión en el cilindro al final de la expansión, que reduce el área útil del diagrama p-V. A este fenómeno se le conoce como pérdida de escape y puede representar entre el 1-3 % del calor aportado.

Del análisis realizado del proceso de expansión se puede concluir que idealizar el proceso resulta más alejado de la realidad que la compresión. En cualquier caso, se podría suponer el proceso de expansión como:

- Evolución de un fluido con las propiedades constantes representativas del aire, lo que podría llevar a una desviación del orden del 5-10 % como consecuencia de las diferencias en las propiedades del fluido.
- Proceso adiabático y mecánicamente reversible, lo que conduciría a unas desviaciones entre el 10-20% debido fundamentalmente a la transmisión del calor.
- Sin fugas ni pérdidas de escape, lo que podría equivaler a una desviación del 3-5%.

4.3.4 Proceso de escape y barrido.

Si se observa la figura 59, el proceso de escape transcurre desde el punto 2 hasta el punto 3, mientras que el proceso de barrido sucede del punto 3 al punto 5.

Para analizar la evolución completa del fluido en el motor es necesario considerar el proceso de renovación de la carga, que comprende la fase de admisión de gases frescos o barrido antes de la compresión y la fase de escape en la que se evacúan los gases quemados después de la expansión. Como ya se ha apuntado, este proceso no suele considerarse como una parte del ciclo termodinámico y se suele simplificar asumiendo una cesión de calor, que permita retornar a la temperatura y presión de inicio, una vez finalizada la carrera de expansión, en el PMI y a volumen constante, es decir, de forma instantánea.

Las hipótesis de aporte y cesión de calor son las que más alejan los ciclos teóricos de la realidad de un motor térmico alternativo, ya que son motores de combustión interna y no se puede hablar con propiedad de aporte y cesión del calor.

5 Cálculos justificativos.

5.1 Valores de referencia.

Para empezar a realizar cálculos justificativos se necesitan determinados datos de partida. Los datos o parámetros de referencia tomados en el presente proyecto se dividen en cinco apartados, y son los siguientes:

- Datos o parámetros atmosféricos de referencia.
- Datos o parámetros geométricos de referencia.
- Datos o parámetros de referencia del fluido.
- Rendimientos de referencia.
- Restricciones impuestas.

5.1.1 Datos o parámetros atmosféricos de referencia.

Los datos atmosféricos que se han tomado de referencia son los establecidos por el Instituto Nacional de Normas y Tecnología, y se pueden observar a continuación:

- Presión inicial = Presión atmosférica (**$P_o=101325$ Pa**).
- Temperatura inicial = Temperatura atmosférica (**$T_o=293.15$ K**).

Las propiedades termodinámicas del aire tomadas de referencia, se muestran a continuación:

- Constante adiabática del aire (**$K=1.4$**).
- Constante adiabática de los gases de combustión (**$K=1.35$**).
- Calor específico del aire a volumen constante (**$c_v = 821$ ($\frac{J}{Kg \cdot K}$)**)
- Constante de los gases ideales (**$R=287$ J/Kg K**).

5.1.2 Datos o parámetros geométricos de referencia.

Los datos y parámetros geométricos establecidos en función de motores similares de la competencia o fabricados en proyectos anteriores, se pueden observar a continuación:

- Diámetro máximo del pistón (**D=16 mm**).
- Diámetro mínimo del pistón (**d= 16.15 mm**).
- Carrera (**S=17 mm**).
- Longitud biela (**L=29.5 mm**).
- Longitud manivela (**B=8.5 mm**).
- Altura lumbrera escape (**hle=15 mm**).
- Altura lumbreras admisión (**hla=16.75 mm**).

Las dimensiones de altura de lumbreras están tomadas desde el PMS hasta la mitad de la altura de las lumbreras.

Una observación importante es que la camisa y pistón no son cilíndricos, por este motivo existen dos valores de diámetro para el pistón, dado que la camisa y pistón tienen forma cónica.

5.1.3 Datos o parámetros de referencia del fluido.

Los datos obtenidos del combustible para el presente proyecto, se muestran a continuación:

- Dosado (**F= 1/15**).
- Porcentaje de mezcla que se escapa por la lumbrera (**Z=20%**).
- Poder calórico metanol (**$Q_{Hv-m} = 20 \text{ MJ/Kg}$**).
- Poder calórico Nitrometano (**$Q_{Hv-n} = 10.5 \text{ MJ/Kg}$**).
- Poder calórico aceite de ricino (**$Q_{Hv-ar} = 39.5 \text{ MJ/Kg}$**).
- Poder calórico aceite sintético (**$Q_{Hv-as} = 45.8 \text{ MJ/Kg}$**).

5.1.4 Rendimientos de referencia.

Los rendimientos de referencia establecidos, se pueden observar a continuación:

- Rendimiento de la combustión (**$\eta_c = 0.95$**).
- Rendimiento mecánico (**$\eta_m = 0.95$**).

5.1.5 Restricciones impuestas.

Debido a que se va a realizar un diseño inicial del MCI para posteriores estudios de optimización ajenos a dicho proyecto, así como el proyecto específico del escape, se han impuesto las siguientes restricciones:

- Potencia máxima a 35000 Rpm (**n=35000 Rev/min**).

Como se pudo observar en el capítulo 2.2.2 dedicado a los principales fabricantes de MCI para coches 1/8 TT, este valor está dentro de la normalidad en este tipo de motores.

5.2 Cálculos geométricos

Con los datos y parámetros geométricos de referencia, se procede a calcular los parámetros restantes:

1. Se realiza el cálculo del volumen de la cámara de combustión y de la cilindrada mediante un software de CAD (Autodesk Inventor Profesional 2012), como se puede observar en la figura 60 y 61. Seguidamente, se realiza el cálculo de la relación carrera/diámetro, la relación de compresión y la relación biela/manivela, obteniendo los siguientes resultados:

$$r = \frac{V_d + V_c}{V_c} \quad (1)$$

$$R = \frac{L}{a} \quad (2)$$

- Volumen cámara combustión ($V_c = V_7 = 297.179 * 10^{-9} m^3$).
- Cilindrada o volumen desplazado ($V_t = 3449.843 * 10^{-9} m^3$).
- Relación Carrera/diámetro (**S/D= 1.06**).
- Relación de compresión (**rc=12.61**).
- Relación Biela/Manivela (**Rb=3.47**).

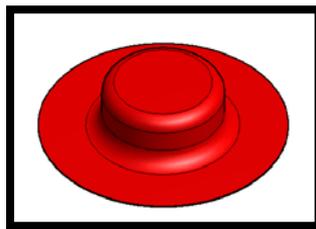


Figura 60: Diseño con software CAD de la cámara de combustión.

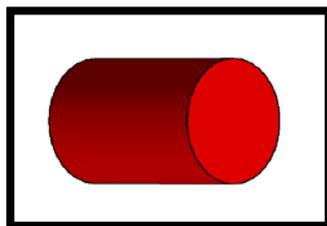


Figura 61: Diseño con software CAD del volumen desplazado por el cilindro.

De los cálculos obtenidos, cabe destacar que la relación de compresión es ligeramente superior a los valores habituales de un MEP que oscilan entre 8 y 12.

2. Una vez realizados los cálculos comentados con anterioridad, se realiza el cálculo del volumen ocupado desde las lumbreras hasta el PMS mediante software CAD (Autodesk Inventor Profesional 2012). Obteniendo los siguientes resultados:

- Volumen lumbrera escape ($V_{le} = 3040.670 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen lumbrera admisión ($V_{la} = 3398.648 * 10^{-9} m^3$).

3. Para el cálculo termodinámico se va a necesitar el volumen del punto 6 (figura 59), dicho volumen equivale al sumatorio del volumen ocupado desde la lumbrera de escape hasta el PMS y el volumen de la cámara de combustión, el resultado obtenido se puede observar a continuación:

$$V_6 = V_{le} + V_c \quad (3)$$

$$V_6 = 3040.67 * 10^{-9} (m^3) + 297.18 * 10^{-9} (m^3) = 3337.85 * 10^{-9} (m^3)$$

4. Para acabar de obtener los parámetros geométricos necesarios para el cálculo termodinámico, se ha realizado un diseño preliminar, el cual se puede observar detalladamente en el capítulo 7 referido a los planos que forman el conjunto del proyecto y únicamente en formato tridimensional en el capítulo 5.4 referido a la selección de materiales y procesos de fabricación. Mediante software CAD (Autodesk Inventor Profesional 2012), se han obtenido los volúmenes de los componentes necesarios, obteniendo los siguientes resultados:

- Volumen cárter ($V_{car} = 17495.56 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen pistón ($V_{pis} = 1437.91 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen clip bulón ($V_{cli} = 5.27 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen bulón ($V_{bul} = 128.74 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen biela ($V_{bie} = 1159.59 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen parte del cigüeñal dentro del cárter ($V_{cig} = 4748.25 * 10^{-9} m^3$).
- Volumen rodamiento ($V_{rod} = 17495.56 * 10^{-9} m^3$).

5.3 Cálculos Termodinámicos.

Con los valores tomados de referencia y los valores obtenidos en el capítulo anterior referido a los cálculos geométricos, se ha procedido a realizar el cálculo de presión, temperatura y volumen para cada uno de los puntos que forman el diagrama p-V. Tras obtener dichos puntos, con el software Microsoft Excel se ha realizado el diagrama p-V que se puede observar en la figura 63.

Posteriormente, se ha realizado el cálculo del trabajo de compresión y expansión para poder obtener el trabajo indicado de un ciclo completo, con este último dato se han obtenido los parámetros indicados y efectivos, de esta forma se podrán obtener las fuerzas y momentos que actúan sobre pistón, bulón, biela y cigüeñal para poder realizar los cálculos de resistencia de materiales incluidos en el capítulo 5.6.

Finalmente, se obtendrá la velocidad lineal media del pistón.

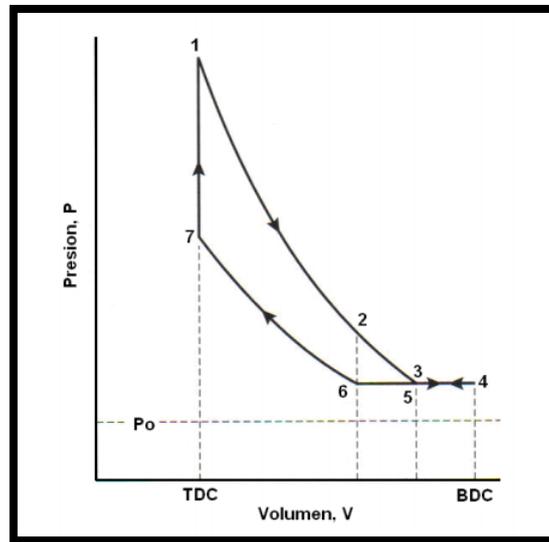


Figura 62: Diagrama p-V teórico.

5.3.1 Etapa de compresión en el cárter (4-5).

Debido a los datos que se disponen, el inicio del cálculo debe ser para obtener el volumen inicial o volumen del punto 4, como se puede observar en la figura 62.

El volumen en el punto 4, es igual al volumen desplazado más el volumen del cárter menos el volumen de la biela, bulón, pistón, de la parte geométrica del cigüeñal dentro del cárter, rodamiento y volumen de los clips bulón, el resultado obtenido se puede observar a continuación:

$$V_4 = (V_d + V_{car}) - (V_{bie} + V_{bul} + V_{pis} + V_{cig} + V_{rod} + 2V_{cli}) \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
V_4 &= (3449.84 * 10^{-9} (m^3) + 17495.56 * 10^{-9} (m^3)) - (1159.59 * 10^{-9} (m^3) \\
&\quad + 128.74 * 10^{-9} (m^3) + 1437.91 * 10^{-9} (m^3) + 4748.25 \\
&\quad * 10^{-9} (m^3) + 890.93 * 10^{-9} (m^3) + 2 * 5.27 * 10^{-9} (m^3)) \\
&= 12569.45 * 10^{-9} (m^3)
\end{aligned}$$

El volumen en el punto 5, es igual al volumen ocupado por la lumbrera de admisión hasta el PMS más el volumen del carter menos el volumen de la biela, bulón, pistón, de la parte geométrica del cigüeñal dentro del carter, rodamiento y clips bulón. El resultado obtenido se puede observar a continuación:

$$V_5 = (V_{la} + V_{car}) - (V_{bie} + V_{bul} + V_{pis} + V_{cig} + V_{rod} + 2V_{cli}) \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
V_5 &= (3398.65 * 10^{-9} (m^3) + 17495.56 * 10^{-9} (m^3)) - (1159.59 * 10^{-9} (m^3) \\
&\quad + 128.74 * 10^{-9} (m^3) + 1437.91 * 10^{-9} (m^3) + 4748.25 \\
&\quad * 10^{-9} (m^3) + 890.93 * 10^{-9} (m^3) + 2 * 5.27 * 10^{-9} (m^3)) \\
&= 12518.26 * 10^{-9} (m^3)
\end{aligned}$$

Para determinar la presión y temperatura en esta etapa se han utilizado las siguientes formulas, obtenido los resultados que se pueden observar a continuación:

$$p_4 = p_{atm} * \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^K \quad (6)$$

$$p_4 = 101325 (Pa) * \left(\frac{12569.45 * 10^{-9} (m^3)}{12518.26 * 10^{-9} (m^3)}\right)^{1.4} = 101905.61 (Pa)$$

Si se observa el diagrama p-V de la figura 62, se puede apreciar que la presión en el punto 3 ,4 y 5 es la misma, por lo tanto:

$$p_3 = p_4 = p_5$$

$$T_4 = T_{atm} * \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{K-1} \quad (7)$$

$$T_4 = 293.15 (K) * \left(\frac{12569.45 * 10^{-9} (m^3)}{12518.26 * 10^{-9} (m^3)}\right)^{1.4-1} = 293.63 (K)$$

Ocurre algo similar con la temperatura del punto 4 y 5, por lo tanto:

$$T_4 = T_5$$

5.3.2 Etapa de barrido (5-6).

La temperatura real en el punto 6 es una media entre la temperatura atmosférica y la temperatura en el punto 5, por lo tanto:

$$T_6 = \frac{T_{atm} + T_5}{2} \quad (8)$$

$$T_6 = \frac{293.15 \text{ (K)} + 293.63 \text{ (K)}}{2} = 293.39 \text{ (K)}$$

Para calcular la masa máxima de fluido se ha utilizado la ecuación de los gases ideales. Utilizando los valores de presión y temperatura del punto 5 del diagrama p-V, el volumen desde la lumbrera de escape hasta el PMS y la constante de los gases ideales, obteniendo el resultado que se puede observar a continuación:

$$p_5 * V_{le} = m * R * T_5 \quad (9)$$

$$p_5 * V_{le} = m * R * T_5 \rightarrow m_{Max} = \frac{p_5 * V_5}{R * T_5}$$

$$m_{Max} = \frac{101905.61 \text{ (Pa)} * 12518.26 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}}{287 \left(\frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} \right) * 293.63 \text{ (K)}} = 3.68 * 10^{-6} \text{ (Kg)}$$

Como se puede observar en el capítulo 5.1.3 dedicado a los datos o parámetros de referencia del fluido, se ha estimado el valor del porcentaje de mezcla que se escapa por la lumbrera en un 20% (Z=0.2), para poder obtener la masa máxima real de mezcla que se observa a continuación:

$$m_{real} = m_{Max} * (1 - Z) \quad (10)$$

$$m_{Real} = 3.68 * 10^{-6} \text{ (Kg)} * (1 - 0.2) = 2.94 * 10^{-6} \text{ (Kg)}$$

Para determinar la presión en esta etapa, se ha utilizado también la ley de los gases ideales, con los valores de temperatura y volumen del punto 6, la masa real de mezcla combustible/aire y la constante de los gases ideales. El cálculo del volumen en el punto 6 se ha calculado en el capítulo 5.2 dedicado a los cálculos geométricos,

siendo igual al sumatorio del volumen ocupado desde la lumbrera de escape hasta el PMS y el volumen de la cámara de combustión. El resultado obtenido para la presión en el punto 6 se observa a continuación:

$$p_6 * V_6 = m_{Real} * R * T_6 \rightarrow p_6 = \frac{m_{Real} * R * T_6}{V_6}$$

$$p_6 = \frac{2.94 * 10^{-6} \text{ (Kg)} * 287 \left(\frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} \right) * 293.39 \text{ (K)}}{3337.85 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}} = 74205.54 \text{ (Pa)}$$

5.3.3 Etapa de compresión (6-7).

El volumen en la cámara de combustión previamente calculado en el capítulo 5.2 dedicado a los cálculos geométricos, es igual al volumen en el punto 7.

Los valores de presión y temperatura obtenidos en la etapa de compresión del ciclo, se pueden observar a continuación:

$$V_c = V_7$$

$$p_7 = p_6 * \left(\frac{V_6}{V_7} \right)^K$$

$$p_7 = 74205.54 \text{ (Pa)} * \left(\frac{3337.85 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}}{297.18 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}} \right)^{1.4} = 2193129.72 \text{ (Pa)}$$

$$T_4 = T_6 * \left(\frac{V_6}{V_7} \right)^{K-1}$$

$$T_7 = 293.39 \text{ (K)} * \left(\frac{3337.85 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}}{297.18 * 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}} \right)^{1.4-1} = 772.01 \text{ (K)}$$

5.3.3 Etapa de combustión (7-1).

Para poder obtener la Temperatura en el instante de la combustión (Punto 1 del diagrama p-V) se ha utilizado la igualdad que se observa en la fórmula n°13, de la que se necesita calcular los siguientes datos:

- Masa de la mezcla de combustible (m_f).
- Poder calórico de la mezcla combustible (Q_{Hv}).

Para obtener la masa de mezcla de combustible, se ha utilizado el valor de la relación de estequiometría aire/combustible ($F=15$) estimada en el capítulo 5.1.3 dedicado a los datos o parámetros de referencia del fluido y la masa de mezcla real calculada con anterioridad, obteniendo el resultado que se puede observar a continuación:

$$m_f = \frac{1}{F + 1} * m_{Real} \quad (11)$$

$$m_f = \frac{1}{15 + 1} * 2.94 * 10^{-6} \text{ (Kg)} = 1.84 * 10^{-7} \text{ (Kg)}$$

Sabiendo la masa de mezcla de combustible, las proporciones de los componentes de los que se compone la mezcla de combustible comentado en el capítulo 3.2.2.1 dedicado al combustible a utilizar y el poder calórico de cada uno de ellos comentado en el capítulo 5.1.3 dedicado a los datos o parámetros de referencia del fluido, se dispone a calcular la capacidad calórica de la mezcla de combustible:

$$Q_{Hv} = \left(\frac{\%Metanol}{100} * Q_{Hv-m} \right) + \left(\frac{\%Nitrometano}{100} * Q_{Hv-n} \right) + \left(\frac{\%A. ricino}{100} * Q_{Hv-ar} \right) + \left(\frac{\%A. sintético}{100} * Q_{Hv-as} \right) \quad (12)$$

$$Q_{Hv} = \left(\frac{62}{100} * 20 * 10^6 \text{ (J/Kg)} \right) + \left(\frac{20}{100} * 10.5 * 10^6 \text{ (J/Kg)} \right) + \left(\frac{15}{100} * 39.5 * 10^6 \text{ (J/Kg)} \right) + \left(\frac{3}{100} * 45.8 * 10^6 \text{ (J/Kg)} \right) = 21.799 * 10^6 \text{ (J/Kg)}$$

Obtenidos los valores necesarios para calcular la temperatura en el punto 1 del ciclo, se procede a calcular la misma:

$$m_f * Q_{Hv} * \eta_c = m_{Real} * C_V * (T_1 - T_7) \quad (13)$$

$$m_f * Q_{Hv} * \eta_c = m_{Real} * C_V * (T_1 - T_7) \rightarrow T_1 = \left(\frac{m_f * Q_{Hv} * \eta_c}{m_{Real} * C_V} \right) + T_7$$

$$T_1 = \left(\frac{1.84 * 10^{-7} (Kg) * 21.799 * 10^6 \left(\frac{J}{Kg} \right) * 0.95}{2.94 * 10^{-6} (Kg) * 821 \left(\frac{J}{Kg * K} \right)} \right) + 772.01 (K) = 2348.52 (K)$$

La presión en el punto 1 del diagrama p-V se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

$$p_1 = p_7 * \left(\frac{T_1}{T_7} \right) \quad (14)$$

$$p_1 = 2193129.72 (Pa) * \left(\frac{2348.52 (K)}{772.01 (K)} \right) = 6671679.34 (Pa)$$

5.3.4 Etapa de expansión (1-2).

Al observar el diagrama p-V de la figura 62, se determina que el volumen en el punto 2 del ciclo de trabajo es igual al volumen en el punto 6 del ciclo de trabajo. Por otro lado, el volumen 1 del ciclo de trabajo es igual al volumen 7 del ciclo de trabajo, dado que el pistón está ubicado en el PMS en ambos casos.

Los valores de presión y temperatura obtenidos en la etapa de expansión del ciclo de trabajo, se pueden observar a continuación:

$$V_2 = V_6$$

$$V_1 = V_7$$

$$p_2 = p_1 * \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^K$$

$$p_2 = 6671679.34 (Pa) * \left(\frac{297.18 * 10^{-9} (m^3)}{3337.85 * 10^{-9} (m^3)} \right)^{1.35} = 254759.04 (Pa)$$

$$T_2 = T_1 * \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{K-1}$$

$$T_2 = 2348.52 (K) * \left(\frac{297.18 * 10^{-9} (m^3)}{3337.85 * 10^{-9} (m^3)} \right)^{1.35-1} = 1007.25 (K)$$

5.3.5 Etapa de escape (2-3).

El valor obtenido de la temperatura de los gases de escape se puede observar a continuación:

$$T_3 = T_2 * \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{K-1}{K}} \quad (15)$$

$$T_3 = 1007.25 \text{ (K)} * \left(\frac{101905.61 \text{ (Pa)}}{254759.04 \text{ (Pa)}}\right)^{\frac{1.35-1}{1.35}} = 794.27 \text{ (K)}$$

5.3.6 Parámetros indicados y efectivos.

Una vez obtenidos todos los valores de presión, temperatura y volumen de cada punto del diagrama p-V, se han ordenado en la tabla que se puede observar a continuación:

ESTADO	p (Pa)	V(m ³)	T (K)
1	6671679.34	297.18* 10 ⁻⁹	2348.52
2	254759.04	3337.85* 10 ⁻⁹	1007.25
3	101905.61	12518.26* 10 ⁻⁹	794.27
4	101905.61	12569.45* 10 ⁻⁹	293.63
5	101905.61	12518.26* 10 ⁻⁹	293.63
6	74205.54	3337.85* 10 ⁻⁹	293.39
7	2193129.72	297.18* 10 ⁻⁹	772.01

Tabla 1: Valores pVT de las fases del ciclo de trabajo.

También, se ha realizado mediante el software Microsoft Excel un diagrama p-V con los valores de cada posición del pistón. Dicha gráfica se puede observar en la figura 63.

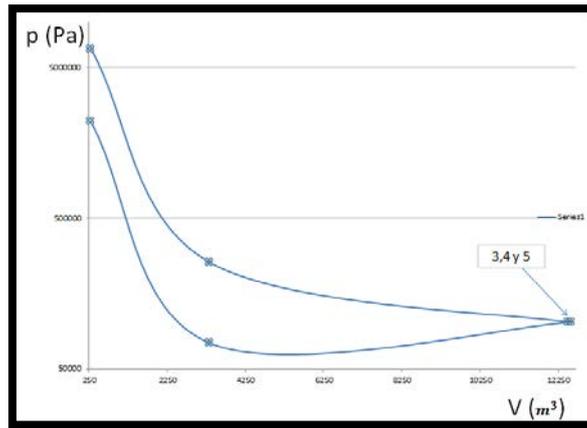


Figura 63: Diagrama p-V en base a los valores obtenidos.

Para realizar el cálculo del trabajo indicado, se ha calculado previamente el trabajo positivo del ciclo (Etapa de expansión 1-2) y el trabajo negativo del ciclo (Etapa de compresión 6-7), obteniendo los resultados que se pueden observar a continuación:

$$W_{1-2} = \int_1^2 p * dV \rightarrow W_{1-2} = \frac{(p_2 * V_2) - (p_1 * V_1)}{1 - K} \quad (16)$$

$$W_{1-2} = \frac{(254759.04 (Pa) * 3337.85 * 10^{-9} (m^3)) - (6671679.34 (Pa) * 297.18 * 10^{-9} (m^3))}{1 - 1.35}$$

$$W_{1-2} = 3.24 (J)$$

$$W_{6-7} = \frac{(p_7 * V_7) - (p_6 * V_6)}{1 - K}$$

$$W_{6-7} = \frac{(2193129.72 (Pa) * 297.18 * 10^{-9} (m^3)) - (74205.54 (Pa) * 3337.85 * 10^{-9} (m^3))}{1 - 1.4}$$

$$W_{6-7} = -1.01 (J)$$

$$W_i = W_{1-2} + W_{6-7} \quad (17)$$

$$W_i = 3.24 (J) + (-1.01 (J)) = 2.2251 (J)$$

A partir del concepto de trabajo indicado, es posible definir la presión media indicada, que como su nombre indica, es aquel valor de la presión que, de ser

constante durante una carrera, proporcionaría un trabajo igual al indicado. El valor obtenido para la presión media indicada se puede observar a continuación:

$$pmi = \frac{W_i}{V_T} \quad (18)$$

$$pmi = \frac{2.2251 (J)}{3449.84 * 10^{-9} (m^3)} = 644986 (Pa)$$

La potencia indicada vendrá dada por el trabajo indicado por unidad de tiempo, como se puede observar en el capítulo 5.1.5 dedicado a las restricciones impuestas se ha establecido un límite de 35000 Rpm, dicho límite va a ser utilizado para el cálculo que se puede observar a continuación:

$$N = W * n \quad (19)$$

$$N_i = 2.2251 (J) * \frac{35000}{60} \left(\frac{Rev}{s} \right) = 1297.98 (W)$$

A continuación se ha calculado el par indicado, como se puede observar a continuación:

$$N = M * w \quad (20)$$

$$N_i = M_i * w \rightarrow M_i = \frac{N_i}{w}$$

$$M_i = \frac{1297.98 (W)}{\frac{35000 * 2 * \pi}{60} \left(\frac{Rad}{s} \right)} = 0.35 (N * m)$$

Para obtener la potencia efectiva se deben calcular las pérdidas por accionamientos auxiliares, pérdidas por bombeo y pérdidas por fricción.

En este caso, no existe ningún accionamiento auxiliar, no existen pérdidas de bombeo debido a que el MCIA el ciclo de trabajo se realiza en un giro completo del cigüeñal (2T) y las pérdidas por fricción se han estimado en un 5% como se puede observar en el capítulo 5.1.4 dedicado a los rendimientos de referencia, ya que el rendimiento mecánico es del 95%. El valor obtenido se puede observar a continuación:

$$N_e = N_i * \eta_m \quad (21)$$

$$N_e = 1297.98 (W) * 0.95 = 1233.08 (W)$$

Con la potencia efectiva calculada, se ha procedido a calcular el par efectivo obteniendo el valor que se puede observar a continuación:

$$N_e = M_e * w \rightarrow M_e = \frac{N_e}{w}$$

$$M_e = \frac{1233.08 (W)}{\frac{35000 * 2 * \pi (Rad)}{60} \left(\frac{Rad}{s}\right)} = 0.34 (N * m)$$

Obtenido el valor de la potencia efectiva, se ha calculado el trabajo efectivo y la presión media efectiva, como se puede observar a continuación:

$$N = W * n \rightarrow W = \frac{N}{n}$$

$$W_e = \frac{1233.08 (W)}{\frac{35000}{60} \left(\frac{Rev}{s}\right)} = 2.11 (J)$$

$$pme = \frac{N_e}{V_D * n} \tag{22}$$

$$pme = \frac{1233.08 (W)}{3449.84 * 10^{-9} (m^3) * \frac{35000}{60} \left(\frac{Rev}{s}\right)} = 612739 (Pa)$$

Obtenidas todas las presiones medias, potencias y pares, se han ordenado todos los valores en la tabla que se puede observar a continuación:

	W (J)	Pm (Pa)	M (N*m)	N (W)
Indicado	2.23	644986	0.35	1297.98
Efectivo	2.11	612739	0.34	1233.08

Tabla 2: Trabajo, Presión media, Par y Potencia efectivos e indicados.

Para finalizar este capítulo, se ha realizado el cálculo de la velocidad media del pistón a máximo régimen de revoluciones, el valor obtenido se puede observar a continuación:

$$Cm = \frac{N_e * 2 * S}{pme * V_D} \tag{23}$$

$$Cm = \frac{1233.08 (W) * 2 * 0.0295 (m)}{612739 (Pa) * 3449.84 * 10^{-9} (m^3)} = 34,41 m/s$$

5.4 Selección de materiales.

Existen más de 50.000 materiales disponibles en el mercado, de entre ellos más de 2.000 tipos de aceros. En el diseño de un dispositivo o mecanismo, es muy complicado elegir entre un menú tan amplio el material más adecuado. Los errores pueden causar desastres. La historia ha sido testigo de grandes desastres en ámbitos como por ejemplo la construcción civil, naval y aérea a causa de fallos en el diseño de los componentes, y más concretamente en la selección de los materiales.

Afortunadamente, vivimos en un mundo que no para de avanzar en ámbitos tecnológicos y cada vez son más las herramientas de las que se dispone para realizar una selección de un material adecuado.

La gran mayoría de avances tecnológicos logrados en la sociedad moderna, se han apoyado en el descubrimiento y desarrollo de materiales de ingeniería y procesos de fabricación usados en su obtención.

Una adecuada selección de materiales y procesos, garantiza a los diseñadores de partes mecánicas un correcto funcionamiento de los componentes diseñados.

5.4.1 Métodos de selección utilizados.

Existen diversos métodos a la hora de realizar la selección de un material o proceso. Desde el punto de vista práctico, la posibilidad de usar varios métodos y poderlos confrontar, garantiza una mayor eficiencia en la selección correcta del material con un fin específico.

La mayoría de métodos parten de la disponibilidad de una amplia gama de materiales, los cuales se deben analizar, ya sea con ayuda de:

- Métodos tradicionales (Recomendaciones o experiencia de proyectos anteriores similares).
- Métodos gráficos (Mapas de materiales).
- Método con base de datos (Información escrita que se encuentran en fuentes bibliográficas).

La selección de materiales del presente proyecto se ha basado en los materiales obtenidos de los estudios realizados para los MCIA fabricados en anteriores proyectos, en los que se han utilizado los tres métodos que se acaban de comentar.

A continuación, se va a realizar una breve descripción de los tres métodos utilizados en la selección de materiales del presente proyecto.

5.4.1.1 Método tradicional.

Con este método, el ingeniero o diseñador escoge el material que cree más adecuado, con base en la experiencia de partes que tienen un funcionamiento similar y

que han mostrado buenos resultados. Este método es también conocido como materiales de ingeniería de partes similares. El método mantiene buena aceptación debido a lo siguiente:

- El ingeniero se siente seguro con un material usado en el mismo campo y ensayado.
- Las características del material empleado ya han sido estudiadas previamente y por lo tanto no es necesario realizar estudios previos a la selección.
- Ahorro considerable de tiempo.

Sin embargo, el uso único y exclusivamente de este método, en ocasiones conduce a serios problemas, ya que no se hace un estudio real del ambiente de trabajo del componente o equipo, el cual puede ser decisivo a la hora de escoger el material. No es el caso, dado que se han realizado estudios reales del ambiente de trabajo del componente en anteriores proyectos.

5.4.1.2 Método gráfico.

Este método se apoya en graficas (conocidas como mapas de materiales), en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. El método fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una determinada familia de materiales), con base en la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el componente.

Como es de esperar, rara vez el comportamiento de un componente depende sólo de una propiedad. De igual manera, los mapas de materiales, también denominados diagramas de Ashby, muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos (dependiendo del estado de estos), formando grupos que se ubican en áreas cerradas, zonas o campos en tales diagramas. Eso significa, que una misma familia de materiales puede tener una apreciable variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas.

En estos mapas se relacionan entre otras, propiedades como resistencia, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, costes, etc.

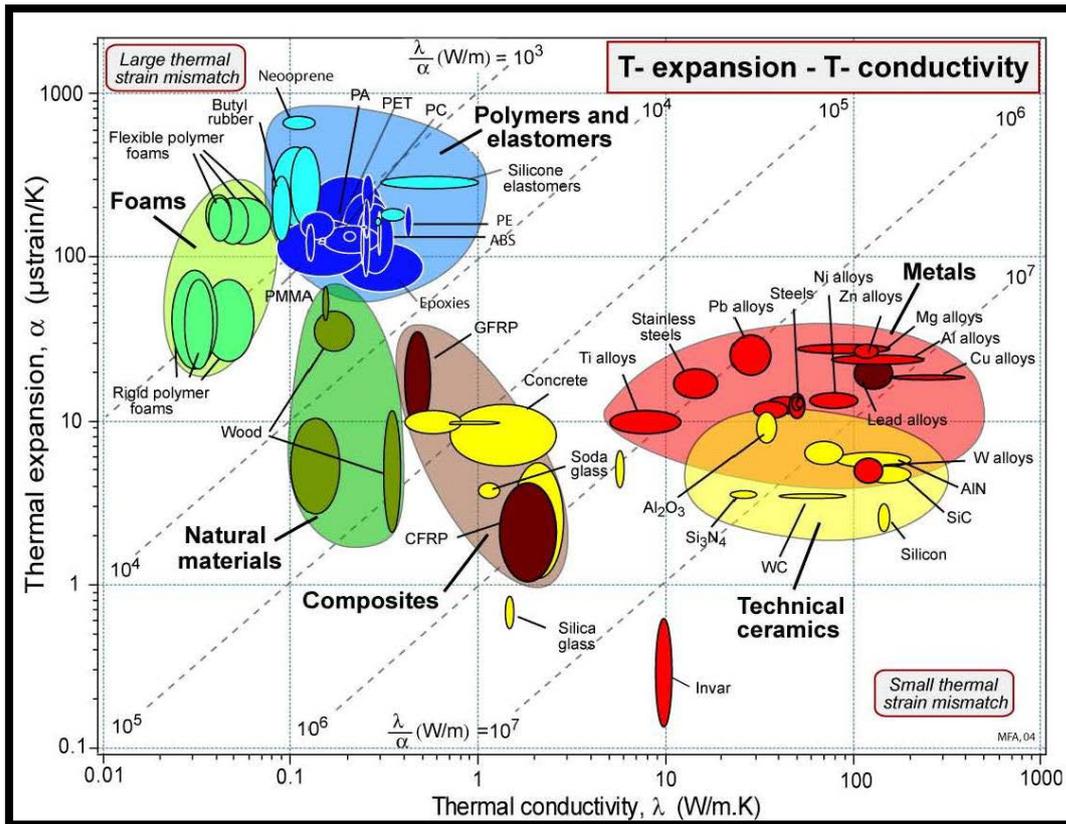


Figura 64: Mapa de materiales.

5.4.1.3 Método con base de datos.

En la red existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para la comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Las bases de datos se dividen básicamente en dos categorías, numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Dentro de las más importantes bases de datos están el banco de datos de la ASTM, la SAE, la AISI, la NASA, etc.

También se dispone en el mercado de software específico para la selección de materiales, CES EduPack es uno de los más conocidos y empleados en el mundo del diseño e ingeniería, dicho software combina el método con base de datos con el método gráfico.

La selección de materiales con ayuda de estas bases de datos, parte del conocimiento de las principales propiedades que el material debe tener para un fin específico.

Son más de 800 las universidades de todo el mundo que utilizan este programa, aunque no sólo las universidades utilizan este software. Gran cantidad de empresas e entidades mundialmente conocidas también se han hecho con sus servicios.

Por lo tanto, no cabe duda de que esta es una herramienta con un gran potencial. En su base de datos podemos encontrar hasta más de 3000 materiales diferentes, más de 200 procesos de fabricación y unión, todo tipo de datos técnicos, “notas científicas” e información completa e ilustrativa de todos estos materiales, procesos de fabricación y unión.

5.4.2 Materiales obtenidos.

A continuación, se detallan los materiales obtenidos tras el proceso de selección para cada subconjunto.

5.4.2.1 Materiales para el subconjunto fluido.

Los materiales obtenidos según el estudio comentado en función del proceso de fabricación a utilizar por el diseño geométrico y los requisitos exigidos por funciones para cada pieza que forma el subconjunto fluido, se pueden observar a continuación:

Nº ELEMENTO	NOMBRE, REF. O NORMA	MATERIAL
02.00.01.01	Aguja acelerador	EN 10083-Acero C25E
02.00.01.02	Soporte varillaje	Aleación Aluminio
03	ISO 3601-1 – A 0020 G	Vitón
02.00.01.04	Aguja admisión	EN 10083-Acero C25E
05	Admisión gasolina	Aleación Acero
06	Arandela admisión	Aleación Bronce
02.00.01.07	Bloque carburador	Aleación Aluminio
08	DIN 3771 – 9 x 1,8 – N	Vitón
09	Fuelle	Caucho
02.00.01.10	Eje acelerador	EN 10083-Acero C45E
11	DIN 913 – M 2,5 x 5	Acero Inoxidable
02.00.01.12	Aguja ralenti	EN 10083-Acero C25E

Tabla 3: Materiales seleccionados para el subconjunto fluido.

5.4.2.2 Materiales para el subconjunto amarre.

Los materiales obtenidos según el estudio comentado en función del proceso de fabricación a utilizar por el diseño geométrico y los requisitos exigidos según las funciones a desarrollar por cada una de las piezas que forma el subconjunto amarre, se pueden observar a continuación:

Nº ELEMENTO	NOMBRE, REF. O NORMA	MATERIAL
01	DIN 7984 - M3 x 20	Acero Inoxidable
02.00.02.02	Casquillo pasante	EN 10083-Acero C45E
02.00.02.03	Casquillo roscado	EN 10083-Acero C45E

Tabla 4: Materiales seleccionados para el subconjunto amarre.

5.4.2.3 Materiales para el subconjunto cámara.

Los materiales obtenidos según el estudio comentado en función del proceso de fabricación a utilizar por el diseño geométrico y los requisitos exigidos según las funciones a desarrollar por cada una de las piezas que forma el subconjunto cámara, se pueden observar a continuación:

Nº ELEMENTO	NOMBRE, REF. O NORMA	MATERIAL
02.00.03.01	Cigüeñal	EN 10083-Acero 42CrMo4
02.00.03.02	Bloque motor	Aleación Aluminio
02.00.03.03	Culatín	EN 10083-Acero C45E
02.00.03.04	Culata	Aluminio (99,5)
02.00.03.05	Pistón	EN 12020-Aluminio AW 7075
02.00.03.06	Bulón	EN 10083-Acero 41Cr4
02.00.03.07	Camisa	Aleación CuSn12
02.00.03.08	Biela	Aleación Aluminio
02.00.03.09	Casquillo lubricado	EN 1982 : 1998 – CuSn11Pb2-C
02.00.03.10	Tapa bloque	EN 12020-Aluminio AW 2011
11	ISO 4762 - M3 x 8	Acero Inoxidable
12	ISO 3601-1 - A 0224 G	Vitón
13	SKF 61802	Acero para rodamientos
14	JIS B 1521 - 607 7x19x6	Acero para rodamientos
15	ISO 4762 - M3 x 10	Acero Inoxidable
16	CLIP BULON	Acero al carbono

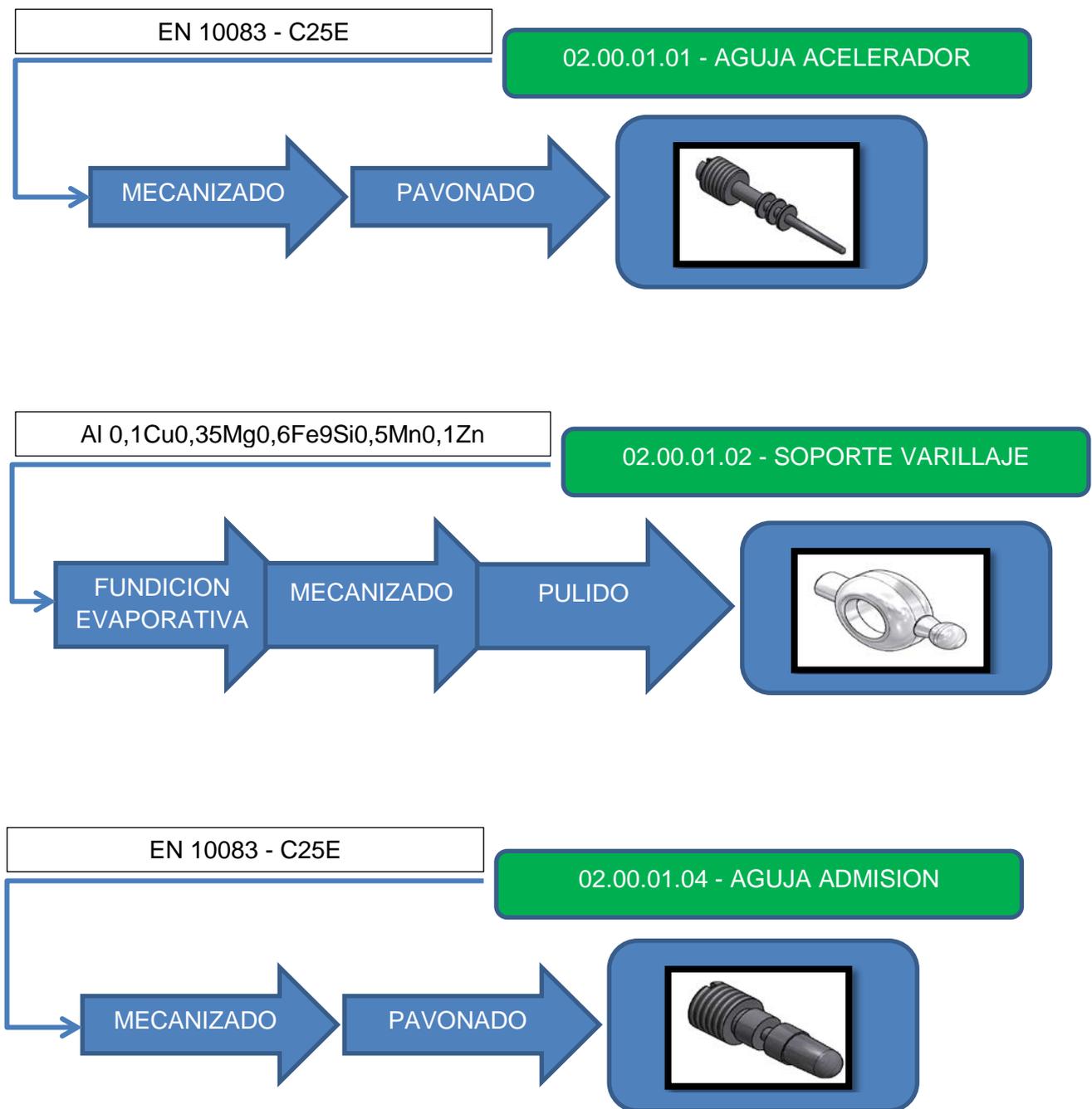
Tabla 5: Materiales seleccionados para el subconjunto cámara.

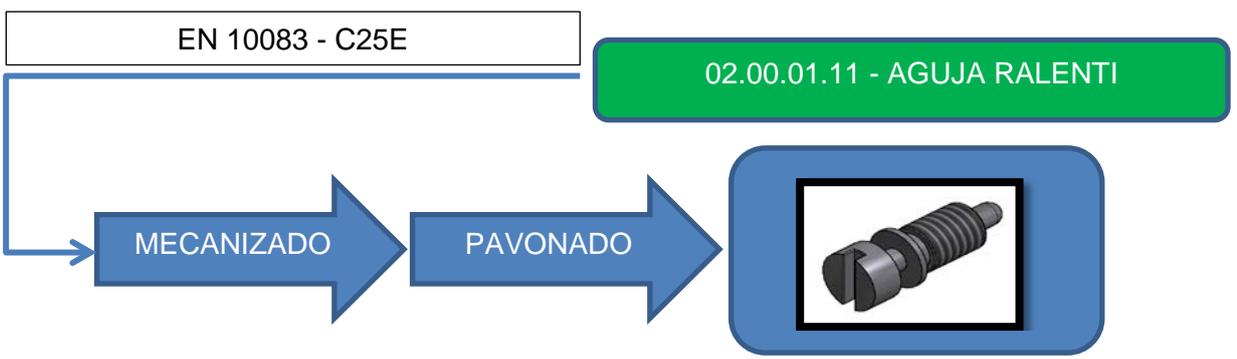
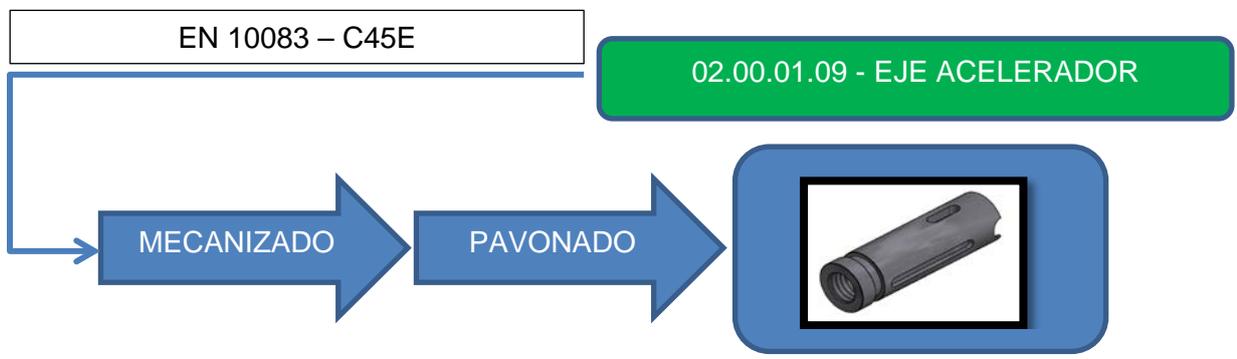
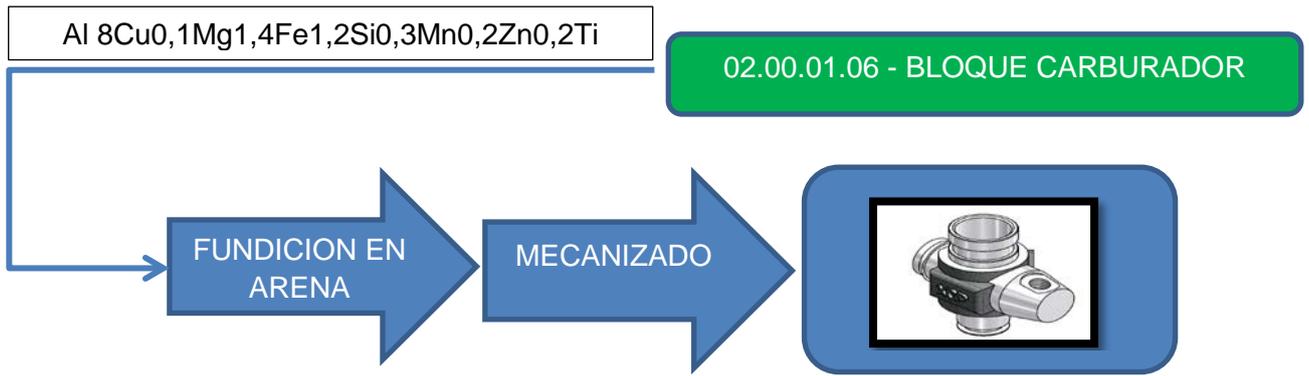
5.4.3 Procesos de fabricación obtenidos.

A continuación, se detallan los procesos de fabricación para una primera serie de fabricación de 15000 conjuntos completos

5.4.3.1 Procesos de fabricación para el subconjunto fluido.

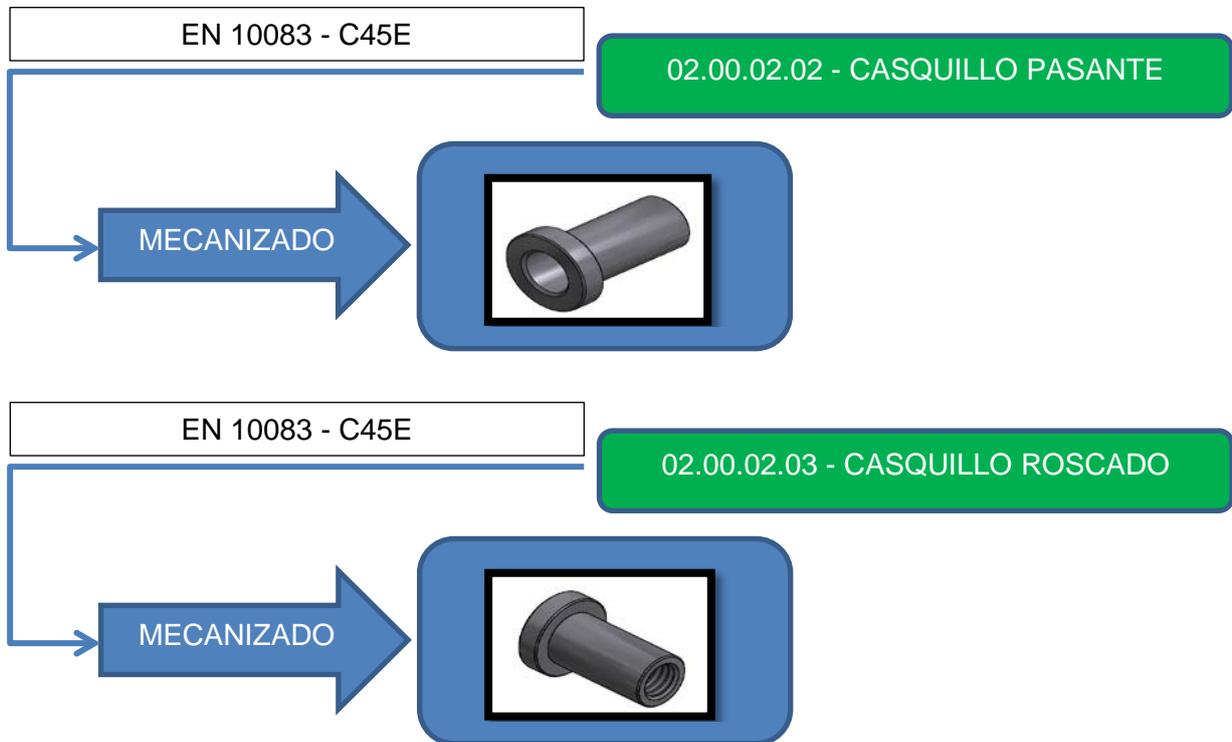
Los procesos de fabricación en función de los materiales obtenidos según el estudio comentado con anterioridad para cada una de las piezas a fabricar que forman el subconjunto fluido, se pueden observar en el diagrama de flujo que se muestra a continuación.





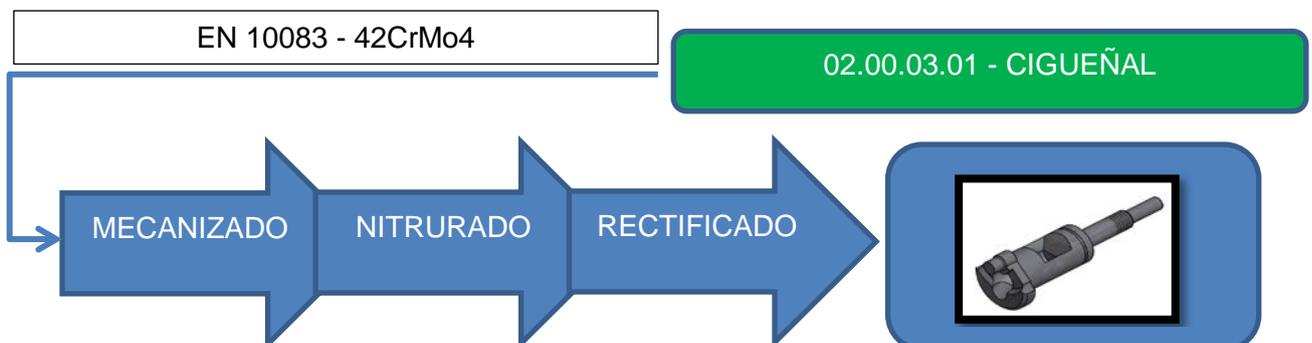
5.4.3.2 Procesos de fabricación para el subconjunto amarre.

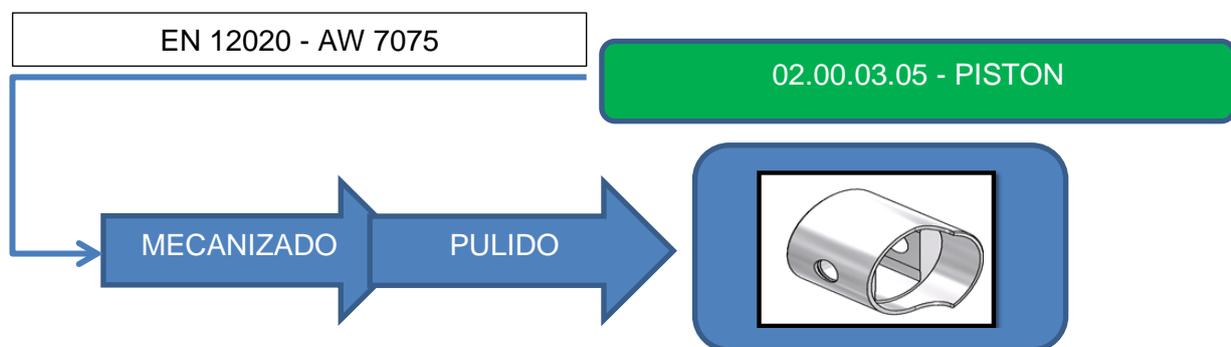
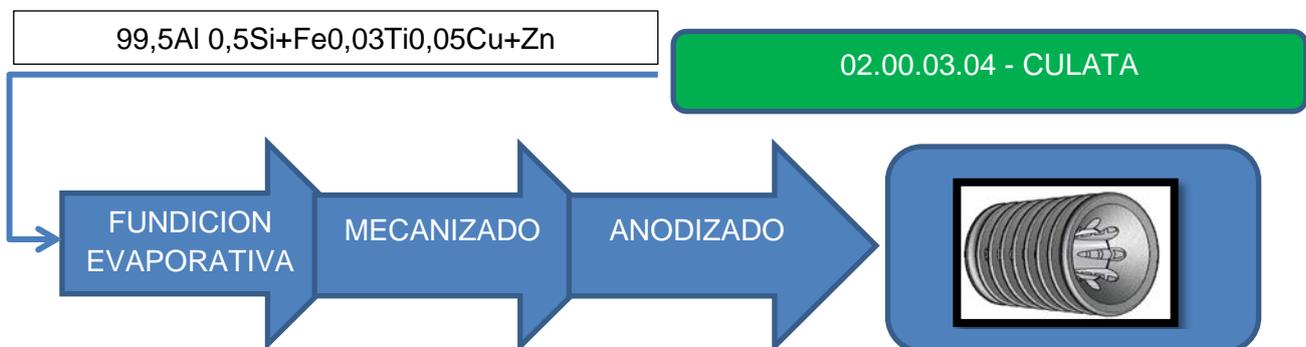
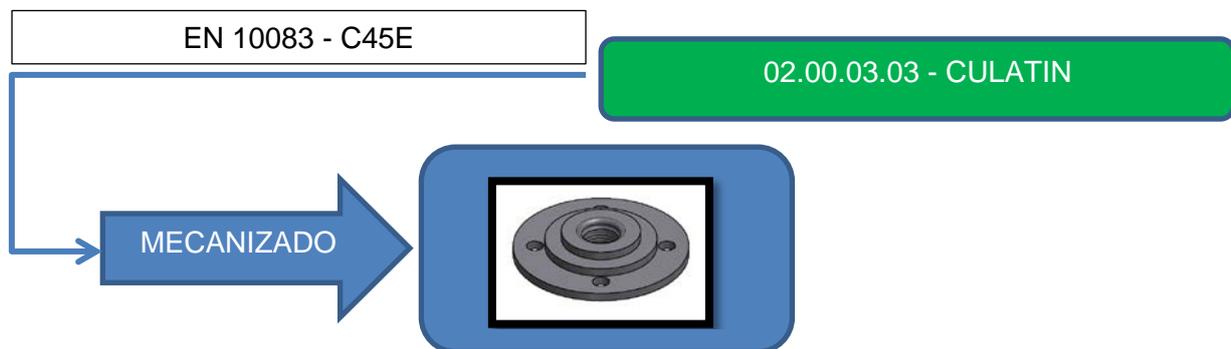
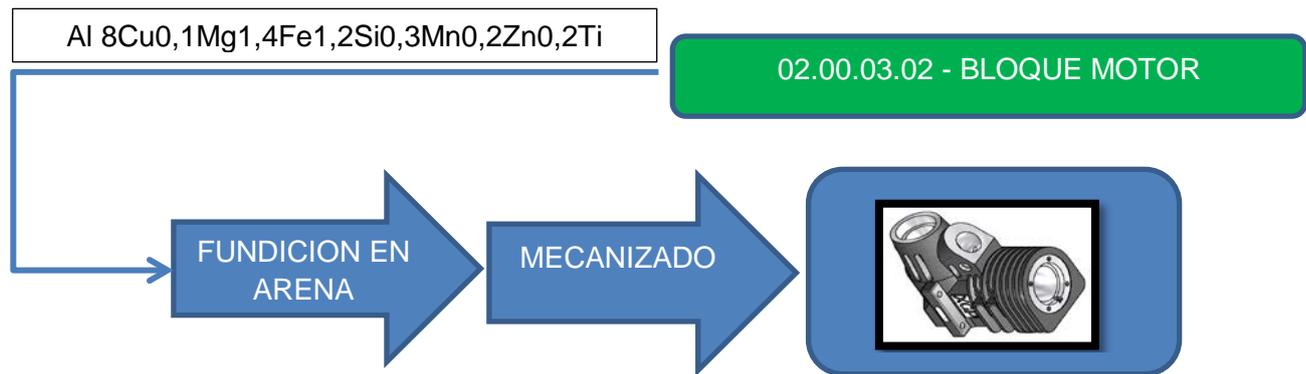
Los procesos de fabricación en función de los materiales obtenidos según el estudio comentado con anterioridad para cada una de las piezas a fabricar que forman el subconjunto amarre, se pueden observar en el diagrama de flujo que se muestra a continuación.

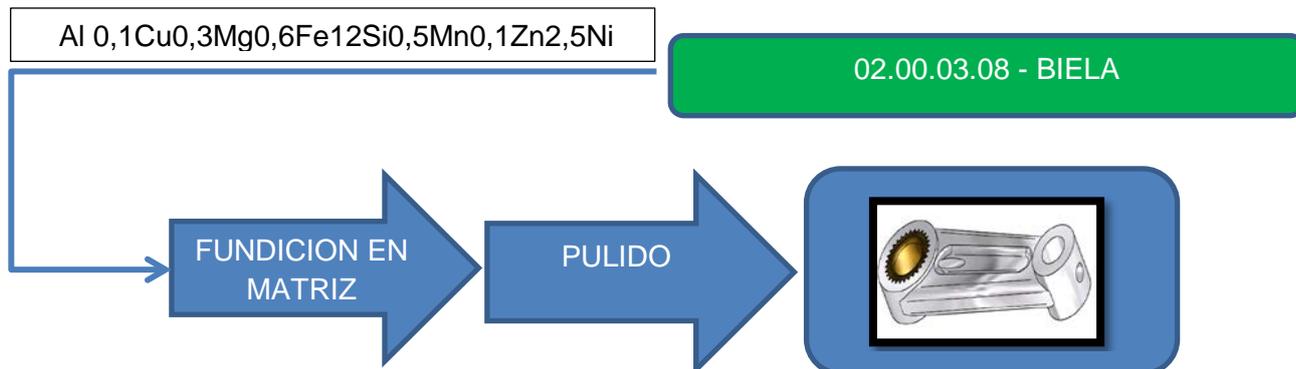
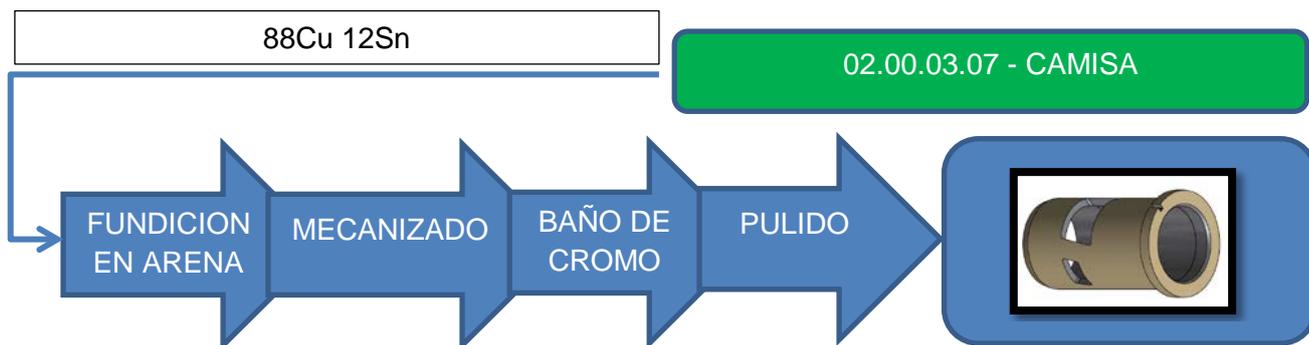
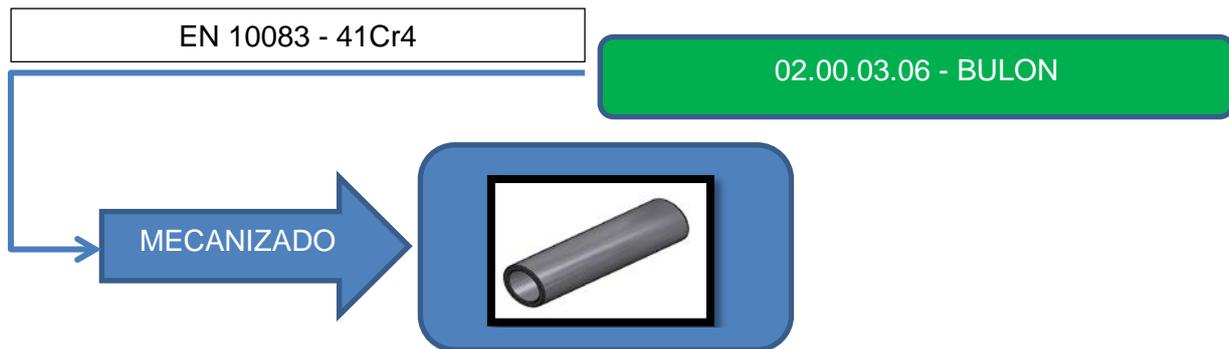


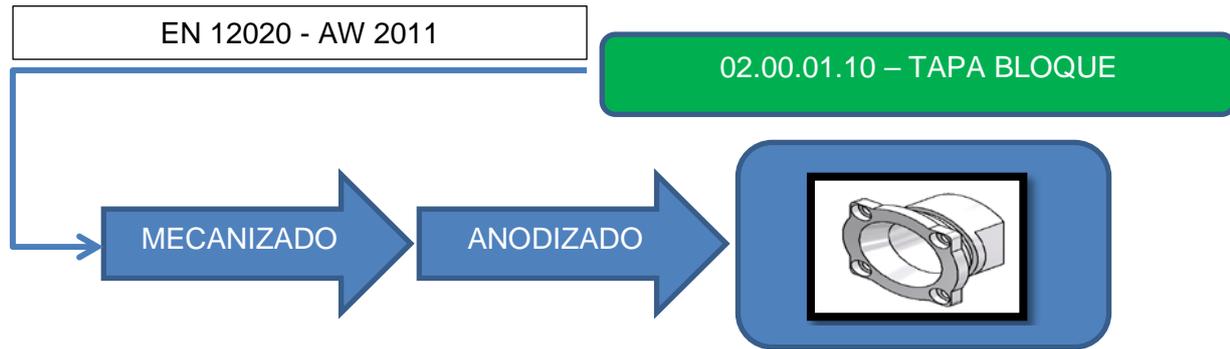
5.4.3.3 Procesos de fabricación para el subconjunto cámara.

Los procesos de fabricación en función de los materiales obtenidos según el estudio comentado con anterioridad para cada una de las piezas a fabricar que forman el subconjunto cámara, se pueden observar en el diagrama de flujo que se muestra a continuación.









5.5 Cálculos de equilibrado del cigüeñal.

Para el correcto desempeño de MCIA es imprescindible que exista un equilibrio estático y dinámico del cigüeñal.

En el sistema biela-manivela hay partes que están claramente sometidas al movimiento alterno:

- Pistón.
- Bulón.
- Clip bulón.
- Mitad superior desde el CG de la biela.

Se puede considerar con una aproximación más que suficiente que la masa de dichas partes está concentrada en el pistón.

Por otro lado, existen partes que están sometidas a una fuerza centrífuga:

- Muñequilla del cigüeñal.
- Mitad inferior desde el CG de la biela.
- Casquillo lubricado.

Se considera que la masa de dichas partes está concentrada sobre la muñequilla del cigüeñal.

Las fuerzas alternas actúan según el eje de la muñequilla del cigüeñal, mientras que las fuerza centrifugas actúan pasando constantemente por el eje de giro del cigüeñal. Las fuerzas alternas son causa de vibraciones en los MCIA.

A bajo régimen de giro las fuerzas más significativas son las de los gases, a régimen de giro medio o de crucero las fuerzas de inercia alcanzan valores importantes respecto a las fuerzas de los gases y a régimen de giro alto, las fuerzas de inercia son las de mayor importancia.

Las fuerzas alternas y centrífugas de los componentes en movimiento y la debida a las presiones de los gases, dan origen a fuerzas y a momentos que actúan sobre la estructura del motor.

Con el equilibrado del motor se busca anular la resultante de dichas fuerzas y momentos.

El equilibrado estático de exclusivamente el cigüeñal, se produce cuando se apoya el cigüeñal entre dos puntos al mismo nivel y no tiende a moverse, mientras que el equilibrado dinámico se produce cuando se anula la resultante de los momentos generados por las fuerzas centrífugas tomadas con respecto a cualquier punto del eje.

En este caso, las fuerzas alternas de inercia no van a ser equilibradas, debido a que los efectos de las vibraciones que generan en la estructura del MCIA no son suficientemente importantes como para considerar los contrapesos correspondientes.

Sin embargo, se ha considerado relevante el hecho de realizar el cálculo para el equilibrado estático del cigüeñal. Teniendo en cuenta dicho cálculo para el diseño del mismo.

Para el equilibrado estático del cigüeñal, mediante software CAD (Autodesk Inventor Profesional 2012) se ha calculado el volumen de los siguientes componentes:

- Volúmen muñequilla del cigüeñal (V_{ci}).
- Volúmen mitad inferior desde el CG de la biela (V_{bi}).
- Volúmen casquillo lubricado (V_{ca}).

Con la densidad de cada material, se ha realizado el cálculo de la masa de cada componente, obteniendo el resultado que se puede observar a continuación:

$$m = \rho * V \quad (24)$$

$$m_{ci} = 7.83 \left(\frac{Kg}{dm^3} \right) * 93.165 * 10^{-6}(dm^3) = 0.73 * 10^{-3} (Kg)$$

$$m_{bi} = 2.65 \left(\frac{Kg}{dm^3} \right) * 417.80 * 10^{-6}(dm^3) = 1.11 * 10^{-3} (Kg)$$

$$m_{ca} = 7.6 \left(\frac{Kg}{dm^3} \right) * 108.392 * 10^{-6}(dm^3) = 0.11 * 10^{-3} (Kg)$$

Una vez obtenidas las masas concentradas sobre la muñequilla del cigüeñal y la masa de la propia muñequilla y la distancia de la manivela, se ha realizado el equilibrado estático con un contrapeso ubicado en la posición deseada, planteando la igualdad que se puede observar a continuación:

$$(m_{ci} + m_{bi} + m_{ca}) * B = m_1 * r_1 \quad (25)$$

$$(m_{ci} + m_{bi} + m_{ca}) * B = m_1 * r_1 \rightarrow m_1 = \frac{(m_{ci} + m_{bi} + m_{ca}) * B}{r_1}$$

$$m_1 = \frac{(0.73 * 10^{-3} (Kg) + 1.11 * 10^{-3} (Kg) + 0.11 * 10^{-3} (Kg)) * 8.5 (mm)}{5 (mm)}$$

$$m_1 = 3.32 * 10^{-3} (Kg)$$

5.6 Cálculos de resistencia.

Los cálculos de resistencia se han basado en la etapa de combustión, dado que dicha etapa es la que mayores tensiones proporciona al sistema.

Los cálculos que se han considerado en este capítulo, se dividen en dos partes claramente diferenciadas:

- Cálculos de fallas resultantes de carga estática mediante elementos finitos.
- Cálculos de fallas resultantes de carga estática y dinámica.

Los componentes que se han considerado para el cálculo de resistencia, se observan a continuación:

- Pistón (Nº de plano 02.00.03.05).
- Biela (Nº de plano 02.00.03.08).
- Bulón (Nº de plano 02.00.03.06).
- Cigüeñal (Nº de plano 02.00.03.01).
- Camisa (Nº de plano 02.00.03.07).
- SKF 61802 C2H (Marca nº 13 subconjunto cámara).
- SKF 607 C2H (Marca nº 14 subconjunto cámara).

5.6.1 Cálculos de fallas resultantes de carga estática mediante módulo elementos finitos.

Para los cálculos de fallas resultantes de carga estática, se ha considerado más conveniente realizar un análisis con el módulo de elementos finitos del software utilizado para el diseño (Autodesk Inventor profesional 2012), debido fundamentalmente a los siguientes motivos:

- El software de cálculo se basa en la teoría de falla que se debe aplicar en este caso, la tensión de Von Mises para materiales dúctiles.
- El software de cálculo también realiza el cálculo del desplazamiento, deformación y presión de contacto.
- La posibilidad de poder analizar de forma sencilla varios componentes en un mismo sistema.

Se ha realizado un análisis individual para el pistón-bulón, con la presión máxima alcanzada en el ciclo de trabajo. También se ha decidido realizar un análisis de todo el conjunto de componentes comentados con anterioridad en tres posiciones desfavorables del sistema, las posiciones comentadas son las siguientes:

La posición A, soporta la presión máxima alcanzada en la etapa de combustión cerca del PMS.

La posición B, soporta la presión media indicada del ciclo en la que la biela se posiciona con un ángulo de 11.76° respecto al eje de la camisa, aunque en el análisis se ha considerado la presión máxima obtenida en la combustión del ciclo, dado que esta es mayor.

La posición C, soporta la presión media indicada del ciclo en la que la biela se posiciona en su máxima inclinación respecto al eje de la camisa, dicha inclinación es de 16.75° , aunque en el análisis se ha considerado la presión máxima obtenida en la combustión del ciclo, dado que esta es mayor.

En las figuras que se muestran a continuación, se pueden observar las posiciones A, B y C seleccionadas para el análisis de elementos finitos.

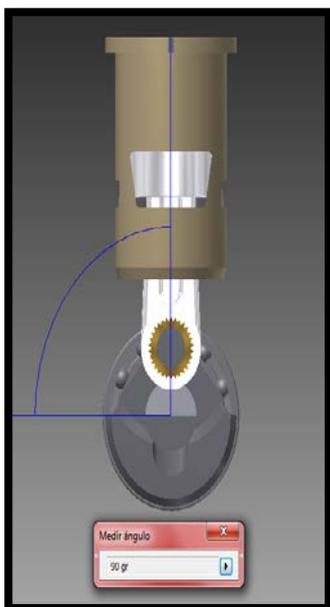


Figura 65: Posición A.

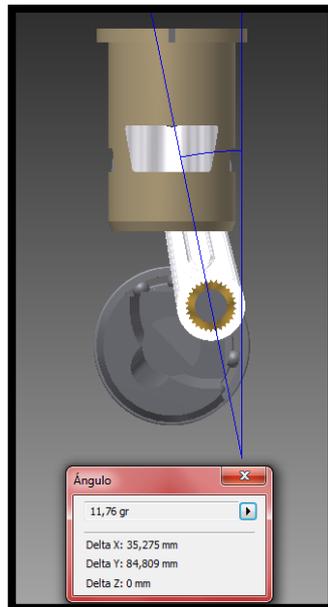


Figura 66: Posición B.

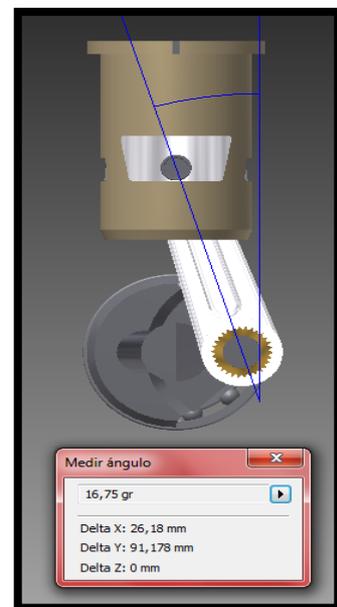


Figura 67: Posición C.

5.6.1.1 Análisis del pistón junto con el bulón.

El análisis del pistón y bulón, se ha realizado con la presión máxima alcanzada en el ciclo de trabajo y las características mecánicas del aluminio AW 7075 y el acero 41Cr4, obtenidas de la base de datos del software CES Edupack 2015. Dichas características mecánicas, se pueden observar en las tablas que se muestran a continuación:

02.00.03.05 – PISTON / EN 12020 - AW 7075			
Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	Módulo young $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	Coefficiente Poisson	Límite elástico $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
2.8	72000	0.33	480
Límite trac/com $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	C. térmica $\left(\frac{W}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Exp. lineal $\left(\frac{\mu m}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Calor Especifico $\left(\frac{J}{g \cdot C^{\circ}}\right)$
540	134	23.5	0.946

Tabla 6: Características mecánicas AW 7075.

02.00.03.06 – BULON / EN 10083 – 41Cr4			
Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	Módulo Young $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	Coefficiente Poisson	Límite elástico $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
7.85	213000	0.29	862.5
Límite trac/com $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	C. térmica $\left(\frac{W}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Exp. Lineal $\left(\frac{\mu m}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Calor Especifico $\left(\frac{J}{g \cdot C^{\circ}}\right)$
1000	45	12.75	0.455

Tabla 7: Características mecánicas 41Cr4.

Los resultados considerados de mayor importancia obtenidos en el análisis son, el valor de la tensión equivalente de Von Mises en el punto más crítico (σ_{equi}), el valor del coeficiente de seguridad a fluencia en el punto más crítico (n_f), el valor del coeficiente de seguridad a resistencia en el punto más crítico (n_{sut}), el desplazamiento equivalente en el punto más crítico (Δ_{equi}), la deformación equivalente en el punto más crítico (ϵ_{equi}) y la presión de contacto equivalente en el punto más crítico (P_{equi}). Los resultados comentados se pueden observar en la tabla que se muestra a continuación:

RESULTADOS OBTENIDOS: ANALISIS ESTÁTICO PISTON-BULON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2}\right)$	n_f	n_{sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2}\right)$
49.29	9.94	10.33	0.004179	0.0006073	51.24

Tabla 8: Resultados obtenidos análisis del pistón junto con el bulón.

En las figuras que se muestran a continuación se pueden observar las visualizaciones con transición de colores suaves de dos de los resultados de mayor importancia comentados.

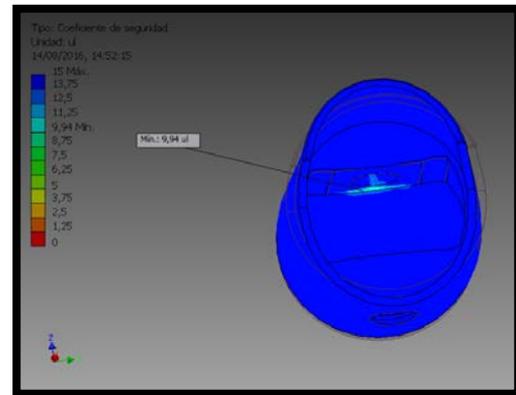
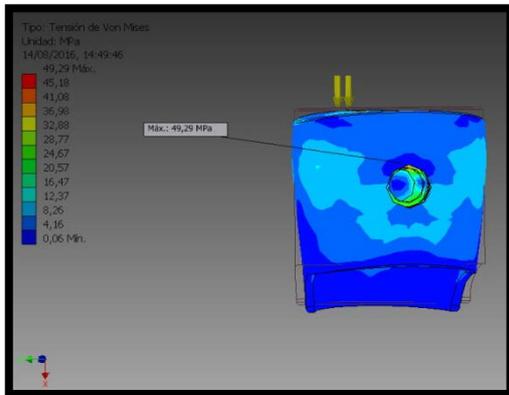


Figura 68: Tensión equivalente Von Mises.

Figura 69: Coeficiente a fluencia.

El bulón está sometido a la tensión máxima equivalente de Von Mises en el punto que se puede observar en la figura 68, mientras que, el pistón tiene un valor inferior cercano al valor del bulón. Sin embargo, al tener el pistón menor límite de resistencia a la fluencia por las características mecánicas del material seleccionado, el menor valor del coeficiente a fluencia se le atribuye al pistón en el punto que se puede observar en la figura 69.

5.6.1.2 Análisis del mecanismo biela-manivela.

El análisis estático del mecanismo biela-manivela, se ha dividido en las tres posiciones más desfavorables del sistema en la etapa de combustión, y son las siguientes:

1. Posición A: Pistón en el PMS.
2. Posición B: Eje de la biela con un ángulo de $11'76^\circ$ respecto al eje de la camisa.
3. Posición C: Eje de la biela con un ángulo de $16'75^\circ$ respecto al eje de la camisa.

Para el análisis en la posición A de la figura 65, se ha utilizado la presión máxima alcanzada en el ciclo de trabajo y el par indicado. Los valores de las características mecánicas de los materiales seleccionados de los componentes, obtenidos de la base de datos del software CES Edupack. Dichas características mecánicas, se pueden observar en las tablas que se muestran a continuación:

02.00.03.08 – BIELA / Aleación de Al 0,1Cu0,3Mg0,6Fe12Si0,5Mn0,1Zn2,5Ni			
Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	Módulo Young $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	Coficiente Poisson	Límite elástico $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
2.65	70000	0.325	360
Límite tra/com $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	C. térmica $\left(\frac{W}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Exp. Lineal $\left(\frac{\mu m}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Calor Especifico $\left(\frac{J}{g \cdot C^{\circ}}\right)$
480	130	19.3	0.925

Tabla 9: Características mecánicas aleación Al fundida en molde permanente.

02.00.03.09 – CASQUILLO LUBRICADO / EN 1982 : 1998 – CuSn11Pb2-C			
Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	Módulo Young $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	Coficiente Poisson	Límite elástico $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
8.6	105000	0.35	202
Límite tra/com $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	C. térmica $\left(\frac{W}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Exp. lineal $\left(\frac{\mu m}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Calor Especifico $\left(\frac{J}{g \cdot C^{\circ}}\right)$
333	55	18.5	0.376

Tabla 10: Características mecánicas CuSn11Pb2-C.

02.00.03.01 – CIGÜEÑAL / EN 10083 – 42CrMo4			
Densidad $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	Módulo Young $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	Coficiente Poisson	Límite elástico $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
7.85	212000	0.29	1450
Límite tra/com $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$	C. térmica $\left(\frac{W}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Exp. Lineal $\left(\frac{\mu m}{m \cdot C^{\circ}}\right)$	Calor Especifico $\left(\frac{J}{g \cdot C^{\circ}}\right)$
1450	45	12.5	0.470

Tabla 11: Características mecánicas 42CrMo4.

En este caso, se han obtenido los valores relevantes en los puntos críticos comentados para cada componente que forma el sistema analizado. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla que se muestra a continuación:

POSICION A: PISTON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
46.16	10.39	11.44	$41.01 * 10^{-4}$	$5.788 * 10^{-4}$	47.08
POSICION A: BULON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
59.62	>15	>15	$50.44 * 10^{-5}$	$2.463 * 10^{-4}$	-
POSICION A: BIELA					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
10.30	>15	>15	$84.87 * 10^{-5}$	$9.640 * 10^{-4}$	8.62
POSICION A: CIGÜENAL					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
11.42	>15	>15	$42.42 * 10^{-4}$	$4.633 * 10^{-5}$	-

Tabla 12: Resultados obtenidos del análisis estático en posición A.

En las figuras que se muestran a continuación se pueden observar las visualizaciones con transición de colores suaves de dos resultados obtenidos.

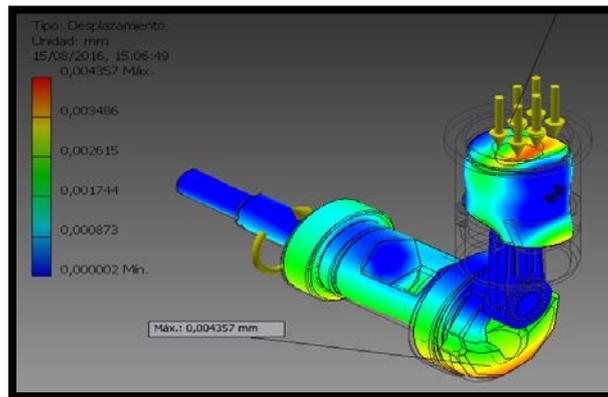


Figura 70: Tensión equivalente Von Mises en punto crítico del pistón.

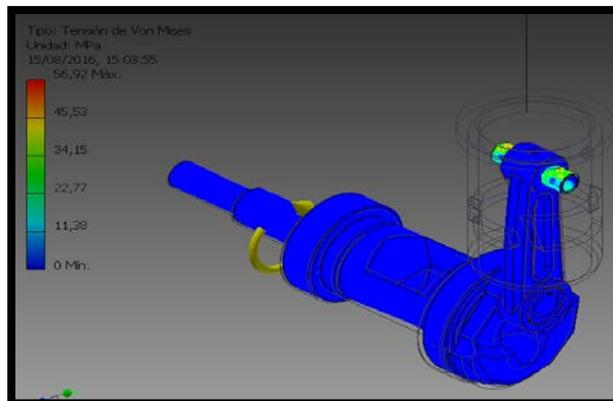


Figura 71: Tensión de equivalente de Von Mises en punto crítico del bulón.

Para el análisis en la posición B de la figura 66, se ha utilizado la presión máxima alcanzada en el ciclo de trabajo y el par indicado, obteniendo los valores que se pueden observar a continuación:

POSICION B: PISTON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
46.35	10.34	11.28	$41.26 * 10^{-5}$	$5.812 * 10^{-4}$	47.23
POSICION B: BULON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
69.05	12.47	14.41	$51.32 * 10^{-5}$	$2.921 * 10^{-4}$	-
POSICION B: BIELA					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
11.78	>15	>15	$88.60 * 10^5$	$1.077 * 10^{-4}$	7.93
POSICION B: CIGÜEÑAL					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
14.5	>15	>15	$43.45 * 10^{-4}$	$5.885 * 10^{-5}$	-

Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis estático en posición B.

En las figuras que se muestran a continuación se pueden observar las visualizaciones con transición de colores suaves de dos resultados obtenidos.

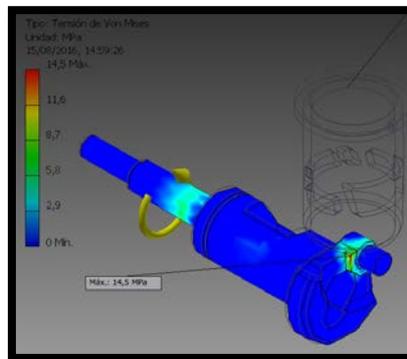


Figura 72: Tensión equivalente de Von Mises en punto crítico del cigüeñal.

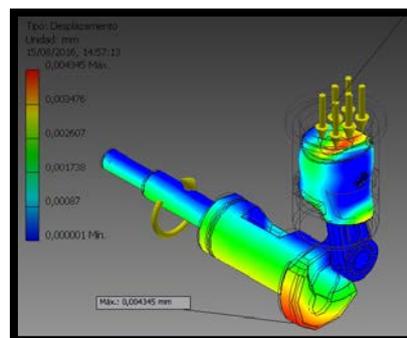


Figura 73: Desplazamiento equivalente en punto crítico del cigüeñal.

Para el análisis en la posición C de la figura 67, se ha utilizado la presión máxima alcanzada en el ciclo de trabajo y el par indicado, obteniendo los valores que se pueden observar a continuación:

POSICION C: PISTON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
45.83	10.47	10.95	$41.11 * 10^{-5}$	$5.759 * 10^{-4}$	45.68
POSICION C: BULON					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
56.21	>15	>15	$51.16 * 10^{-5}$	$2.435 * 10^{-4}$	-
POSICION C: BIELA					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
12.07	>15	>15	$90.48 * 10^{-5}$	$1.520 * 10^{-4}$	7.82
POSICION C: CIGÜENAL					
$\sigma_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$	n_f	n_{Sut}	$\Delta_{equi} (mm)$	ϵ_{equi}	$P_{equi} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
13.92	>15	>15	$43.82 * 10^{-4}$	$5.654 * 10^{-5}$	-

Tabla 14: Resultados obtenidos del análisis estático en la posición C.

En las figuras que se muestran a continuación se pueden observar las visualizaciones con transición de colores suaves de dos resultados obtenidos.

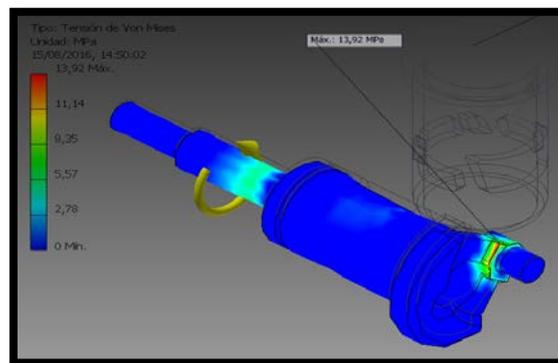


Figura 74: Tensión equivalente de Von Mises en punto crítico del cigüeñal.

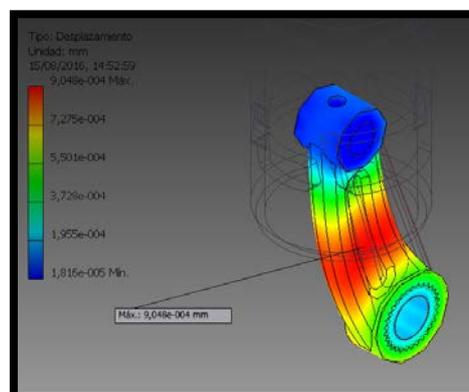


Figura 75: Desplazamiento equivalente en punto crítico de la biela.

5.6.2 Cálculos de fallas resultantes de carga estática y variable.

Para el cálculo de cargas variables a fatiga, se ha realizado un análisis de las fuerzas ejercidas en el sistema a calcular.

En el análisis de dicho sistema, se demuestra que existe una tensión provocada por la combustión en la posición A (Figura 76), si se ubican los planos XY, XZ y YZ del sistema se concluye que la fuerza que ejerce dicha presión afecta al plano XZ. Esto implica que, el pistón y la biela trabajen a esfuerzos de compresión, mientras que el bulón y cigüeñal trabajan a flexión, en el caso del cigüeñal es una flexión pura sin torsión, debido a que la muñequilla está ubicada en el eje central del cigüeñal y esta no produce par.

Por lo tanto, para el pistón y la biela se ha decidido realizar los cálculos dinámicos en la posición A, con una única tensión de compresión que afectan a los mismos. En el caso del bulón, se ha realizado en la misma posición (posición A) pero, por su posicionamiento en el sistema, se ha considerado una fuerza de flexión provocada por la presión alcanzada en la combustión.

Sin embargo, el cigüeñal se ve afectado de forma distinta. Depende de la posición en la que se analice, los esfuerzos afectarán de una forma u otra. Es decir, si se ubican los planos XY, XZ y YZ del cigüeñal, se distinguen entre dos tipos de esfuerzo dependiendo de la posición en la que se encuentre la muñequilla.

Un esfuerzo de flexión pura sin torsión en la posición A que afecta al plano XZ, como se acaba de comentar. En la posición B y C de la figura 77 y 78 respectivamente, se produce una fuerza transmitida por la biela, la cual se desplaza un ángulo determinado respecto al plano XY del sistema, dicho ángulo depende de la longitud de la biela entre uniones (unión bulón y unión manivela) y el radio de la manivela, dicha fuerza produce una tensión de flexión distribuida entre los planos XY y XZ que va variando en función del ángulo en el que se posiciona la biela, pero también produce un par de torsión. Al mismo tiempo, los planos XY y XZ del cigüeñal van girando sobre el eje de rotación del mismo, intercambiando su posición mientras se pasa de la posición A del sistema a la posición C del sistema, ya que el eje de giro del cigüeñal se desplaza 90° . Por lo tanto, lo idóneo sería realizar una descomposición de las fuerzas comentadas para cada posición de giro del cigüeñal, por ejemplo con un rango de 1° hasta llegar a los 360° .

A continuación, en las figuras 76, 77 y 78 se puede observar la rotación sobre el eje de giro de los planos XY y XZ hasta intercambiar su posición y la variación del ángulo de la biela respecto al plano XY del sistema.

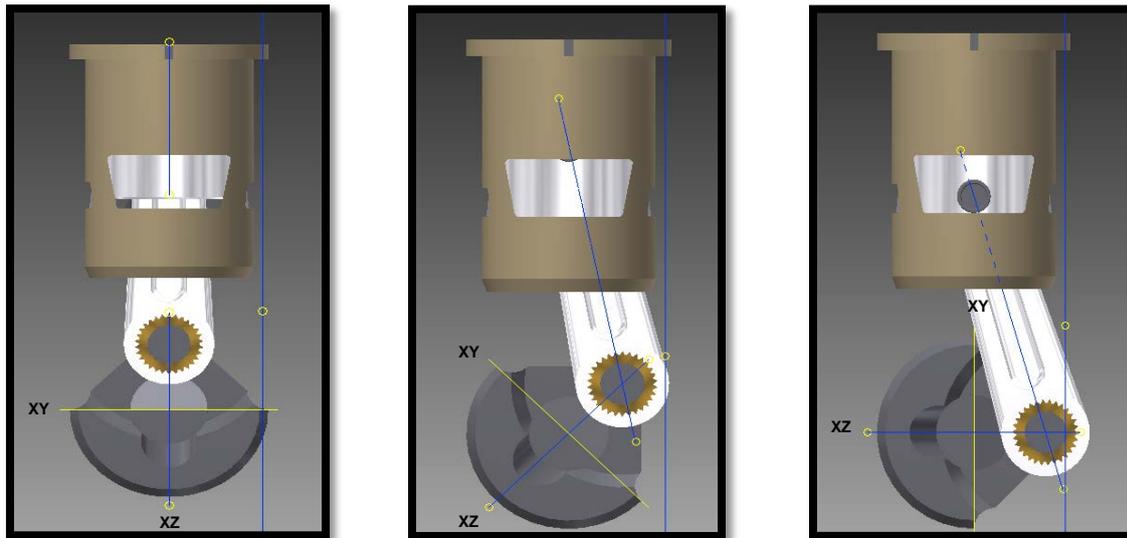


Figura 76, 77 y 78: Intercambio de posición de los planos XY y XZ del cigüeñal.

En este caso, en vez de realizar un estudio exhaustivo para realizar la descomposición de las fuerzas que actúan en el cigüeñal, se ha analizado únicamente la posición C (Figura 67) en la que se considera un par de torsión alternante con el mismo valor máximo y mínimo.

Si se observan las figuras 76, 77 y 78, queda aclarado que el sentido de giro es horario.

5.6.2.1 Metodología de cálculo.

Todos los cálculos dinámicos se han realizado con el software Mathematica 10.

Para los cálculos dinámicos del pistón, bulón y biela, se ha procedido de la siguiente forma:

1. Se han trasladado las presiones de cada fase del ciclo, a un diagrama tensión-tiempo, en el que se ha representado el tiempo de un ciclo de trabajo, dicho diagrama establece el mismo valor para la presión inicial y final (presión de combustión).
2. Obtenido el diagrama referido a la tensión y el tiempo, se han reflejado dos ciclos seguidos en dicho diagrama. A continuación, se han realizado 2 cortes para conseguir que el inicio y final del ciclo sea la pequeña depresión producida en el final de la fase de barrido (punto 6 diagrama p-V). Obteniendo un a tensión alternante máxima con valor positivo y una mínima con valor negativo.
3. A continuación, se han calculado los coeficientes de seguridad a rotura y fluencia con las fórmulas nº28 y nº29 y las tensiones medias y alternantes mediante la fórmula nº26 y nº27. Debido a que solo existía

una componente de tensión normal y no existía cortante, dicha componente se ha tomado como la tensión principal para el cálculo del coeficiente de seguridad a fluencia y a rotura.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (26)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (27)$$

$$n_{Sut} = \frac{S_{ut}}{\sigma_{equi}} \quad (28)$$

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma_{equi}} \quad (29)$$

4. Obtenidas las tensiones medias y alternantes, se ha calculado el límite de resistencia a fatiga mediante las formulas nº30 para el Acero y nº31 para el Aluminio. En el caso del material del pistón y la biela (Aluminio), al no tener límite de resistencia a fatiga, la fórmula utilizada para estimar su límite de resistencia a fatiga está referida a $5 * 10^8$ ciclos. Esto no ocurre con el material del bulón (Acero), que a partir de 10^6 ciclos aproximadamente, si no se superan las tensiones principales en el mismo, ni se altera el sistema por alguna circunstancia, será irrelevante el incremento del número de ciclos del componente a estudiar, dado que ese punto está relacionado con el límite de resistencia a fatiga y por lo tanto, el componente tendrá vida ilimitada.

$$S_e = S_{ut} * 0,504 \quad (30)$$

$$S_e = S_{ut} * 0.4 \quad (31)$$

5. Obtenido el límite de resistencia a fatiga, se han calculado todos los factores que le afectan (Acabado, Carga, Tamaño, Temperatura y factor de confiabilidad), según el tipo de tensiones a las que esté sometido el elemento a analizar, estos factores son los llamados de Marín y se obtienen en tablas de referencia en función de cómo sea el esfuerzo (Flector, Torsor o Axial). Este cálculo se ha realizado con la siguiente fórmula:

$$S_e' = S_e * C_{acabado} * C_{carga} * C_{tamaño} * C_{temperatura} * C_{confiabilidad} \quad (32)$$

6. Pese a considerar todos los materiales implicados de las piezas comentadas como materiales dúctiles, también se ha considerado el concentrador de tensión para el cálculo del pistón y biela, debido a la forma geométrica de cada uno de los componentes. Este factor se obtiene como los de Marín, mediante un diagrama de referencia. En este caso, no se ha minorado con la sensibilidad a la entalla, la constante de Neuber y la ecuación de Kuhn-Hadrath, dichas fórmulas se verán más adelante en el cálculo del cigüeñal. El concentrador de tensiones se utiliza para minorar el límite de resistencia a fatiga con la siguiente formula:

$$S_K = \frac{S'_e}{K_F} \quad (33)$$

7. Tras corregir el límite de resistencia a fatiga con los factores de Marín y el concentrador de tensiones mediante las formulas nº32 y nº33, se ha calculado el coeficiente de seguridad a fatiga mediante el criterio de la ecuación de la recta de Goodman modificada, criterio bastante conservador utilizado por muchos diseñadores. La fórmula según Goodman, se puede observar a continuación:

$$n_g = \frac{1}{\left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_K}\right)} \quad (34)$$

Para los cálculos dinámicos del cigüeñal, se ha procedido de la siguiente forma:

1. Se ha decidido aplicar un aumento del 15% del par indicado y efectivo, dado que se espera que el proyecto independiente del sistema de escape y la posterior optimización del prototipo alcancen alrededor de un 12% de aumento del par manteniendo el régimen máximo de 35000 Rpm, esto implicara un aumento de potencia y por lo tanto se ha contemplado en el cálculo dinámico del cigüeñal. La distribución de los apoyos y cargas se puede observar a continuación:

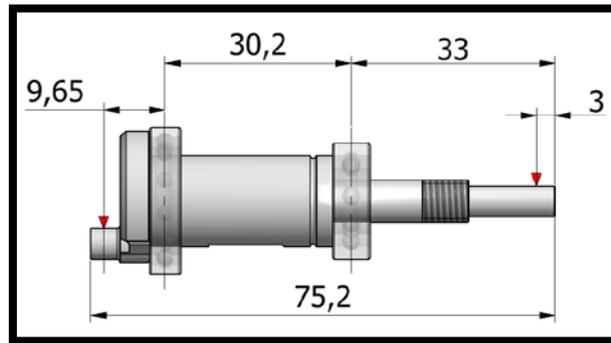


Figura 79: Distribución de apoyos y cargas en el cigüeñal.

2. El cigüeñal, tiene una entrada de potencia ubicada en el centro de la muñequilla y una salida de potencia mediante un engranaje de diente recto con un ángulo de contacto de 20° y un diámetro de contacto de aproximadamente 14 mm, cuyo centro está ubicado a 3 mm del inicio del otro extremo del cigüeñal, como se puede observar en la figura 79. Con todos estos datos, se ha calculado la fuerza consumida de salida y la suministrada de entrada con la siguiente fórmula:

$$T = F * r \quad (35)$$

$$T = F * r \rightarrow F = \frac{T}{r}$$

3. Obtenidas las fuerzas ejercidas en la entrada y salida, se han descompuesto debido a que tienen un ángulo de inclinación respecto al origen del sistema, también se han asignado los puntos críticos que se pueden observar en la figura 80.

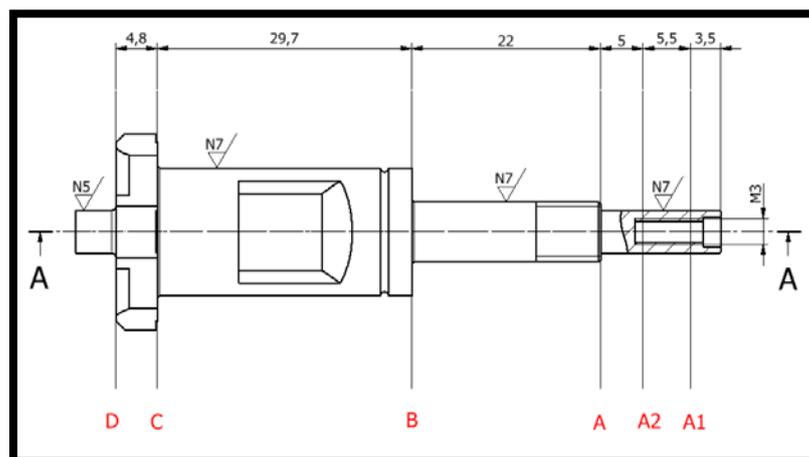


Figura 80: Puntos considerados críticos.

4. Debido a que las fuerzas de entrada y salida afectan al plano XY y XZ, se ha realizado el cálculo de las reacciones en los apoyos de los rodamientos de cada plano comentado. También, se ha calculado la deflexión y el cortante en los puntos considerados críticos. Dicho cálculo se ha realizado con el software MD Solids 3.5, para poder verificar los cálculos manuales realizados con el software Mathematica 10. El momento flector y el cortante producido por este para cada plano, se pueden observar en las figuras que se muestran a continuación.

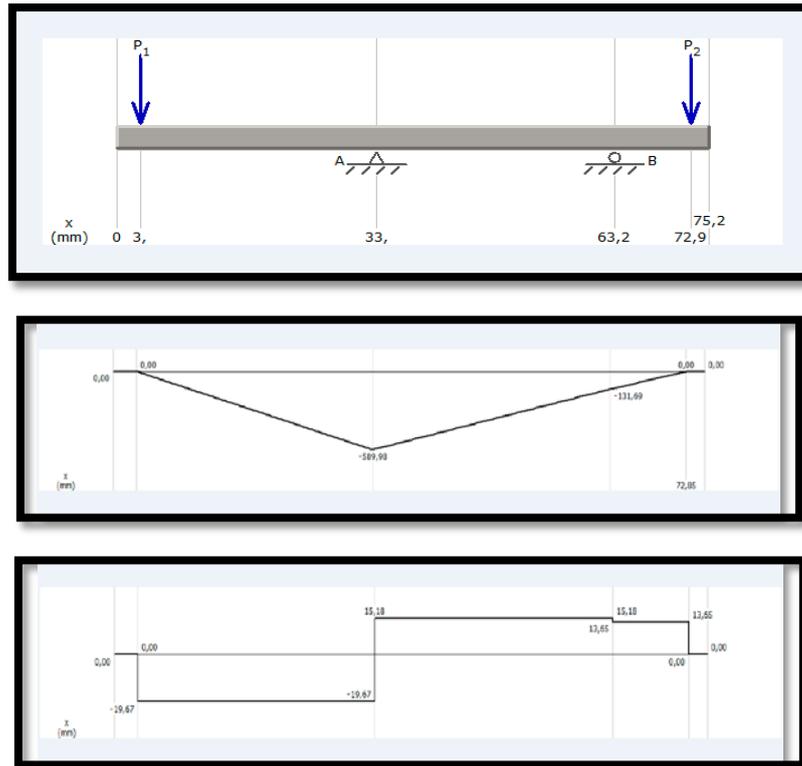


Figura 81: Momento flector y cortante en el plano XY.

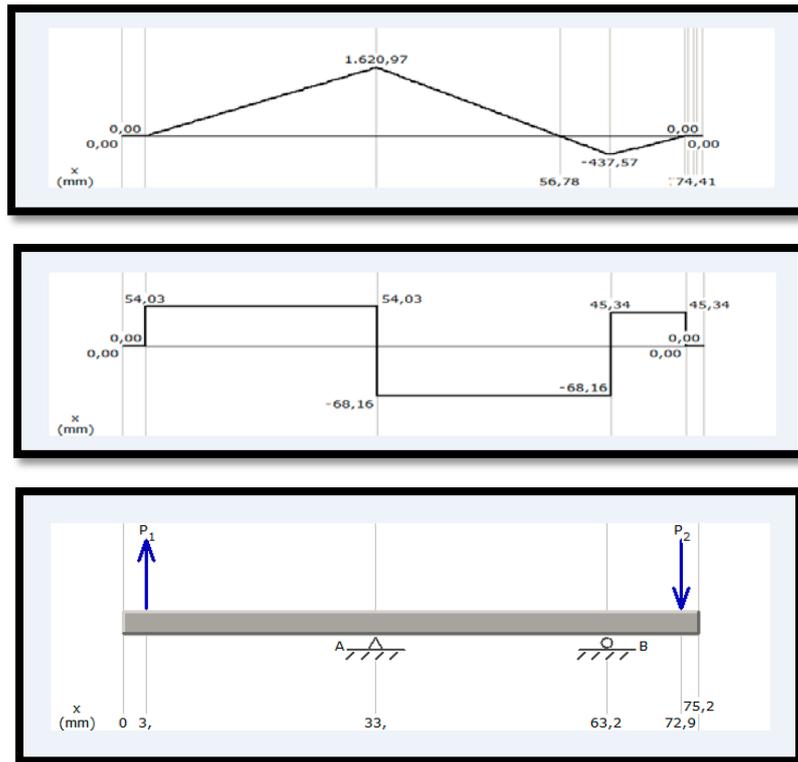


Figura 82: Momento flector y cortante en el plano XZ.

5. A continuación, se ha calculado el momento flector equivalente en cada punto crítico con la fórmula 36, el cortante provocado por la flexión se ha despreciado.

$$M_{equi} = \sqrt{(M_{XY})^2 + (M_{XZ})^2} \quad (36)$$

6. Los concentradores de tensión obtenidos (K_T) de las tablas de referencia para cada punto crítico en torsión y flexión, se pueden observar en la figuras que se muestran a continuación.

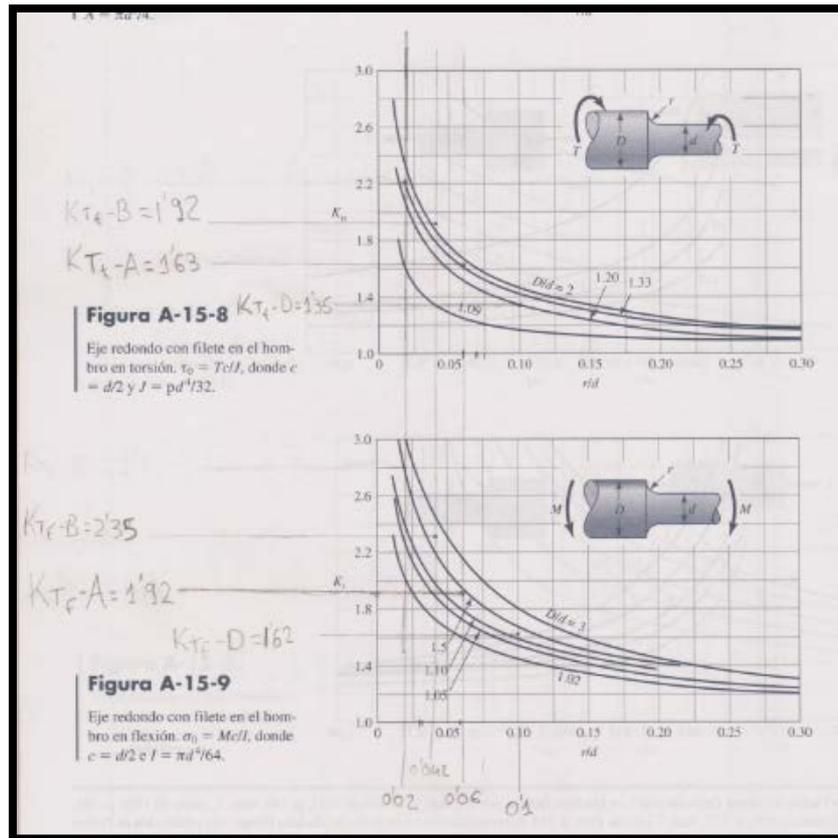


Figura 83: Concentradores en flexión y torsión de puntos críticos A, B y D.

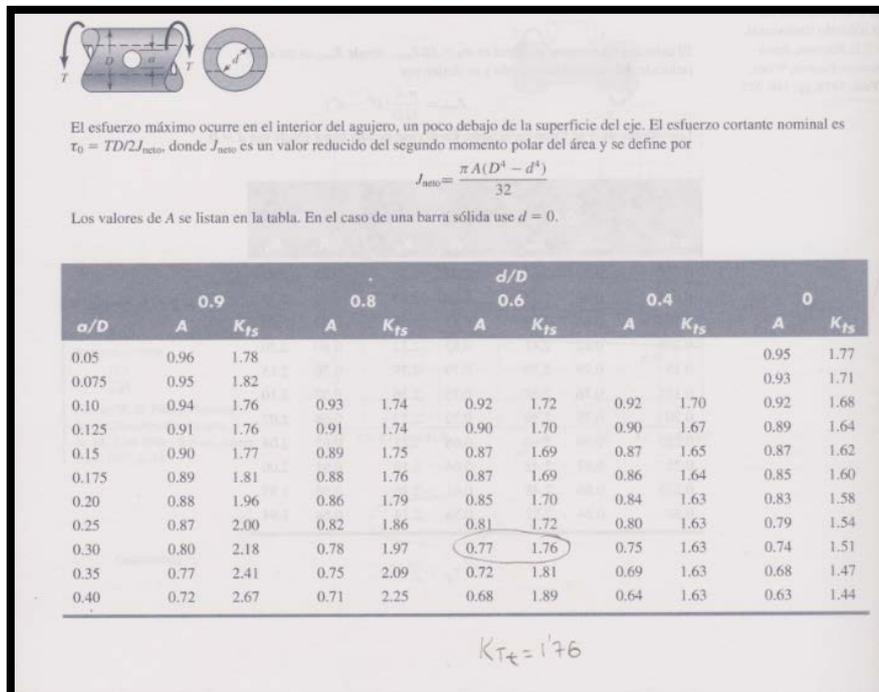


Figura 84: Concentrador de tensión en torsión de punto crítico C.

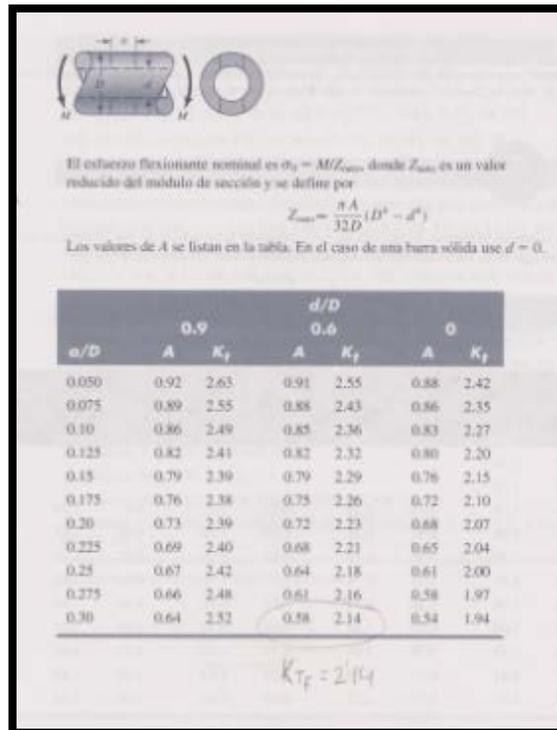


Figura 85: Concentrador de tensión en flexión de punto crítico C.

B.2 Factores K_T para roscas

Material	Roscas formadas	Roscas mecanizadas
Acero recocido (<200 BHN)	2.2	2.8
Acero templado y revenido (>200 BHN)	3.0	3.8

Figura 86: Concentrador de tensión en flexión y torsión de punto crítico A1 y A2.

- Debido a que el cigüeñal está sometido a una combinación de esfuerzos (Flexión y torsión), se han generado dos elementos de esfuerzo alternante y medio, aplicando los factores apropiados de concentración del esfuerzo por fatiga (K_F) para cada uno de los esfuerzos en cada punto crítico, esto se verá en el paso nº 8. Utilizando la constante de Neuber (\sqrt{a}) para el acero, la sensibilidad a la entalla (q) y la ecuación de Kuhn-Hadrath, para obtener la relación entre K_t y K_f , se minora el concentrador de tensiones inicial. En los casos especiales de los puntos críticos situados en A1 y A2, se ha considerado una relación $K_T/K_F = 1$, obteniendo el concentrador de tensiones de la tabla que se puede observar en la figura 86. Las fórmulas mencionadas se pueden observar a continuación.

$$\sqrt{a} = -0.32865 + 34.5452 * (S_{ut})^{-0.60977} \quad (37)$$

$$K_F = 1 + q * (K_T - 1) \quad (38)$$

$$q = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{r}{\sqrt{r}}\right)\right)} \quad (39)$$

8. Como el par entregado se considera constante, la tensión máxima y mínima tienen el mismo valor, por lo tanto la tensión media es nula. Al calcular la tensión alternante y el cortante alternante para cada punto crítico, se ha tenido en cuenta la Inercia polar para aproximarse con mayor exactitud a la geometría real de la zona a examinar. Dividiendo el cálculo en tres casos:

- Cálculo de la tensión y la cortadura alternante (Punto crítico A, B y D), teniendo en cuenta la inercia polar de un redondo macizo (Fórmula n°40 y n°41).
- Cálculo de la tensión y la cortadura alternante (punto crítico C), teniendo en cuenta la inercia polar de un tubo hueco con orificio transversal (Fórmula n°42 y 43), utilizando el valor de A obtenido de las tablas de las figuras 84 y 85 para obtener Z_{Neto} y J_{Neto} .
- Cálculo de la tensión y la cortadura alternante (punto crítico A1 y A2), teniendo en cuenta la inercia polar de un tubo hueco con un diámetro exterior e interior determinado (Fórmula n°44 y 45).

Utilizando las siguientes fórmulas:

$$\sigma_a = K_{F_{flexión}} * \frac{32 * M_f}{\pi * d^3} \quad (40)$$

$$\tau_a = K_{F_{torsion}} * \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (41)$$

$$\sigma_a = K_{F_{flexión}} * \frac{M_f}{Z_{Neto}} \quad (42)$$

$$\tau_a = K_{F_{torsion}} * \frac{T * D}{2 * J_{Neto}} \quad (43)$$

$$\sigma_a = K_{F_{flexión}} * \frac{32 * M_f}{\pi * (D^3 - d^3)} \quad (44)$$

$$\tau_a = K_{F_{torsion}} * \frac{16 * T}{\pi * (D^3 - d^3)} \quad (45)$$

$$Z_{Neto} = \frac{\pi * A * (D^4 - d^4)}{32 * D} \quad (46)$$

$$J_{Neto} = \frac{\pi * A * (D^4 - d^4)}{32} \quad (47)$$

9. Una vez obtenidas las tensiones alternantes de cada punto crítico, se han calculado las tensión equivalentes de Von Mises para cargas combinadas utilizando la fórmula nº48, para poder calcular el coeficiente de seguridad a fluencia y rotura (Fórmulas 28 y 29).

$$\sigma'_a = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3 * (\tau_a)^2} \quad (48)$$

10. Se ha cálculo el límite de resistencia a fatiga (Fórmula 30) y se han tenido en cuenta los factores de Marín (Fórmula 32) para corregir dicho límite.
11. Finalmente, se ha calculado el coeficiente de seguridad a fatiga mediante el criterio de la ecuación de la recta de Goodman modificada (Fórmula 34), criterio bastante conservador utilizado por muchos diseñadores.

5.6.2.2 Cálculos realizados para el Pistón.

Los resultados obtenidos para el pistón con el software Mathematica10, siguiendo la metodología de cálculo comentada, se pueden observar a continuación:

Datos

$$d=16 \text{ (*mm*)}$$

16

$$Sut=540 \text{ (*MPa*)}$$

540

$$Sy=480 \text{ (*MPa*)}$$

480

$$\sigma_{max}=6.67 \text{ (*MPa*)}$$

6.67

$$\sigma_{min}= -0.0277 \text{ (*MPa*)}$$

-0.0277

Cálculo estático. (Como hay solo una tensión de componente normal y no existe cortante, dicha componente es la tensión principal)

$$n_{Sut}=Sut/\sigma_{max}$$

80.9595

$$n_y=Sy/\sigma_{max}$$

71.964

Componentes de tensión

$$\sigma_{media}=\sigma_m[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.32115

$$\sigma_{alternante}=\sigma_a[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.34885

Límite de resistencia a la fatiga

Límite de resistencia a la fatiga standard

$$Se'=0.4 Sut \text{ (*MPa*)}$$

216.

Factor de acabado

$C_{acabado} = C_{acabado}[5, Sut]$

0.925558

Factor de carga

$C_{carga} = C_{carga}[0, Sut]$

0.875406

Factor de tamaño

$C_{tamaño} = C_{tamaño}[0, d]$

1

Factor de temperatura

$C_{temperatura} = C_{temperatura}[30]$

1

Factor de confiabilidad

$C_{confiabilidad} = C_{confiabilidad}[99]$

0.814

Límite de resistencia a fatiga corregido por los factores de Marín.

$SeM = Se \cdot C_{acabado} \cdot C_{carga} \cdot C_{tamaño} \cdot C_{temperatura} \cdot C_{confiabilidad} \text{ (*MPa*)}$

142.459

Límite de resistencia a fatiga corregido por la concentración de tensiones (Caso más desfavorable, tubo redondo hueco con orificio transversal).

$SeK = SeM / 3.2 \text{ (*MPa*)}$

44.5186

Aplicación de teoría de fallo por fatiga (Criterio de Goodman modificado).

$Solve[\sigma_{media}/Sut + \sigma_{alternante}/SeK == 1/nf, nf, Reals]$

{{nf→12.2889}}

5.6.2.3 Cálculos realizados para el Bulón.

Los resultados obtenidos para el bulón con el software Mathematica10, siguiendo la metodología de cálculo comentada, se pueden observar a continuación:

Datos

$$d=4 \text{ (*mm*)}$$

4

$$S_{ut}=1000 \text{ (*MPa*)}$$

1000

$$S_y=862.5 \text{ (*MPa*)}$$

862.5

$$\sigma_{max}=6.67 \text{ (*MPa*)}$$

6.67

$$\sigma_{min}=0.0277 \text{ (*MPa*)}$$

0.0277

Cálculo estático. (Como hay solo una tensión de componente normal y el cortante producido por la flexión se desprecia, dicha componente es la tensión principal)

$$n_{ut}=S_{ut}/\sigma_{max}$$

149.925

$$n_y=S_y/\sigma_{max}$$

129.31

Componentes de tensión

$$\sigma_{media}=\sigma_m[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.34885

$$\sigma_{alternante}=\sigma_a[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.32115

Límite de resistencia a la fatiga

Límite de resistencia a la fatiga standard

$$S_e'=0.504 S_{ut} \text{ (*MPa*)}$$

504.

Factor de acabado

$C_{acabado}=C_{acabado}[7, Sut]$

0.723064

Factor de carga

$C_{carga}=C_{carga}[1, Sut]$

1

Diámetro equivalente para tubo hueco no rotativo

$d_e=0.37*d$ (*mm*)

1.48

Factor de tamaño

$C_{tamaño}=C_{tamaño}[1, d_e]$

1

Factor de temperatura

$C_{temperatura}=C_{temperatura}[120]$

1

Factor de confiabilidad

$C_{confiabilidad}=C_{confiabilidad}[99]$

0.814

Límite de resistencia a fatiga modificado

$SeM=Se * C_{acabado} C_{carga} C_{tamaño} C_{temperatura} C_{confiabilidad}$ (*MPa*)

296.641

Límite de resistencia a fatiga corregido por la concentración de tensiones (Caso más desfavorable, tubo hueco).

$SeK=SeM/2.5$ (*MPa*)

118.656

Aplicación de teoría de fallo por fatiga (Criterio de Goodman modificado).

$Solve[\sigma_{media}/Sut+\sigma_{alternante}/SeK==1/nf, nf, Reals]$

{{nf→31.9097}} **Vida ilimitada**

5.6.2.4 Cálculos realizados para la biela.

Los resultados obtenidos para la biela con el software Mathematica10, siguiendo la metodología de cálculo comentada, se pueden observar a continuación:

Datos

$$S_{ut}=480 \text{ (*MPa*)}$$

480

$$S_y=360 \text{ (*MPa*)}$$

360

$$\sigma_{max}=6.67 \text{ (*MPa*)}$$

6.67

$$\sigma_{min}=0.0277 \text{ (*MPa*)}$$

0.0277

Cálculo estático. (Como hay solo una tensión de componente normal y no existe cortante, dicha componente es la tensión principal)

$$n_y=S_y/\sigma_{max}$$

53.973

$$n_{ut}=S_{ut}/\sigma_{max}$$

71.96

Componentes de tensión

$$\sigma_{media}=\sigma_m[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.34885

$$\sigma_{alternante}=\sigma_a[\sigma_{max},\sigma_{min}] \text{ (*MPa*)}$$

3.32115

Cálculo del Límite de resistencia a la fatiga

Límite de resistencia a la fatiga standard

$$S_e'=0.4 S_{ut} \text{ (*MPa*)}$$

192.

Factor de acabado

$C_{acabado}=C_{acabado}[5, S_{ut}]$

0.934871

Factor de carga

$C_{carga}=C_{carga}[0, S_{ut}]$

0.883485

Factor de tamaño

$C_{tamaño}=C_{tamaño}[0, d]$

1

Factor de temperatura

$C_{temperatura}=C_{temperatura}[120]$

1

Factor de confiabilidad

$C_{confiabilidad}=C_{confiabilidad}[99]$

0.814

Límite de resistencia a fatiga modificado

$S_e=S_e \cdot C_{acabado} \cdot C_{carga} \cdot C_{tamaño} \cdot C_{temperatura} \cdot C_{confiabilidad}$

129.085

$S_eK=S_e \text{ (*MPa*)}$

129.085

Límite de resistencia a fatiga corregido por la concentración de tensiones (Caso más desfavorable, sección en H).

$S_eK=S_e/2.85 \text{ (*MPa*)}$

45.2931

Aplicación de teoría de fallo por fatiga (Criterio de Goodman modificado)

$Solve[\sigma_{media}/S_{ut}+\sigma_{alternante}/S_eK==1/nf, nf, Reals]$

{{nf→12.4529}}

5.6.2.5 Cálculos realizados para el cigüeñal.

Los resultados obtenidos para cada punto considerado como crítico del cigüeñal con el software Mathematica10, siguiendo la metodología de cálculo comentada, se pueden observar a continuación:

Cálculo de fuerza consumida en el diferencial del vehículo.

```
r=7 (*radio de contacto engranaje diente recto*) (*mm*)
7

T=350*1.15 (*Nmm*) (*Torsión con un aumento del 15%*)
402.5

Fsalida=T/r
57.5

(20*2*x)/360 (*ángulo de contacto engranaje diente recto*) (*radianes*)
0.11111111 x

Fzsalida=Fsalida*Sin[0.111111*Pi] (*N*)
19.6661

Fysalida=Fsalida*Cos[0.111111*Pi] (*N*)
54.0323
```

Cálculo de fuerza generada en la manivela

```
r=8.5 (*mm*)
8.5

T=350*1.15 (*Nmm*)
402.5

Fentrada=T/r (*N*)
47.3529

(16.75*2*x)/360 (*ángulo posición biela*) (*radianes*)
0.0930556 x

Fzentrada=Fentrada*Sin[0.09305555555555556*Pi] (*N*)
13.6469

Fyentrada=Fentrada*Cos[0.09305555555555556*Pi] (*N*)
45.3438
```

Calculo de Reacciones, Momento flector y cortante en plano XY y XZ.

Plano XY.

Reacciones.

```
Solve[{R1+R2-Fzentrada+Fzsalida,-R2*30.2-Fzsalida*30+Fzentrada*(30.2+9.65)}==0},{R1, R2}]
```

```
{{R1== 34.8413, R2== -1.52826}}
```

```
R1xy=34.8413 (*N*)
```

```
34.8413
```

```
R2xy= -1.52826 (*N*)
```

```
-1.52826
```

Momento flector secciones críticas y apoyos

rodamientos.

```
Solve[-MfAxy-Fzsalida*11==0, MfAxy] (*Nmm*)
```

```
{{MfAxy== -216.328}}
```

```
MfAxy= -216.328 (*Nmm*)
```

```
-216.328
```

```
Solve[-MfA1xy-Fzsalida*0.5==0, MfA1xy] (*Nmm*)
```

```
{{MfA1xy== -9.83307}}
```

```
MfA1xy= -9.83307
```

```
-9.83307
```

```
Solve[-MfA2xy-Fzsalida*6==0, MfA2xy] (*Nmm*)
```

```
{{MfA2xy== -117.997}}
```

```
MfA2xy= -117.997
```

```
-117.997
```

```
Solve[-MfBxy-Fzsalida*(11+22)+R1xy*3==0, MfBxy] (*Nmm*)
```

```
{{MfBxy== -544.459}}
```

```
MfBxy= -544.459 (*Nmm*)
```

```
-544.459
```

```
Solve[-MfCxy-Fzsalida*(11+22+29.7)+R1xy*(3+29.7)+R2xy*2.5==0, MfCxy] (*Nmm*)
```

```
{{MfCxy== -97.5771}}
```

$$MfCxy = -97.5771 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-97.5771$$

$$\text{Solve}[-MfDxy - Fzsalida * (11+22+29.7+4.8) + R1xy * (3+29.7+4.8) + R2xy * (2.5+4.8) == 0, MfDxy] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{MfDxy \ -32.072\}\}$$

$$MfDxy = -32.072 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-32.072$$

$$\text{Solve}[-Mfrodamiento1xy - Fzsalida * (11+22-3) == 0, Mfrodamiento1xy] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{Mfrodamiento1xy \ -589.984\}\}$$

$$Mfrodamiento1xy = -589.984 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-589.984$$

$$\text{Solve}[-Mfrodamiento2xy - Fzsalida * (11+22+29.7-2.5) + R1xy * (3+29.7-2.5) == 0, Mfrodamiento2xy] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{Mfrodamiento2xy \ -131.694\}\}$$

$$Mfrodamiento2xy = -131.694 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-131.694$$

Cortante provocado por flexión en secciones críticas y apoyos

rodamiento.

$$\text{Solve}[-\Delta Axy - Fzsalida == 0, \Delta Axy] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\Delta Axy \ -19.6661\}\}$$

$$\Delta Axy = -19.6661 \text{ (*N*)}$$

$$-19.6661$$

$$\text{Solve}[-\Delta Bxy - Fzsalida + R1xy == 0, \Delta Bxy] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\Delta Bxy \ 15.1752\}\}$$

$$\Delta Bxy = 15.1752 \text{ (*N*)}$$

$$15.1752$$

$$\text{Solve}[-\Delta Cxy - Fzsalida + R1xy + R2xy == 0, \Delta Cxy] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\Delta Cxy \ 13.6469\}\}$$

$$\Delta Cxy = 13.6469 \text{ (*N*)}$$

$$13.6469$$

$$\text{Solve}[-\Delta Dxy - Fzsalida + R1xy + R2xy == 0, \Delta Dxy] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\Delta Dxy \ 13.6469\}\}$$

$$\Delta Dxy = 13.6469 \text{ (*N*)}$$

$$13.6469$$

Solve[-rodamiento1xy-Fzsalida=0,rodamiento1xy] (*N*)
{rodamiento1xy -19.6661}}

rodamiento1xy= -19.6661 (*N*)
-19.6661

Solve[-rodamiento2xy-Fzsalida+R1xy=0,rodamiento2xy] (*N*)
{rodamiento2xy 15.1752}}

rodamiento2xy=15.1752 (*N*)
15.1752

Plano XZ.

Reacciones.

Solve[{R1+R2=Fyentrada-Fysalida,-R2*30.2+Fysalida*30+Fyentrada*(30.2+9.65)=0},{R1, R2}]
{R1 -122.196, R2 113.507}}

R1xz= -122.196 (*N*)
-122.196

R2xz=113.507 (*N*)
113.507

Momento flector secciones críticas y apoyos

rodamientos.

Solve[-MfA1xz+Fysalida*0.5=0, MfA1xz] (*Nmm*)
{MfA1xz 27.0162}}

MfA1xz=27.0162
27.0162

Solve[-MfA2xz+Fysalida*6=0, MfA2xz] (*Nmm*)
{MfA2xz 324.194}}

MfA2xz=324.194
324.194

Solve[-MfAxz+Fysalida*11=0, MfAxz] (*Nmm*)
{MfAxz 594.356}}

MfAxz=594.356 (*Nmm*)
594.356

Solve[-MfBxz+Fysalida*(11+22)+R1xz*3=0, MfBxz] (*Nmm*)
{MfBxz 1416.48}}

$$MfBxz=1416.48 \text{ (*Nmm*)}$$

$$1416.48$$

$$\text{Solve}[-MfCxz+Fysalida*(11+22+29.7)+R1xz*(3+29.7)+R2xz*2.5\ 0, MfCxz] \text{ (*Nmm*)}$$
$$\{\{MfCxz\ -324.214\}\}$$

$$MfCxz= -324.214 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-324.214$$

$$\text{Solve}[-MfDxz+Fysalida*(11+22+29.7+4.8) + R1xz*(3+29.7+4.8) +R2xz*(2.5+4.8)\ 0, MfDxz] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{MfDxz\ -106.566\}\}$$

$$MfDxz= -106.566 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-106.566$$

$$\text{Solve}[-Mfrodamiento1xz+Fysalida*(11+22-3)\ 0, Mfrodamiento1xz] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{Mfrodamiento1xz\ 1620.97\}\}$$

$$Mfrodamiento1xz=1620.97 \text{ (*Nmm*)}$$

$$1620.97$$

$$\text{Solve}[-Mfrodamiento2xz+Fysalida*(11+22+29.7-2.5) +R1xz*(3+29.7-2.5)\ 0, Mfrodamiento2xz] \text{ (*Nmm*)}$$

$$\{\{Mfrodamiento2xz\ -437.573\}\}$$

$$Mfrodamiento2xz= -437.573 \text{ (*Nmm*)}$$

$$-437.573$$

Cortante provocado por flexión en secciones críticas y apoyos rodamientos.

$$\text{Solve}[-\ Axz+Fysalida\ 0, \ Axz] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\ Axz\ 54.0323\}\}$$

$$\ Axz=54.0323 \text{ (*N*)}$$

$$54.0323$$

$$\text{Solve}[-\ Bxz+Fysalida+R1xz\ 0, \ Bxz] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\ Bxz\ -68.1637\}\}$$

$$\ Bxz= -68.1637 \text{ (*N*)}$$

$$-68.1637$$

$$\text{Solve}[-\ Cxz+Fysalida+R1xz+R2xz\ 0, \ Cxz] \text{ (*N*)}$$

$$\{\{\ Cxz\ 45.3433\}\}$$

$$\ Cxz=45.3433 \text{ (*N*)}$$

$$45.3433$$

$$\text{Solve}[-\ Dxz+Fysalida+R1xz+R2xz\ 0, \ Dxz] \text{ (*N*)}$$

$\{\{D_{xz} \ 45.3433\}\}$

$D_{xz}=45.3433 \text{ (*N*)}$

45.3433

$Solve[-\text{rodamiento1xz}+F_{ysalida} \ 0, \text{rodamiento1xz}] \text{ (*N*)}$

$\{\{\text{rodamiento1xz} \ 54.0323\}\}$

$\text{rodamiento1xz}=54.0323 \text{ (*N*)}$

54.0323

$Solve[-\text{rodamiento2xz}+F_{ysalida}+R_{1xz} \ 0, \text{rodamiento2xz}] \text{ (*N*)}$

$\{\{\text{rodamiento2xz} \ -68.1637\}\}$

$\text{rodamiento2xz}= -68.1637 \text{ (*N*)}$

-68.1637

Momento flector equivalente

$M_fA=\text{Sqrt}[M_{fAxy}^2+M_{fAxz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

632.5

$M_{fA1}=\text{Sqrt}[M_{fA1xy}^2+M_{fA1xz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

28.75

$M_{fA2}=\text{Sqrt}[M_{fA2xy}^2+M_{fA2xz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

345.

$M_{fB}=\text{Sqrt}[M_{fBxy}^2+M_{fBxz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

1517.51

$M_{fC}=\text{Sqrt}[M_{fCxy}^2+M_{fCxz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

338.579

$M_{fD}=\text{Sqrt}[M_{fDxy}^2+M_{fDxz}^2] \text{ (*Nmm*)}$

111.288

$M_{\text{frodamiento1}}=\text{Sqrt}[M_{\text{frodamiento1xy}}^2+M_{\text{frodamiento1xz}}^2] \text{ (*Nmm*)}$

1725.

$M_{\text{frodamiento2}}=\text{Sqrt}[M_{\text{frodamiento2xy}}^2+M_{\text{frodamiento2xz}}^2] \text{ (*Nmm*)}$

456.961

Cortante equivalente provocada por flexión

(Se desprecia)

$A=\text{Sqrt}[A_{xy}^2+A_{xz}^2] \text{ (*N*)}$

57.5

$$B = \sqrt{B_{xy}^2 + B_{xz}^2} \quad (*N*)$$

69.8325

$$C = \sqrt{C_{xy}^2 + C_{xz}^2} \quad (*N*)$$

47.3524

$$D = \sqrt{D_{xy}^2 + D_{xz}^2} \quad (*N*)$$

47.0238

$$\text{rodamiento1} = \sqrt{\text{rodamiento1}_{xy}^2 + \text{rodamiento1}_{xz}^2} \quad (*N*)$$

57.5

$$\text{rodamiento2} = \sqrt{\text{rodamiento2}_{xy}^2 + \text{rodamiento2}_{xz}^2} \quad (*N*)$$

69.8325

Calculo coeficiente seguridad a fluencia y rotura.

Datos

$$T = 350 * 1.15 \quad (*Nmm*)$$

402.5

$$DDA = 7 \quad (*mm*)$$

7

$$rA = 0.3 \quad (*mm*)$$

0.3

$$dA = 5 \quad (*mm*)$$

5

$$dA_{min} = 3.5 \quad (*mm*)$$

3.5

$$DDB = 15 \quad (*mm*)$$

15

$$rB = rA$$

0.3

$$dB = 7 \quad (*mm*)$$

7

$$aC = 4.5 \quad (*mm*) \quad (*\text{diámetro suposición orificio transversal en boca admisión gasolina}*)$$

4.5

$$dC = 9 \quad (*mm*) \quad (*\text{diámetro orificio interno conducto para admisión gasolina}*)$$

123

9

$$rC=rA$$

0.3

$$dC=15 \text{ (*mm*)}$$

15

$$DDD=6 \text{ (*mm*)}$$

6

$$rD=0.5 \text{ (*mm*)}$$

0.5

$$dD=5 \text{ (*mm*)}$$

5

$$Sy=1200 \text{ (*MPa*)}$$

1200

$$Sut=1450 \text{ (*MPa*)}$$

1450

Concentradores de tensión en flexión

y torsión para puntos críticos (Kt).

Datos

$DDdA=DDA/dA$ (*Relación de diámetros para consultar tabla de concentrador de tensión*)

1.4

$DDdB=ddb/dB$ (*Relación de diámetros para consultar tabla de concentrador de tensión*)

2.14286

$aD=aC/dC$ (*Relacion de diametro exterior con diámetro orificio transversal para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.3

$DdC=ddC/dC$ (*Relacion de diametro exterior con diámetro interior para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.6

$DDdD=DDD/dD$ (*Relacion de diametros para consultar tabla de concentrador de tensión*)

1.2

$DrA=rA/dA$ (*Relacion de radio y diametro para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.06

$DrB=rB/dB$ (*Relacion de radio y diámetro para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.0428571

$DrC=rC/dC$ (*Relacion de radio y diámetro para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.02

$DrD=rD/dD$ (*Relacion de radio y diámetro para consultar tabla de concentrador de tensión*)

0.1

Flexión.

$KtflexionA=1.92$

1.92

$KtflexionB=2.35$

2.35

$KtflexionC=2.14$

2.14

$AflexionC=0.58$

0.58

$KtflexionD=1.62$

1.62

Torsión.

$KttorsionA=1.63$

1.63

$KttorsionB=1.92$

1.92

$KttorsionC=1.76$

1.76

$AtorsionC=0.77$

0.77

$KttorsionD=1.35$

1.35

Concentradores de tensión en flexión y torsión para puntos críticos (Kf).

$ra=ra[Sut]$ (*Constante de Neuber*)

0.079369

$qA=q[ra, rA]$ (*Sensibilidad a la entalla en A*)

0.873433

$qB=q[ra, rB]$ (*Sensibilidad a la entalla en B*)

0.873433

$qC=q[ra, rC]$ (*Sensibilidad a la entalla en C*)

0.873433

$qD=q[ra, rD]$ (*Sensibilidad a la entalla en D*)

0.899083

Flexión.

$KfflexionA=Kf[KtflexionA, qA]$ (*Factor Concentrador de tensiones a flexión en A*)

1.80356

$KfA1=2.2$ (*Factor Concentrador de tensiones en A1 para roscas realizadas con macho de roscar(no mecanizadas)*)

2.2

$KfA2=KfA1$ (*Factor Concentrador de tensiones en A2 para roscas realizadas con macho de roscar(no mecanizadas)*)

2.2

$KfflexionB=Kf[KtflexionB, qB]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en B*)

2.17913

$KfflexionC=Kf[KtflexionC, qC]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en C*)

1.99571

$KfflexionD=Kf[KtflexionD, qD]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en D*)

1.55743

Torsión.

$KftorsionA=Kf[KttorsionA, qA]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en A*)

1.55026

$KftorsionB=Kf[KttorsionB, qB]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en B*)

1.80356

$KftorsionC=Kf[KttorsionC, qC]$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en C*)

1.66381

$$KftorsionD=Kf[KttorsionD, qD]$$

(*Factor Concentrador de tensiones a flexión en D*)

1.31468

Flexión alternante.

$$\sigma_{alternanteA}=KfflexionA \left(\frac{32 * MfA}{(Pi * dA ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión en punto A para un redondo macizo*)

92.9568

$$\sigma_{alternanteA1}=KfA1 \left(\frac{32 * MfA1}{(Pi * (dA ^ 3 - dAmin ^ 2))} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión real en punto A1 para un tubo hueco*)

5.71406

$$\sigma_{alternanteA2}=KfA2 \left(\frac{32 * MfA2}{(Pi * (dA ^ 3 - dAmin ^ 2))} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión real en punto A2 para un tubo hueco*)

68.5686

$$\sigma_{alternanteB}=KfflexionB \left(\frac{32 * MfB}{(Pi * dB ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión en punto B para un redondo macizo*)

98.2026

$$\sigma_{alternanteC}=KfflexionC \left(\frac{32 * MfC}{(Pi * dC ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión en punto C para un redondo macizo*)

2.03932

$$\sigma_{alternanteC}=KfflexionC \left(\frac{32 * MfC}{(Pi * dC ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión en punto C para un redondo macizo*)

2.03932

$$\sigma_{alternanteC}=KfflexionC \left(\frac{MfC}{ZnetoC} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión real en punto C para un tubo hueco con orificio transversal*)

4.0396

$$\sigma_{alternanteD}=KfflexionD \left(\frac{32 * MfD}{(Pi * dD ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de flexión en punto D para un redondo macizo*)

14.1236

Torsión alternante.

$$\tau_{alternanteA}= \left(KftorsionA \frac{16 * T}{(Pi * dA ^ 3)} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de torsión (cortante) en punto A para un redondo macizo*)

25.4233

$$\tau_{alternanteA1}= \left(KfA1 \frac{16 * T}{(Pi * (dA ^ 3 - dAmin ^ 3))} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de torsión (cortante) en punto A1 para un tubo hueco*)

54.914

$$\tau_{alternanteA2}= \left(KfA2 \frac{16 * T}{(Pi * (dA ^ 3 - dAmin ^ 3))} \right) (*MPa*)$$

(*tensión alternante de torsión (cortante) en punto A2 para un tubo hueco*)

54.914

$$r_{\text{alternanteB}} = \left(K_{\text{ftorsionB}} \frac{16 \cdot T}{(\pi \cdot d_B^3)} \right) \text{ (*MPa*)}$$
 (*tensión alternante de torsión (cortante) en punto B para un redondo macizo*)
 10.7788

$$r_{\text{alternanteC}} = \left(K_{\text{ftorsionC}} \frac{16 \cdot T}{(\pi \cdot d_C^3)} \right) \text{ (*MPa*)}$$
 (*tensión alternante de torsión (cortante) en punto C para un redondo macizo*)
 1.01057

$$r_{\text{alternanteC}} = \left(K_{\text{ftorsionC}} \frac{T \cdot d_C}{2 \cdot J_{\text{netoC}}} \right) \text{ (*MPa*)}$$
 (*tensión alternante real de Torsión (cortante) en punto C para tubo hueco con orificio transversal*)
 1.50784

$$r_{\text{alternanteD}} = \left(K_{\text{ftorsionD}} \frac{16 \cdot T}{(\pi \cdot d_D^3)} \right) \text{ (*MPa*)}$$
 (*tensión alternante de torsión (cortante) en punto D para un redondo macizo*)
 21.5598

Tensión equivalente según Von Mises para cargas combinadas en los puntos críticos.

$$a_A = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteA}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteA}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 102.859

$$a_{A1} = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteA1}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteA1}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 95.2854

$$a_{A2} = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteA2}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteA2}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 117.253

$$a_B = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteB}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteB}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 99.9615

$$a_C = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteC}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteC}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 4.81032

$$a_D = \sqrt{\sigma_{\text{alternanteD}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{alternanteD}}^2} \text{ (*MPa*)}$$
 39.9244

$$m = 0 \text{ (*MPa*)}$$
 (*no existe tensión media debido a que la tensión de flexión y torsión tienen el mismo valor máximo y mínimo*)
 0

Coefficiente seguridad a rotura

$$n_A = S_{ut} / a_A$$
 14.097

$$n_{A1} = S_{ut} / a_{A1}$$
 15.2174

$$n_{A2} = S_{ut} / a_{A2}$$
 12.3664

$$n_B = S_{ut} / a_B$$

14.5056

$$nC = S_{ut} / \sigma_{aC}$$

301.436

$$nD = S_{ut} / \sigma_{aD}$$

36.3186

Coeficiente seguridad a fluencia

$$nyA = S_y / \sigma_{aA}$$

11.6664

$$nyA1 = S_y / \sigma_{aA1}$$

12.5937

$$nyA2 = S_y / \sigma_{aA2}$$

10.2343

$$nyB = S_y / \sigma_{aB}$$

12.0046

$$nyC = S_y / \sigma_{aC}$$

249.464

$$nyD = S_y / \sigma_{aD}$$

30.0568

Calculo de coeficiente de seguridad a fatiga

Límite de resistencia a fatiga estándar.

Factor de acabado

$$C_{acabadoA} = C_{acabado}[7, S_{ut}]$$

0.655261

$$C_{acabadoB} = C_{acabadoA}$$

0.655261

$$C_{acabadoC} = C_{acabadoA}$$

0.655261

$$C_{acabadoD} = C_{acabado}[4, S_{ut}]$$

1

Factor de Tamaño

CtamañoA=Ctamaño[1, dA]

1

CtamañoB=Ctamaño[1, dB]

1

CtamañoC=Ctamaño[1, dC]

0.914326

CtamañoD=Ctamaño[1, dD]

1

Factor de Carga

CcargaA=Ccarga[1, Sut]

1

CcargaB=Ccarga[1, Sut]

1

CcargaC=Ccarga[1, Sut]

1

CcargaD=Ccarga[1, Sut]

1

Factor de Temperatura

CtemperaturaA=Ctemperatura[45]

1

CtemperaturaB=Ctemperatura[35]

1

CtemperaturaC=Ctemperatura[40]

1

CtemperaturaD=Ctemperatura[80]

1

Factor de confiabilidad

CconfiabilidadA=Cconfiabilidad[99]

0.814

CconfiabilidadB=Cconfiabilidad[99]

0.814

CconfiabilidadC=Cconfiabilidad[99]

0.814

$C_{\text{confiabilidadD}} = C_{\text{confiabilidad}}[99]$

0.814

Límite de resistencia a la fatiga modificado

$S_e = 0.504 \cdot S_{ut} \text{ (*MPa*)}$

730.8

$S_{eA} = S_e \cdot C_{\text{confiabilidadA}} \cdot C_{\text{temperaturaA}} \cdot C_{\text{cargaA}} \cdot C_{\text{tamañoA}} \cdot C_{\text{acabadoA}} \text{ (*MPa*)}$

389.796

$S_{eB} = S_e \cdot C_{\text{confiabilidadB}} \cdot C_{\text{temperaturaB}} \cdot C_{\text{cargaB}} \cdot C_{\text{tamañoB}} \cdot C_{\text{acabadoB}} \text{ (*MPa*)}$

389.796

$S_{eC} = S_e \cdot C_{\text{confiabilidadC}} \cdot C_{\text{temperaturaC}} \cdot C_{\text{cargaC}} \cdot C_{\text{tamañoC}} \cdot C_{\text{acabadoC}} \text{ (*MPa*)}$

356.4

$S_{eD} = S_e \cdot C_{\text{confiabilidadD}} \cdot C_{\text{temperaturaD}} \cdot C_{\text{cargaD}} \cdot C_{\text{tamañoD}} \cdot C_{\text{acabadoD}} \text{ (*MPa*)}$

594.871

Aplicación de teoría de fallo por fatiga (Criterio de Goodman modificado).

$n_A = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aA}', S_{ut}, S_{eA}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

3.78961

$n_{A1} = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aA1}', S_{ut}, S_{eA}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

4.09082

$n_{A2} = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aA2}', S_{ut}, S_{eA}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

3.32439

$n_B = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aB}', S_{ut}, S_{eB}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

3.89946

$n_C = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aC}', S_{ut}, S_{eC}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

74.0908

$n_D = n_{\text{Goodman}}[\sigma_m', \sigma_{aD}', S_{ut}, S_{eD}] \text{ (*n>1 vida ilimitada, n<1 vida limitada*)}$

14.8999

Vida ilimitada

5.7 Cálculos rodamientos.

El cálculo de los rodamientos se ha dividido en tres fases, dichas fases se pueden observar a continuación:

1. Elección de la disposición de los rodamientos y el tipo.
2. Comprobación de la deflexión angular admisible.
3. Modelos seleccionados.
4. Cálculo horas de duración según el catalogo del fabricante.

5.7.1 Elección de la disposición de los rodamientos y el tipo.

Si se observa la figura 39, en la que se puede observar una vista en alzado seccionado del subconjunto cámara, se puede observar claramente que el rodamiento 2 está en una posición fija. Esta circunstancia, obliga a que la fijación del elemento de transmisión de salida deje en al rodamiento 1 en posición libre, debido a que pueden existir posibles dilataciones o contracciones en el cigüeñal o cargas axiales externas al mismos que deberán ser absorbidas por el rodamiento en disposición libre.

Para la elección del tipo de rodamiento, sabiendo las fuerzas que van a actuar en el cigüeñal y con el apoyo del catálogo del fabricante, se ha decidido ubicar dos rodamientos rígidos de una hilera de bolas. La tabla consultada del fabricante se puede observar en la figura 87, con la disposición seleccionada marcada en rectángulos de color verde.

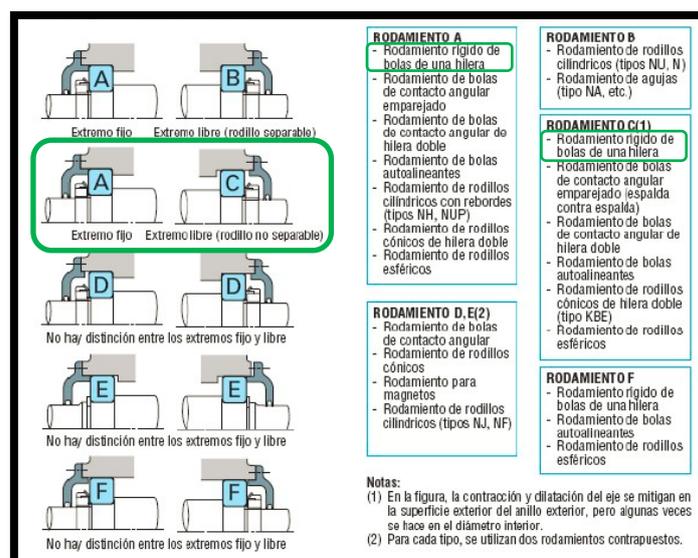


Figura 87: Tabla de apoyo para elección de la disposición de los rodamientos.

5.7.2 Comprobación de la deflexión angular admisible.

Para obtener la deflexión angular de los rodamientos, se ha utilizado el software KiSSsoft 03-2004. La deformación máxima permisible para arboles con rodamientos rígidos de una hilera de bolas es de hasta 0.01 radianes. La deflexión angular obtenida, se puede observar en la tabla 15.

	Deflexión angular (Rad)	Deflexión angular permisible (Rad)	Verificación
Rodamiento 1	0.000515	0.01	✓
Rodamiento 2	0.000288	0.01	✓

Tabla 15: Deflexión angular obtenida y máxima permisible.

5.7.3 Modelos seleccionados.

Los modelos escogidos para el rodamiento 1 y 2, se pueden observar en la figura 88 y 89 respectivamente junto con sus características.

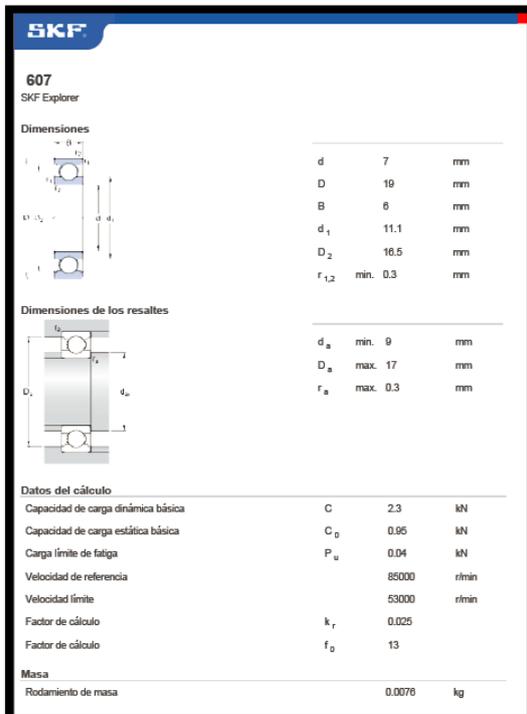


Figura 88: Rodamiento SKF 607.

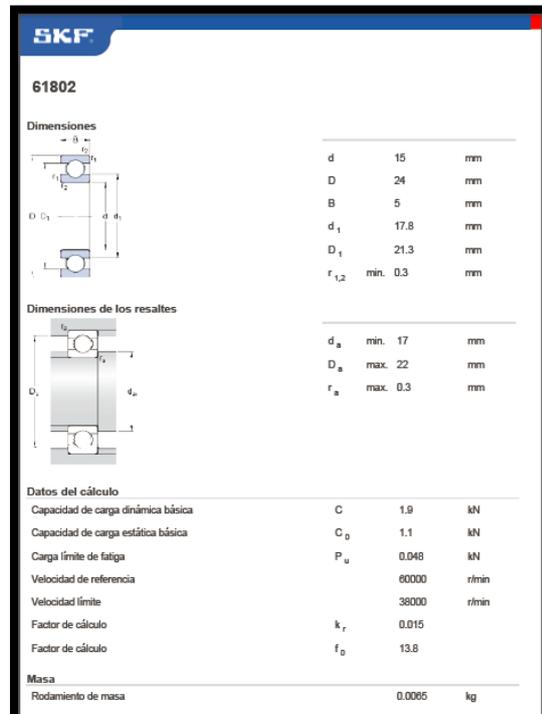


Figura 89: Rodamiento SKF 61802.

5.7.4 Cálculo horas de duración según el catalogo del fabricante.

Se ha realizado el cálculo del número de horas de duración de forma manual según la metodología de cálculo del fabricante, este cálculo se ha comparado con el resultado obtenido en el software KiSSsoft 03-2004, obteniendo un resultado semejante. Para el cálculo se han estimado 22000 Rpm, dado que el MCIA no va funcionar a régimen máximo de forma constante. Los resultados obtenidos se pueden observar a continuación:

Método de cálculo	SKF 607	SKF 61802
Según fabricante	4326 Horas	1847 Horas
Software KiSSsoft 03-2004	4757 Horas	1952 Horas

Tabla 16: Horas de funcionamiento obtenidas.

5.8 Fórmulas utilizadas.

Fórmula nº1 → Relación de compresión.....	67
Fórmula nº2 → Relación biela/manivela.....	67
Fórmula nº3 → Volumen punto 6 diagrama p-V.....	68
Fórmula nº4 → Volumen punto 4 diagrama p-V.....	69
Fórmula nº5 → Volumen punto 5 diagrama p-V.....	70
Fórmula nº6 → Transformación politrópica.....	70
Fórmula nº7 → Transformación politrópica.....	70
Fórmula nº8 → Media de temperatura.....	71
Fórmula nº9 → Ley de los gases ideales.....	71
Fórmula nº10 → Masa real mezcla aire/carburante.....	71
Fórmula nº11 → Masa real mezcla combustibles/aceites.....	73
Fórmula nº12 → Poder calórico mezcla carburante.....	73
Fórmula nº13 → Igualdad de calor suministrado por el fluido.....	73
Fórmula nº14 → Transformación politrópica.....	74
Fórmula nº15 → Transformación politrópica	75
Fórmula nº16 → Trabajo.....	76
Fórmula nº17 → Trabajo indicado.....	76
Fórmula nº18 → Presión media indicada.....	77
Fórmula nº19 → Potencia.....	77
Fórmula nº20 → Par.....	77
Fórmula nº21 → Potencia efectiva.....	77
Fórmula nº22 → Presión media efectiva.....	78
Fórmula nº23 → Velocidad media.....	78
Fórmula nº24 → Masa.....	91
Fórmula nº25 → Sumatorio de momentos.....	92
Fórmula nº26 → Componente tensión media.....	102

Fórmula nº27 → Componente tensión alternante.....	102
Fórmula nº28 → Coeficiente de seguridad a rotura.....	102
Fórmula nº29 → Coeficiente de seguridad a fluencia.....	102
Fórmula nº30 → Límite de resistencia a fatiga del acero.....	102
Fórmula nº31 → Límite de resistencia a fatiga del aluminio.....	102
Fórmula nº32 → Límite de resistencia a fatiga corregido por factores Marín.....	102
Fórmula nº33 → Límite de resistencia a fatiga corregido por concentrador tensión...	103
Fórmula nº34 → Ecuación de la recta de Goodman modificada.....	103
Fórmula nº35 → Torsión.....	104
Fórmula nº36 → Momento flector equivalente.....	106
Fórmula nº37 → Constante de Neuber.....	109
Fórmula nº38 → Concentrador de tensión (Kf).....	109
Fórmula nº39 → sensibilidad en la entalla.....	109
Fórmula nº40 → Componente alternante flexión corregida por Kf (redondo macizo).....	109
Fórmula nº41 → Componente alternante torsión corregida por Kf (redondo macizo).....	109
Fórmula nº42 → Componente alternante flexión corregida por Kf (tubo hueco con orificio transversal).....	109
Fórmula nº43 → Componente alternante torsión corregida por Kf (tubo hueco con orificio transversal).....	109
Fórmula nº44 → Componente alternante flexión corregida por Kf (tubo hueco).....	109
Fórmula nº45 → Componente alternante torsión corregida por Kf (tubo hueco).....	110
Fórmula nº46 → Inercia polar flexión para tubo hueco con orificio transversal.....	110
Fórmula nº47 → Inercia polar torsión para tubo hueco con orificio transversal.....	110
Fórmula nº48 → Tensión equivalente de Von Mises para cargas combinadas.....	110

6 Presupuesto.

6.1 Presupuesto contemplado y software utilizado.

El presupuesto que se ha contemplado ha sido el de la fabricación, montaje y ajuste del prototipo inicial. Para la obtención del presupuesto y la planificación de la fabricación, montaje y ajuste se ha utilizado el software Microsoft Project 2010. A continuación se adjunta el presupuesto obtenido con dicho software.

Informe presupuestario el sáb 20/08/16
NINJA B01A 2

Id	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Previsto	Variación	Real	Restante
45	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	90,00 €	0,00 €	90,00 €	0,00 €	90,00 €
50	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	54,00 €	0,00 €	54,00 €	0,00 €	54,00 €
44	ALMACEN BLOQUE MOTOR	0,00 €	Prorratio	51,55 €	0,00 €	51,55 €	0,00 €	51,55 €
83	ALMACEN CULATA	0,00 €	Prorratio	40,90 €	0,00 €	40,90 €	0,00 €	40,90 €
4	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	40,00 €	0,00 €	40,00 €	0,00 €	40,00 €
55	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	36,00 €	0,00 €	36,00 €	0,00 €	36,00 €
102	ALMACEN ELEMENTOS NORMALI	0,00 €	Prorratio	30,80 €	0,00 €	30,80 €	0,00 €	30,80 €
64	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	30,00 €	0,00 €	30,00 €	0,00 €	30,00 €
87	ALMACEN ELEMENTOS NORMALI	0,00 €	Prorratio	28,62 €	0,00 €	28,62 €	0,00 €	28,62 €
84	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	24,00 €	0,00 €	24,00 €	0,00 €	24,00 €
77	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	22,50 €	0,00 €	22,50 €	0,00 €	22,50 €
3	ALMACEN BLOQUE CARBURADOI	0,00 €	Prorratio	21,70 €	0,00 €	21,70 €	0,00 €	21,70 €
68	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	18,00 €	0,00 €	18,00 €	0,00 €	18,00 €
14	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	16,00 €	0,00 €	16,00 €	0,00 €	16,00 €
24	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	13,33 €	0,00 €	13,33 €	0,00 €	13,33 €
19	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	12,00 €	0,00 €	12,00 €	0,00 €	12,00 €
81	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	12,00 €	0,00 €	12,00 €	0,00 €	12,00 €
9	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	10,67 €	0,00 €	10,67 €	0,00 €	10,67 €
29	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	10,67 €	0,00 €	10,67 €	0,00 €	10,67 €
35	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	8,00 €	0,00 €	8,00 €	0,00 €	8,00 €
40	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	6,67 €	0,00 €	6,67 €	0,00 €	6,67 €
48	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	6,30 €	0,00 €	6,30 €	0,00 €	6,30 €
60	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	5,33 €	0,00 €	5,33 €	0,00 €	5,33 €
73	MECANIZAR	0,00 €	Prorratio	5,33 €	0,00 €	5,33 €	0,00 €	5,33 €
66	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	4,90 €	0,00 €	4,90 €	0,00 €	4,90 €
131	REGULACION AGUJASDE ALTAS, E	0,00 €	Prorratio	4,50 €	0,00 €	4,50 €	0,00 €	4,50 €
79	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	4,11 €	0,00 €	4,11 €	0,00 €	4,11 €
116	MONTAR	0,00 €	Prorratio	4,00 €	0,00 €	4,00 €	0,00 €	4,00 €
119	MONTAR JUNTA Y ATORNILLAR	0,00 €	Prorratio	4,00 €	0,00 €	4,00 €	0,00 €	4,00 €
123	MONTA Y ATORNILLAR	0,00 €	Prorratio	4,00 €	0,00 €	4,00 €	0,00 €	4,00 €
67	CORTAR 35 MM	0,00 €	Prorratio	3,00 €	0,00 €	3,00 €	0,00 €	3,00 €
69	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	3,00 €	0,00 €	3,00 €	0,00 €	3,00 €
85	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	2,67 €	0,00 €	2,67 €	0,00 €	2,67 €
100	MONTAR JUNTA, ROSCAR Y ACOF	0,00 €	Prorratio	2,67 €	0,00 €	2,67 €	0,00 €	2,67 €
118	LUBRICAR	0,00 €	Prorratio	2,67 €	0,00 €	2,67 €	0,00 €	2,67 €
98	MONTAR FUELLE, ACOPLAR Y RO:	0,00 €	Prorratio	2,13 €	0,00 €	2,13 €	0,00 €	2,13 €
125	ALMACEN ELEMENTO NORMALIZ	0,00 €	Prorratio	2,10 €	0,00 €	2,10 €	0,00 €	2,10 €
12	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	2,00 €	0,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €
75	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	2,00 €	0,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €
7	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,93 €	0,00 €	1,93 €	0,00 €	1,93 €
8	CORTAR 40 MM	0,00 €	Prorratio	1,87 €	0,00 €	1,87 €	0,00 €	1,87 €
10	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,87 €	0,00 €	1,87 €	0,00 €	1,87 €
13	CORTAR 40 MM	0,00 €	Prorratio	1,87 €	0,00 €	1,87 €	0,00 €	1,87 €
18	CORTAR 40 MM	0,00 €	Prorratio	1,87 €	0,00 €	1,87 €	0,00 €	1,87 €
17	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,60 €	0,00 €	1,60 €	0,00 €	1,60 €
23	CORTAR 25 MM	0,00 €	Prorratio	1,60 €	0,00 €	1,60 €	0,00 €	1,60 €
27	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,60 €	0,00 €	1,60 €	0,00 €	1,60 €
28	CORTAR 35 MM	0,00 €	Prorratio	1,60 €	0,00 €	1,60 €	0,00 €	1,60 €
53	ALMACEN CALIBRADO 12x8	0,00 €	Prorratio	1,53 €	0,00 €	1,53 €	0,00 €	1,53 €
51	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,50 €	0,00 €	1,50 €	0,00 €	1,50 €
80	CORTAR 33 MM	0,00 €	Prorratio	1,50 €	0,00 €	1,50 €	0,00 €	1,50 €
62	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,35 €	0,00 €	1,35 €	0,00 €	1,35 €
89	LUBRICAR	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
92	MONTAR JUNTA Y ROSCAR	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
121	MONTAR	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €

Informe presupuestario el sáb 20/08/16
NINJA B01A 2

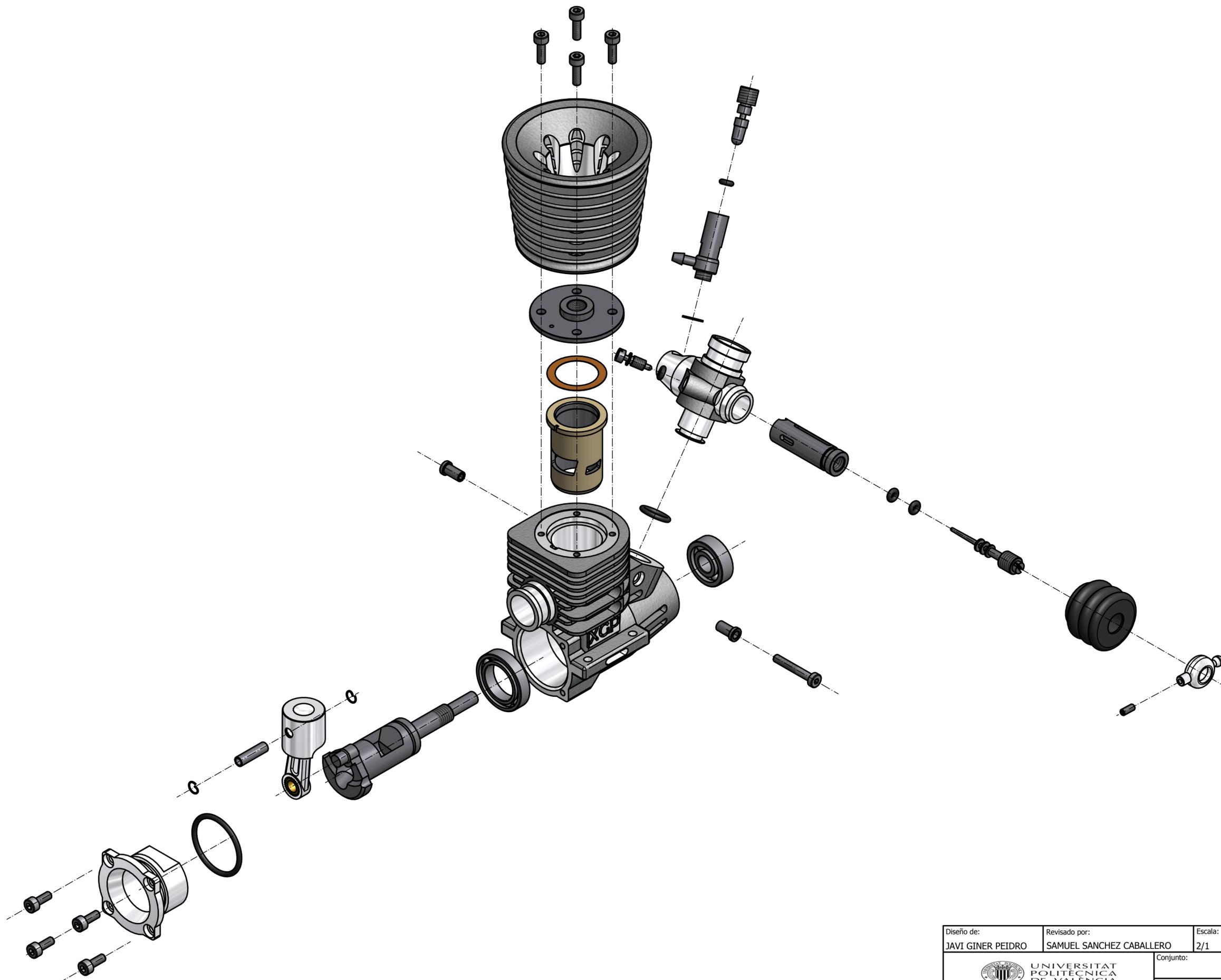
Id	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Previsto	Variación	Real	Restante
5	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
15	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
25	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
30	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	1,33 €	0,00 €	1,33 €	0,00 €	1,33 €
33	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,25 €	0,00 €	1,25 €	0,00 €	1,25 €
38	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,25 €	0,00 €	1,25 €	0,00 €	1,25 €
63	CORTAR 25 MM	0,00 €	Prorratio	1,20 €	0,00 €	1,20 €	0,00 €	1,20 €
22	ALMACEN CALIBRADO 15X6	0,00 €	Prorratio	1,10 €	0,00 €	1,10 €	0,00 €	1,10 €
59	CORTAR 20 MM	0,00 €	Prorratio	1,07 €	0,00 €	1,07 €	0,00 €	1,07 €
71	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	1,05 €	0,00 €	1,05 €	0,00 €	1,05 €
58	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRC	0,00 €	Prorratio	0,98 €	0,00 €	0,98 €	0,00 €	0,98 €
76	CORTAR 23 MM	0,00 €	Prorratio	0,90 €	0,00 €	0,90 €	0,00 €	0,90 €
129	MONTAR Y ATORNILLAR	0,00 €	Prorratio	0,90 €	0,00 €	0,90 €	0,00 €	0,90 €
34	CORTAR 30 MM	0,00 €	Prorratio	0,80 €	0,00 €	0,80 €	0,00 €	0,80 €
36	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	0,80 €	0,00 €	0,80 €	0,00 €	0,80 €
39	CORTAR 30 MM	0,00 €	Prorratio	0,80 €	0,00 €	0,80 €	0,00 €	0,80 €
72	CORTAR 30 MM	0,00 €	Prorratio	0,80 €	0,00 €	0,80 €	0,00 €	0,80 €
96	MONTAR JUNTAS Y ROSCAR	0,00 €	Prorratio	0,80 €	0,00 €	0,80 €	0,00 €	0,80 €
54	CORTAR 45 MM	0,00 €	Prorratio	0,60 €	0,00 €	0,60 €	0,00 €	0,60 €
56	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	0,60 €	0,00 €	0,60 €	0,00 €	0,60 €
127	MONTAR	0,00 €	Prorratio	0,60 €	0,00 €	0,60 €	0,00 €	0,60 €
41	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	0,53 €	0,00 €	0,53 €	0,00 €	0,53 €
20	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	0,53 €	0,00 €	0,53 €	0,00 €	0,53 €
90	MONTAR JUNTA	0,00 €	Prorratio	0,27 €	0,00 €	0,27 €	0,00 €	0,27 €
94	MONTAR	0,00 €	Prorratio	0,27 €	0,00 €	0,27 €	0,00 €	0,27 €
46	MATAR ARISTAS	0,00 €	Prorratio	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
49	CORTAR 80 MM	0,00 €	Prorratio	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
132	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	0,00 €	Prorratio	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		0,00 €		690,22 €	0,00 €	690,22 €	0,00 €	690,22 €

7 Planos.

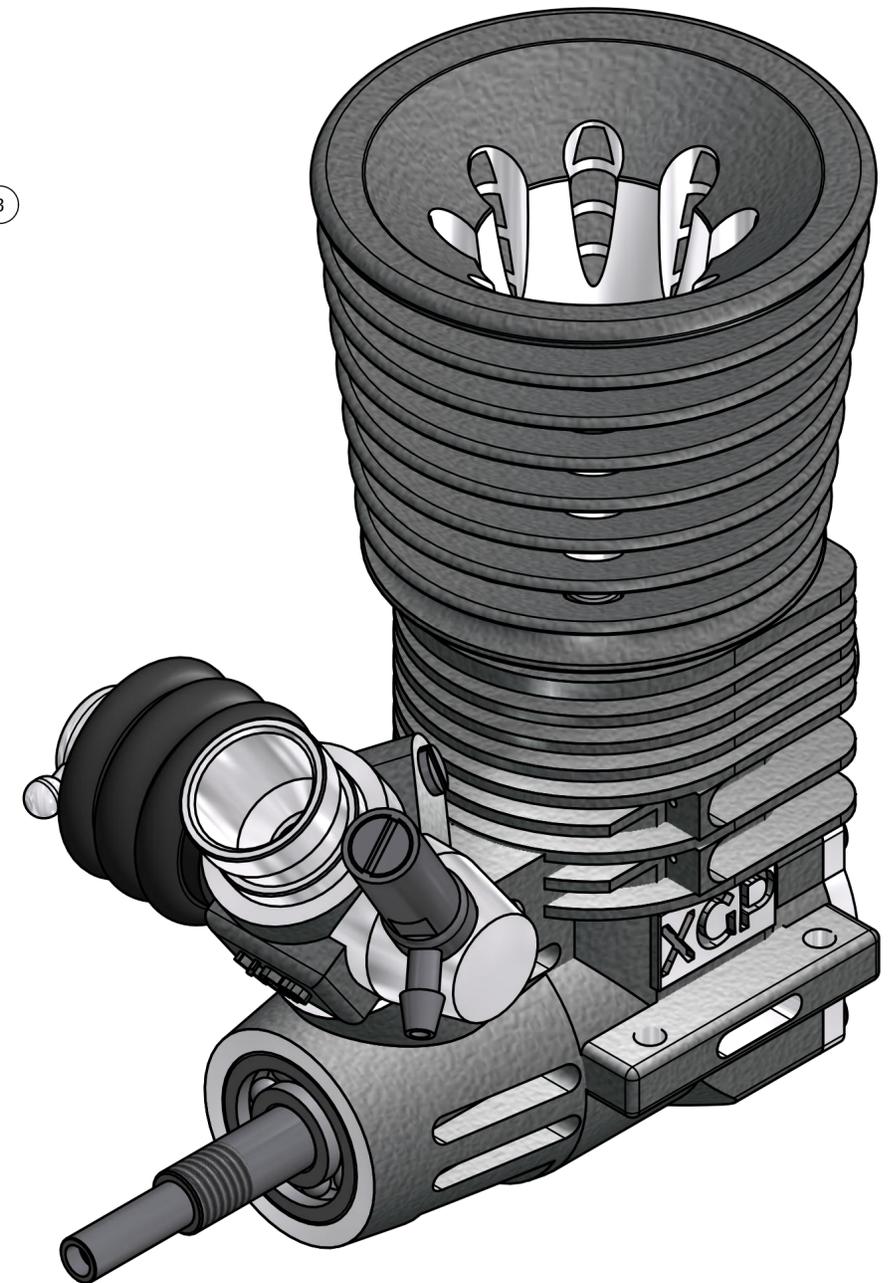
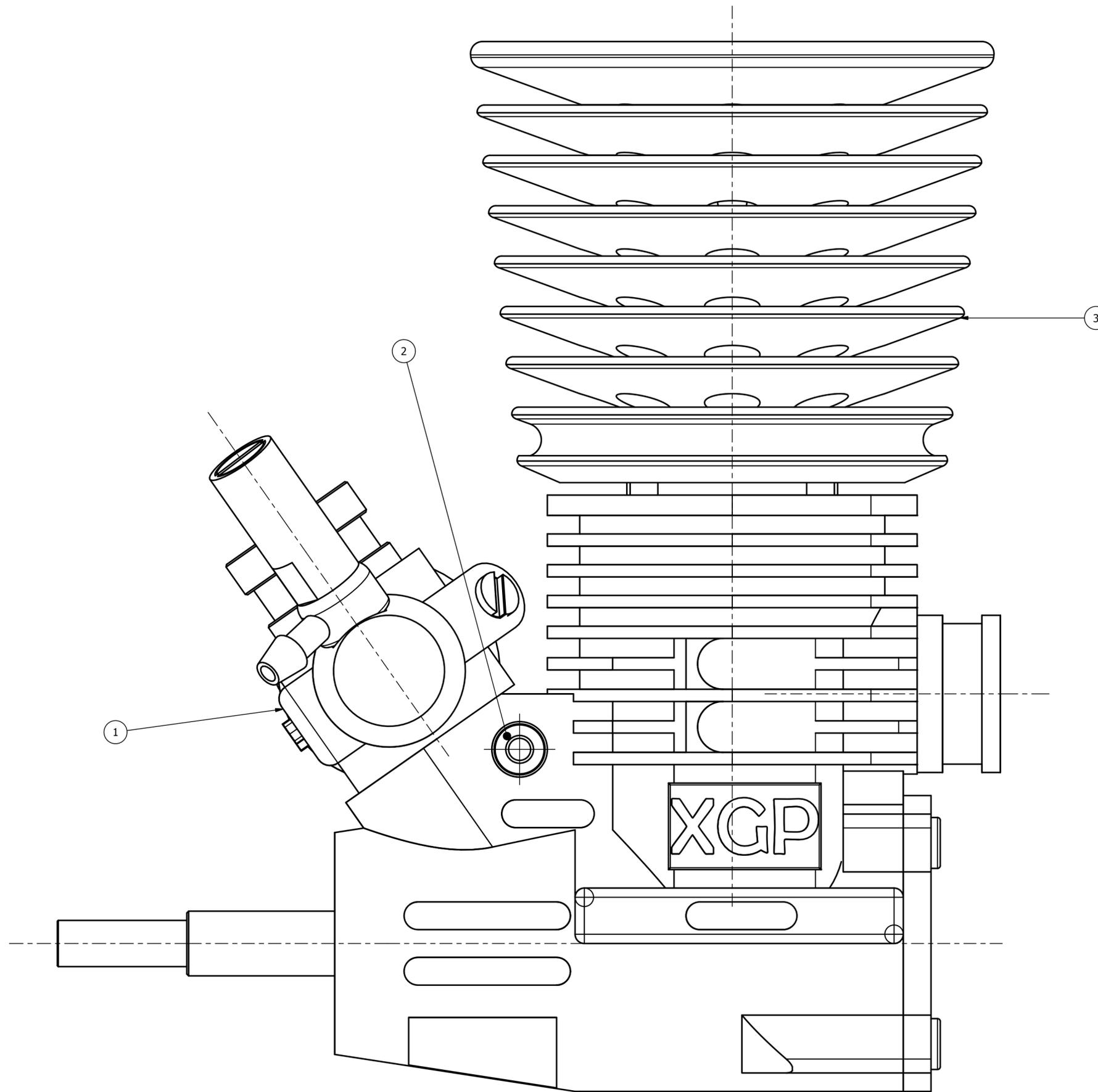
7.1 índice de planos.

Perspectiva estallada conjunto completo.....	145
Conjunto completo.....	147
Subconjunto fluido.....	149
Aguja acelerador.....	151
Soporte varillaje.....	153
Aguja admisión.....	155
Bloque carburador.....	157
Eje acelerador.....	159
Aguja ralentí.....	161
Subconjunto amarre.....	163
Casquillo pasante.....	165
Casquillo roscado.....	167
Subconjunto cámara.....	169
Cigüeñal.....	171
Bloque motor.....	173
Culatín.....	175
Culata.....	177
Pistón.....	179
Bulón.....	181
Camisa.....	183

Biela.....	185
Casquillo lubricado.....	187
Tapa bloque.....	189

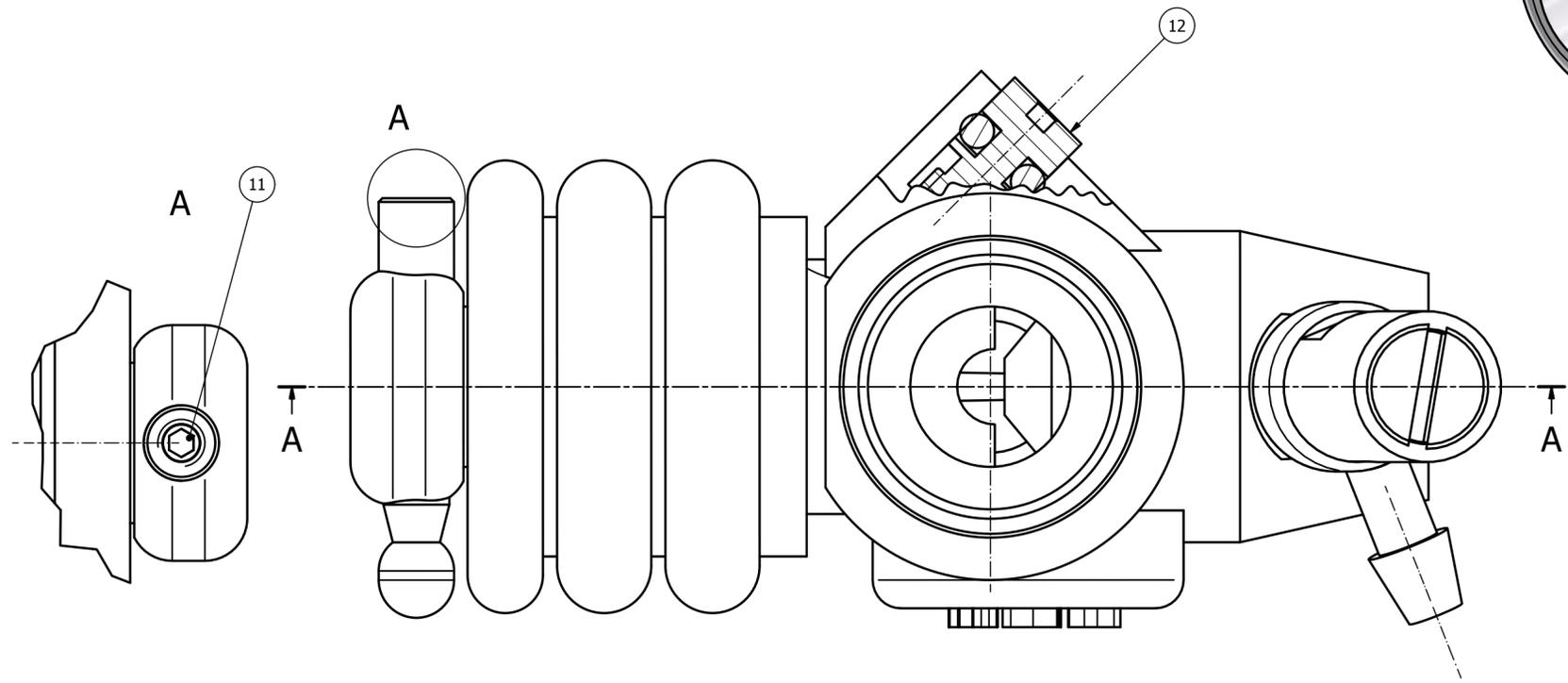
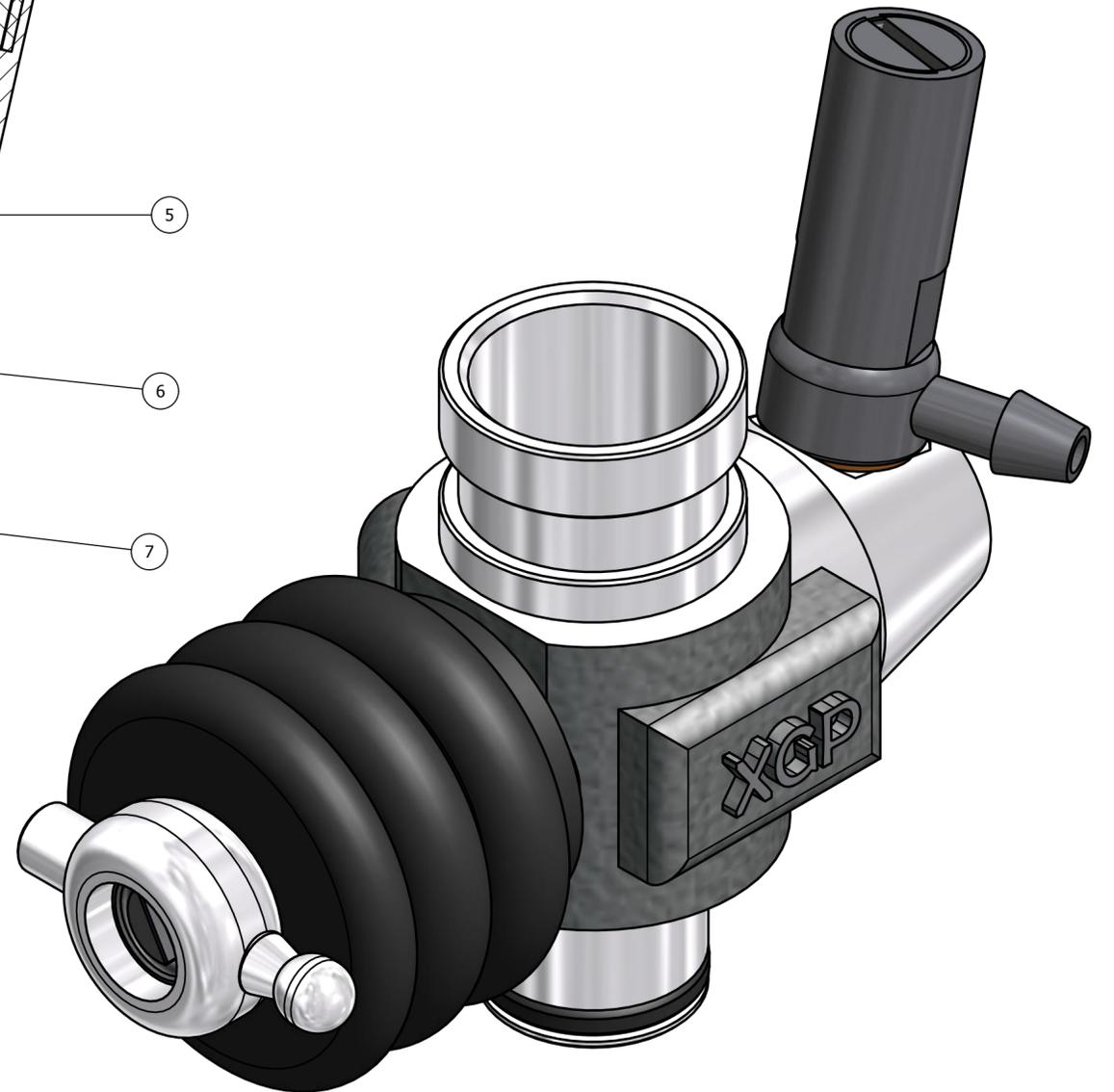
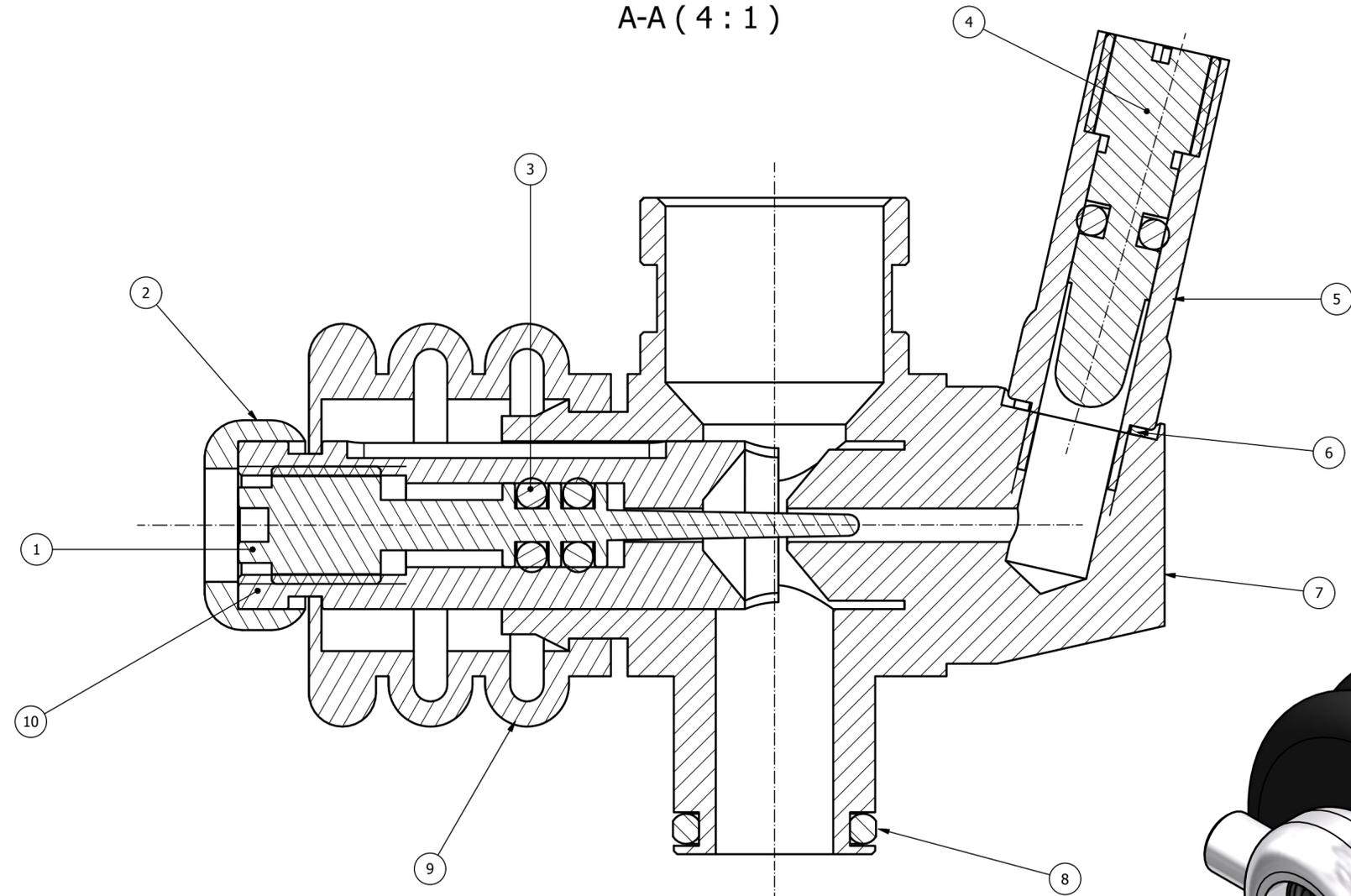


Diseño de: JAVI GINER PEIDRO	Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	Escala: 2/1	Fecha: 05/05/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		Conjunto: NINJA XGP	Conjunto nº: 02.00.00E
		Pieza:	Plano nº: 02.00



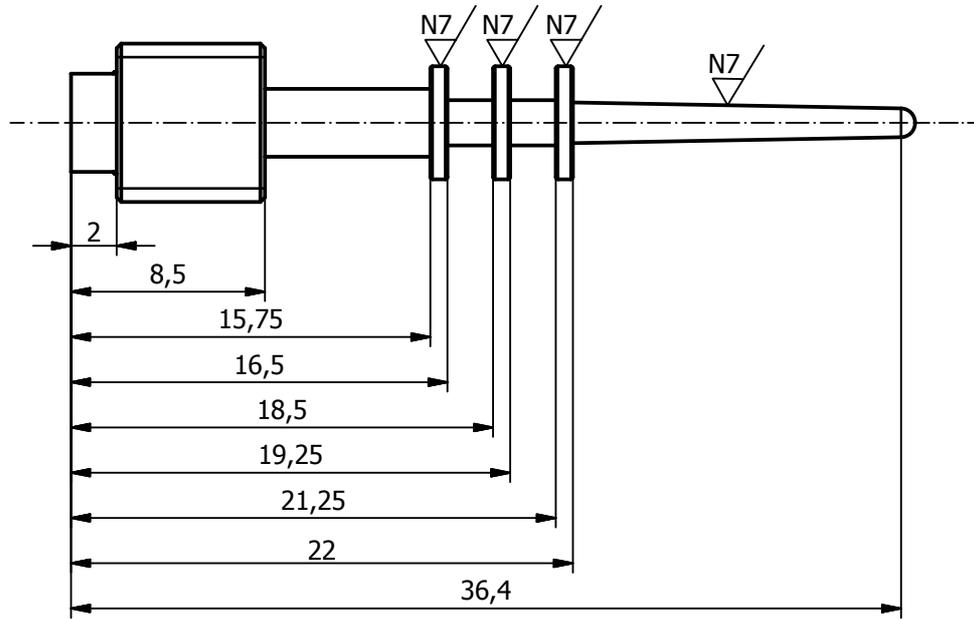
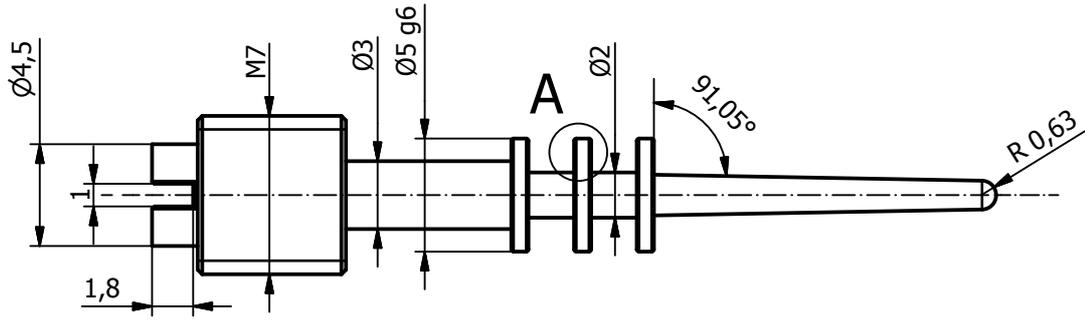
3	1	SUBCONJUNTO CAMARA		
2	1	SUBCONJUNTO AMARRE		
1	1	SUBCONJUNTO FLUIDO		
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:	Escala:	Fecha:	
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	3/1	06/08/2016	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		Conjunto:	NINJA XGP	Conjunto nº: 02.00
		Pieza:		Plano nº: 02.00.00

A-A (4 : 1)

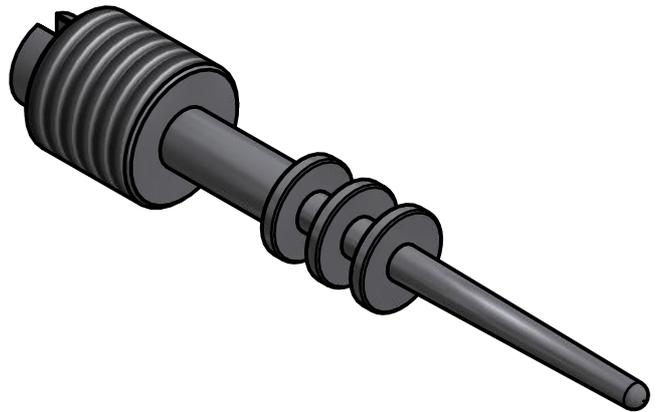
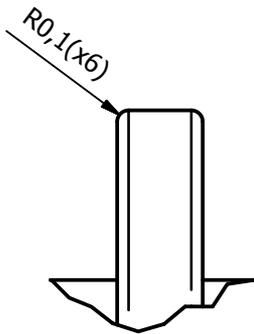


MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL	
	12	1	AGUJA RALENTI	EN 10083	C25E
	11	1	ISO 4027 - M2,5 x 5	ISO 4027	Acero dulce
	10	1	EJE ACELERADOR	EN 10083	C45E
	9	1	FUELLE		Caucho
	8	1	ISO 3601-1 - A 0090 G	ISO 3601-1	Vitón
	7	1	BLOQUE CARBURADOR		Aleación Al 8Cu0,1Mg1,4Fe1,2Si0,3Mn0,2Zn0,2Ti
	6	1	ARANDELA ADMISION		Aleación Bronce
	5	1	ADMISION GASOLINA		Aleación Acero
	4	1	AGUJA ADMISION	EN 10083	C25E
	3	4	ISO 3601-1 - A 0020 G	ISO 3601-1	Vitón
	2	1	SOPORTE VARILLAJE		Aleación Al 0,1Cu0,35Mg0,6Fe9Si0,5Mn0,1Zn
	1	1	AGUJA ACELERADOR	EN 10083	C25E
Diseño de:		Revisado por:		Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO		SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		2/1	09/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI				Conjunto:	Conjunto nº:
				SUBCONJUNTO FLUIDO	
				Pieza:	Plano nº:
					02.00.01.00

N7/ (N8/)



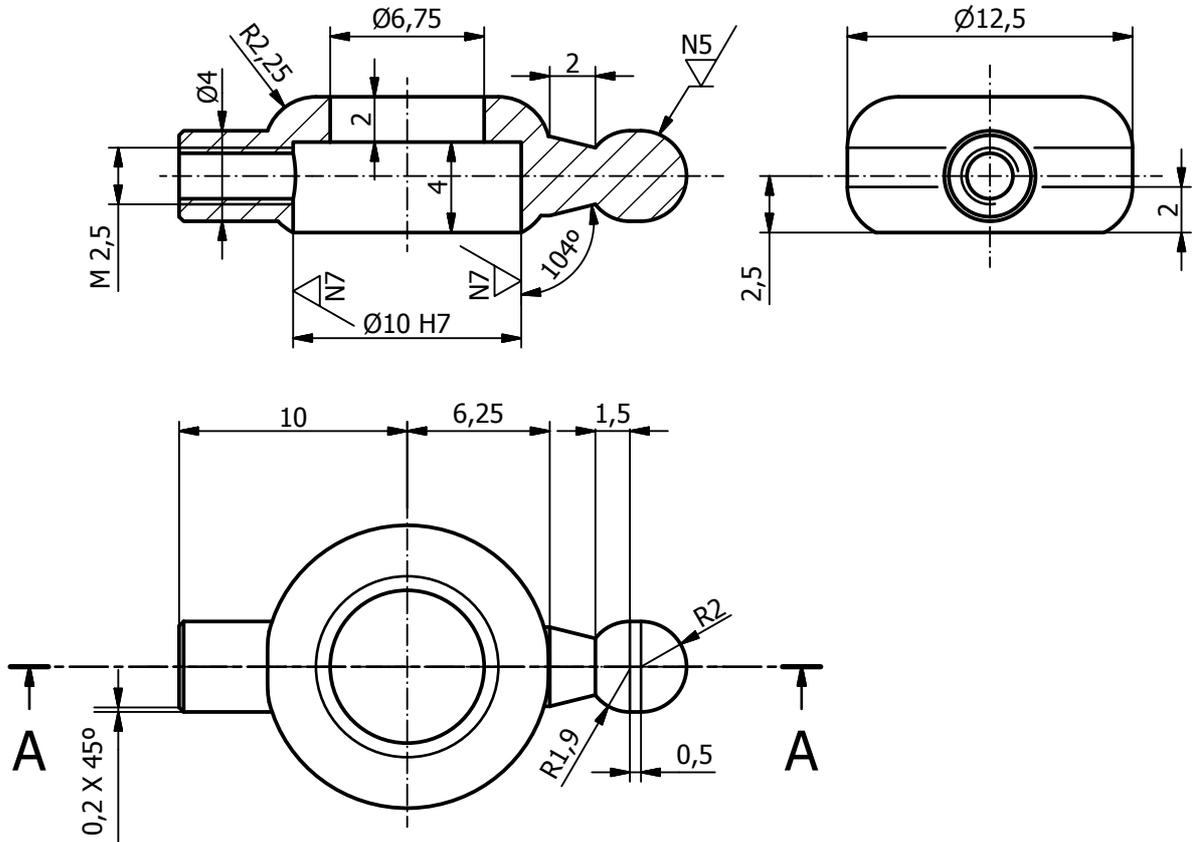
A (15)



1	1	AGUJA ACELERADOR	EN 10083	C25E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 3/1
				Fecha: 21/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO FLUIDO	
			Pieza:	Plano nº:
			AGUJA ACELERADOR	
			02.00.01.01	

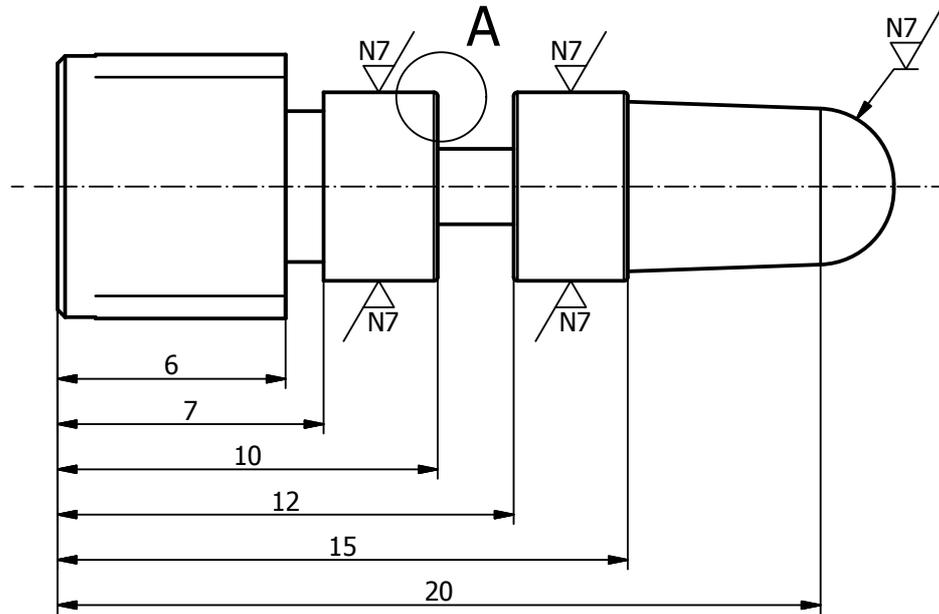
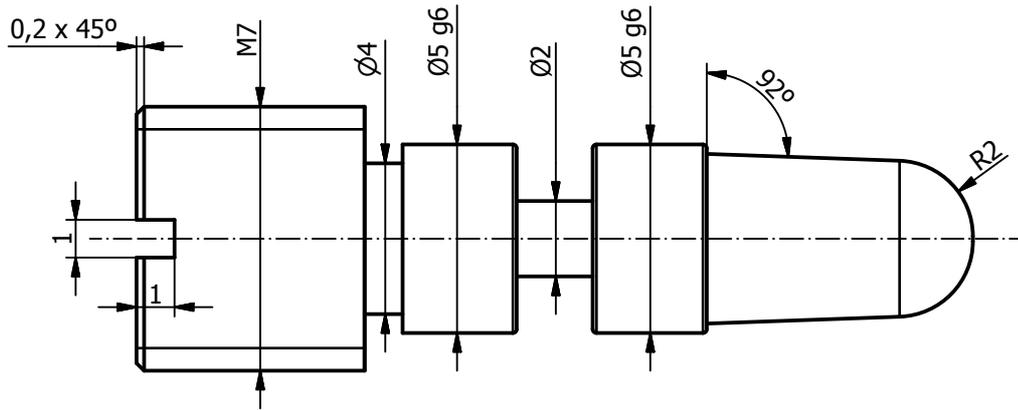
N5 / N7 / (N8)

A-A (3 : 1)

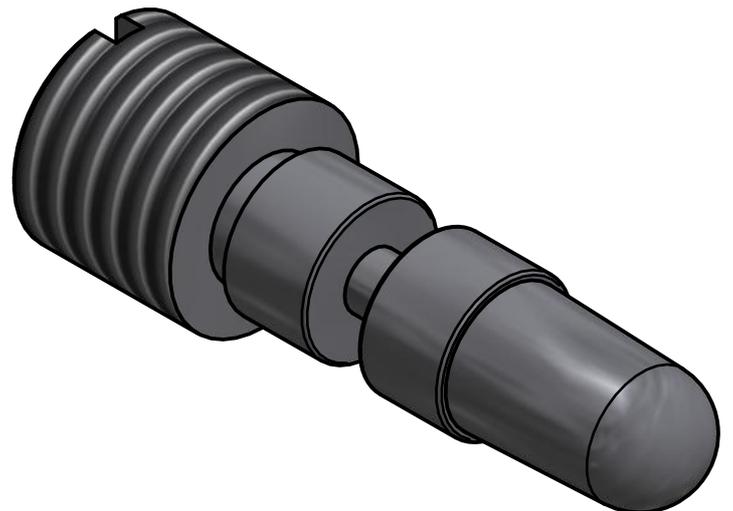
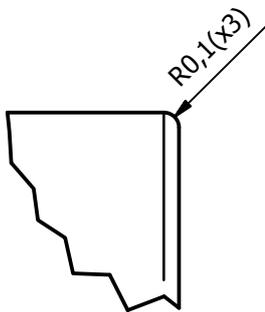


2	1	SOPORTE VARILLAJE		Aleación Al 0,1Cu0,35Mg0,6Fe9Si0,5Mn0,1Zn
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 3/1
				Fecha: 21/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº: 02.00.01
			Pieza:	Plano nº: 02.00.01.02
			SUBCONJUNTO FLUIDO	
			SOPORTE VARILLAJE	

N7/ (N9/)



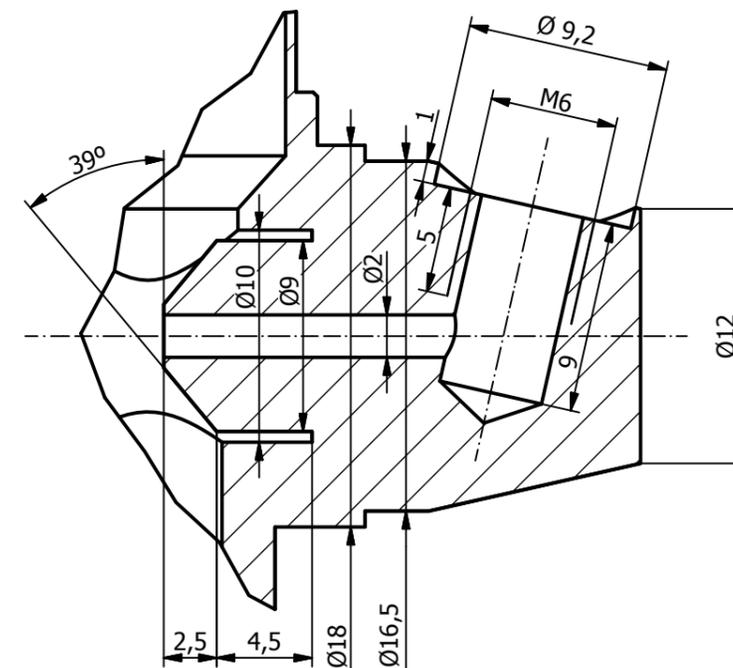
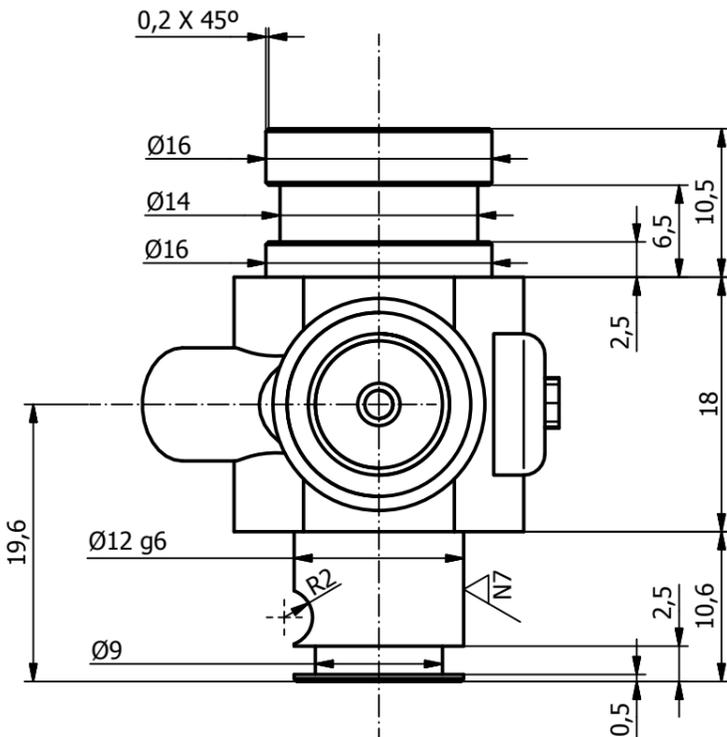
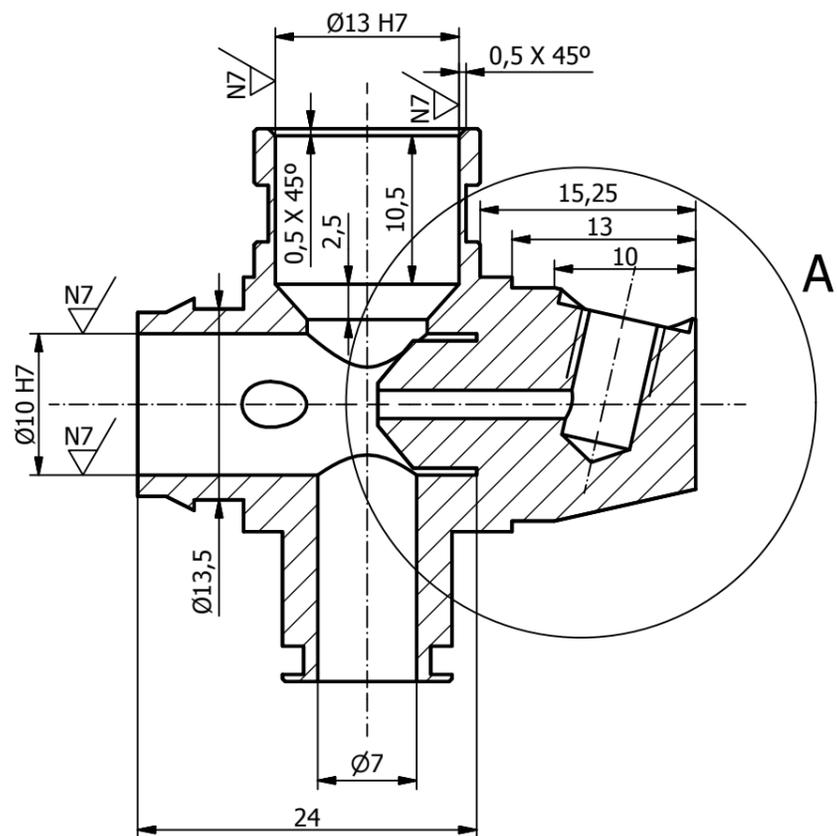
A (20)



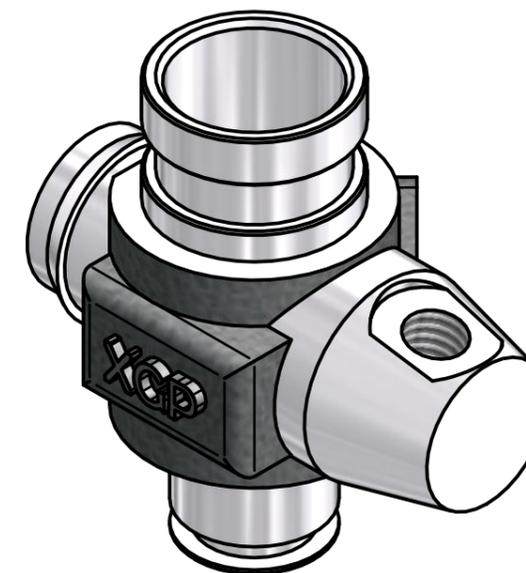
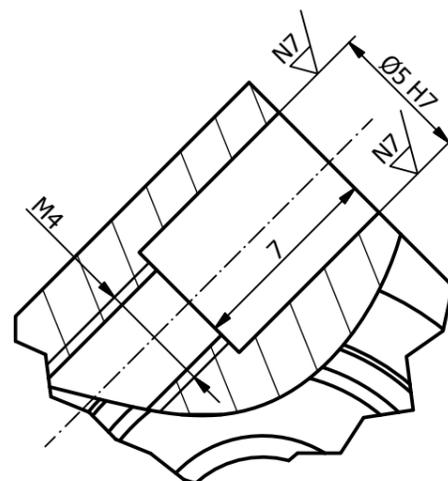
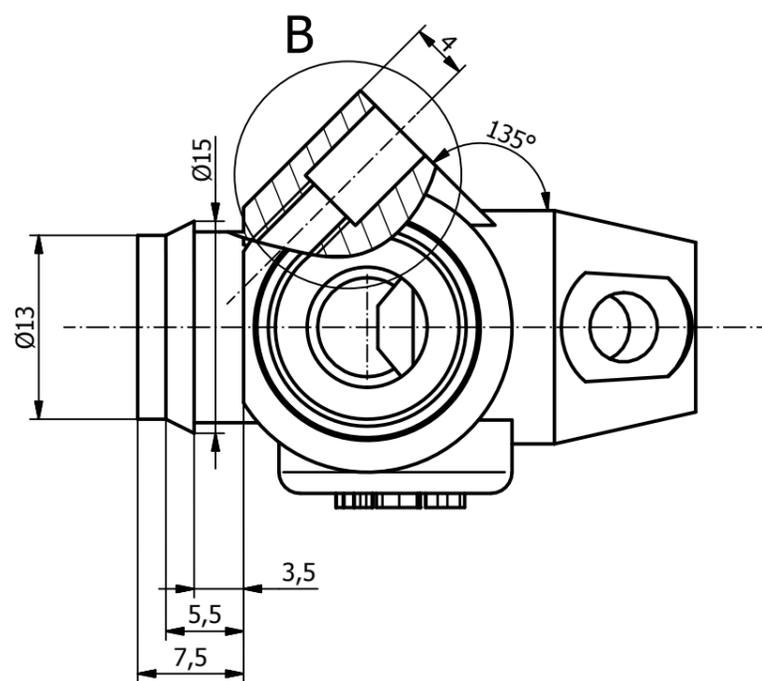
4	1	AGUJA ADMISION	EN 10083	C25E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 5/1
				Fecha: 22/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO FLUIDO	
			Pieza:	Plano nº:
			AGUJA ADMISION	
			02.00.01.04	

N7 (N9)

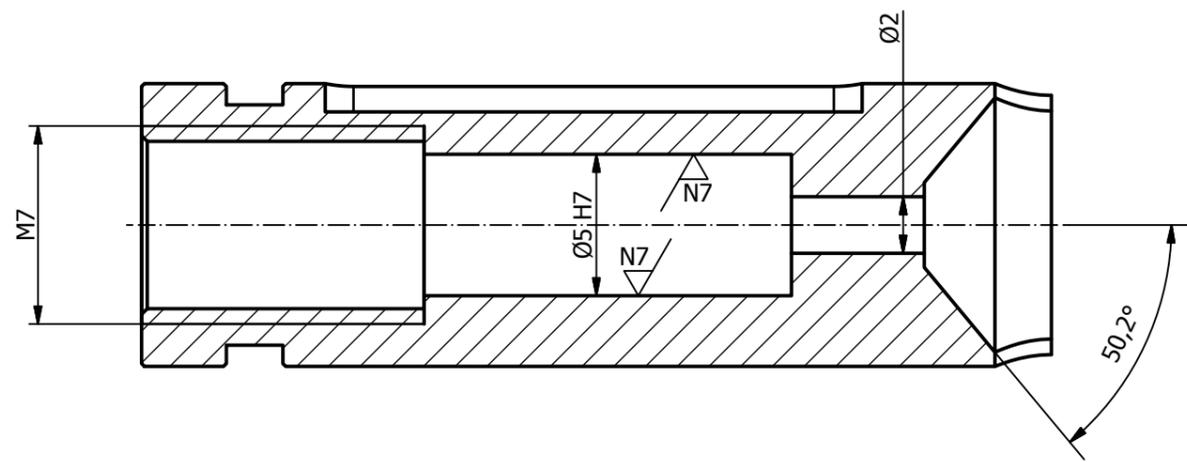
A (3:1)



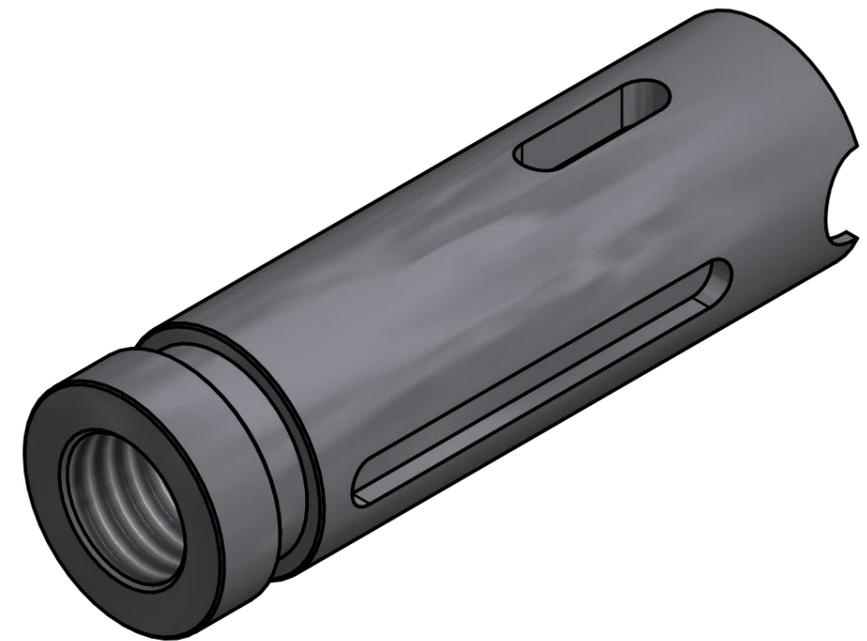
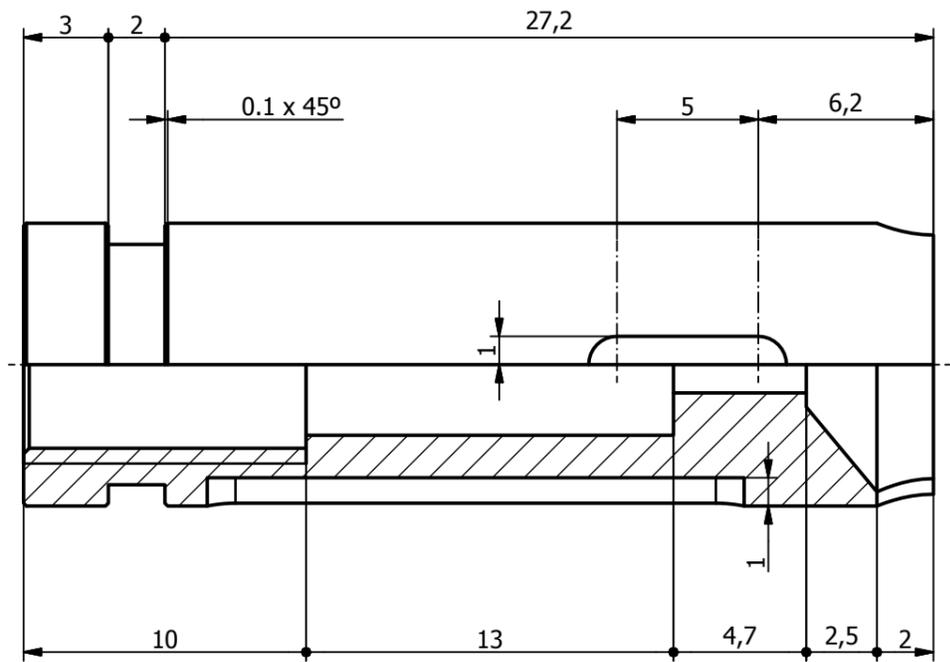
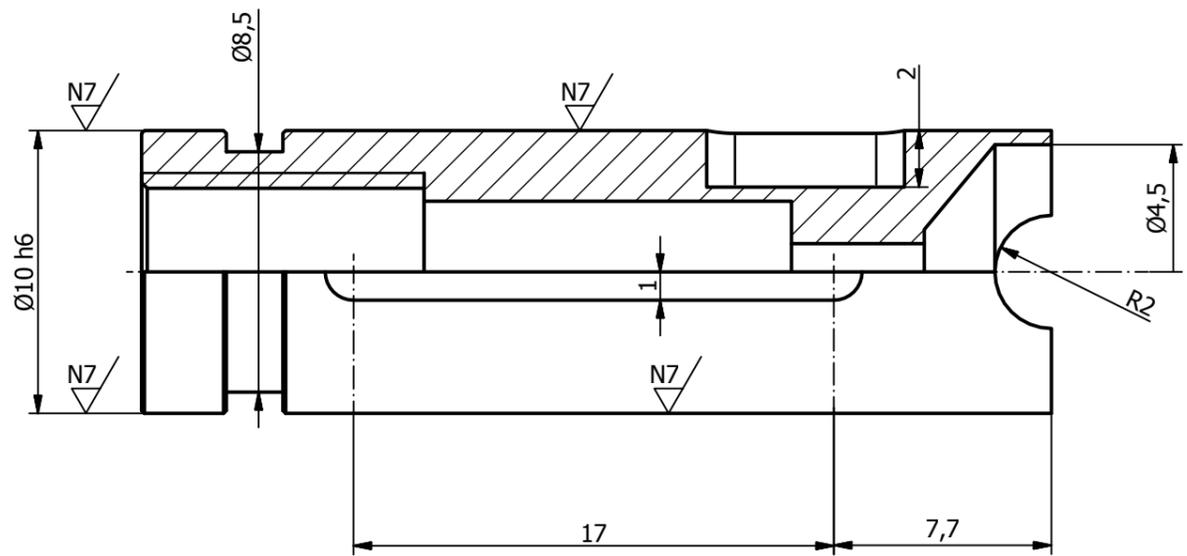
B (4:1)



7	1	BLOQUE CARBURADOR		Aleación Al 8Cu0,1Mg1,4Fe1,2Si0,3Mn0,2Zn0,2Ti
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:		Revisado por:		Escala:
JAVI GINER PEIDRO		SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		2/1
				Fecha:
				24/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO FLUIDO	02.00.01
			Pieza:	Plano nº:
			BLOQUE CARBURADOR	02.00.01.07

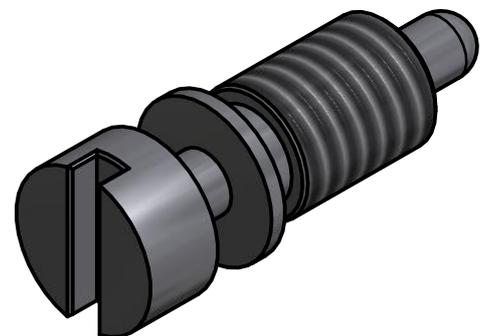
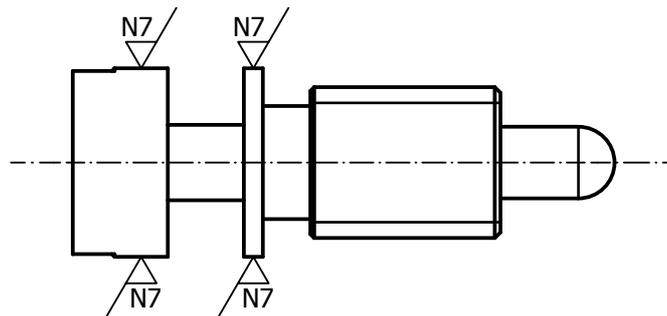
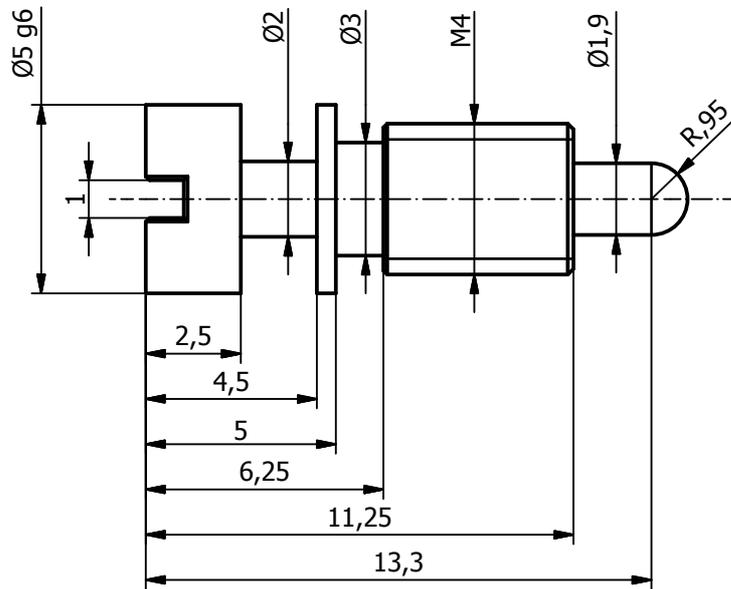


N7 / (N9)

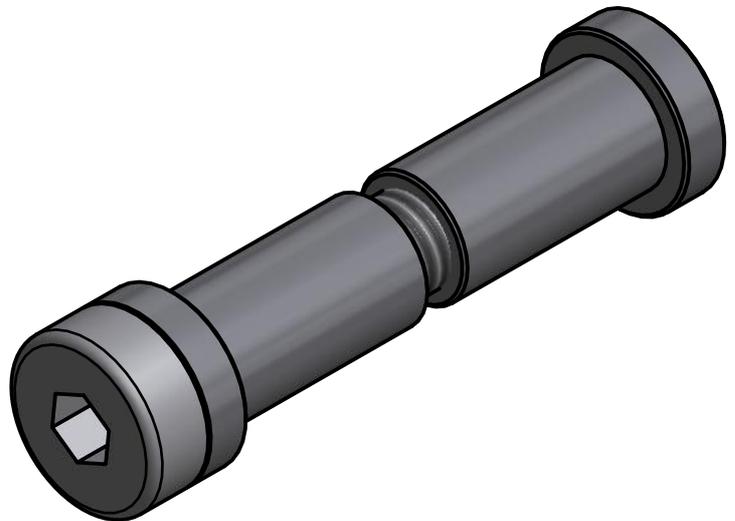
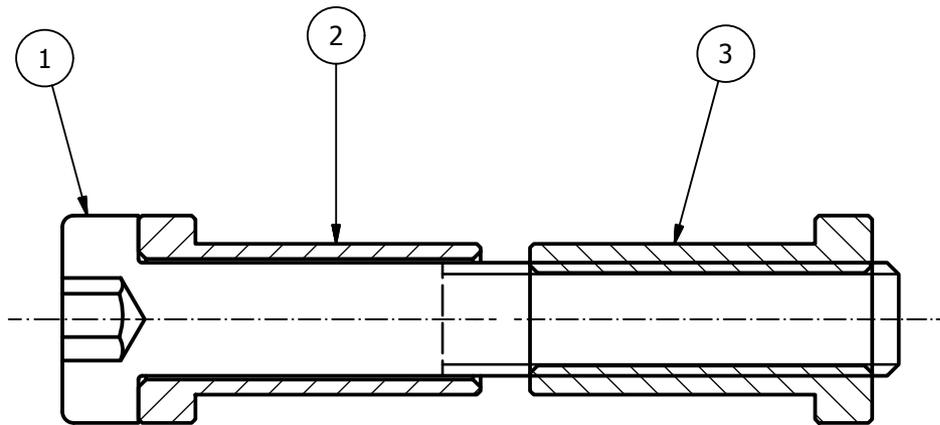


10	1	EJE ACELERADOR	EN 10083	C45E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 4/1
				Fecha: 26/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO FLUIDO	02.00.01
			Pieza:	Plano nº:
			EJE ACELERADOR	02.00.01.10

N7 / (N9)



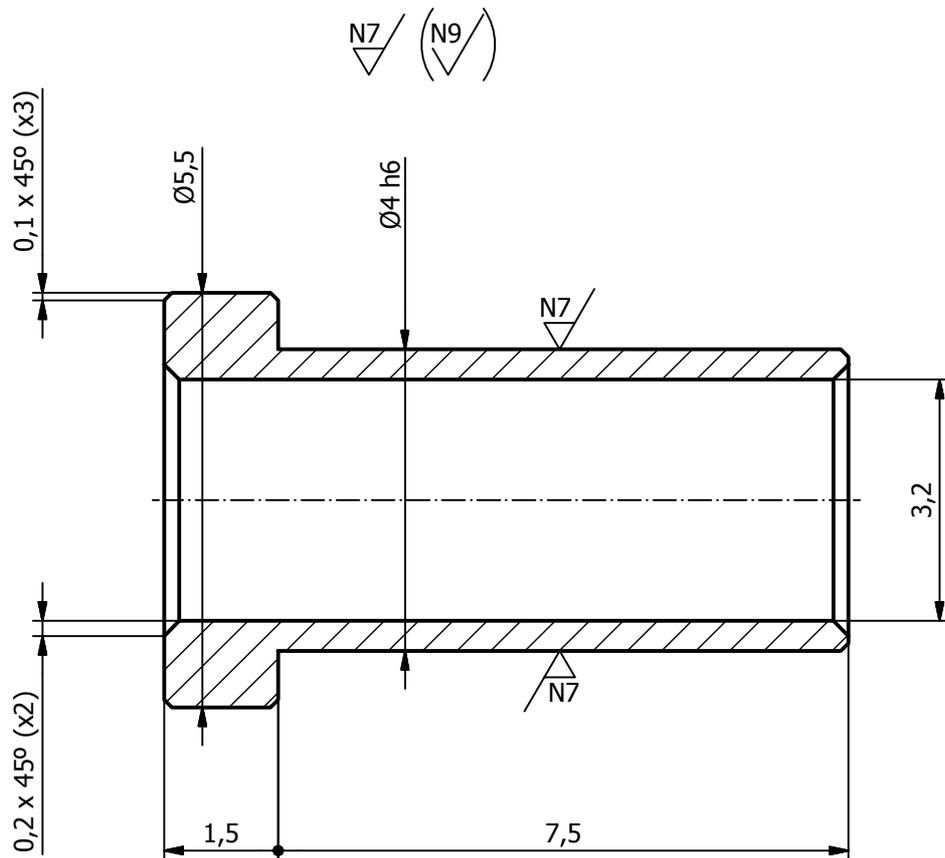
12	1	AGUJA RALENTI	EN 10083	C25E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 5/1
				Fecha: 20/02/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO FLUIDO	
			Pieza:	Plano nº:
			AGUJA RALENTI	
			02.00.01.12	



3	1	CASQUILLO ROSCADO	EN 10083	C45E
2	1	CASQUILLO PASANTE	EN 10083	C45E
1	1	ISO 7045 - M3 x 20	ISO 7045	Acero dulce
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL

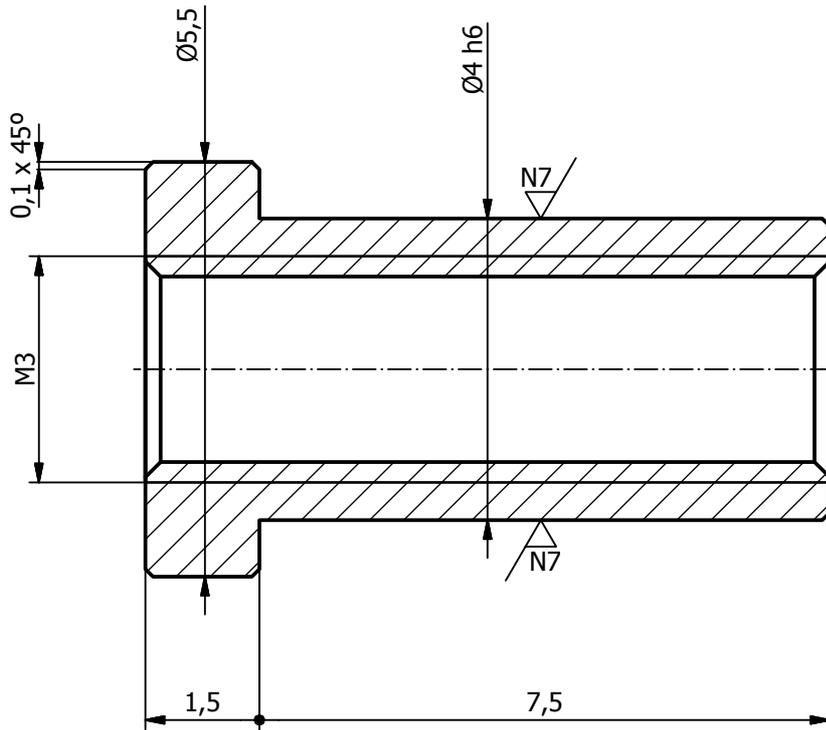
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO	Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	Escala: 5/1	Fecha: 01/03/2012
---------------------------------	---	----------------	----------------------

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	Conjunto: SUBCONJUNTO AMARRE	Conjunto nº: 02.00.02
	Pieza:	Plano nº: 02.00.02.00



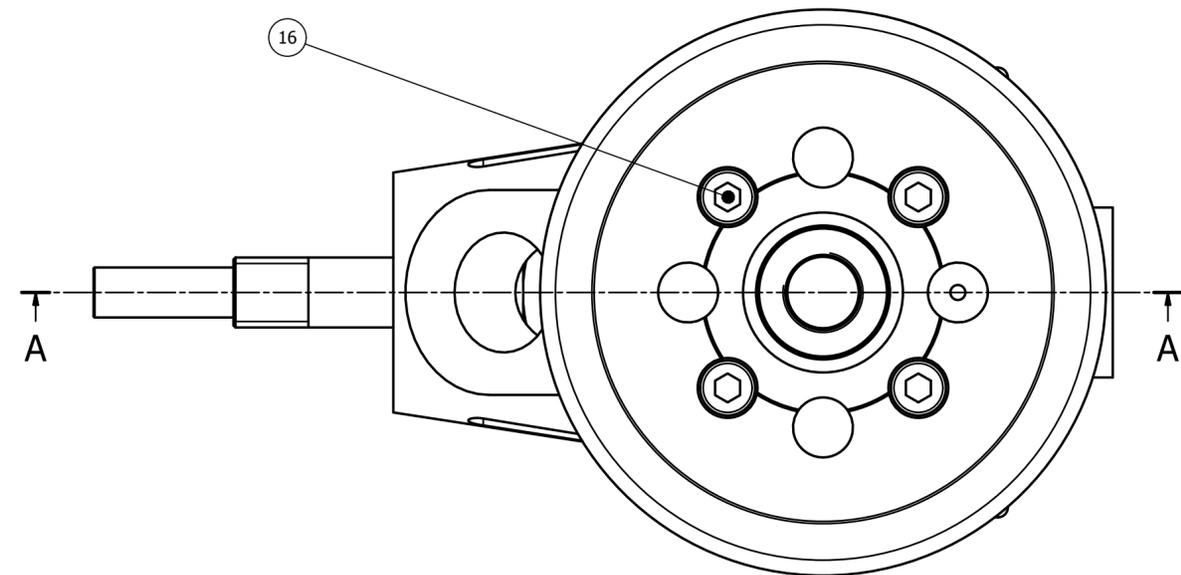
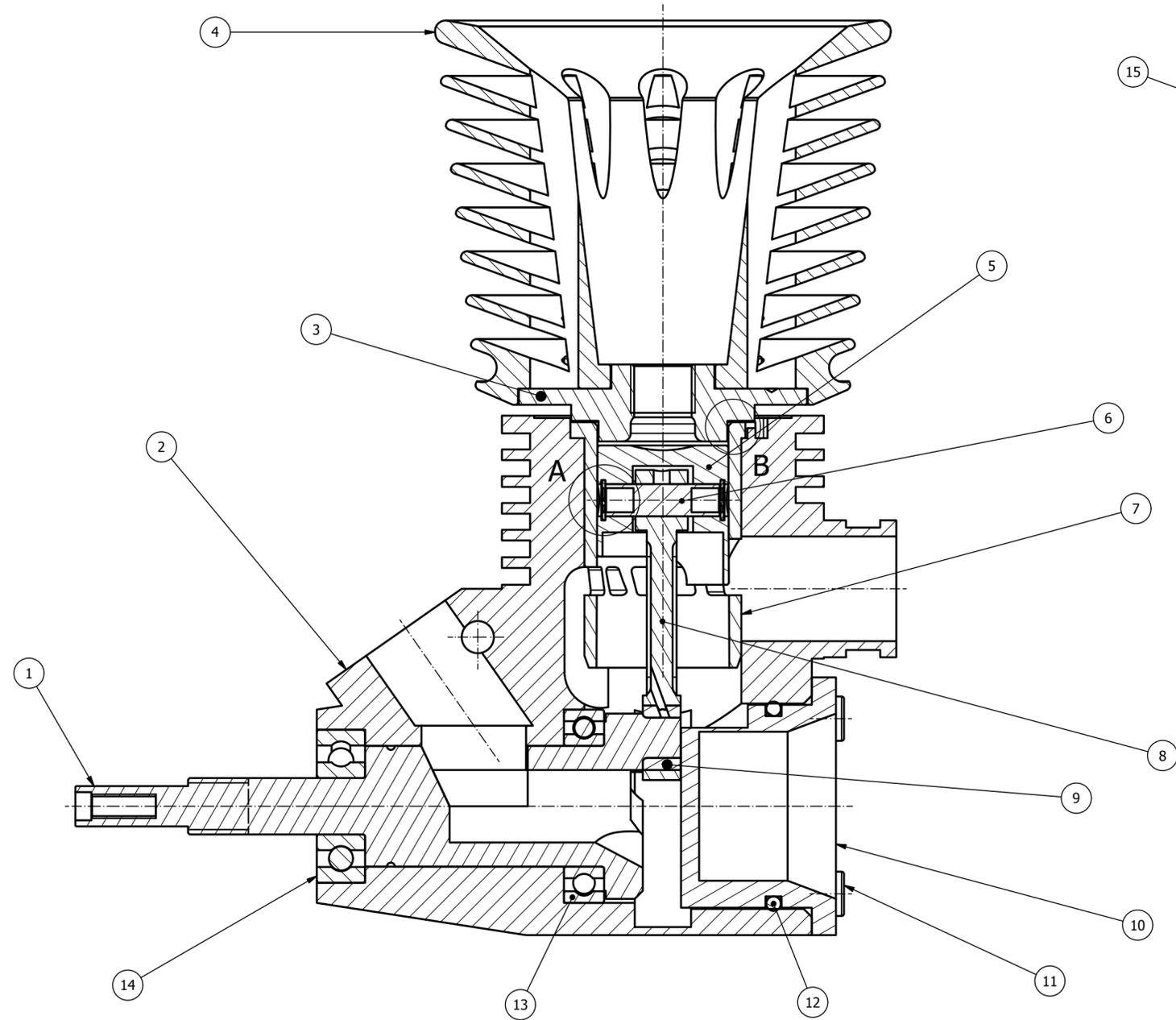
2	1	CASQUILLO PASANTE	EN 10083	C45E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 10/1
		Fecha: 02/03/2012		
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO AMARRE	
			Pieza:	Plano nº:
			CASQUILLO PASANTE	
			02.00.02.02	

N7 / (N9)

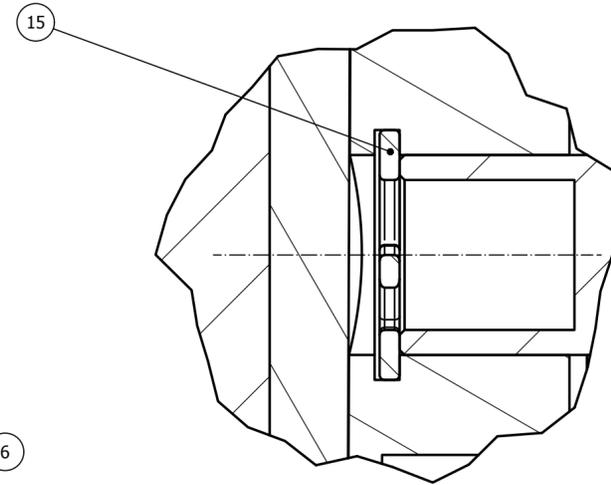


3	1	CASQUILLO ROSCADO	EN 10083	C45E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 10/1
		Fecha: 02/03/2012		
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto: SUBCONJUNTO AMARRE	Conjunto nº: 02.00.02
			Pieza: CASQUILLO ROSCADO	Plano nº: 02.00.02.03

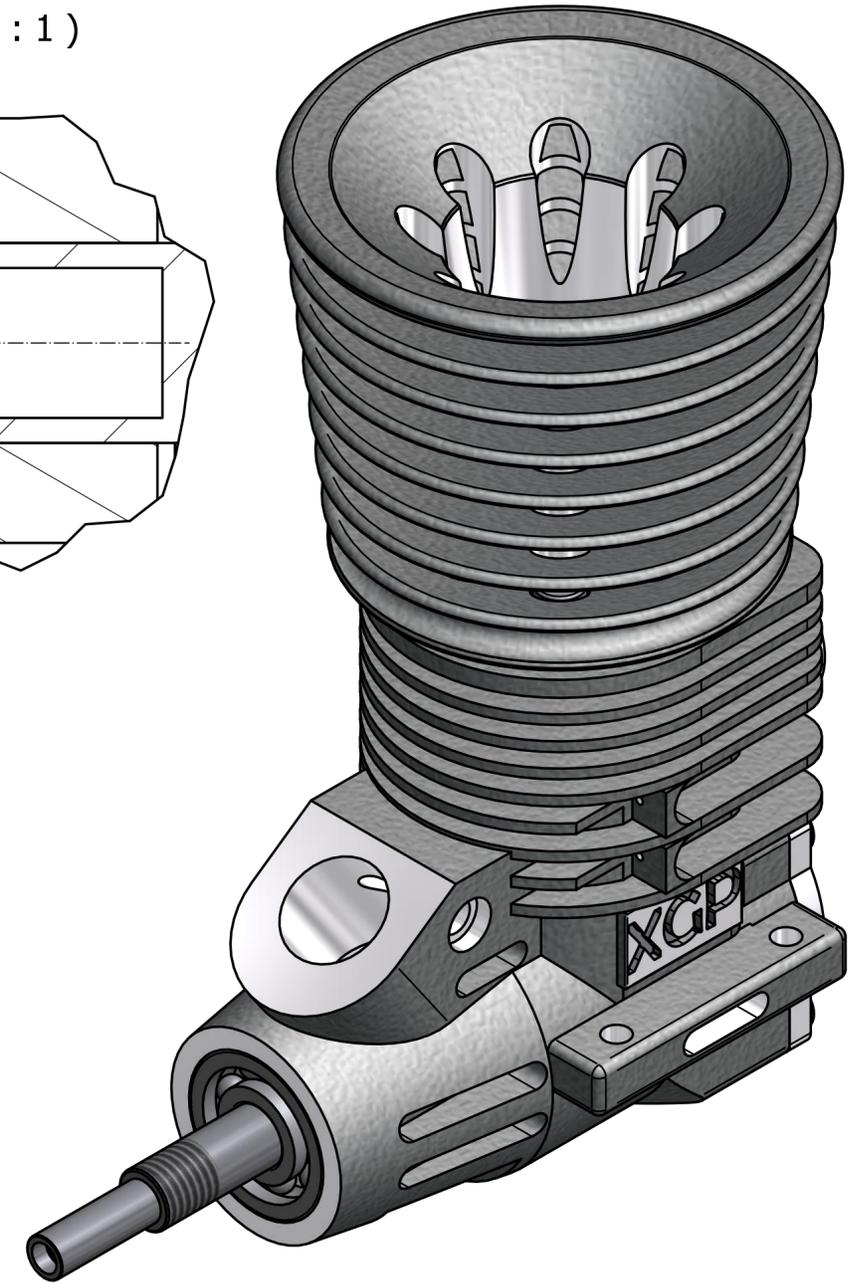
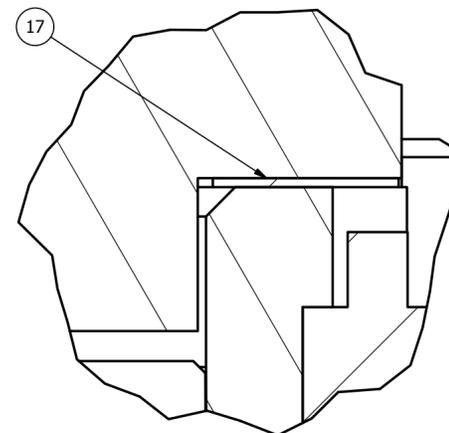
A-A (2 : 1)



A (10 : 1)



B (12)

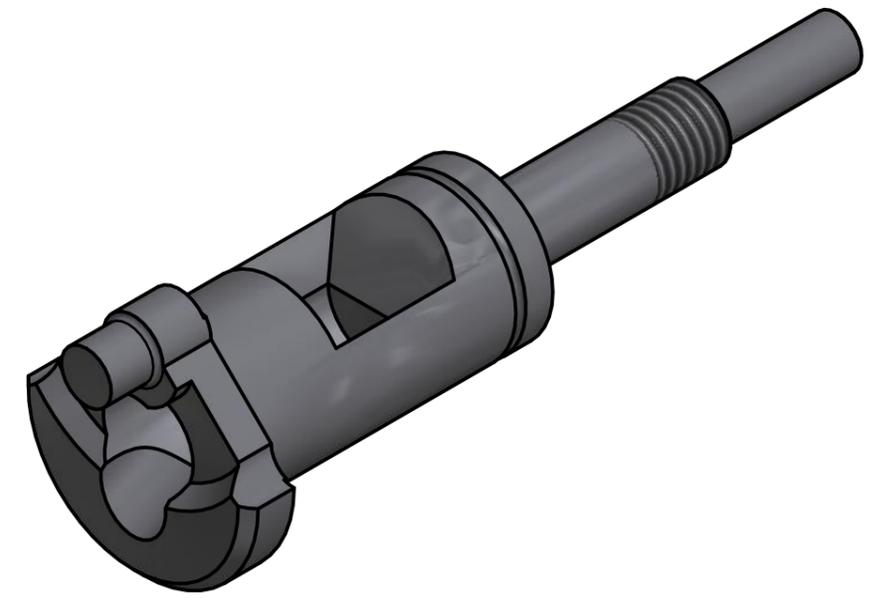
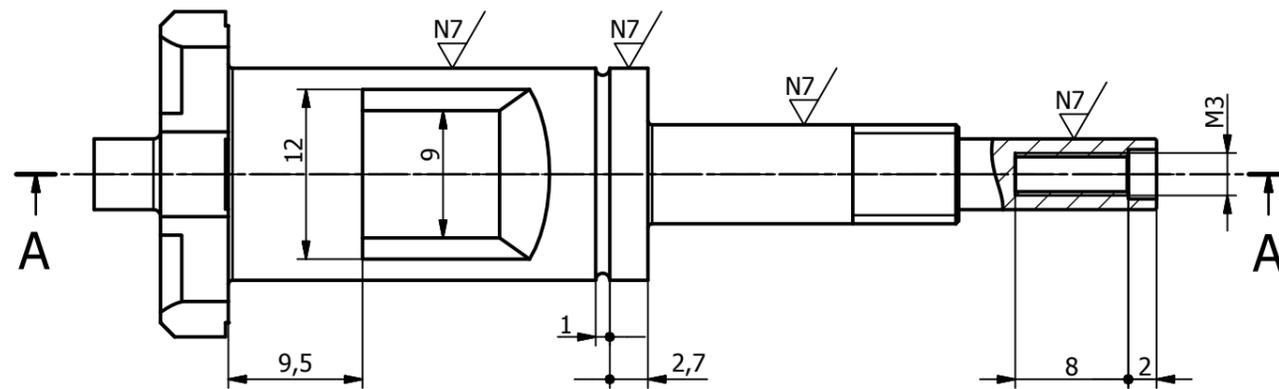
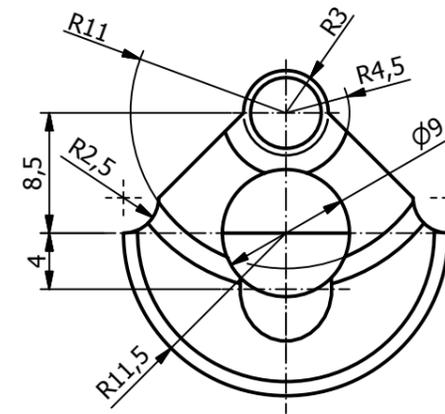
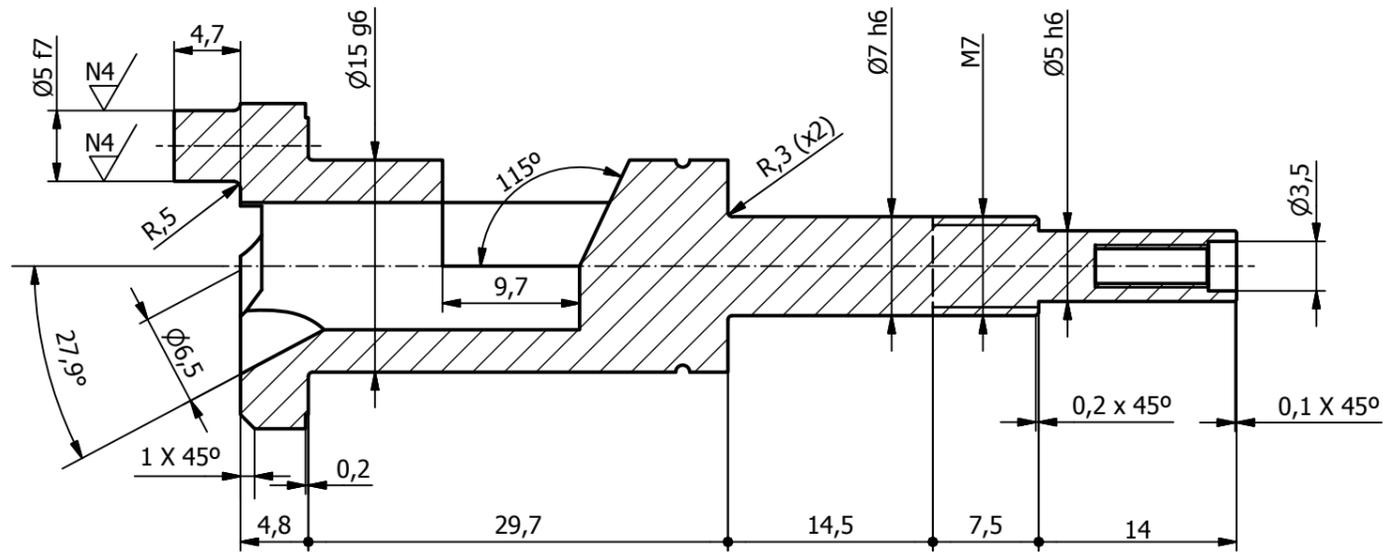


MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
	17	1	ARANDELA DE CALZADO	Aleación Bronce
	16	4	ISO 4762 - M3 x 10	ISO 4762 Acero inoxidable - 440C
	15	2	ANILLO SEGUER	ISO 3275 Acero al carbono
	14	1	SKF 607 C2H	ISO 15:1998 Acero especial
	13	1	SKF 61802 C2H	ISO 15:1998 Acero especial
	12	1	ISO 3601-1 - A 0224 G	ISO 3601-1 Vitón
	11	4	ISO 4762 - M3 x 8	ISO 4762 Acero inoxidable - 440C
	10	1	TAPA BLOQUE	EN 12020 AW 2011
	9	1	CASQUILLO LUBRICADO	EN 1982 : 1998 CuSn11Pb2-C
	8	1	BIELA	Aleación Al 0,1Cu0,3Mg0,6Fe12Si0,5Mn012Zn2.5Ni
	7	1	CAMISA	Aleación Cu 12Sn
	6	1	BULON	EN 10083 41Cr4
	5	1	PISTON	EN 12020 AW 7075
	4	1	CULATA	Aleación 99,5Al 0,5Si+Fe0,03Ti0,05Cu+Zn
	3	1	CULATIN	EN 10083 C45E
	2	1	BLOQUE MOTOR	Aleación Al 8Cu0,1Mg1,4Fe1,2Si0,3Mn0,2Zn0,2Ti
	1	1	CIGUEÑAL	EN 10083 42CrMo4

Diseño de:	Revisado por:	Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	2/1	02/03/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		Conjunto:	Conjunto nº:
		SUBCONJUNTO CAMARA	02.00.03
		Pieza:	Plano nº:
			02.00.03.00

A-A (2:1)

N4 / N7 / (N9)

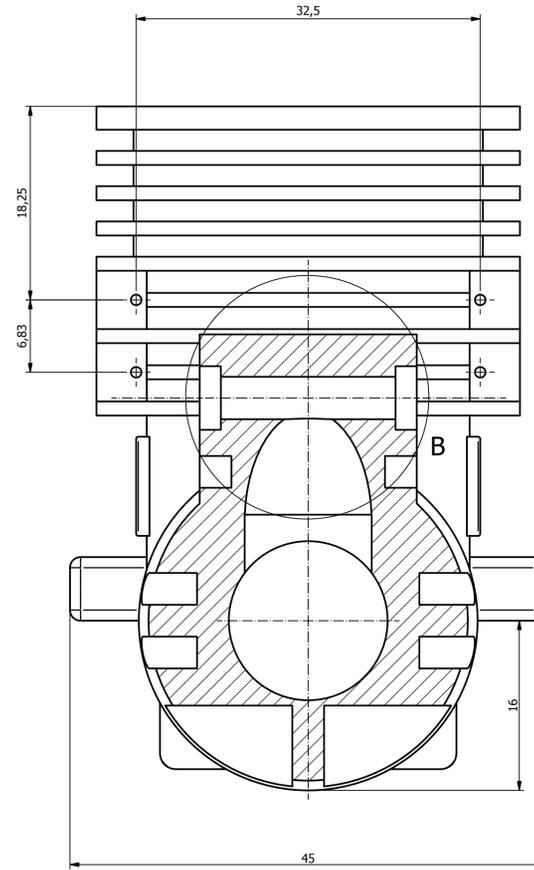
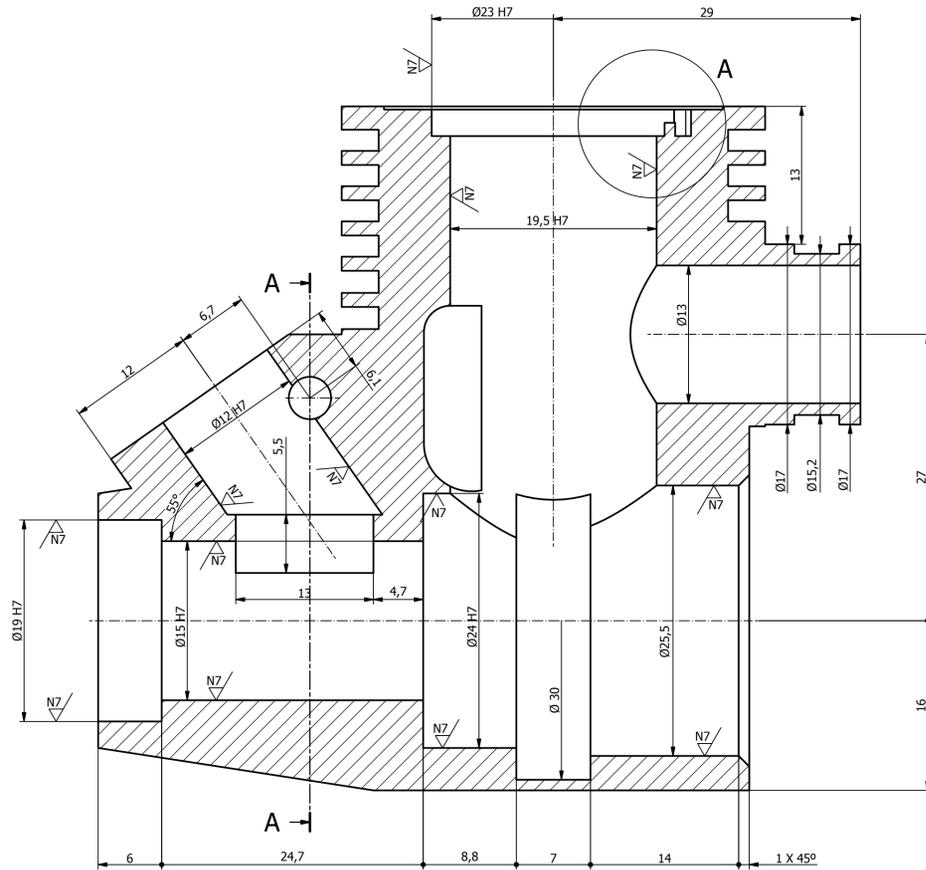
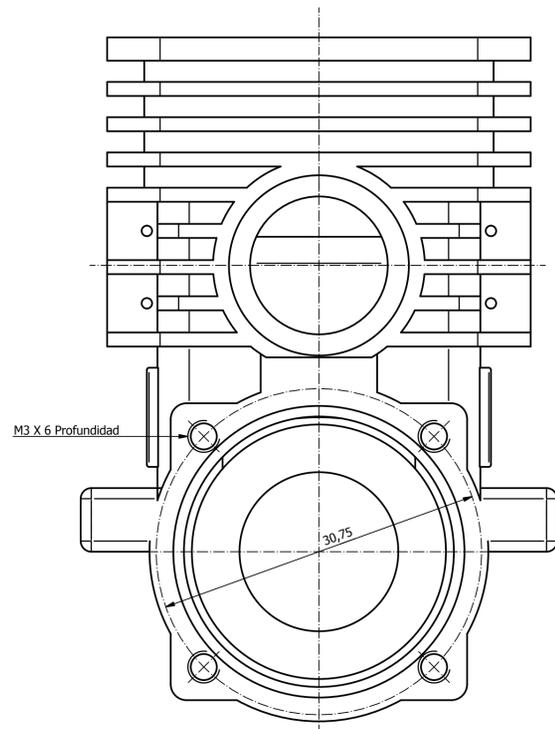


1	1	CIGUEÑAL	EN 10083	42CrMo4
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:		Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		2/1	03/03/2012
			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO CAMARA	02.00.03
			Pieza:	Plano nº:
			CIGUEÑAL	02.00.03.01

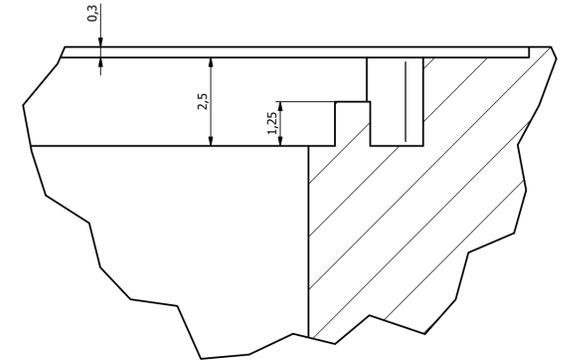
N7 / (N9)

B-B (3 : 1)

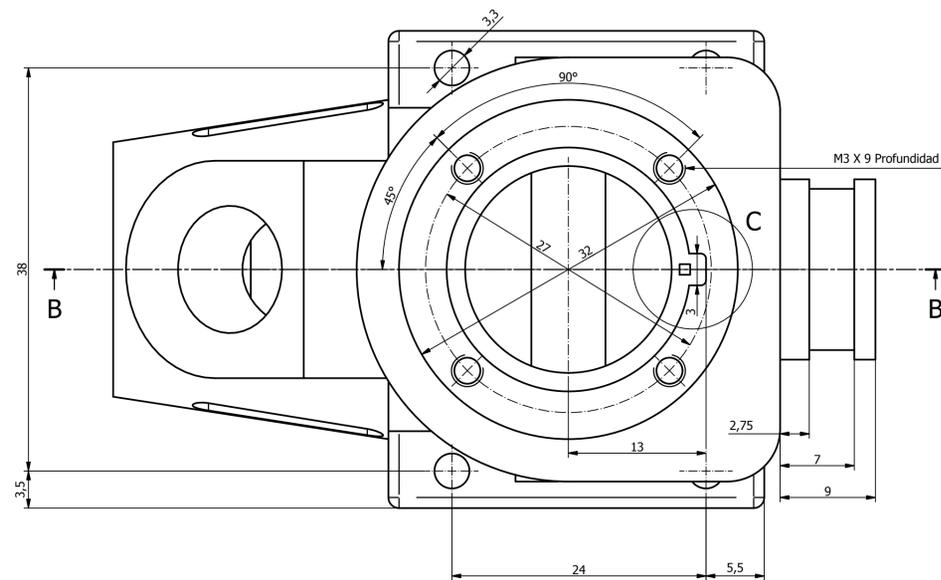
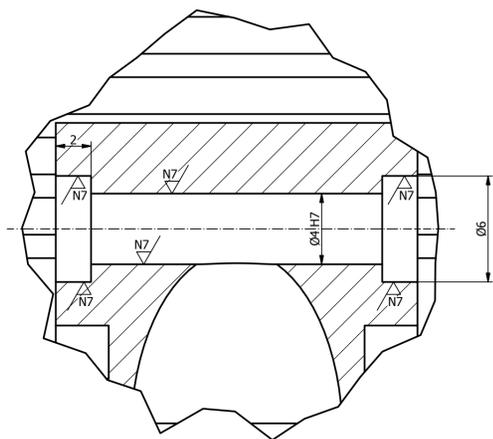
A-A (3 : 1)



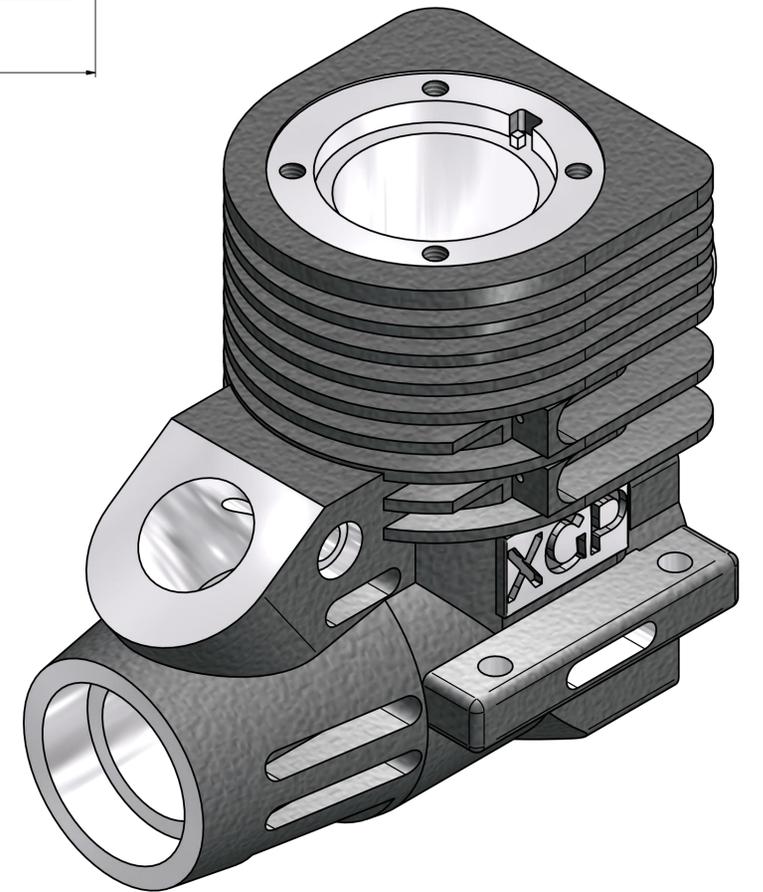
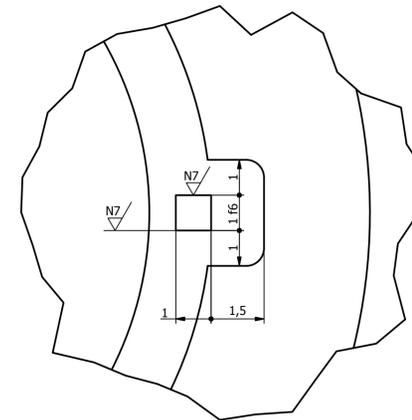
A (10 : 1)



B (5 : 1)



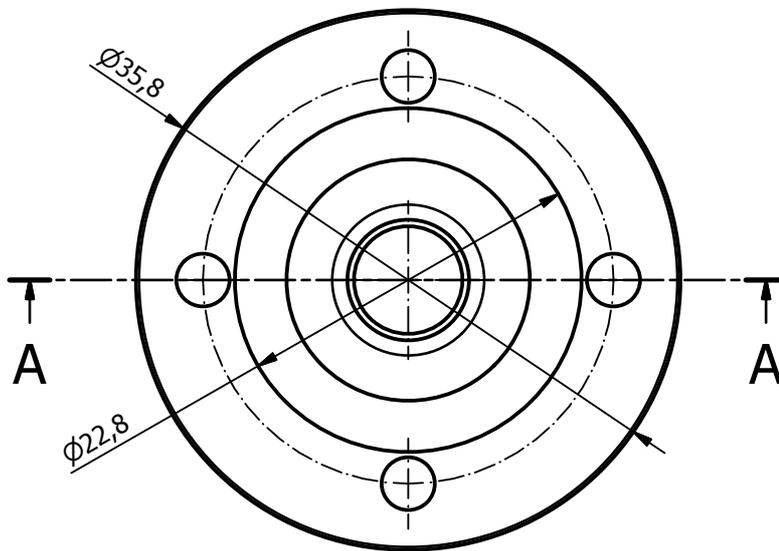
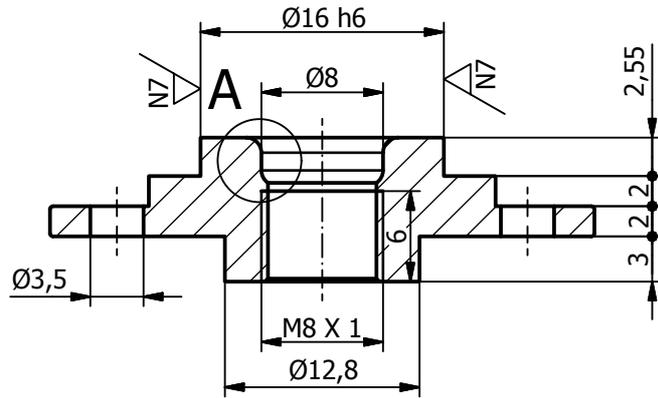
C (10 : 1)



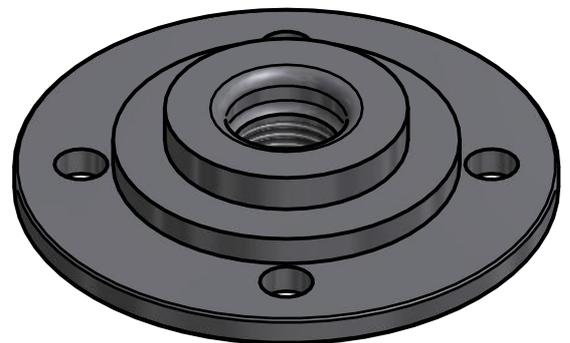
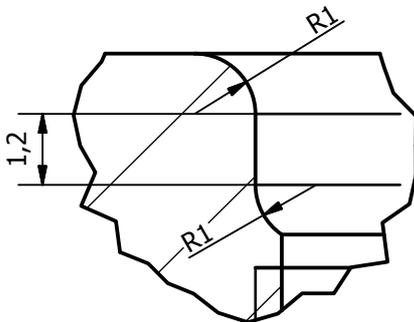
2	1	BLOQUE MOTOR	Aleación Al 8Cu0,1Mg1,4Fe1,2Si0,3Mn0,2Zn0,2Ti
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA
			MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:	Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	3/1	09/03/2012
Conjunto:		SUBCONJUNTO CAMARA	Conjunto nº:
Pieza:		BLOQUE MOTOR	02.00.03
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Piezo nº: 02.00.03.02

A-A (2 : 1)

N7 / (N9)



A (8)

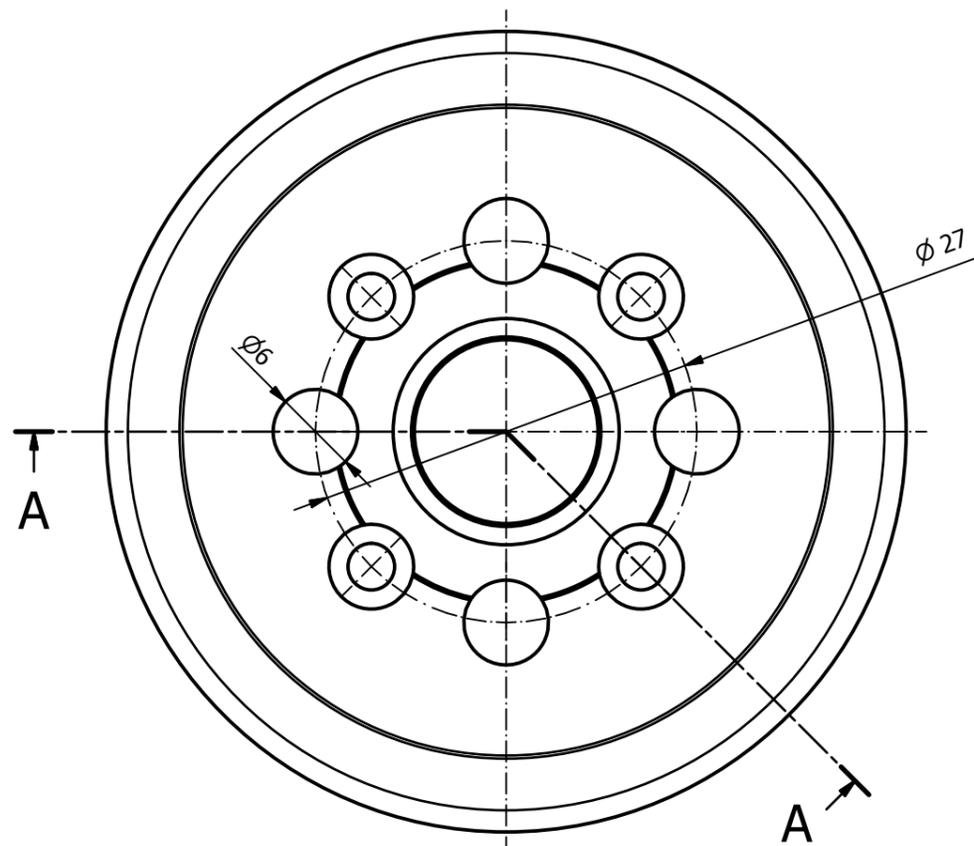
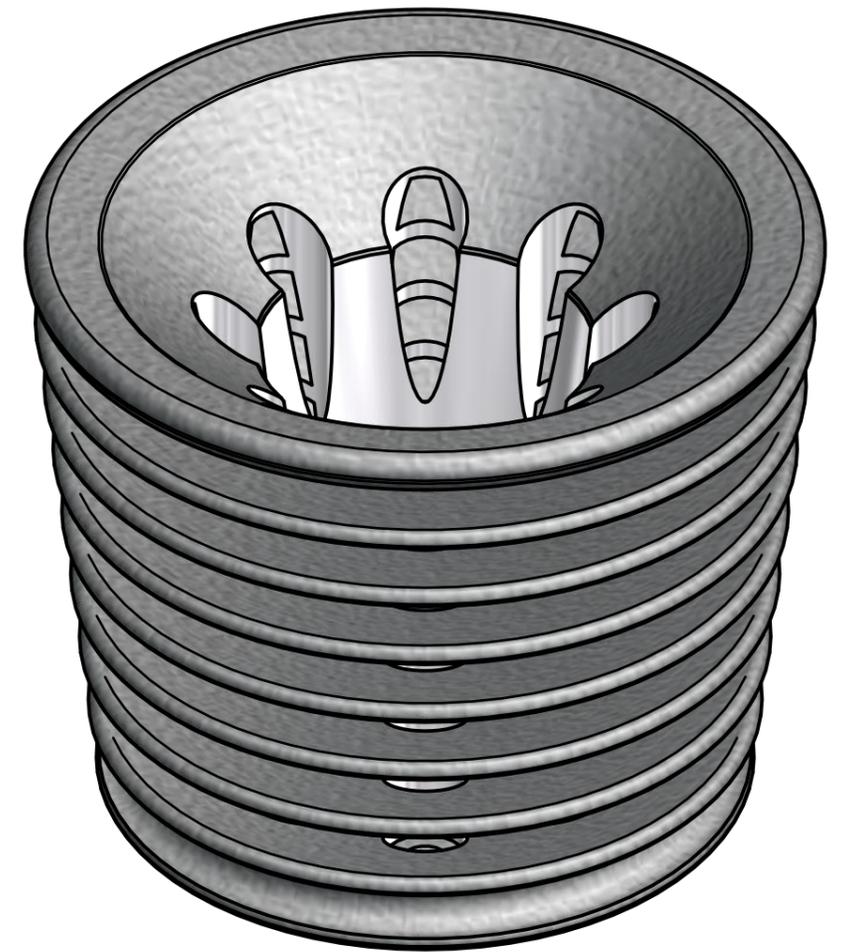
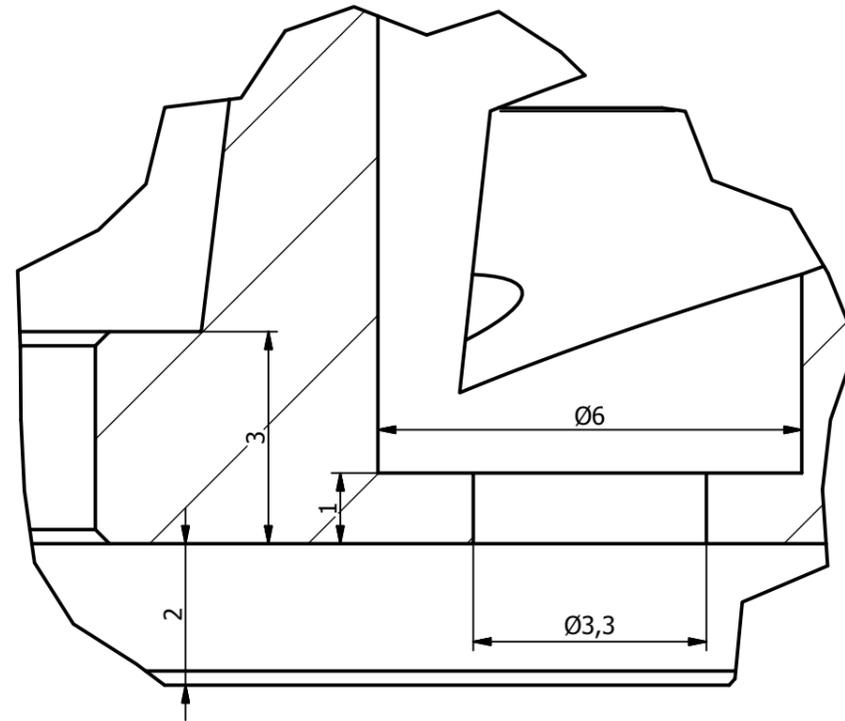
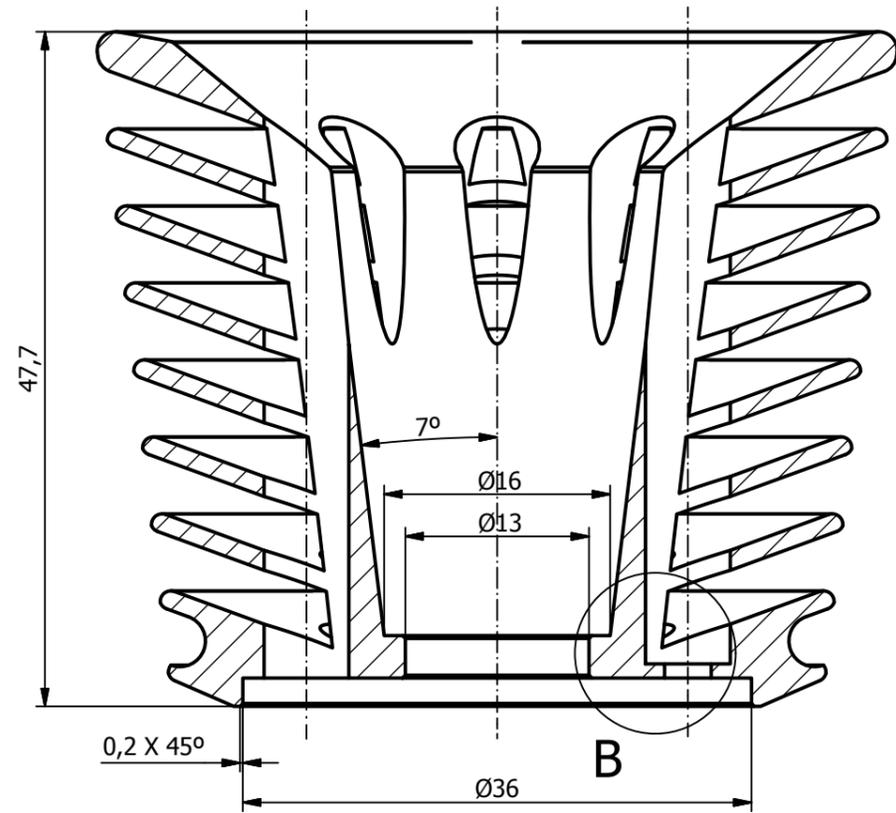


3	1	CULATIN	EN 10083	C45E
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 2/1
				Fecha: 15/04/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO CAMARA	
			Pieza:	Plano nº:
			CULATIN	
			02.00.03.03	

A-A

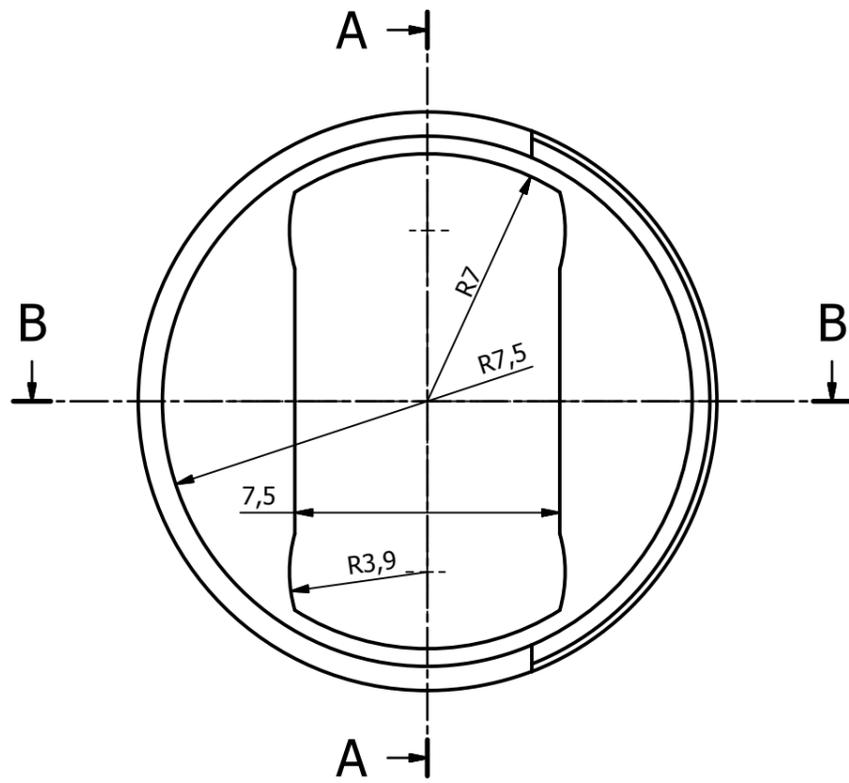
B (10 : 1)

N9

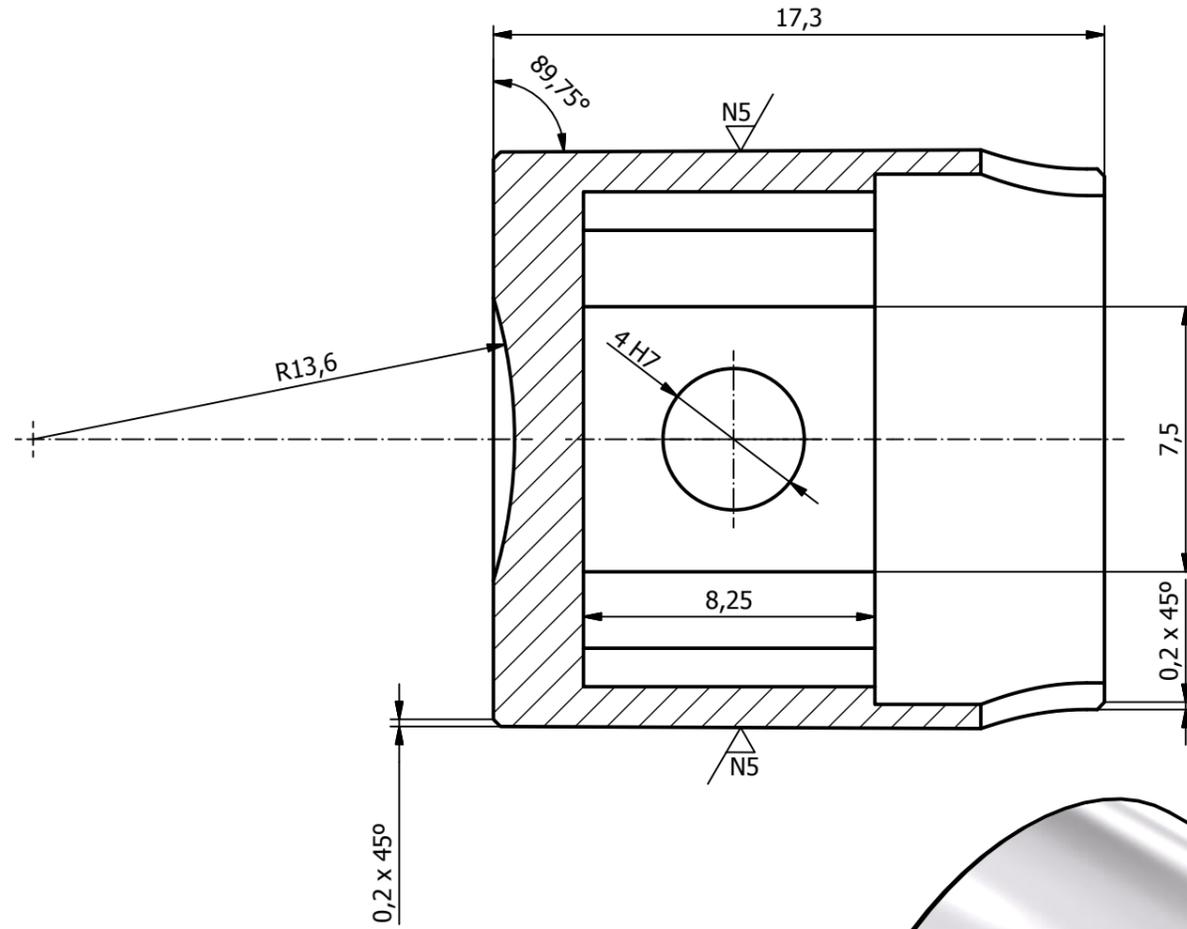


4	1	CULATA		Aleación 99,5Al 0,5Si+Fe0,03Ti0,05Cu+Zn
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:		Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		2/1	15/04/2012
 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUTNO CAMARA	02.00.03
			Pieza:	Plano nº:
			CULATA	02.00.03.04

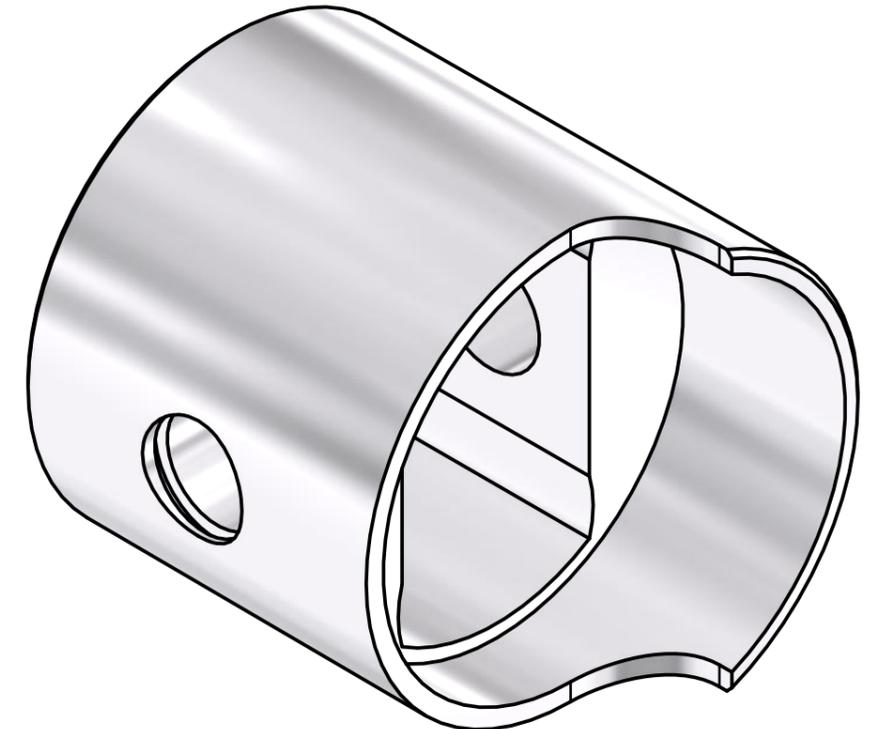
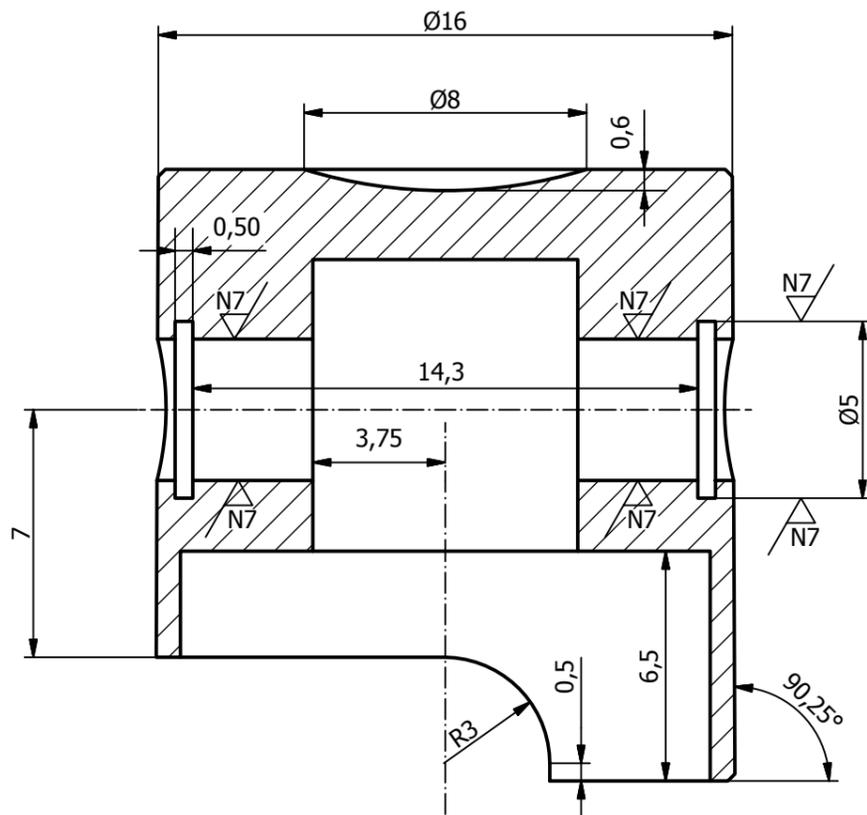
N5 / N7 / (N9)



A-A (5:1)

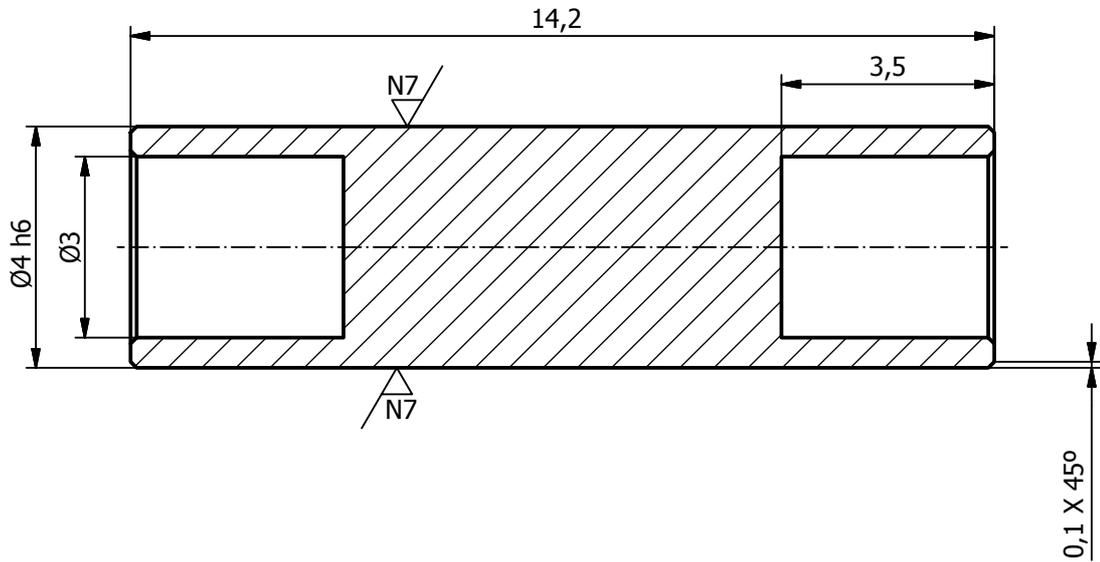


B-B (5:1)



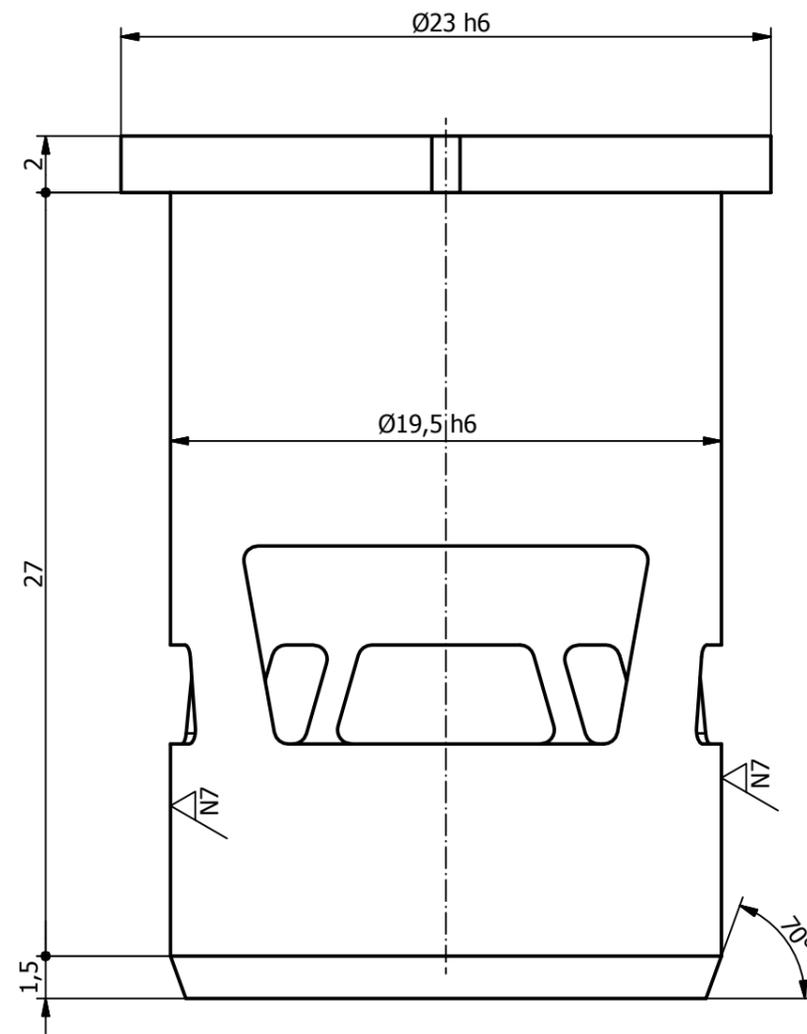
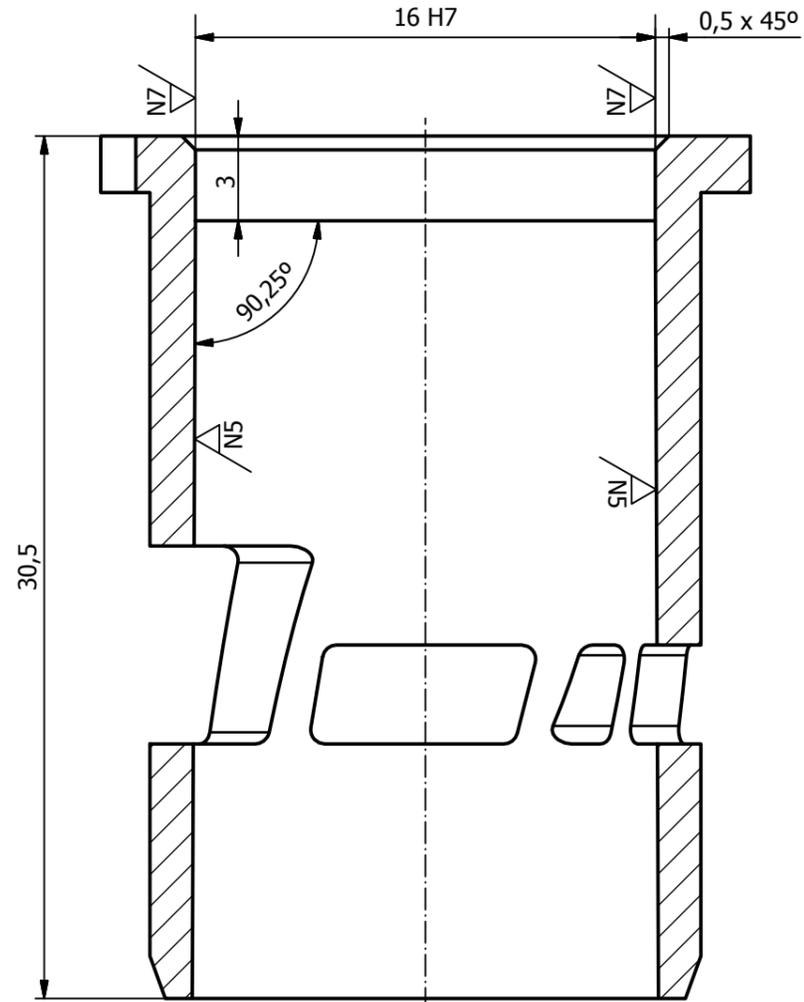
5	1	PISTON	EN 12020	AW 7075
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:		Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		5/1	16/01/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO CAMARA	02.00.03
			Pieza:	Plano nº:
			PISTON	02.00.03.05

N7 / (N9)

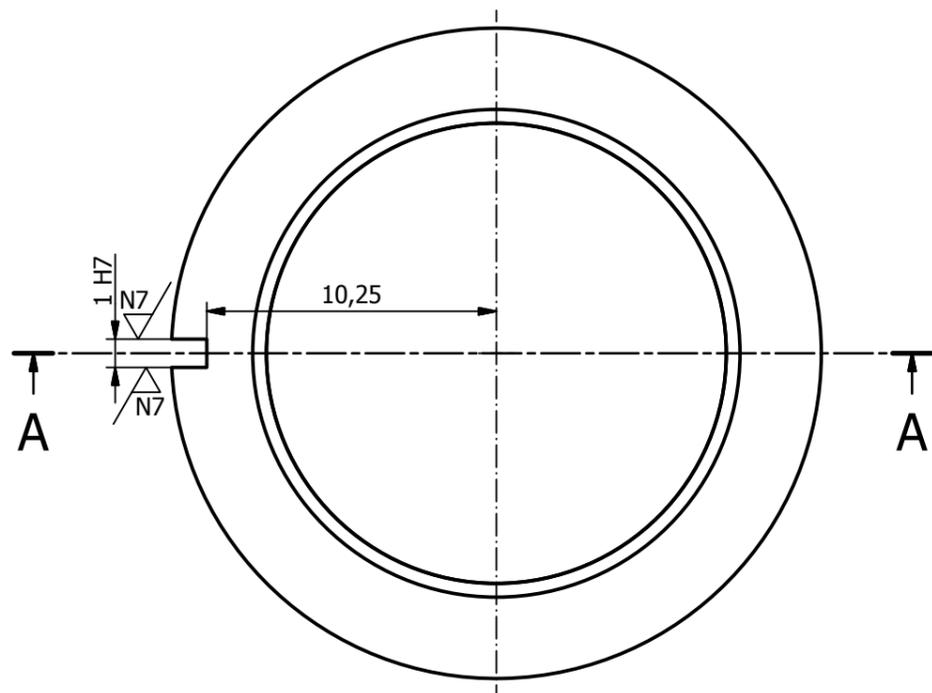
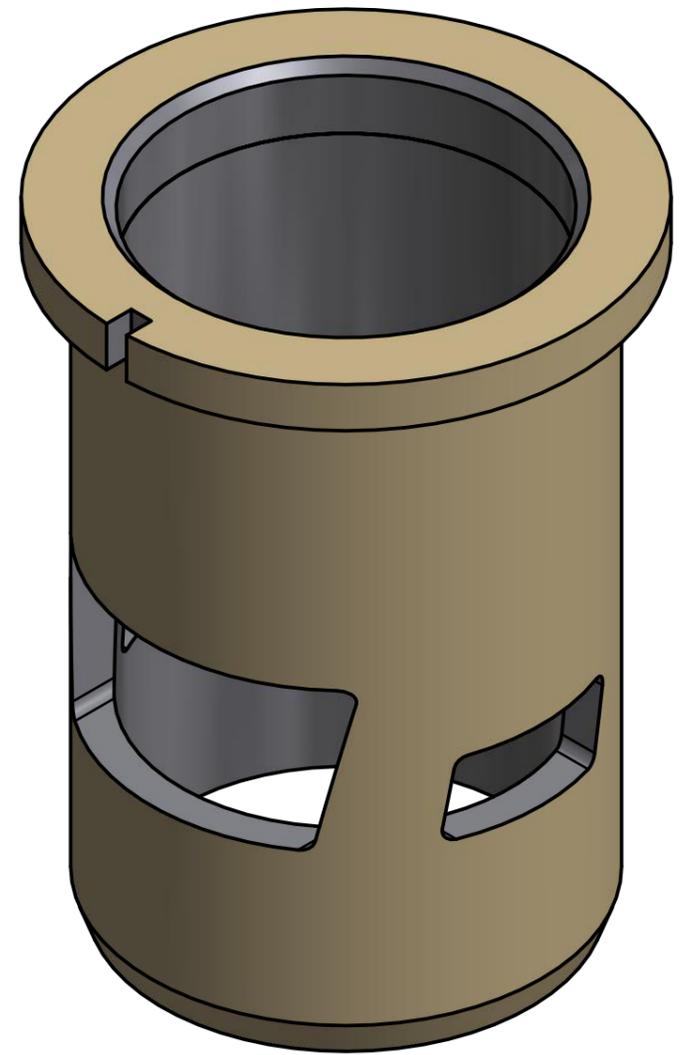


6	1	BULON	EN 10083	41Cr4	
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL	
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 8/1	
		Fecha: 28/04/2012			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto: SUBCONJUNTO CAMARA		Conjunto nº: 02.00.03
			Pieza: BULON		Plano nº: 02.00.03.06

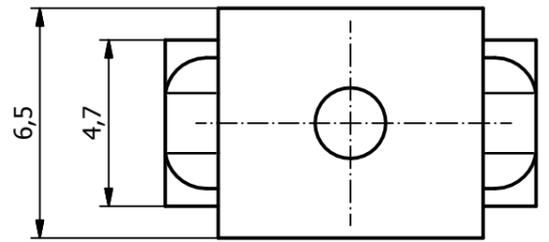
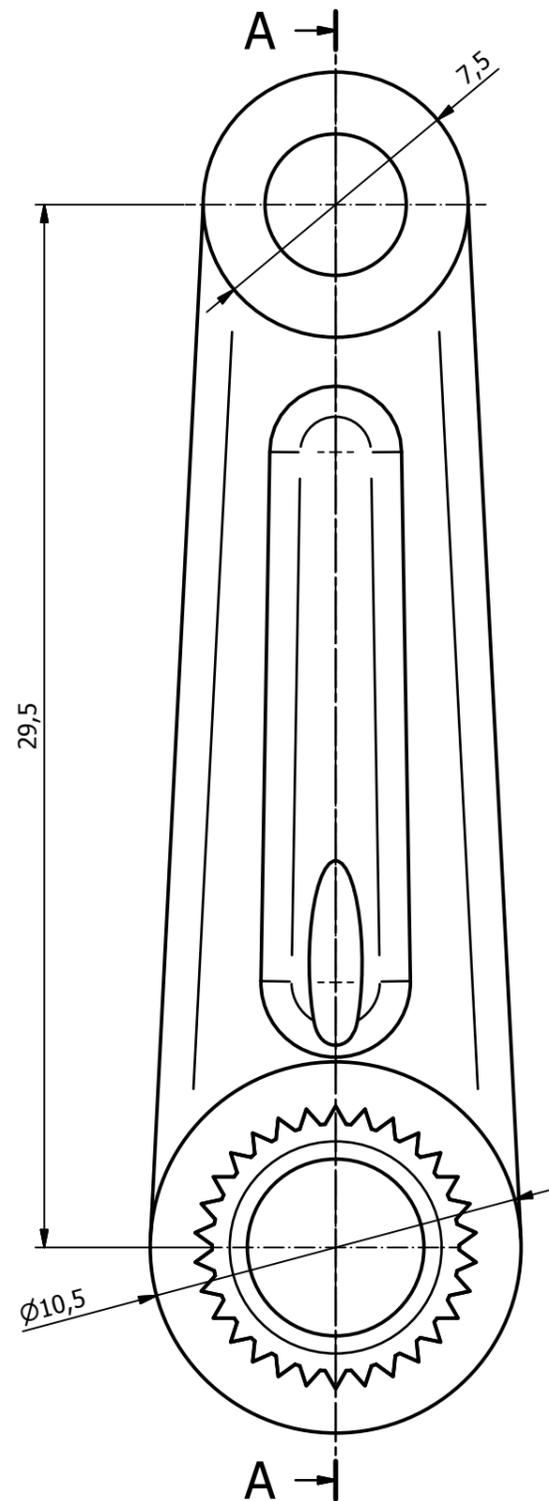
A-A (4:1)



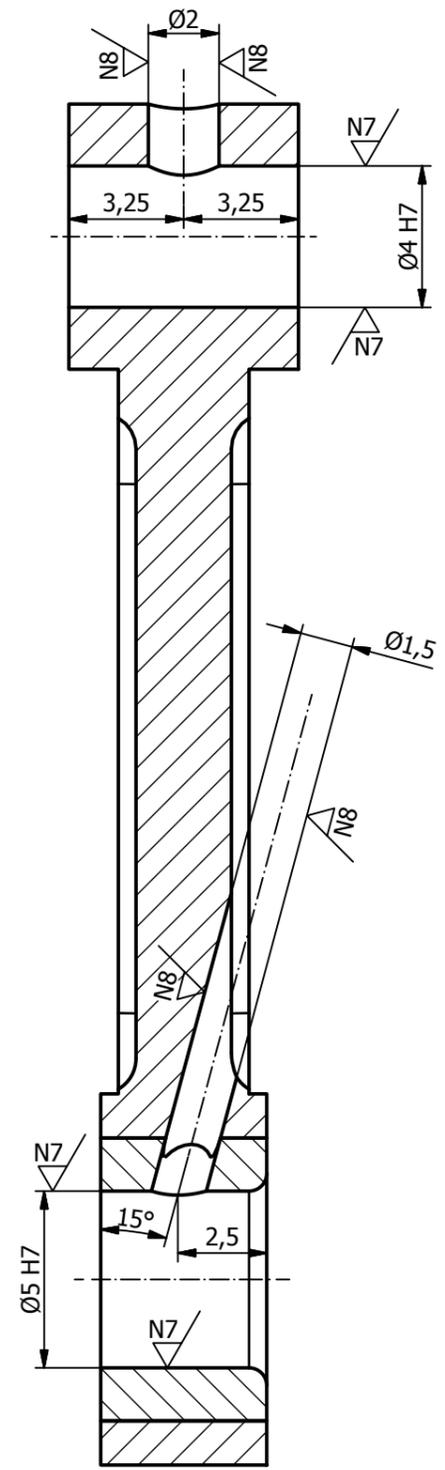
N5 / N7 / (N9)



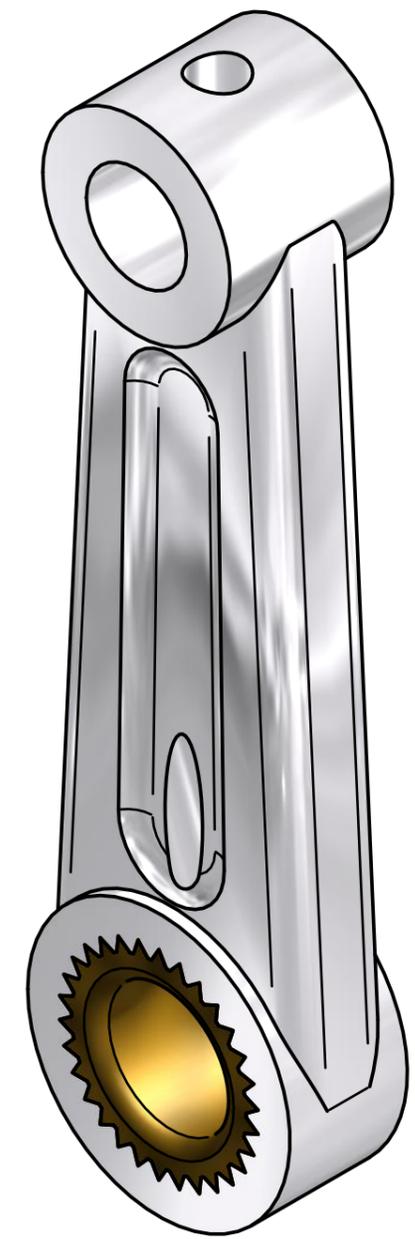
7	1	CAMISA		Aleación Cu 12Sn
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de:	Revisado por:		Escala:	Fecha:
JAVI GINER PEIDRO	SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		4/1	28/04/2012
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO CAMARA	02.00.03
			Pieza:	Plano nº:
			CAMISA	02.00.03.07



A-A (5 : 1)

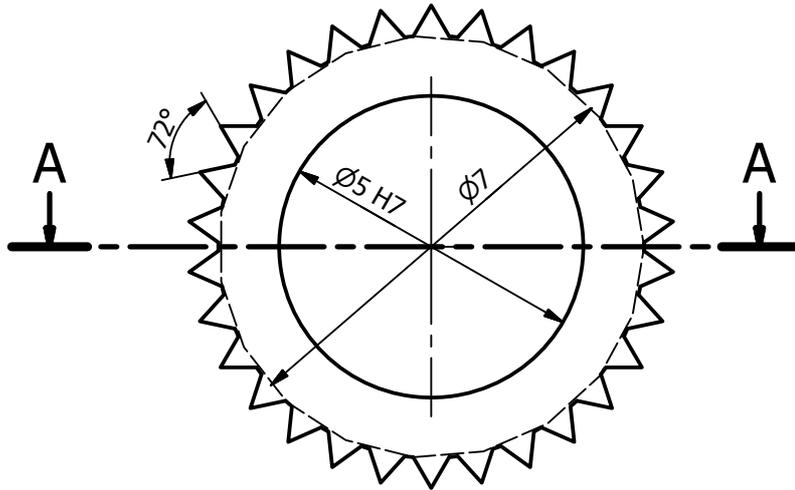


N7 / N8 / (N5)

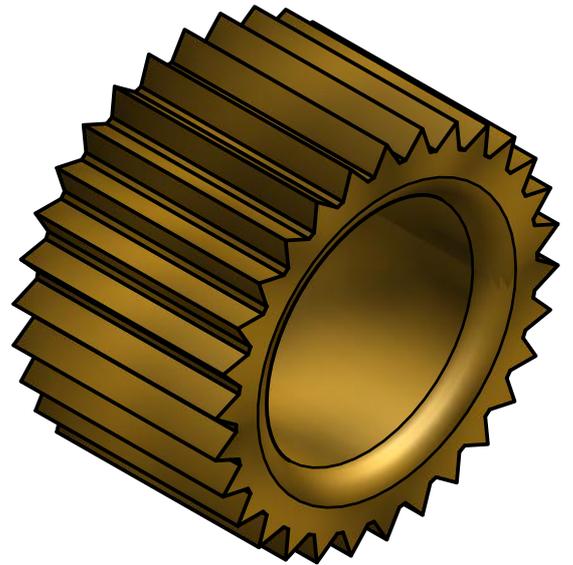
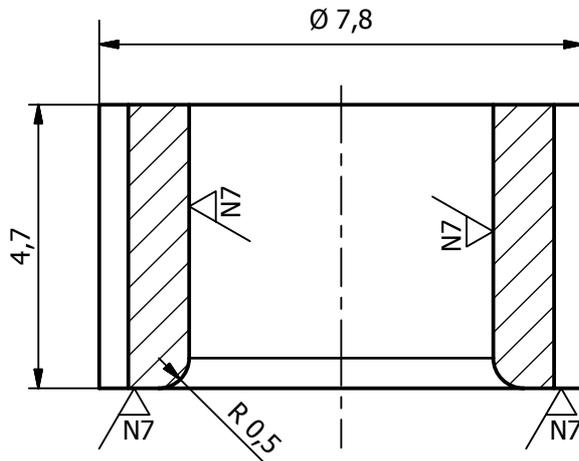


8	1	BIELA		Aleación Al 0,1Cu0,3Mg0,6Fe12Si0,5Mn012Zn2.5Ni
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO	Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO	Escala: 5/1	Fecha: 29/04/2012	
			Conjunto: SUBCONJUNTO CAMARA	Conjunto nº: 02.00.03
			Pieza: BIELA	Plano nº: 02.00.03.08

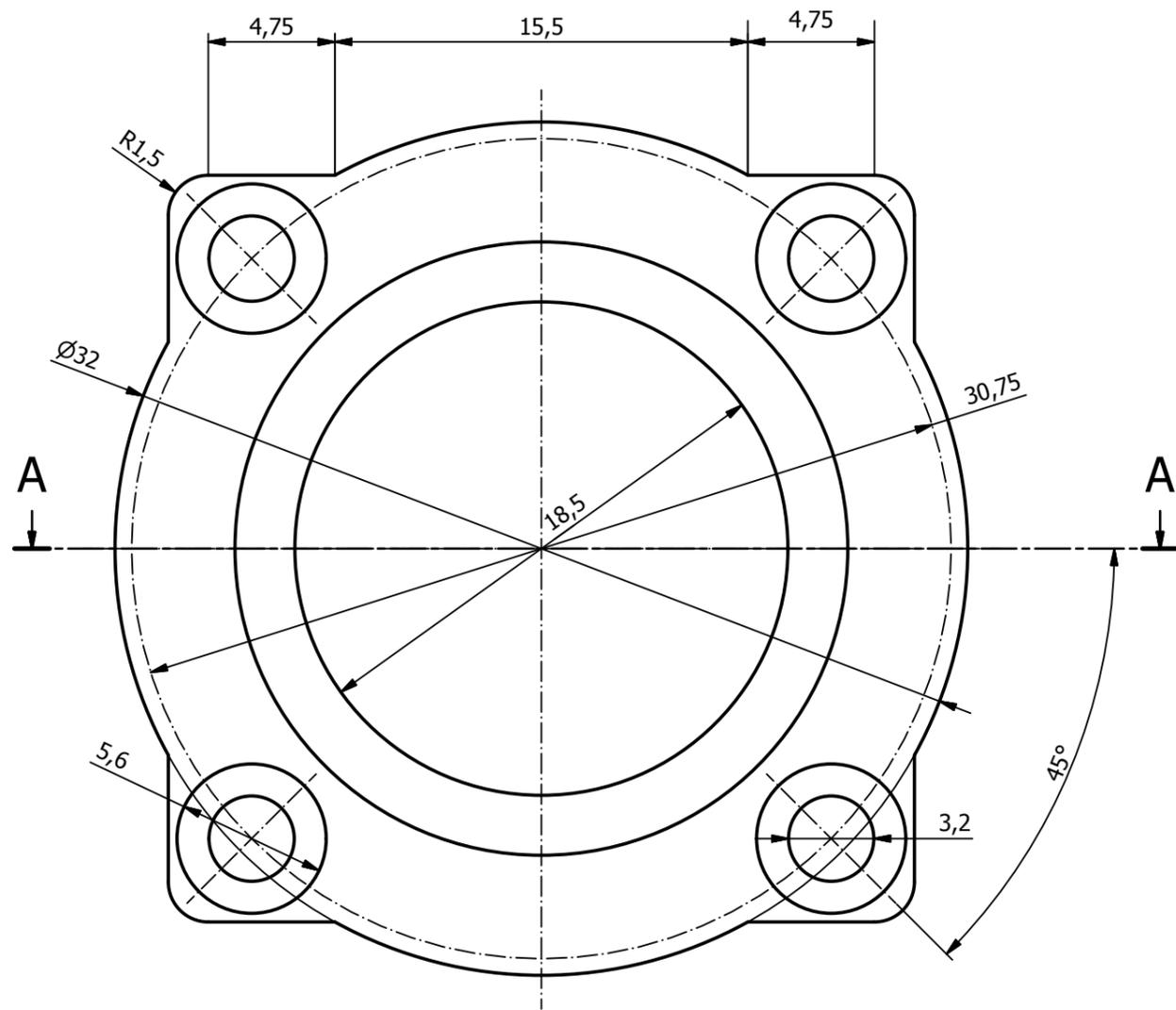
N7 / (N9)



A-A (8)

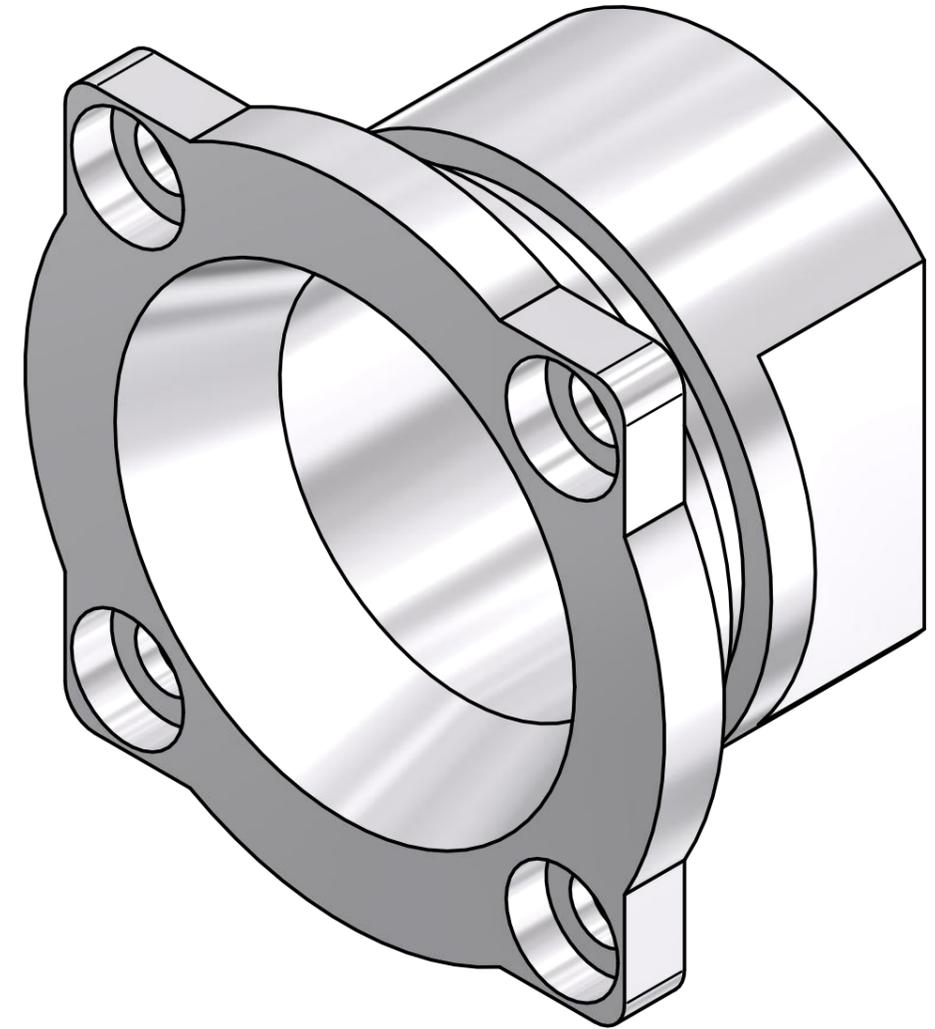
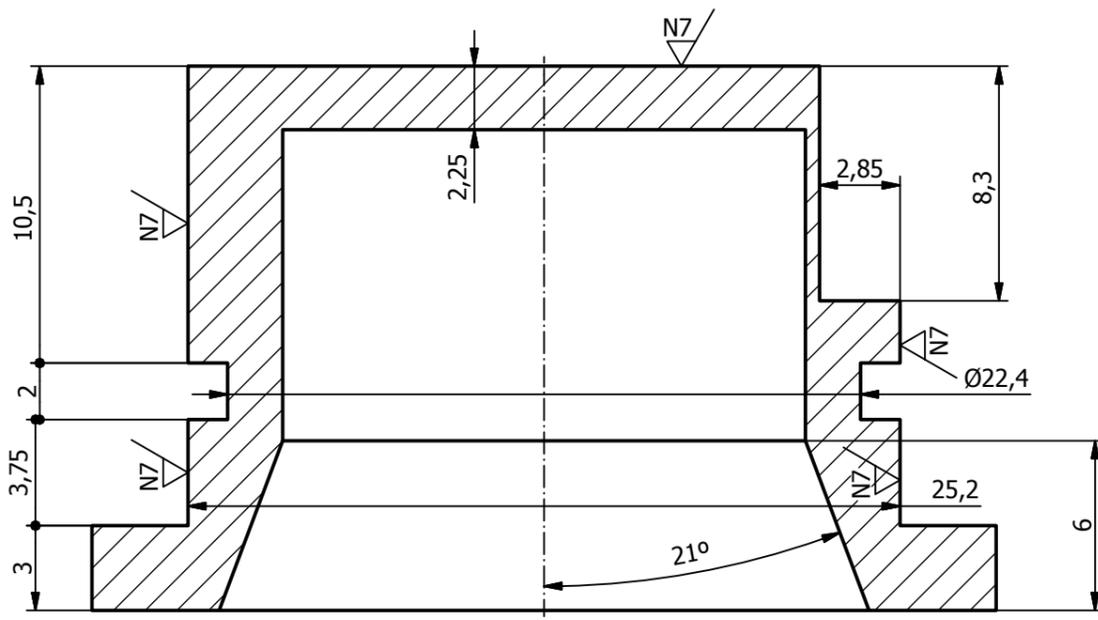


9	1	CASQUILLO LUBRICADO	EN 1982 : 1998	CuSn11Pb2-C
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO		Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 10/1
		Fecha: 05/08/2016		
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto:	Conjunto nº:
			SUBCONJUNTO CAMARA	
			Pieza:	Plano nº:
			CASQUILLO LUBRICADO	
			02.00.03.09	



N7/ (N9/)

A-A (4 : 1)



10	1	TAPA BLOQUE	EN 12020	AW 2011
MARCA	CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA	NORMA	MATERIAL
Diseño de: JAVI GINER PEIDRO	Revisado por: SAMUEL SANCHEZ CABALLERO		Escala: 4/1	Fecha: 01/05/2012
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			Conjunto: SUBCONJUNTO CAMARA	Conjunto nº: 02.00.03
			Pieza: TAPA BLOQUE	Plano nº: 02.00.03.10

8 Pliego de condiciones.

8.1 Normativa a cumplir para los elementos normalizados.

Como documentos adjuntos a este documento en formato pdf, se adjunta la normativa a cumplir para todos los elementos normalizados que forman parte del proyecto.

8.2 Condiciones para elementos estándar.

Los elementos estándar adquiridos a proveedores externos, deben cumplir las tolerancias dimensionales y geométricas que se pueden observar en las figuras que se muestran a continuación:

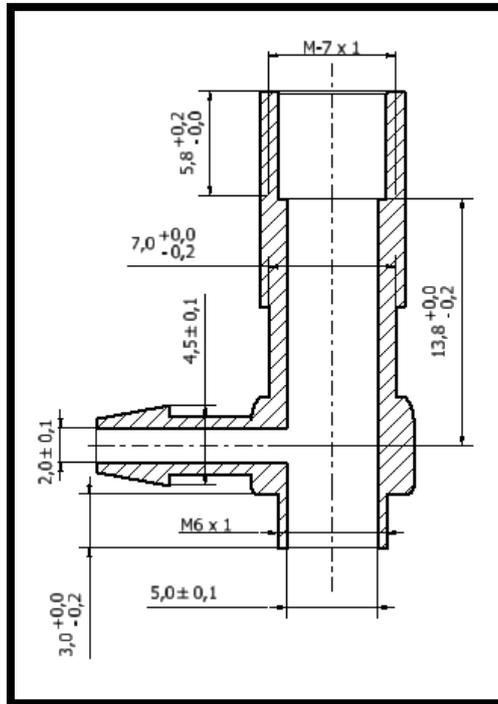


Figura 90: Tolerancias dimensionales para la marca nº 5 del subconjunto fluido (Admisión gasolina).

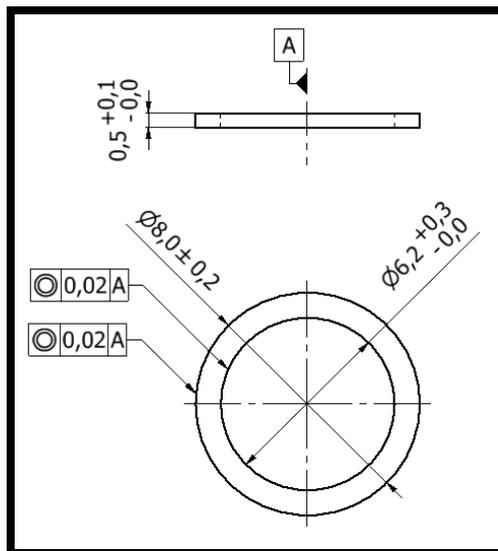


Figura 91: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca nº 6 del subconjunto fluido (Arandela admisión).

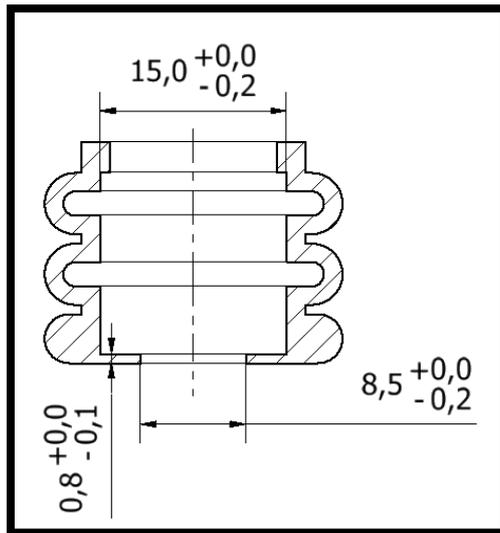


Figura 92: Tolerancias dimensionales para la marca n°9 del subconjunto fluido (Fuelle).

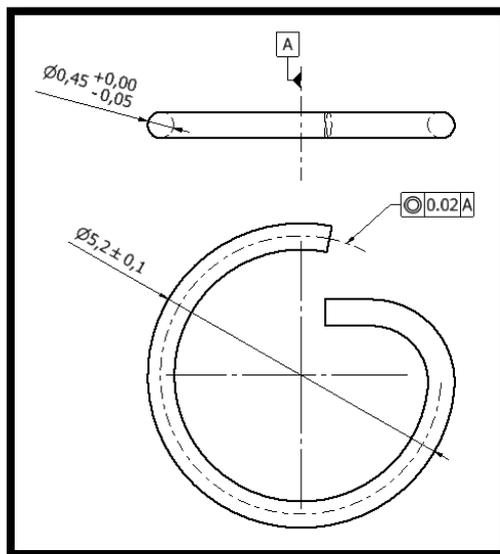


Figura 93: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca n° 16 del subconjunto cámara (Clip bulón).

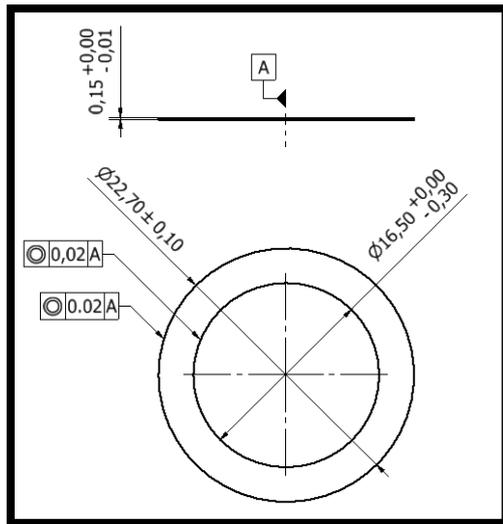


Figura 94: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca nº 17 del subconjunto cámara (Arandela de calzado).

8.3 Planificación de la fabricación, montaje y ajuste.

A continuación se adjunta la planificación de la fabricación, montaje y ajuste del prototipo inicial, obtenida con el software Microsoft Project 2010.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	6 may					mar 17 may					mié 18 may					jue 19 may					vie 20 may								
				3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15
1	✓	FABRICACION SUBCONJUNTO FLUIDO	7,78 horas																													
2	✓	BLOQUE CARBURADOR	2,63 horas																													
3	✓	ALMACEN BLOQUE CARBURADOR	3 mins																													
4	✓	MECANIZAR	150 mins																													
5	✓	MATAR ARISTAS	5 mins																													
6	✓	AGUJA RALENTI	0,98 horas																													
7	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 6	5 mins																													
8	✓	CORTAR 40 MM	7 mins																													
9	✓	MECANIZAR	40 mins																													
10	✓	MATAR ARISTAS	7 mins																													
11	✓	EJE ACELERADOR	1,25 horas																													
12	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 12	3 mins																													
13	✓	CORTAR 40 MM	7 mins																													
14	✓	MECANIZAR	60 mins																													
15	✓	MATAR ARISTAS	5 mins																													
16	✓	AGUJA ACELERADOR	0,95 horas																													
17	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 8	3 mins																													
18	✓	CORTAR 40 MM	7 mins																													
19	✓	MECANIZAR	45 mins																													
20	✓	MATAR ARISTAS	2 mins																													
21	✓	SOPORTE VARILLAJE	1,07 horas																													
22	✓	ALMACEN CALIBRADO 15X6	3 mins																													

Proyecto: NINJA B01A 2 Fecha: dom 21/08/16	Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
	División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
	Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen		Hito inactivo		Resumen manual			
	Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	6 may					mar 17 may					mié 18 may					jue 19 may					vie 20 may								
				3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15
45	✓	MECANIZAR	300 mins	MECANICO 1																												
46	✓	MATAR ARISTAS	30 mins	MECANICO 1																												
47	✓	CIGÜEÑAL	3,27 horas	MECANICO 1																												
48	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 25	5 mins	MECANICO 1;F-127 CALIBRADO DIAMETRO 25[0,08 METRO LINEAL]																												
49	✓	CORTAR 80 MM	6 mins	MECANICO 1																												
50	✓	MECANIZAR	180 mins	MECANICO 1																												
51	✓	MATAR ARISTAS	5 mins	MECANICO 1																												
52	✓	BIELA	2,12 horas	MECANICO 1																												
53	✓	ALMACEN CALIBRADO 12x8	3 mins	MECANICO 1;AU4G CALIBRADO 12 X 8[0,05 METRO LINEAL]																												
54	✓	CORTAR 45 MM	2 mins	MECANICO 1																												
55	✓	MECANIZAR	120 mins	MECANICO 1																												
56	✓	MATAR ARISTAS	2 mins	MECANICO 1																												
57	✓	CASQUILLO LUBRICADO	0,45 horas	MECANICO 1																												
58	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 8	3 mins	MECANICO 2;G-SN-BZ-12 CALIBRADO DIAMETRO 8[0,02 METRO LINEAL]																												
59	✓	CORTAR 20 MM	4 mins	MECANICO 2																												
60	✓	MECANIZAR	20 mins	MECANICO 2																												
61	✓	PISTON	1,78 horas	MECANICO 1																												
62	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 18	3 mins	MECANICO 1;AU4G CALIBRADO DIAMETRO 18[0,03 METRO LINEAL]																												
63	✓	CORTAR 25 MM	4 mins	MECANICO 1																												
64	✓	MECANIZAR	100 mins	MECANICO 1																												
65	✓	CAMISA	1,38 horas	MECANICO 1																												
66	✓	ALMACEN CALIBRADO DIAMETRO 25	3 mins	MECANICO 1;F-242 DIAMETRO 25[0,08 METRO LINEAL]																												

Proyecto: NINJA B01A 2 Fecha: dom 21/08/16	Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
	División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
	Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen		Hito inactivo		Resumen manual			
	Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	6 may					mar 17 may					mié 18 may					jue 19 may					vie 20 may								
				3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15	18	21	0	3	6	9	12	15
89	✓	🚀	LUBRICAR	5 mins																												
90	✓	🚀	MONTAR JUNTA	1 min																												
91	✓	🚀	AGUJA RALENTI	0,08 horas																												
92	✓	🚀	MONTAR JUNTA Y ROSCAR	5 mins																												
93	✓	🚀	EJE ACELERADOR	0,02 horas																												
94	✓	🚀	MONTAR	1 min																												
95	✓	🚀	AGUJA ACELERADOR	0,05 horas																												
96	✓	🚀	MONTAR JUNTAS Y ROSCAR	3 mins																												
97	✓	🚀	SOPORTE VARILLAJE	0,32 horas																												
98	✓	🚀	MONTAR FUELLE, ACOPLAR Y ROSCAR TORNILLERIA	8 mins																												
99	✓	🚀	AGUJA ADMISION	0,17 horas																												
100	✓	🚀	MONTAR JUNTA, ROSCAR Y ACOPLAR EN BLOQUE CARBURADOR	10 mins																												
101	✓	🚀	MONTAJE SUBCONJUNTO CAMARA	3,3 horas																												
102	✓	🚀	ALMACEN ELEMENTOS NORMALIZADOS	3 mins																												
103	✓	🚀	BLOQUE MOTOR	0,67 horas																												
106	✓	🚀	CIGÜEÑAL	0,08 horas																												
108	✓	🚀	CASQUILLO LUBRICADO	0,75 horas																												
110	✓	🚀	PISTON	0,17 horas																												
112	✓	🚀	BULON	0,58 horas																												
115	✓	🚀	CAMISA	0,25 horas																												
116	✓	🚀	MONTAR	15 mins																												
117	✓	🚀	TAPA BLOQUE	0,42 horas																												

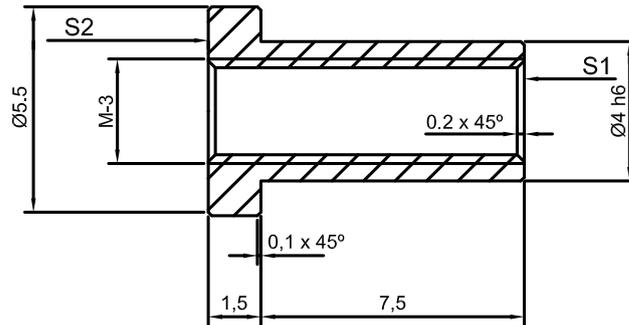
Proyecto: NINJA B01A 2 Fecha: dom 21/08/16	Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
	División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
	Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen		Hito inactivo		Resumen manual			
	Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo			

8.4 Hojas de proceso y verificación.

A continuación, se adjuntan las hojas de proceso y verificación para el mecanizado de algunos componentes que forman parte del proyecto. La nomenclatura que se ha utilizado es la siguiente:

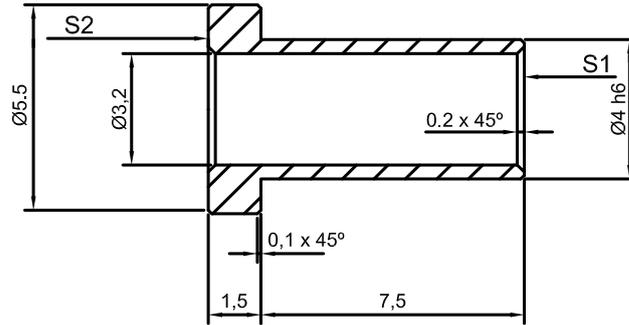
- **TOR:** Torno.
- **S.M:** Sierra Mecánica.
- **H.R:** Herramienta de Refrentar.
- **H.C:** Herramienta de Cilindrar.
- **H.Ch:** Herramienta de Chaflán.
- **H.T:** Herramienta de Tronzar.
- **Bro. P:** Broca de Puntear.
- **Bro. :** Broca.
- **Fr2:** Fresa de 2 Labios.
- **P.R:** Pie de Rey.
- **MIC:** Micrómetro.

E.P.S.A					NINJA XGP					
					Nombre de la Pieza: Casquillo Roscado					
					Plano n°: 02.00.02.03					
Escala:	Material:	Dimensiones en bruto	Medidas sin tolerancias DIN 7168	Medida	medidas nominales					
5/1	C45E	Ø6 x 30 mm			1 a 6	6 a 30	30 a 100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 2000
				Precisión	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,5	+/- 0,8	+/- 1,2



FASE	Sub fase	Op.	Designación	Maq.	Ut.	Cont.	n°	VC	n	a	a.r	P	fmp
							pasados	m/min	R.P.M	m.m/min	m.m/re	m.m	hrs.
10	1	1	CORTAR Ø6 x 30 mm	S.M		P.R							
20	1	1	REFRENTAR S1 EN D Y A	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	3978 5968		0.4 0.08	0.5 0.1	
	1	2	CILINDRAR EN D Y A Ø5.5 L= 13 mm	TOR	H.C	P.R MIC	1 2	100 150	3978 7957		0.4 0.08	1.75 0.25	
	1	3	CILINDRAR EN D Y A Ø4 h6 L= 7.5 mm	TOR	H.C	P.R MIC	1 2	100 150	5300 11936		0.4 0.08	3.75 0.25	
	1	4	PUNTEAR EN S1	TOR	Bro. P	P.R		12	1500				
	1	5	TALADRAR EN S1 DE Ø2.5 L= 13	TOR	Bro.	P.R		12	1500				
	1	6	CHAFLANES EN S1 DE 0.1 x 45° Y 0,2 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					
	1	7	ROSCAR M-3 x 0.5 L= 10 mm	TOR	M.R	P.R		6					
	1	8	CORTAR L= 10 mm	TOR	H.T	P.R	1	100	5300		0.4	3.5	
	2	1	REFRENTAR S2 EN D Y A L= 9 mm	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	5300 7900		0.4 0.08	0.9 0.1	
	2	2	CHAFLANES EN S2 DE 0.1 x 45° Y 0.2 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					
Observaciones:											tiempo total		

E.P.S.A					NINJA XGP					
					Nombre de la Pieza: Casquillo Pasante					
					Plano n°: 02.00.02.02					
Escala:	Material:	Dimensiones en bruto	Medidas sin tolerancias DIN 7168	Medida	medidas nominales					
5/1	C45E	Ø6 x 30 mm			1 a 6	6 a 30	30 a 100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 2000
				Precisión	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,5	+/- 0,8	+/- 1,2

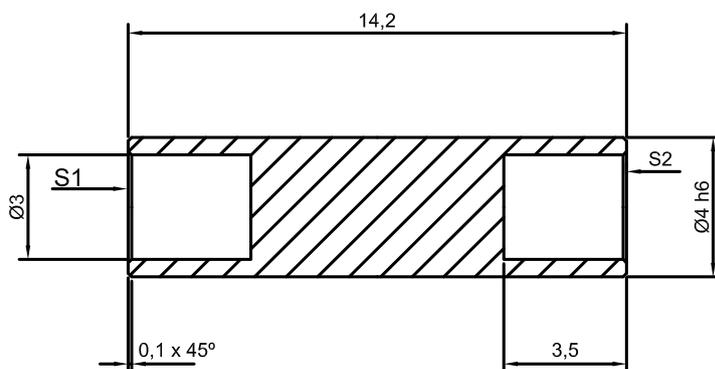


FASE	Sub fase	Op.	Designación	Maq.	Ut.	Cont	n°	VC	n	a	a.r	P	fmp
							pasados	m/min	R.P.M	m.m/min	m.m/re	m.m	hrs.
10	1	1	CORTAR Ø6 x 30 mm	S.M		P.R							
20	1	1	REFRENTAR S1 EN D Y A	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	3978 5968		0.4 0.08	0.5 0.1	
	1	2	CILINDRAR EN D Y A Ø5.5 L= 13 mm	TOR	H.C	P.R MIC	1 2	100 150	3978 7957		0.4 0.08	1.75 0.25	
	1	3	CILINDRAR EN D Y A Ø4 h6 L= 7.5 mm	TOR	H.C	P.R MIC	1 2	100 150	5300 11936		0.4 0.08	3.75 0.25	
	1	4	PUNTEAR EN S1	TOR	Bro. P	P.R		12	1500				
	1	5	TALADRAR EN S1 DE Ø3.2 L= 13	TOR	Bro.	P.R		12	1193				
	1	6	CHAFLANES EN S1 DE 0.1 x 45° Y 0,2 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					
	1	7	CORTAR L= 10 mm	TOR	H.T	P.R	1	100	5300		0.4	3.5	
	2	1	REFRENTAR S2 EN D Y A L= 9 mm	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	5300 7900		0.4 0.08	0.9 0.1	
	2	2	CHAFLANES EN S2 DE 0.1 x 45° Y 0.2 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					

Observaciones:

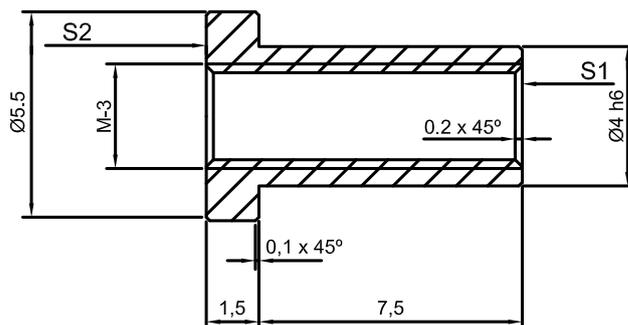
tiempo total

					NINJA XGP					
					Nombre de la Pieza: Bulón					
					Plano nº: 02.00.03.06					
Escala :	Material:	Dimensiones en bruto	Medidas sin tolerancias DIN 7168	Medida	medidas nominales					
5/1	41Cr4	Ø5 x 30 mm			1 a 6	6 a 30	30 a 100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 2000
				Precisión	+/- 0,1	+/-0,2	+/-0,3	+/-0,5	+/-0,8	+/-1,2



FASE	Sub fase	Op.	Designación	Maq.	Ut.	Cont	n°	VC	n	a	a.r	P	fmp
							pasados	m/min	R.P.M	m.a/min	m.a/re	m.m	hrs.
10	1	1	CORTAR Ø5 x 30 mm	S.M		P.R							
20	1	1	REFRENTAR S1 EN D Y A	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	6366 9549		0.4 0.08	0.5 0.1	
	1	2	CILINDRAR EN D Y A Ø4 h6 L= 18.2 mm	TOR	H.C	P.R MIC	1 2	100 150	6366 11936		0.4 0.08	1.75 0.25	
	1	3	TALADRAR EN S1 DE Ø3 L= 3.5	TOR	Fr2	P.R		12	1091				
	1	4	CHAFLANES EN S1 DE 0.1 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					
	1	5	CORTAR L= 15.2 mm	TOR	H.T	P.R	1	100	7957		0.4	3.5	
	2	1	REFRENTAR S2 EN D Y A L= 9 mm	TOR	H.R	P.R	1 1	100 150	7957 11936		0.4 0.08	0.9 0.1	
	2	2	TALADRAR EN S1 DE Ø3 L= 3.5	TOR	Fr2	P.R		12	1091				
	2	3	CHAFLANES EN S2 DE 0.1 x 45°	TOR	H.Ch	P.R		100					
Observaciones:											tiempo total		

E.P.S.A					NINJA XGP					
					Nombre de la Pieza: Casquillo Roscado					
					Plano n°: 02.00.02.03					
Escala :	Material:	Dimensiones en bruto	Medidas sin tolerancias DIN 7168	Medida	medidas nominales					
5/1	C45E	Ø6 x 30 mm			1 a 6	6 a 30	30 a 100	100 a 300	300 a 1000	1000 a 2000
				Precisión	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,5	+/- 0,8	+/- 1,2



PROCESO DE CONTROL

FASE	Sub fase	Op.	Designación	AUTOCONTROL		PERIODICIDAD
				MATERIAL	MOMENTO DEL CONTROL	
10	1	1	CORTAR Ø6 x 30 mm	-	-	-
20	1	1	REFRENTAR S1 EN D Y A	-	-	-
	1	2	CILINDRAR EN D Y A Ø5.5 L= 13 mm			
	1	3	CILINDRAR EN D Y A Ø4 h6 L= 7.5 mm	CALIBRE PASA, NO PASA HERRADURA	MIENTRAS SE MECANIZA LA SIGUIENTE PIEZA	CADA 5 PIEZAS
	1	4	PUNTEAR EN S1	-	-	-
	1	5	TALADRAR EN S1 DE Ø2.5 L= 13	-	-	-
	1	6	CHAFLANES EN S1 DE 0.1 x 45° Y 0,2 x 45°	-	-	-
	1	7	ROSCAR M-3 x 0.5 L= 10 mm	CALIBRE PASA, NO PASA M-3	MIENTRAS SE MECANIZA LA SIGUIENTE PIEZA	CADA 10 PIEZAS
	1	8	CORTAR L= 10 mm	-	-	-
	2	1	REFRENTAR S2 EN D Y A L= 9 mm	-	-	-
	2	2	CHAFLANES EN S2 DE 0.1 x 45° Y 0.2 x 45°	-	-	-

Observaciones:

9

Bibliografía, webs y software utilizado.

9.1 Bibliografía utilizada.

Motores de combustión interna alternativos.....	editorial UPV
Procesos y tecnologías de máquinas y motores térmicos.....	editorial UPV
Máquinas y mecanismos. Cinemática de mecanismos planos.....	editorial UPV
Cuestiones y problemas resueltos de MCIA.....	editorial UPV
Problemas de ingeniería térmica.....	editorial UPV
Ejercicios resueltos de máquinas térmicas.....	editorial UPV
Termodinámica técnica.....	José Segura
Autodesk Inventor 2012.....	Thom Tremblay
Prontuario máquinas. Técnica, Maquinas y Herramienta.....	N.Larburu
Ciencias de materiales.....	Jose M. Lasheras y Javier F. Carrasquillas
Materials selection in Mechanical Design.....	Michael F. Ashby
Materiales para ingeniería 1.....	Michael F. Ashby y David R. H. Jones
Materiales para ingeniería 2.....	Michael F. Ashby y David R. H. Jones
Manufactura, Ingeniería y tecnología.....	S. Kalpakjian y S. R. Schmid
Fundamentos de manufactura moderna.....	Mikell P. Groover
Introducción al programa de diseño de elementos de máquinas kissoft.....	Samuel Sanchez, Antononio Martinez y Rafael Pla
Teoría y diseño de máquina.....	Josep Edward Shigley y John Joseph Uicker
Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.....	Richard G. y J. Keith

9.2 Webs utilizadas.

<http://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/484-motores-glow-para-modelismo>

<http://www.teampicco.com/index.php/boost-21-5tr-cer-team-spec>

<http://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/272-motores-de-dos-tiempos>

<http://www.cochesrc.com/combustibles-glow-aceites-que-hay-que-a250.html>

<http://www.aeromodelnet.com.ar/motor.html>

<https://ellaboratorioloco.wordpress.com/2006/03/30/los-motores-glow-i/>

<http://www.olapymes.com/ola2826mu/Elcombustible.html>

https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_glow#Funcionamiento

<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>

<http://www.surgarden.es/blog/funcionamiento-de-un-motor-de-2-tiempos/>

<http://www.redrc.net/2013/02/iracing-high-performance-glow-plugs/>

<http://www.olapymes.com/ola2826mu/Motores.html>

<http://www.osengines.com/>

<http://aero-modelo.com/motores/motores-glow-helicopteros>

<http://www.pasionporvolar.com/wp-content/uploads/05-blog/helicopteros-rc/radio-control-1.jpg>

<http://www.osengines.com/engines-car/osmg2053/index.html>

http://www.novarossi.it/2012/index.php/en/products/rex-car_engines/off-road/paloma-21.html

<http://www.novarossi.it/2012/index.php/en/products/top-car-engines/off-road/elite-8-off-road.html>

<http://www.cochesrc.com/foros/1-8-tt-gas/1618722-articulo-enlaces-de-interes-1-8-tt-gas-todos-modelos-de-coches-opiniones-dudas-consejos-mejoras.html>

<http://www.automodelismo.com/reglame.htm>

<http://www.aecar.org/asociacion/documentos/index.php>

<http://www.aeromasos.galeon.com/castella/ajustes.htm>

<https://es.scribd.com/doc/15932129/Parametros-de-operacion-y-diseno-de-motores>

<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/42100.pdf>

<http://pasionporelmotor.blogspot.com.es/2012/02/potencia-en-motores-de-combustion.html>

http://www.sabater-fundimol.com/clientes/recursos/pdf/catalogo_sabater-fundimol_p82y83.pdf

<http://www.metal-service.net/pdf/COURE%20DE%20FUNDICIO.pdf>

http://www.omamet.cl/pdf/Aleaciones_Bronce.pdf

<http://www.aceralma.com.ar/archivos/TABLAS-Y-EQUIVALENCIAS.pdf>

<http://www.acerosgrinon.com/productos/utilidades/TABLAS-EQUIVALENCIAS-INTERNACIONALES>

<https://ingenieriademateriales.wordpress.com/2009/04/17/manual-del-aluminio-y-sus-aleaciones/>

<http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm>

<https://cadascu.wordpress.com/2011/05/25/poder-calorifico-de-las-sustancias-comunes/>

https://books.google.es/books?id=bbZh-WQPIEqC&pg=PA63&lpq=PA63&dq=poder+calorifico+aceite+de+ricino&source=bl&ots=IN-HBHhMX2&sig=ALTWi2voex12RJBm6LH_UolrEI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4tCF_a_OAhVIQBQKHdLSDfQQ6AEIMjAD#v=onepage&q=poder%20calorifico%20aceite%20de%20ricino&f=false

<http://www.redalyc.org/html/849/84911639025/>

<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/caracterizacion-del-mecanismo-de-falla-de-ciguenal>

<http://arfingenieria.com/ingenieria/calculo-diseno-simulacion-motor-compresor.html>

<http://es.slideshare.net/n.ando/21 estudio-de-fatiga-por-el-mtodo-fem>

<https://prezi.com/lvnyenyrgoru/diseno-y-modelado-de-un-conjunto-piston-biela-de-altas-prest/>

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html#seccion2>

<http://www.eumed.net/libros-gratis/ciencia/2013/14/14.pdf>

<http://www.utp.edu.co/~lvaneegas/disl/Tablas.pdf>

[http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Mec%C3%A1nica%20de%20Materiales%203%20\(MC-2143\)/Material%20Te%C3%B3rico%20\(MC-2143\)/MC-2143%20Resumen%20de%20Factores%20y%20Gr%C3%A1ficos%20Para%20el%20An%C3%A1lisis%20de%20la%20Resistencia%20a%20la%20Fatiga.pdf](http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Mec%C3%A1nica%20de%20Materiales%203%20(MC-2143)/Material%20Te%C3%B3rico%20(MC-2143)/MC-2143%20Resumen%20de%20Factores%20y%20Gr%C3%A1ficos%20Para%20el%20An%C3%A1lisis%20de%20la%20Resistencia%20a%20la%20Fatiga.pdf)

<http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?designation=607&unit=metricUnit>

<http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?designation=61802&unit=metricUnit>

9.3 Software utilizado.

El software utilizado para la elaboración y desarrollo de este proyecto se observa a continuación:

- Adobe Acrobat X Pro.
- Autocad 2009.
- Autodesk Inventor Profesional 2012.
- CES Edupack 2015.
- KISSsoft 03-2014.
- MD Solids 3.5.
- Microsoft Excel 2010.
- Microsoft Project 2010.
- Microsoft Word.
- Ti-Nspire CAS Student Software.
- Wolfram Mathematica 10.

Índice de Figuras.

Figura 1: Bujías del tipo Glow Plugs.....	20
Figura 2: Ciclo seguido por los gases del cilindro en un motor 2T del tipo Glow.....	22
Figura 3: Tren alternativo de un MCIA Glow tradicional.....	22
Figura 4: Bloque motor y tren alternativo de un MCIA Glow tradicional.....	23
Figura 5: Avión RC con este tipo de motorizaciones.....	24
Figura 6: Barco RC con este tipo de motorizaciones.....	24
Figura 7: Helicóptero RC con este tipo de motorizaciones.....	25
Figura 8: Coche escala 1/8 TT equipado con este tipo de motorizaciones.....	25
Figura 9: Camisa y pistón del tipo ABC.....	26
Figura 10: Camisa, pistón y segmento de MCIA con anillo.....	27
Figura 11: “21 XZ-B VII” de O.S Engine y sus características.....	28
Figura 12: “Elite 8” de TOP ENGINES y sus características.....	29
Figura 13: “Paloma 21” de REX ENGINES y sus características.....	29
Figura 14: “Cobra Off X1” de AXE ROSSI y sus características.....	30
Figura 15: “21.5TR Cer Team Spec” de PICCO y sus características.....	30
Figura 16: “Hyper 21 Racing Pro” de HOBBO y sus características.....	31
Figura 17: Dimensiones máximas para los vehículos escala 1/8 TT con MCIA.....	33
Figura 18: Elementos mecánicos de regulación de la carburación.....	37
Figura 19: Diagrama de flujo para una buena carburación.....	39
Figura 20: Vista en Alzado del Conjunto Ninja XGP.....	42
Figura 21: Vista en alzado seccionado del Subconjunto fluido.....	43
Figura 22: Vista en planta y detalle A del subconjunto fluido.....	43
Figura 23: Aguja acelerador.....	44
Figura 24: Soporte varillaje.....	44
Figura 25: ISO 3601-1 – A 0020 G.....	45
Figura 26: Aguja admisión.....	45
Figura 27: Admisión gasolina.....	45
Figura 28: Arandela admisión.....	46
Figura 29: Bloque carburador.....	46

Figura 30: ISO 3601-1 - A 0090 G.....	47
Figura 31: Fuelle.....	47
Figura 32: Eje acelerador.....	47
Figura 33: ISO 4027 – M 2,5 x 5 mm.....	48
Figura 34: Aguja ralentí.....	48
Figura 35: Vista en alzado seccionado del Subconjunto amarre.....	49
Figura 36: ISO 7045 – M3 x 20 mm.....	49
Figura 37: Casquillo pasante.....	50
Figura 38: Casquillo roscado.....	50
Figura 39: Vista en alzado seccionado del subconjunto cámara.....	51
Figura 40: Vista en planta del Subconjunto cámara.....	51
Figura 41: Detalle A y B del Subconjunto cámara.....	52
Figura 42: Cigüeñal.....	52
Figura 43: Bloque motor.....	53
Figura 44: Culatín.....	53
Figura 45: Culata.....	53
Figura 46: Pistón.....	54
Figura 47: Bulón.....	54
Figura 48: Camisa.....	55
Figura 49: Biela.....	55
Figura 50: Casquillo lubricado.....	55
Figura 51: Tapa boque.....	56
Figura 52: ISO 4762 – M3 x 8 mm.....	56
Figura 53: ISO 3601-1 – A 0224 G.....	56
Figura 54: SKF 61802 C2H – 15x24x5 mm.....	57
Figura 55: SKF 607 C2H – 19x7x6 mm.....	57
Figura 56: ISO 4762 – M3 x 10 mm.....	58
Figura 57: Clip bulón.....	58
Figura 58: Arandela de calzado.....	58
Figura 59: Diagrama p-V ideal para un motor 2T.....	59

Figura 60: Diseño con software CAD de la cámara de combustión.....	67
Figura 61: Diseño con software CAD del volumen desplazado por el cilindro.....	67
Figura 62: Diagrama p-V teórico.....	69
Figura 63: Diagrama p-V en base a los valores obtenidos.....	76
Figura 64: Mapa de materiales.....	82
Figura 65: Posición A.....	93
Figura 66: Posición B.....	93
Figura 67: Posición C.....	93
Figura 68: Tensión equivalente Von Mises.....	95
Figura 69: Coeficiente a fluencia.....	95
Figura 70: Tensión equivalente Von Mises en punto crítico del pistón.....	97
Figura 71: Tensión de equivalente de Von Mises en punto crítico del bulón.....	97
Figura 72: Tensión equivalente de Von Mises en punto crítico del cigüeñal.....	98
Figura 73: Desplazamiento equivalente en punto crítico del cigüeñal.....	98
Figura 74: Tensión equivalente de Von Mises en punto crítico del cigüeñal.....	99
Figura 75: Desplazamiento equivalente en punto crítico de la biela.....	99
Figura 76, 77 y 78: Intercambio de posición de los planos XY y XZ del cigüeñal.....	101
Figura 79: Distribución de apoyos y cargas en el cigüeñal.....	104
Figura 80: Puntos considerados críticos.....	104
Figura 81: Momento flector y cortante en el plano XY.....	105
Figura 82: Momento flector y cortante en el plano XZ.....	106
Figura 83: Concentradores en flexión y torsión de puntos críticos A, B y D.....	107
Figura 84: Concentrador de tensión en torsión de punto crítico C.....	107
Figura 85: Concentrador de tensión en flexión de punto crítico C.....	108
Figura 86: Concentrador de tensión en flexión y torsión de punto crítico A1 y A2.....	108
Figura 87: Tabla de apoyo para elección de la disposición de los rodamientos.....	132
Figura 88: Rodamiento SKF 607.....	133
Figura 89: Rodamiento SKF 61802.....	133
Figura 90: Tolerancias dimensionales para la marca nº 5 del subconjunto fluido (Admisión gasolina).....	193

Figura 91: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca nº6 del subconjunto fluido (Arandela admisión).....	193
Figura 92: Tolerancias dimensionales para la marca nº9 del subconjunto fluido (Fuelle).....	194
Figura 93: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca nº 16 del subconjunto cámara (Clip bulón).....	194
Figura 94: Tolerancias dimensionales y geométricas para la marca nº 17 del subconjunto cámara (Arandela de calzado).....	195

Índice de Tablas.

Tabla 1: Valores pVT de las fases del ciclo de trabajo.....	75
Tabla 2: Trabajo, Presión media, Par y Potencia efectivos e indicados.....	78
Tabla 3: Materiales seleccionados para el subconjunto fluido.....	83
Tabla 4: Materiales seleccionados para el subconjunto amarre.....	84
Tabla 5: Materiales seleccionados para el subconjunto cámara.....	84
Tabla 6: Características mecánicas AW 7075.....	94
Tabla 7: Características mecánicas 41Cr4.....	94
Tabla 8: Resultados obtenidos análisis del pistón junto con el bulón.....	94
Tabla 9: Características mecánicas aleación Al fundida en molde permanente.....	96
Tabla 10: Características mecánicas CuSn11Pb2-C.....	96
Tabla 11: Características mecánicas 42CrMo4.....	96
Tabla 12: Resultados obtenidos del análisis estático en posición A.....	97
Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis estático en posición B.....	98
Tabla 14: Resultados obtenidos del análisis estático en la posición C.....	99
Tabla 15: Deflexión angular obtenida y máxima permisible.....	133
Tabla 16: Horas de funcionamiento obtenidas.....	134

