



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

CAMACHO COLOMA COSME DAVID
cosme.camacho@epn.edu.ec

CHANCUSI PILATAXI DIEGO WLADIMIR
diego.chancusi@epn.edu.ec

DIRECTOR:
Ing. Oscar Sotomayor, M.Sc.
oscar.sotomayor@epn.edu.ec

Quito, Enero 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Cosme David Camacho Coloma** y **Diego Wladimir Chancusi Pilataxi**, bajo mi supervisión.



Ing. Oscar Sotomayor, M.sc.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, **Cosme David Camacho Coloma y Diego Wladimir Chancusi Pilataxi**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cosme David Camacho Coloma

Diego Wladimir Chancusi Pilataxi

DEDICATORIA

Yo, Cosme Camacho, dedico la presente tesis va dedica a la persona más importante mi madre Inés Barbarita Coloma Gaibor, que me dio la vida, educación, un techo para vivir y siempre estuvo para guiarme por el camino del bien. Siendo una persona de admiración por todas las grandes batallas que ha tenido que sobrellevar para que salgamos adelante.

Cosme.

Yo, Diego Chancusi, en el transcurso de mi vida he ido forjando habilidades y destrezas, las cuales nunca hubiesen pasado por mi mente, descubrí la pasión detrás de cada enseñanza y aprendí de cada obstáculo. Y aunque disfruto de sacar cada proyecto solo, con el desarrollo de esta tesis me he visto envuelto en retos, que sobrepasaron mis expectativas, lo que me llevo a encontrar en el tiempo correcto la ayuda necesaria, por medio de personas extraordinarias.

Por eso mismo, dedico esta tesis a mi madre, Norma Pilataxi, por ser el ejemplo de fuerza y estabilidad que me han ido forjando, quien, junto a sus bendiciones, también me han protegido y me han llevado por un camino de rectitud. Por estos motivos te agradezco por ser mi motivación para finalizar y presentar esta tesis.

Diego.

AGRADECIMIENTO

Yo, Cosme Camacho, agradezco a Dios y a mi madre por permitirme vivir y cumplir cada una de mis metas y propósitos.

A las personas que han transcurrido en mi vida que de alguna u otra manera han intervino para ser una persona de bien, compartiendo experiencias, logros y sobre todo educación.

A la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica y cada uno de los profesionales de la educación que intervinieron en mi formación universitaria.

A mi director de tesis Ing. Oscar Sotomayor personal técnico y administrativos del Laboratorio de Fundición EPN y Metal Mecánica San Bartolo EPN, que con su apoyo y conocimientos brindados se realizó este proyecto.

A mi compañero de Diego darne la oportunidad de realizar el trabajo de titulación aportando sus conocimientos y experiencia.

Cosme.

AGRADECIMIENTO

Yo, Diego Chancusi, de primera mano quiero agradecer a Dios, por darme fuerza en los momentos de debilidad y guiarme a lo largo de esta carrera llena de muchas experiencias, siendo mi luz y camino

Le doy gracias a mis padres Nelson y Norma, por el apoyo que me dieron en todo momento, así como inculcarme buenos valores y sobre todo por brindarme la oportunidad de tener una excelente educación,

A mis hermanos Stefany y Anderson por ser un ejemplo de unidad familiar y llenar mi vida de alegrías. A mis amigos: Andrés, Jonathan, Alexander, Evelin, Edison, por ser parte significativa de mi vida y compartir vivencias que no podría olvidar, pero sobre todo haberme brindado su amistad.

Le doy gracias al Ing. Núñez, por ayudarnos con la apertura de la metalmecánica y ser un mentor, al igual que a los técnicos que trabajan allí, sobre todo al técnico Mario Farinango, quien sin su ayuda no habiéramos podido completar con éxito este proyecto.

De igual manera al Ing. Sotomayor, por ser pieza fundamental y por darnos la confianza para realizar este proyecto, al igual que abrimos las puertas del laboratorio de fundición, quien junto al técnico Fabian nos encamino por el mundo de la fundición.

A David por haber sido un buen compañero de tesis y amigo, por ser un apoyo cuando estuve indispuerto, por tenerme la paciencia necesaria y poder sacar este proyecto adelante.

Diego.

Índice

CERTIFICACIÓN	1
DECLARACIÓN	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	1
Pregunta de Investigación	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Motor de combustión interna	3
1.1.1. Breve historia	3
1.1.2. Definición de motor de combustión interna e historia del prototipo.....	3
1.1.3. Elementos constructivos.....	4
1.1.4. Conceptos de los elementos presentes en el prototipo.	5
1.1.4.1. Bloque motor.....	5
1.1.4.1.1. Tipos de refrigeración de bloque de motor.....	5
1.1.4.2. Tren alternativo	6
1.1.4.3. Culata	6
1.1.4.4. Carter.....	6
1.1.5. Sistema y tipos de encendido	7
1.1.5.1. Encendido convencional (por ruptor)	7
1.1.5.2. Encendido transistorizado (TSZ-H)	7
1.2. Procesos de manufactura.....	8
1.2.1. Manufactura aditiva.....	8
1.2.2. Fundición.....	11
1.2.3. Contracción y defectos.....	12
1.2.4. Procesos de fundición.....	14
1.2.4.1. Fundición por revestimiento.....	14
1.2.5. Fundición en arena.....	14
1.3. Aleación de aluminio para el prototipo	16
1.3.1. Aluminio A356.....	16
1.4. Procesos de maquinado por arranque de viruta	18
1.4.1. Fundamentos.....	18
1.4.2. Factores que influyen en las operaciones de maquinado.....	18
1.4.3. Maquinabilidad de los metales y no ferrosos.....	19
1.5. Motor de combustión interna de 4 tiempos vs 2 tiempos.....	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1. Diagramas de flujos	21

2.1.1.	Obtención de las hojas de procesos, mecanizado y armado del prototipo de motor de combustión interna.....	21
2.1.2.	Modelado y obtención de los elementos de aluminio Al-Si para el prototipo de motor de combustión interna a partir de las dimensiones.....	22
2.2.	Materiales y equipos	23
2.2.1.	Aluminio a356.....	23
2.2.2.	Sílice y bentonita.....	23
2.2.3.	Metales.....	24
2.2.4.	Polímero.....	25
2.3.	Equipos y herramientas.....	25
2.3.1.	Equipos de manufactura aditiva.....	25
2.3.2.	Cajas para moldeo.....	25
2.3.3.	Horno de fundición.....	25
2.3.4.	Torno paralelo.....	25
2.3.5.	Fresadora.....	26
2.3.6.	Brocas y cuchillas.....	26
2.3.7.	Fresas.....	27
2.3.8.	Limas y lijas.....	27
2.4.	Procedimiento para la obtención de un prototipo de motor de combustión interna.....	27
2.4.1.	Obtención de los modelos pre-fundición.....	27
2.4.2.	Procedimiento de fundición.....	28
2.4.2.1.	Cálculo de la mazarota.....	29
2.4.3.	Fabricación de las cajas para fundición por arena.....	31
2.4.4.	Preparación del aluminio A356.....	32
2.4.5.	Preparación de machos o corazones.....	32
2.4.6.	Fabricación del molde en cera.....	33
2.4.7.	Obtención de las piezas fundidas.....	34
2.5.	Proceso de mecanizado.....	34
2.5.1.	Cálculo de los parámetros necesarios para la obtención de las hojas de procesos. 34	
2.5.1.1.	Taladrado.....	34
2.5.1.2.	Torneado.....	36
2.5.1.3.	Fresado.....	40
2.6.	Hojas de procesos.....	43
2.7.	Refrigeración.....	45
2.8.	Ensamblaje y correcciones.....	45
2.8.1.	Montaje virtual de las partes mecánicas.....	45
2.8.1.1.	Ensamble.....	47
2.8.2.	Montaje del carburador y sistema de lubricación.....	49
2.8.2.1.	Carburador.....	49
2.8.2.2.	Sistema de lubricación.....	51
2.8.3.	Montaje del sistema de encendido.....	51
2.8.4.	Pruebas generales.....	53

2.8.5.	Cálculo de la relación de compresión del motor.	54
2.8.6.	Prueba de compresión.	55
2.8.7.	Análisis de gases.....	55
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
	Proceso de fundición:	57
	Proceso de mecanizado:	58
	Proceso de ensamble:	59
4.	CONCLUSIONES	60
5.	RECOMENDACIONES	62
	Referencias Bibliográficas	64
	Anexos.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Curvas trazadas a partir de los resultados de la prueba de banco: (1) carburador de tubo estrangulador 3/16" "ATOM Baby"; (2) Carburador de tubo estrangulador 3/16" "MARK III"; (3) Valvula mezcladora "ATOM MINOR"	4
Figura 1.2. Elementos fijos y motrices del prototipo de MCI 15 cc., Redibujados.	5
Figura 1.3. Sistema de encendido clásico con adaptacion de ruptor para el prototipo.	7
Figura 1.4. Esquema de un encendido transistorizado.	8
Figura 1.5. Ejemplos de productos por manufactura aditiva.	9
Figura 1.6. Elementos de un carburador por fabricación aditiva Polyjet.	10
Figura 1.7. Elementos de modelos pre-fundición por manufactura aditiva extrusión.	11
Figura 1.8. Esquema de una fundición y sus partes, (a) Molde abierto, (b) Molde cerrado.	12
Figura 1.9. (a) Llenado incompleto, (b) Junta fría, (c) Gránulos fríos, (d) cavidad por contracción, (e) Porosidades, (f) Desgarramientos en caliente.	13
Figura 1.10. (a) Sopladuras, (b) Puntos de alfiler o agujeros de pasador, (c) Caídas de arena, (d) Costra, (e) Penetración, (f) Desplazamiento del molde, (f) Desplazamiento del núcleo, (f) Agrietamiento del molde.	13
Figura 1.11. Etapas de la fundición por revestimiento.	14
Figura 1.12. Esquema de la secuencia de operaciones para fundición.	15
Figura 1.13. a) Agujas color gris intermetálico	16
Figura 1.14. a) Intermetálicos β b) Plaquetas β primarias y formadas durante la reacción eutéctica.	17
Figura 2.1. Esquema para la obtención del prototipo de motor de combustión interna, por mecanizado de los elementos pre-fundidos.	21
Figura 2.2. Proceso para la obtención de los elementos para el prototipo de combustión interna por fundición.	22
Figura 2.3. Materiales para la obtención del aluminio A356.	23
Figura 2.4. Torno paralelo BG y sus partes.	26
Figura 2.5. Fresadora y sus partes.	26
Figura 2.6. Brocas y cuchillas utilizadas.	27
Figura 2.7. Dimensiones del carter 1, prototipo MCI, redibujados.	28
Figura 2.8. Modelo de cárter impreso y corregido.	28
Figura 2.9. Diseño de mazarota, para simulacion del coimportamiento del flujo del colado, renderizado en SolidWork.	30
Figura 2.10. Presencia de porosidades (derecha), presencia de contracciones (izquierda).	31
Figura 2.11. Concentración de aire al momento del llenado (derecha), flujo del colado (izquierda).	31
Figura 2.12. Cajas y moldes.	32
Figura 2.13. Forma y textura de macho elaborado.	33
Figura 2.14. Molde plástico y en cera elaborados.	33
Figura 2.15. Partes del prototipo de motor de combustión interna, en aluminio A356.	34
Figura 2.16. Eje para árbol de levas. Redibujado.	38
Figura 2.17. Contrapesos pertenecientes al sistema del cigüeñal, a base de bronce. Redibujado.	42
Figura 2.18. Ranurado central presente en las contrapesas.	42
Figura 2.19. Datos presentes en el encabezado de la hoja de proceso.	43
Figura 2.20. Sección donde se ubica el plano, especificando las dimensiones, el número de vistas depende de la complejidad del elemento.	43
Figura 2.21. En esta sección se muestra los pasos, velocidades, croquis de colocación del elemento a mecanizar.	44
Figura 2.22. Tipos de bloques, a) bloque refrigerado por agua, b) bloque refrigerado por aire.	45
Figura 2.23. Prototipo de motor de combustión interna ensamblado, vista isométrica, renderizado en SolidWorks.	46

Figura 2.24. Explosionado de los componentes internos del prototipo de motor de combustión, SolidWorks.....	46
Figura 2.25. Montaje del cigüeñal en el cárter, prueba de ajustes y tolerancias.....	47
Figura 2.26. Tren de transmisión del prototipo de motor de combustión interna.....	48
Figura 2.27. Montaje del bloque del prototipo de motor de combustión interna.....	48
Figura 2.28. (a) Tren de transmisión, (b) sincronización de los tiempos, para el prototipo de motor de combustión interna.....	49
Figura 2.29. Sistema de distribución OHV, para el prototipo de motor de combustión interna.....	49
Figura 2.30. Carburador elemental, adaptado para el prototipo de motor de combustión interna.....	50
Figura 2.31. Aceitera alimentada por gravedad, para el prototipo de motor de combustión interna.....	51
Figura 2.32. Bobina de encendido modelo.....	52
Figura 2.33. Bujía en miniatura.....	52
Figura 2.34. (a) Controlador de encendido transistorizado, (b) Encendido a base de platinos.....	52
Figura 2.35. Sensor de efecto Hall, para sistema de encendido transistorizado.....	53
Figura 2.36. Esquema del sistema de encendido, para el prototipo de motor de combustión interna.....	53
Figura 2.37. Prototipo de motor de combustión interna 4T.....	53
Figura 2.38. Resultados de la compresión.....	55
Figura 2.39. Analizador de gases, modelo NGA6000.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Elementos y materiales del tren alternativo.....	6
Tabla 1.2. Ejemplos de tecnologías de fabricación aditiva y del material.....	9
Tabla 1.3. Límites de composición química de la aleación A356.....	17
Tabla 1.4. Las propiedades físicas y terminas de la aleación A356.....	17
Tabla 2.1. Dimensiones de las mazarotas para cada pieza a fundir.....	30
Por medio de la tabla 2.2. tendremos los datos necesarios para el calculo de las velocidades, para llenar las hojas de procesos, y tener una idea de las velocidades de trabajo.....	34
Tabla 2.2 Velocidades para brocas de acero de alta velocidad.....	35
Tabla 2.3 Avances del taladro.....	35
Tabla 2.4. Velocidad de corte en torno en pie y metro por minuto para herramienta de acero de alta velocidad HSS.....	36
Tabla 2.5. Avances para diversos materiales usando herramienta de acero de alta velocidad HSS.....	37
Tabla 2.6. Velocidades de corte de la máquina fresadora para HSS.....	40
Tabla 2.7. Avance por diente recomendado (HSS).....	40
Tabla 2.8. Datos de la relación de compresión del prototipo de MCI.....	54
Tabla 2.9. Datos de la prueba de compresión.....	56
Tabla 2.10. Datos del análisis de gases.....	56

RESUMEN

El presente documento contiene información práctica y teórica concerniente a la fabricación de un prototipo de motor de combustión interna de 4 tiempos, mediante los procesos de fundición y mecanizado por arranque de viruta. El diseño del prototipo fabricado fue desarrollado por el ingeniero y diseñador inglés Edgar T Westbury (1896-1970).

Algunos archivos como: planos, archivos SLDPRT Y STL, para la impresión 3D de los modelos y algunas actualizaciones desarrollados en este proyecto es accesible en el sitio web. [https://sites.google.com/view/motorprototipoepn2020,](https://sites.google.com/view/motorprototipoepn2020) para su respectiva descarga y reproducción.

En el apartado del marco teórico, se describieron los aspectos generales de un motor de combustión interna, específico al propuesto ser fabricado, así como su funcionamiento y materiales usados generalmente en su fabricación. Además, de información acerca de los parámetros que influyen en los procesos de fundición y mecanizado por arranque de viruta.

En el proceso de fundición se abarcaron temas tales como: modelaje, estudio de arenas (sílice), resinas, sistemas de alimentación y la aplicación del Aluminio A356.0 (AL-7Si-0.3Mg), obtenido en el laboratorio de fundición EPN, con la cual se obtuvieron la mayoría de piezas, para la construcción del prototipo de motor de combustión interna.

Dentro del mecanizado por arranque de viruta, se determinaron las velocidades de corte para las máquinas-herramientas: fresadora y torno. También se estudiaron otros parámetros tales como: utensilios de cortes, la correcta posición de los elementos a ser mecanizados y de esta manera sintetizar la experiencia práctica en la obtención de piezas para el prototipo de motor de combustión interna.

En los apartados de resultados y análisis se discutirán acabados superficiales, así como defectos presentes al obtener las piezas fundidas y en el caso del mecanizado por arranque de viruta, se discute los procesos adecuados para cada una de las etapas de desbaste y acabado (sujeción, afinado, tolerancias). Permitiendo que este estudio sirva en la reproducción de prototipos de motor de combustión y posiblemente la construcción de un motor con más potencia en futuros proyectos en el laboratorio de fundición de metales de EPN.

Palabras clave:

Motor de combustión, cuatro tiempos, fundición, producción, contracción, mecanizado.

ABSTRACT

This document covers practical and theoretical information concerning the construction of an internal combustion engine prototype, using casting and machining processes. The design of the prototype was developed by the English engineer and designer Edgar T Westbury (1896-1970).

Some files such as: SLDPRT and STL files, for the 3D printing of the models and some updates developed in this project are accessible on the website. <https://sites.google.com/view/motorprototipoepn2020>, their respective download and reproduction.

The theoretical framework section summarizes the general aspects of an internal combustion engine were described, specific to the one proposed to be manufactured, as well as its operation and the materials generally used in its manufacture. In addition, information about the parameters that influence the casting and machining processes by chip removal.

In the case of the casting processes, topics such as: modeling, study of sands (silica), resins, feeding systems and the application of Aluminum A356.0 (AL-7Si-0.3Mg), obtained in the EPN foundry laboratory, with which parts were obtained for the construction of the internal combustion engine prototype, will be covered.

Within the machining by chip removal, the cutting speeds for the machine tools are finished: milling machine and lathe. Other parameters were also studied such as: the selection of the cutting tools, the correct position of the elements to be machined and in this way synthesize the practical experience in obtaining parts for the internal combustion engine prototype.

In the results and analysis sections were discussed surface finishes as well as defects present when obtaining the castings and in the case of machining by chip removal, we will discuss the appropriate processes for each of the roughing and finishing stages (clamping, tuning, tolerances). Allowing this study to serve in the reproduction of combustion engine prototypes and possibly the construction of an engine with more power in future projects in the EPN metal casting laboratory.

Keywords: Combustion engine, metal casting, production of combustion engines, machining.

PROCESO DE PRODUCCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como principal objetivo construir un prototipo de motor de combustión interna de 4 tiempos mono cilíndrico, abarcando, desde la etapa de moldeo (pre-fundición), hasta el ensamblaje del motor, a partir del diseño (planos) de motor de combustión interna, del ingeniero Edgar T. Westbury.

Al constar de varias piezas y extensos métodos de manufactura para la obtención de cada elemento del motor, se decide fabricar el cuerpo del motor de manera tradicional, es decir a través del proceso de fundición. Este enfoque reducirá considerablemente el tiempo de fabricación y procesos de manufactura necesarios para completar el proyecto. Sin embargo, el enfoque introduce otras dificultades como el manejo de defectos, tolerancias y acabado superficial no adecuado. Así, en la sección de manufactura por fundición, se analizará la arena, se realizará el cálculo de mazarotas, para su respectivo dimensionamiento y se diseñará el sistema de alimentación apropiado.

Tanto para la fabricación del carburador como el sistema de lubricación se plantea el método de manufactura aditiva o impresión 3D, ya que el sistema de lubricación al trabajar sin contacto directo con el motor (conexión por tubería) no soportará altas temperaturas a comparación del bloque y cabezote del motor. Además de esta forma se reducirá el tiempo de fabricación de un elemento complejo como lo es el carburador ya que su diseño por sí mismo puede resultar tan complicado como el mismo motor. Sin embargo, todas las dificultades simplificadas en la manufactura han sido remplazadas por dificultades de diseño CAD. A la fecha, algunos programas CAD no cuentan con todas las herramientas para crear lo que el cerebro del diseñador imagina. De todas maneras, es una alternativa que en la presente tesis ha funcionado para los autores.

En la historia ecuatoriana, al hablar del aspecto de manufactura para la obtención de motores de combustión interna, hemos quedado muy rezagados al compararnos con otros países como: China, Japón o Alemania, quienes son pioneros en el arte de la fabricación de motores de combustión interna, a nivel mundial. Los autores del presente proyecto, hemos intentado encontrar otros estudios relacionados con la construcción completa de un motor en nuestro país, sin resultado alguno. Adicionalmente, este tipo de motor es un elemento primordial, generalmente en la industria, para que la mayoría de máquinas de locomoción inicie o funcione. Así, no podemos dar el salto a crear máquinas más complejas, sin entender procesos más básicos y vitales dentro de la ingeniería mecánica. Por lo que planteamos como hipótesis que el desarrollo de

máquinas sofisticadas no será completo sin haber construido previamente un motor de combustión interna. Simplemente es lógico que, al no haber construido este sencillo mecanismo, no podremos entender y aprender la fabricación de partes de mayor nivel tecnológico. A criterio de los autores, al no seguir la secuencia de pasos adecuados, la investigación tecnológica queda vacía y no logrará desarrollarse completamente. Así, proponemos que otros profesionales de nuestra Universidad y de nuestro país deben trabajar en el desarrollo de los mecanismos más primordiales, pero para nada sencillos de sus respectivas disciplinas. Por ejemplo, profesionales del área electrónica deberían entender y fabricar un transistor a la escala micrométrica, profesionales en el área de la computación deberían entender y generar programas en el lenguaje máquina, profesionales en el área de medicina o bioingeniería deberían desarrollar las vacunas más básicas que fueron desarrolladas en otros países en los años 1700. Caso contrario, nos convertimos en meros usuarios de tecnología importada de otros países que entendieron este concepto y desarrollaron su tecnología desde el nivel más básico. Nos estamos enfocando en crear productos modernos cuando no hemos dado los pasos para fabricar partes o máquinas más básicas. Es así que en este proyecto nos dedicaremos a la construcción de un prototipo de motor de combustión interna de cuatro tiempos, desde la selección de materiales, hasta el ensamblaje del mismo.

Pregunta de Investigación

¿Es factible construir un prototipo de motor de combustión interna en el Ecuador?

Objetivo general

Determinar los procesos de producción y construir un prototipo de motor de combustión interna.

Objetivos específicos

- Analizar la arena y resinas para obtener mejores acabados superficiales en la fundición;
- Diseñar los sistemas de alimentación y fabricar las piezas por el proceso de fundición;
- Determinar los procesos más adecuados para mecanizar cada elemento del motor y generar sus respectivas hojas de procesos;
- Fabricar, ensamblar y poner en funcionamiento el prototipo de motor de combustión interna.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Motor de combustión interna

1.1.1. Breve historia

No es fácil determinar quién es la primera persona que fabricó un motor de combustión interna. Algunos historiadores sostienen que el primer motor de combustión interna, como lo conocemos hoy en día, “nació” en Francia en 1863, su creador fue el francés Etienne Lenoir. Posteriormente apareció Nikolaus Otto quien lo fue mejorando, en 1876, desarrollando el motor con ciclo de cuatro tiempos. Dicho motor con el paso de los tiempos ha ido evolucionando, construyéndose variaciones como son los motores a Diesel en 1892, por Rudolf Diesel, el cual permitía trabajar con combustibles pesados, desechando el sistema de encendido. Otro hito fue el desarrollo de motores de dos tiempos, creados por Dugald Clerk en 1878 y el primer motor con pistón rotativo en 1957 por Felix Wankel. [1]

La aparición de la tecnología de combustión interna supuso una enorme revolución para la industria, quien junto con la evolución del comercio ha ido mejorando la transportación por vía terrestre, marítima y aire, dando un impulso a la motorización en varios vehículos de transporte. Así, el uso de motores se generalizó a nivel mundial, a través de la industria y gracias a que el motor de combustión puede adaptarse a varias condiciones de servicio. En contraste, tecnologías como las máquinas de vapor muy generalizadas en aquella época, eran muy pesadas y los coches de caballo que eran lentos. [30]

1.1.2. Definición de motor de combustión interna e historia del prototipo.

Los motores de combustión interna o llamados endotérmicos alternativos, son capaces de convertir la energía química en energía mecánica, directamente utilizable.

Estos motores en los años 90's, al inicio fueron fabricados como prototipos (maquetas) hasta llegar a su “tamaño natural” (motores actuales). Sin embargo, estos prototipos han demostrado su utilidad gracias a su fuerza motriz, siendo aplicados en 3 propósitos principales: modelos de barcos a motor, aviones y coches de carreras. [31]

Aunque la utilidad de los prototipos de motores de combustión interna, se centró en el modelaje, gracias al desarrollo se ha demostrado la adaptación y fiabilidad para utilidades prácticas reales como: la generación de energía eléctrica de forma estacionaria y el bombeo de agua para fines domésticos. [31]

Nos concentraremos en el prototipo de motor mono cilíndrico, debido a que es la forma más simple tanto en su diseño como su construcción, en su auge este tipo era muy

popular ya que garantizaba un funcionamiento exitoso, además que si se quiere adentrar al mundo de la fabricación de motores se aconseja comenzar por este tipo de motores. [31]

Los prototipos mono cilíndricos, presentaban una eficiencia mecánica más alta que un motor que tiene una potencia, total, es así, que en el año 1935 Edgar Westbury, presenta en el "PETROL ENGINE TOPICS", para motores cilíndricos de 15 CC. Las curvas de potencias, figura 1.1, variando el carburador, para el Kiwi Mark II engine. [32]

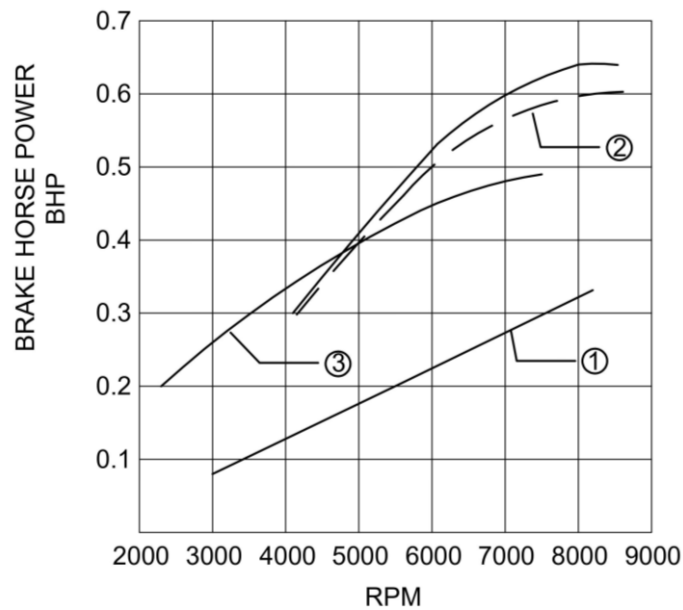


Figura 1.1. Curvas trazadas a partir de los resultados de la prueba de banco: (1) carburador de tubo estrangulador 3/16" "ATOM Baby"; (2) Carburador de tubo estrangulador 3/16" "MARK III"; (3) Valvula mezcladora "ATOM MINOR". [32]

1.1.3. Elementos constructivos.

En la actualidad los motores continúan usando los mismos elementos constructivos, desde que se registró el primer ensamblaje, aunque ha existido variaciones en la tecnología de fabricación y modificación de materiales, los motores continúan presentando la siguiente clasificación de elementos constructivos (ver figura 1.2):

- Elementos estructurales o fijos: culata, tapa de balancines, bloque motor, cárter.
- Elementos motrices: casquillos de bancada, segmentos, bulones, pistones, bielas, cigüeñal, casquillos de biela.
- Mecanismos o circuitos auxiliares: circuito de engrase, distribución, circuito de refrigeración. [30]

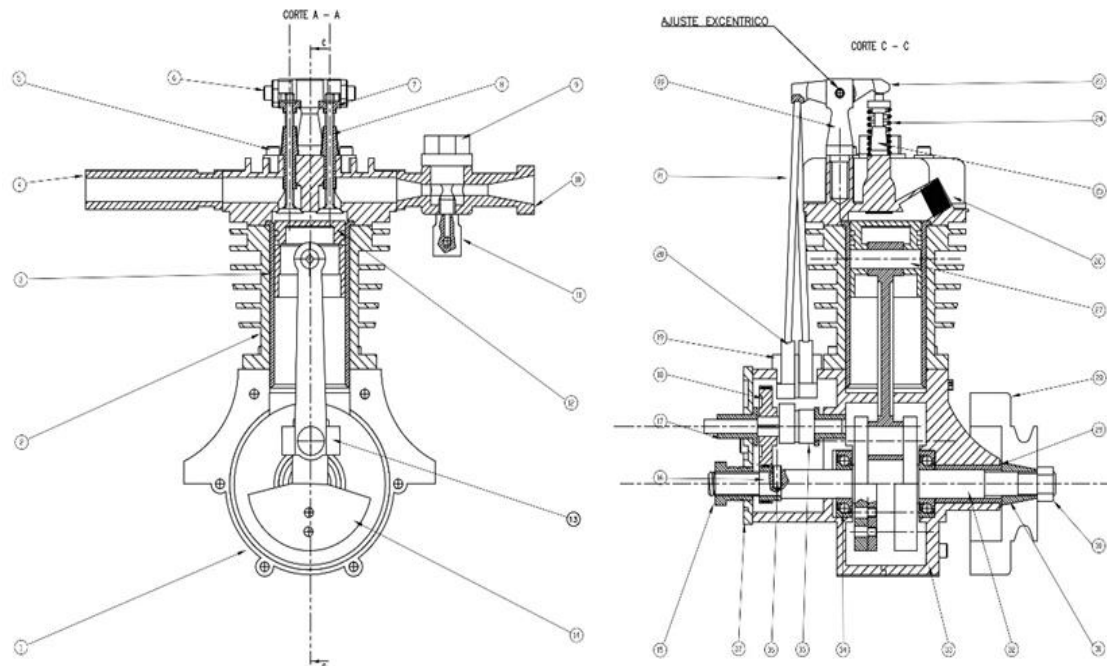


Figura 1.2. Elementos fijos y motrices del prototipo de MCI 15 cc., Redibujados. [33]

1.1.4. Conceptos de los elementos presentes en el prototipo.

1.1.4.1. Bloque motor.

Sirve para fijar los diferentes mecanismos o circuitos auxiliares como la refrigeración, la distribución, el engrase, además, permite circular los distintos fluidos de los circuitos. Estos pueden ser de dos tipos:

- Bloque refrigerado por aire.
- Bloque refrigerado por agua.

Materiales. - la fabricación de bloques son fundición de hierro o fundición gris y en aleación de aluminio, esta última es más ligero y tiene mayor disipación térmica, pero es menos resistente. [30]

1.1.4.1.1. Tipos de refrigeración de bloque de motor

Bloque refrigerado por aire. – utiliza el aire del exterior, este circula aire por la culata y paredes del cilindro, gracias a las aletas se logra disipar el calor generado. Este sistema no cuenta con radiador o bomba de circulación y su mantenimiento es más simple. Presenta gran ventaja al ocupar menos y ser sencilla, es más económico de la que funciona con agua. Los problemas que presenta es una refrigeración inestable, presenta menos eficiencia. En climas cálidos puede existir un sobrecalentamiento.

Bloque refrigerado por agua. – utiliza agua y aditivos que circulan por conductos que están alrededor de las paredes del cilindro, el calor generado es captado por el líquido

refrigerante y lo lleva al radiador, el cual es encargado de enfriarle y devolverlo para repetir el ciclo. Las desventajas presentes en el sistema son las siguientes, es más caro, el peso es mayor que el sistema refrigerado por aire, requiere mantenimiento, siempre debe contar con líquido refrigerante. Entre las principales ventajas que presentan es que son eficaces, regulan de mejor manera la temperatura, el sistema es más silencioso y puede funcionar de forma más eficiente en climas cálidos. [30]

1.1.4.2. Tren alternativo

Es el conjunto de los elementos móviles del motor, los cuales permiten obtener la energía mecánica de la energía química. Además, permiten transformar un movimiento lineal en un movimiento rotatorio [34]. Los elementos y materiales de fabricación del tren alternativo están detallados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Elementos y materiales del tren alternativo.

Elemento del tren alternativo	Material de fabricación
Pistón	Aluminio-silicio
Segmentos	Fundición de hierro aleado
Bulón	Acero aleado (nitruración o cementación)
Biela	Fundición de hierro - forjado de hierro al carbono aleado
Cigüeñal	Fundición de hierro aleado o forjado de acero aleado
Volante motor	Acero

1.1.4.3. Culata

Es la pieza o tapa que cierra la parte superior del bloque, se acopla al bloque sellándolo al contar con superficies extremadamente planas, en este se produce la combustión y se acoplan los conductos de admisión y escape. También es donde se asientan las válvulas y bujías. [30]

Materiales: son fabricados en fundición de hierro y aleaciones de aluminio, siendo este último mejor disipador térmico.

1.1.4.4. Carter

Es la pieza o tapa que cierra la parte inferior del bloque, aquí se deposita el aceite donde es refrigerado. Este elemento puede ser fabricado de distintos materiales como chapa estampada o aleación de aluminio, este último permite beneficios como poco peso y mejor refrigeración. [30]

1.1.5. Sistema y tipos de encendido

El encendido en motores Otto, se da por el salto de una chispa eléctrica en la cámara de combustión, generada por una descarga a través de los electrodos de la bujía, manteniendo de esta manera los ciclos pertinentes al motor (admisión, compresión, combustión y escape).

Esta descarga se obtiene, dependiendo de la velocidad de giro (tiempo de combustión de la mezcla) y carga (empobrecimiento de la mezcla aire-combustible en el interior del cilindro).

1.1.5.1. Encendido convencional (por ruptor)

Para este tipo de encendido la tensión de la bujía oscila entre los 8000 y 150000 voltios.

De acuerdo con Bosch [3], el nombre asignado a este sistema es SZ (encendido por bobina), donde el inicio y determinación del ángulo de encendido se da de forma mecánica, al igual que la distribución y transmisión de la chispa hacia el cilindro y su generación de alta tensión es de forma inductiva.

Este sistema se compone de: batería, interruptor, bobina, ruptor, condensador, distribuidor, cables de encendido y bujías de encendido. Figura 1.3.



Figura 1.3. Sistema de encendido clásico con adaptación de ruptor para el prototipo. [Fuente propia]

1.1.5.2. Encendido transistorizado (TSZ-H)

Este tipo de sistema transistorizado basa su funcionamiento a partir del efecto hall quien junto al ángulo DWELL, provocan la conexión y desconexión de la corriente primaria en el dispositivo de conmutación.

Sus principales componentes están en la figura 1.4.

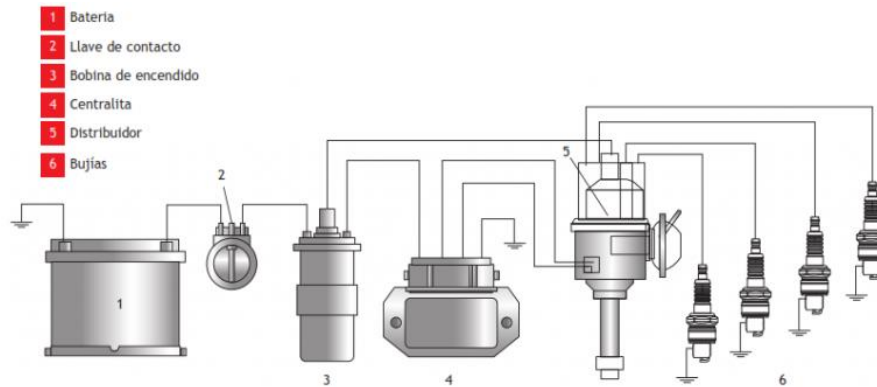


Figura 1.4. Esquema de un encendido transistorizado. [6]

1.2. Procesos de manufactura

“El nivel de manufactura de una nación se relaciona directamente con su salud económica; por lo general, cuanto mayor es la actividad manufacturera de un país, mayor será el estándar de vida de su gente”. [2]

Manufactura, es el proceso de convertir materias primas en productos, además de comprender las distintas actividades y gran variedad de recursos, como:

- Diseño del producto,
- Maquinaria y herramienta,
- Planeación del proceso,
- Materiales,
- Compra,
- Manufactura,
- Control de producción,
- Servicio de soporte,
- Mercadeo (ventas, embarque, servicio al cliente).

Para este estudio nos enfocaremos en los procesos aplicados, en la obtención del prototipo, por lo que empezaremos con la manufactura aditiva, fundición, mecanizado.

1.2.1. Manufactura aditiva.

Es una tecnología que consiste en la fabricación de componentes por aporte de material. Ha representado una revolución industrial al reducir los procesos de manufactura a un solo paso. Así, sus aplicaciones (figura 1.5), van desde biomedicina hasta arquitectura, pudiendo obtener prototipos o piezas funcionales en cortos tiempos de alto valor añadido.



Figura 1.5. Ejemplos de productos por manufactura aditiva. [8]

La fabricación de estos componentes es mediante el proceso de fabricación por capas. Un objeto dividido en varias capas las cuales son construidas una a la vez en forma secuencial. Se parte del diseño o modelo desarrollado en CAD 3D, mediante la utilización de software especializados en este tipo de trabajos. Este diseño se lo exporta a un equipo que se encarga de la fabricación por capas. Se han desarrollado diferentes tecnologías con las cuales la forma de adición del material es distinta, estos pueden basarse desde la unión de polvo y resinas o la fundición de polímeros que pueden estar en forma de hilo o láminas. Por esta razón, el proceso de fabricación depende de cómo se aporta el material y la fuente de energía. [9]

Tabla 1.2. Ejemplos de tecnologías de fabricación aditiva y del material. [8]

Tipo	Tecnologías	Materiales
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	termoplásticos (por ejemplo, PLA, ABS), aleaciones eutécticas de metales, productos comestibles
Granular	Sinterizado láser directo de metal (LMD)	Casi cualquier aleación de metal
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio

	Sinterización selectiva por calor (SHS)	Termoplástico en polvo
	Sinterización selectiva por láser (SLS)	termoplásticos, metales en polvo, polvos cerámicos
	impresión 3D con cabezal de inyección de tinta sobre lecho en polvo	Yeso
Laminado	Fabricación objeto laminado (LOM)	Papel, hoja metálica, película de plástico
Foto-polimerizado	Estereolitografía (SLA)	fotopolímero
	Procesamiento digital de luz (DLP)	resina líquida

El Laboratorio de Fundición de la Escuela Politécnica Nacional posee tecnología de manufactura aditiva del tipo Estereolitografía (SLA-Polyjet) usando un equipo OBJET 24 de STRATASYS, el proceso de impresión es similar a la impresión de documentos por inyección de tinta. En lugar de inyectar gotas de tinta sobre el papel, la manufactura aditiva inyecta capas de fotopolímero líquido sobre una bandeja de construcción y las curan con luz UV. Las capas se acumulan una a la vez para crear un modelo o prototipo 3D. Los modelos totalmente curados se pueden manipular y usar de inmediato, sin post-curado adicional. Junto con el material del modelo seleccionado, la manufactura aditiva también inyecta un material de soporte similar a un gel especialmente diseñado para sostener voladizos y geometrías complicadas ver figura 1.6.



Figura 1.6. Elementos de un carburador por fabricación aditiva Polyjet. [Fuente propia]

Para los modelos que se usaron en fundición se optó, por su fabricación con manufactura aditiva por deposición fundida, ver figura 1.7. Para esto se usó una

impresora 3D marca ultimaker. Esta tecnología es varias veces más barata que la SLA o Polyjet, aunque estos modelos pueden presentar problemas como desplazamiento de capas o desalineamiento. Otro problema puede ser el relleno débil que hace que los espesores sean delgados o desiguales. Estos pueden rasgarse o en su manipulación o puede producirse agujeros en la superficie o la superficie no puede ser lo suficientemente lisa como un modelo de fundición lo requiere para garantizar un correcto desmoldeo de la arena. Por lo que se cubrió con masilla plástica con proceso de lijado a mano para tener una superficie con una mejor resistencia y buen acabado superficial, respetando los ángulos de salida de cada pieza.

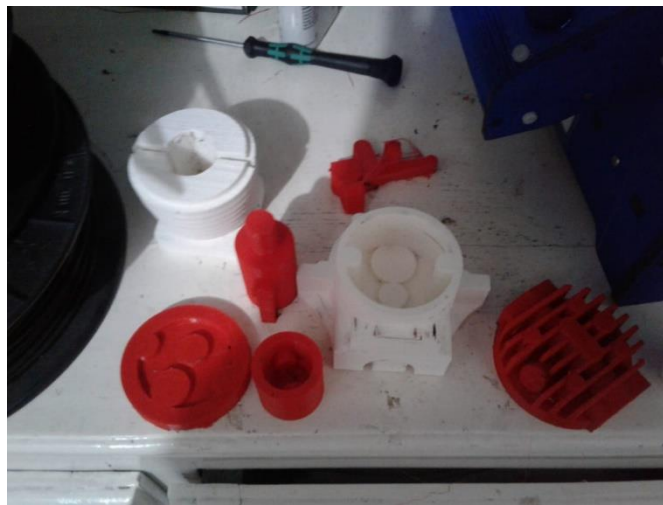


Figura 1.7. Elementos de modelos pre-fundición por manufactura aditiva extrusión. [Fuente propia]

1.2.2. Fundición.

La mayoría de metales se pueden fundir en la forma final deseada, a menudo con trabajos menores en su acabado, es por esto que con este tipo de proceso podemos obtener formas complejas con cavidades internas o secciones huecas, además que las piezas pueden ser de gran tamaño. Los factores a considerar en este proceso son los siguientes:

- El flujo del metal fundido dentro de la cavidad del molde
- La solidificación y el enfriamiento del metal (tiempos)
- La influencia del tipo de material del molde.

Las primeras piezas fundidas en el Laboratorio de Fundición de la Escuela Politécnica Nacional presentaron varios defectos: inclusiones de arena, porosidad, grietas, contracciones, rechupes, etc. Lo cual llevo a un análisis a fondo de los defectos de la fundición con todos los parámetros que intervienen en la fundición, después, con la

solución se llevó a cabo el control de los parámetros antes, durante y después de la fundición para tener mínimos defectos en las piezas terminadas.

Flujo del metal

El flujo del metal considera varios aspectos, ver figura 1.8, ya que abarca el diseño del sistema de alimentación en el molde para lo cual es necesario entender, varios principios.

Para el diseño de los canales de alimentación (bebederos, modelación), es basado en el teorema de Bernoulli y la ley de continuidad de la masa, las cuales nos dan una idea del comportamiento del fluido dentro de las cavidades, las pérdidas por fricción y la velocidad del flujo.

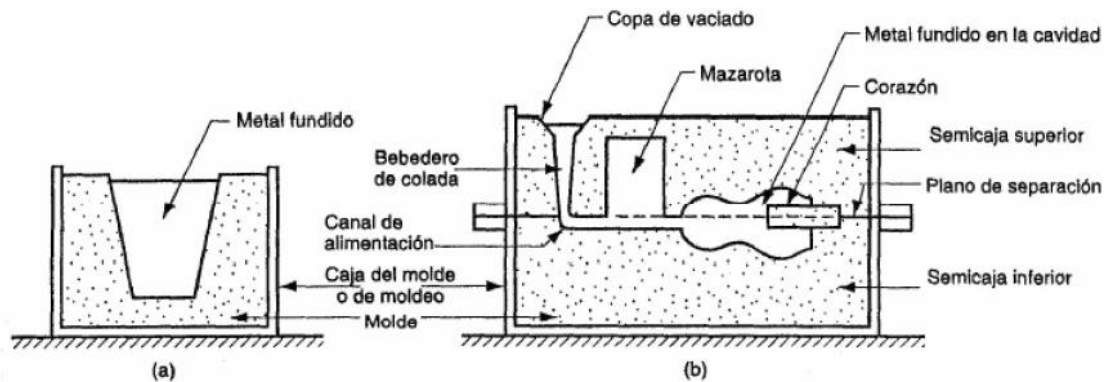


Figura 1.8. Esquema de una fundición y sus partes, (a) Molde abierto, (b) Molde cerrado. [10]

Además de estos teoremas, la fluidez del flujo también depende de otros aspectos, como los son:

- Viscosidad.
- Tensión superficial.
- Inclusiones.
- Patrón de solidificación de la aleación.
- Diseño del molde (material y geometría).
- Grado de sobrecalentamiento.
- Velocidad de vaciado.
- Transferencia de calor.

1.2.3. Contracción y defectos

Todos los metales se contraen durante la fase de solidificación, debido a sus características de dilatación térmica, provocando cambios en sus dimensiones, además

de agrietamientos, todo esto ocurre debido a tres eventos: contracción antes de solidificar, contracción durante el cambio de fase, y contracción del metal solidificado.

En las fundiciones se pueden presentar varios defectos los cuales de acuerdo al International Committee of Foundry Technical Association, son los siguientes:

- Proyecciones metálicas
- Cavidades
- Discontinuidades
- Superficie defectuosa
- Fundición incompleta
- Dimensiones o formas incorrectas
- Inclusiones
- Porosidades.

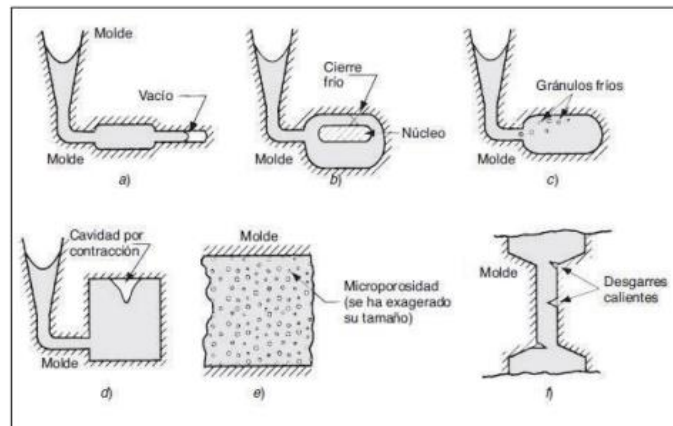


Figura 1.9. (a) Llenado incompleto, (b) Junta fría, (c) Gránulos fríos, (d) cavidad por contracción, (e) Porosidades, (f) Desgarramientos en caliente. [11]

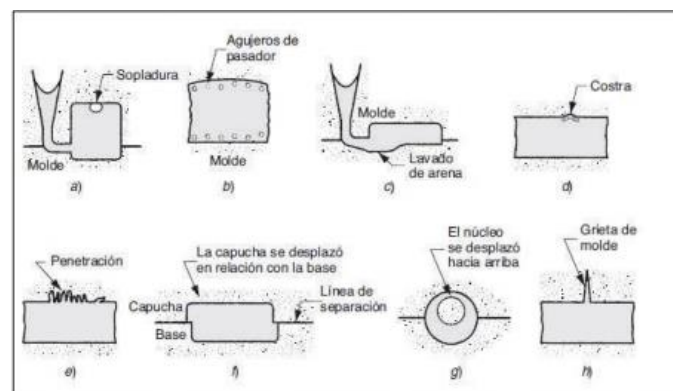


Figura 1.10. (a) Sopladuras, (b) Puntos de alfiler o agujeros de pasador, (c) Caídas de arena, (d) Costra, (e) Penetración, (f) Desplazamiento del molde, (f) Desplazamiento del núcleo, (f) Agrietamiento del molde. [11]

1.2.4. Procesos de fundición.

1.2.4.1. Fundición por revestimiento.

Este proceso comienza con la elaboración de moldes en cera para ser recubiertos con una cáscara cerámica refractaria para formar el molde, este debe soportar altas temperaturas y antes de colar el material fundido la cera es derretida, la fundición por revestimiento es de precisión y gran exactitud en el detalle. [12]

Se aplica en la obtención de cabezas para cilindros, monobloques para motores, cigüeñales, componentes para frenos, múltiples y bases para máquinas.

Las etapas dentro de la fundición por revestimiento son:

1. Se produce los moldes de cera.
2. Se unen varios modelos a un bebedero para formar un árbol.
3. El árbol de modelos se recubre con una capa delgada de material refractario.
4. Se forma el molde con el árbol recubierto con material refractario suficiente para volverlo rígido.
5. Se mantiene el molde en posición invertida y se calienta para fundir la cera y permitir que salga de la cavidad.
6. Se vierte el metal fundido; se solidifica.
7. Se rompe el molde del fundido terminado. Se separan las partes del bebedero.

[9]

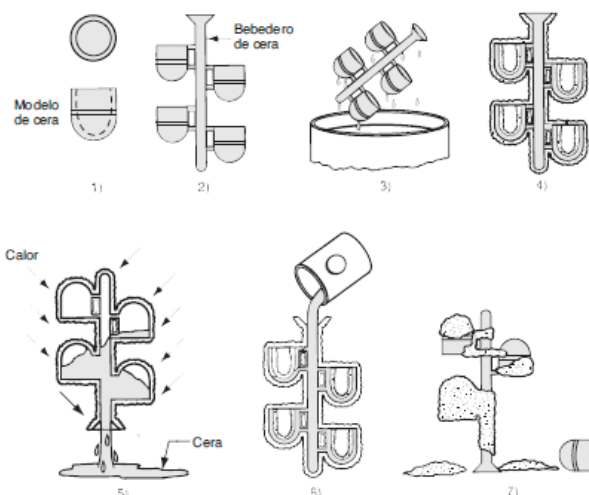


Figura 1.11. Etapas de la fundición por revestimiento. [13]

1.2.5. Fundición en arena.

Es el método más tradicional, en la obtención de piezas metálicas por fundición, en la mayoría de los casos se utiliza arena sílice, como material para el molde, porque resulta

más barato y adecuado, para resistir altas temperaturas. Básicamente este proceso consiste en: colocar un modelo en arena para hacer una impresión, incorporar un sistema de alimentación, retirar el moldeo y llenar la cavidad del molde con metal fundido, permitir que el metal se enfríe y solidifique, separar el molde de arena y retirar la fundición.

A continuación, se describe las principales características de los moldes de arena.

1. La caja. - normalmente consta de dos piezas un molde superior y uno inferior y soporta el propio molde.
2. Copa de vaciado o basín. - es donde se vierte el metal fundido.
3. Bebedero. - lugar donde fluye el metal fundido hacia abajo
4. Sistema de canales de alimentación, llevan el metal fundido del bebedero hasta la cavidad del molde.
5. Mazarotas. - suministran metal fundido adicional a la fundición conforme esta se contrae durante la solidificación.
6. Machos o corazones. - son insertos de arena, que se colocan para formar regiones huecas.
7. Respiraderos. - se colocan en los moldes para extraer el exceso de gases, producidos al momento de que el metal fundido entra en contacto con la arena del molde.

A continuación, se muestra un esquema de la secuencia de operaciones para fundición.

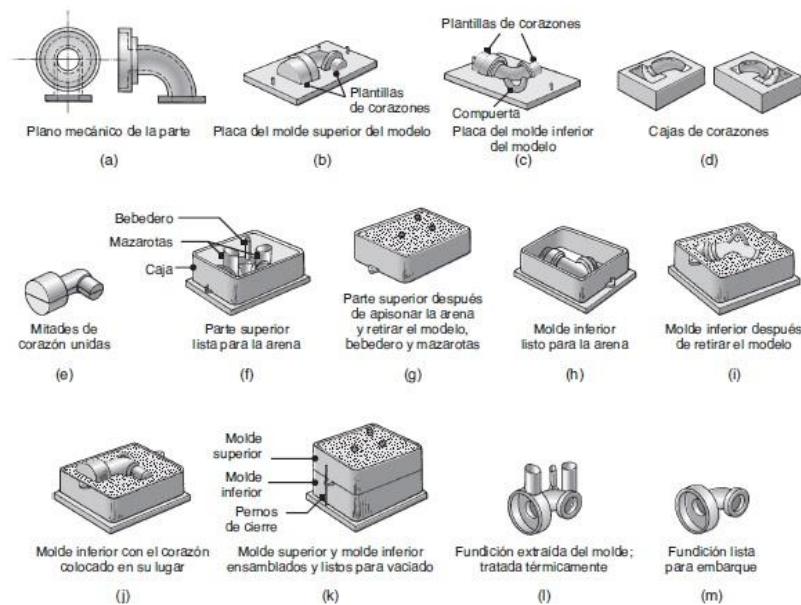


Figura 1.12. Esquema de la secuencia de operaciones para fundición. [14]

1.3. Aleación de aluminio para el prototipo

1.3.1. Aluminio A356.

Dentro de las aleaciones de aluminio existen dos grandes clasificaciones de acuerdo a su utilización: Aleaciones de aluminio para forjado y las aleaciones de aluminio para fundición, el laboratorio de Fundición de la Escuela Politécnica Nacional desarrolló un estudio específico para la aleación A356 desde su obtención, proceso de fabricación, estructura, refinación, modificación y propiedades mecánicas. [15]

En el mencionado estudio las aleaciones con base de Al-Si, se caracterizan por tener cualidades en colado, como fluidez y fácil alimentación, en solido las propiedades son resistencia a la abrasión, ductilidad, no son toxicas, resistencia a la corrosión. En este tipo de aleaciones se puede aplicar diferentes tratamientos térmicos, mejorando sus propiedades mecánicas. Poseen diversas aplicaciones de ingeniería más exigentes, sin embargo, su auge está en automóviles, cabezales, múltiples de admisión, pistones, monobloques. [17]

El silicio en la aleación reduce el porcentaje de elongación, incrementa la dureza reduciendo la maquinabilidad, la baja densidad del silicio favorece al peso total de la aleación. Dentro de la composición del aluminio A356 están presentes el silicio y magnesio como elementos aleantes principales, el hierro es la impureza representativa en la aleación. [18]

La aleación A356 cuenta con dos estructuras cristalográficas para la misma estequiometria: Al_8Fe_2Si (α) y Al_5FeSi (β).

Al_8Fe_2Si (α): tiene una forma laminar o de aguja, se caracteriza por aumentar la viscosidad del material, evitar la conexión interdendrítica entre el metal líquido y la fracción sólida, reducir la ductilidad de la aleación al ser un concentrador de esfuerzos, con la adición de magnesio se puede modificar la morfología del Al_8Fe_2Si a una escritura china o esqueleto, no se considera fuente iniciadora de fractura, mejora las propiedades mecánicas de la aleación mayor resistencia a la tensión. [19]

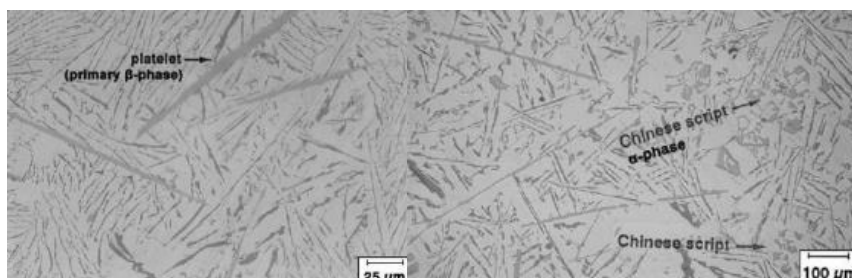


Figura 1.13. a) Agujas color gris intermetálico α . b) Escritura china color gris claro. [18]

Al₅FeSi (β): debido al exceso de hierro se recomienda una relación entre hierro y magnesio (Fe: Mn) sea 2:1 para un control de manera efectiva la precipitación del Al₅FeSi y promover la obtención fase (α). [19]

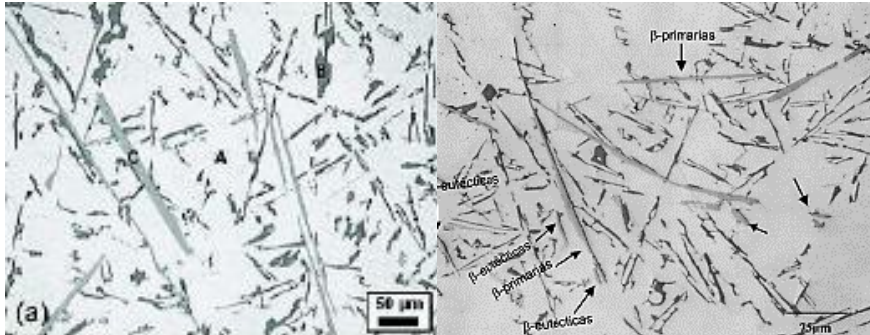


Figura 1.14. a) Intermetálicos β b) Plaquetas β primarias y formadas durante la reacción eutéctica. [18]

Tabla 1.3. Límites de composición química de la aleación A356. [20]

Elementos	% de composición en peso
Si	6,500 – 7,500
Fe	0,200
Cu	0,200
Mn	0,100
Mg	0,250 – 0,450
Zn	0,100
Ti	0,200
Al	Equilibrio

Tabla 1.4. Las propiedades físicas y terminas de la aleación A356. [21]

Propiedades	Valor
Densidad	2,685 [g/cm ³] (20°C)
Calor de fusión	389 [J/g]
Conductividad térmica	151 [W/mk]
Punto de fusión	555-615 [J/g]
Temperatura de solidus	555[°C]
Temperatura de liquidus	615 [°C]

Gracias a estas características hemos optado darle un aplicativo a la aleación por medio de la construcción de un prototipo de motor de combustión interna.

1.4. Procesos de maquinado por arranque de viruta

1.4.1. Fundamentos.

El maquinado es un término general que describe un grupo de actividades, con los cuales se permite la remoción de material, modificando las superficies de una pieza de trabajo. Para esto, el maquinado comprende operaciones secundarias y de acabado:

- Corte: generalmente comprende herramientas de corte de un solo filo o de filos múltiples, cada uno usado para una tarea definida.
- Procesos abrasivos: como el rectificado y sus adyacentes.
- Procesos avanzados de maquinado: para esto se usa métodos eléctricos, químicos, térmicos, hidrodinámicos y laser para cumplir con su tarea.

Dentro del aspecto económico el maquinado es más barato a comparación de otros procesos. El número de elemento a obtener es proporcional al tamaño, debido a que, si los componentes son relativamente pequeños, se puede maquinarlo con altas velocidades y alta precisión dimensional, un ejemplo es obtención de pernos. [24]

A pesar de poseer estas ventajas, el mecanizado por arranque de viruta tiene las siguientes desventajas:

- Desperdicio de material.
- Generalmente los tiempos son muy largos, hasta conseguir la forma deseada.
- Efectos adversos en la calidad de la superficie (cambios de sus propiedades mecánicas).
- Se necesita operarios y personal más capacitado en el manejo de máquinas herramientas y sistemas de medición.

1.4.2. Factores que influyen en las operaciones de maquinado.

Profundidad de corte, velocidad de corte, avance, fluidos de corte: estos parámetros son influenciados, por la fuerza, potencia, elevación de temperatura, acabado e integridad superficial, tipo de viruta y vida útil de la herramienta.

Ángulo de la herramienta: esto influye resistencia al desgaste, dirección de flujo de la viruta y astillado de la herramienta.

Viruta continua: las fuerzas estables de corte se relacionan con un buen acabado superficial, es mucho más evidente en máquinas herramientas automáticas.

Recrecido o viruta de borde acumulado: relaciona con un acabado superficial deficiente,

Viruta discontinua: es influenciado por fuerzas de corte fluctuantes, produciendo vibración y traqueteo, afectando el acabado superficial del componente.

Elevación de temperatura: influye en la vida útil de la herramienta, además que provoca daño térmico en la superficie de trabajo.

Desgaste de la herramienta: influye tanto en el acabado superficial como su integridad, ya que se relaciona con la precisión dimensional, la elevación de temperatura la fuerza y la potencia.

Maquinabilidad: se relaciona con la vida útil de la herramienta, acabado superficial, fuerza, potencia y el tipo de viruta.

1.4.3. Maquinabilidad de los metales y no ferrosos.

Aceros: poseen un intervalo amplio de maquinabilidad, dependiendo de la dureza y ductilidad, ya que, si son demasiados dúctiles, la formación de viruta puede producir un borde acumulado y provocar superficies deficientes. El desgaste abrasivo en la herramienta por el acero es demasiado duro, por lo que, desde un punto de vista es mejor trabajar los aceros al carbono en frío por la maquinabilidad.

Aceros inoxidables: son difícil de maquinar, se produce traqueteo. Para contrarrestar esto, es necesario usar herramientas con rigidez alta, los aceros inoxidables ferríticos en comparación con los martensíticos tienen buena maquinabilidad.

Hierro fundido: o hierros grises tienen buena maquinabilidad, sin embargo, son abrasivos, dependiendo su composición. Una desventaja en las fundiciones los carburos libres reducen la maquinabilidad y provoca un astillado llegando a romper la herramienta.

Cobre: Si el material es forjado, la formación de bordes acumulados dificulta maquinar, no obstante, si su proceso de obtención es por medio de fundición, se puede maquinar fácilmente. Una variación como los latones se pueden maquinarse sin problemas, con la adición de plomo. Los latones son más fáciles de maquinar que los bronce.

Aluminio: es fácil de maquinar, aunque se crean bordes acumulados al momento de maquinar, produciendo superficies deficientes. Una recomendación para su maquinabilidad es usar velocidades altas, ángulos de ataque y de alivio son grandes. En caso de que se tenga una aleación con silicio es necesario herramientas más duras, debido que este metal es abrasivo. [24]

El control de tolerancias tiene una relativa dificultad, ya que este metal posee coeficiente de dilatación térmica alto y módulo elástico respectivamente bajo.

1.5. Motor de combustión interna de 4 tiempos vs 2 tiempos

El motor de dos tiempos fue el primer motor de combustión interna, el cual debido a su constitución sencilla y fácil mantenimiento, en sus inicios presentaba una mejor potencia al igual que posee menos piezas móviles al contrario que el motor de cuatro tiempos.

Al principio este tipo de motor funcionaba tanto con gasolina como con diésel, siendo este último relegado con el pasar del tiempo.

Actualmente, el motor de dos tiempos, sigue siendo útiles en casos donde se necesite bajo cilindraje como es el caso de motosierras, cortadoras de césped etc.

Cuando Alphonse Beu de Rochas ideó el ciclo de cuatro tiempos y con las mejoras de Nikolaus August Otto, el rendimiento de los motores de combustión interna aumentó y fue superior al compararlo con los motores de dos tiempos.

Una ventaja con la cual se impuso el motor de cuatro tiempos, en esa época, es la facilidad de modificación, permitiendo jugar con los parámetros de fabricación provocando una reducción en gases contaminantes, así como una reducción en el consumo de combustible. Al igual que el motor de dos tiempos el combustible usado al inicio fue tanto nafta o diésel, donde la diferencia más notable es que el motor alimentado con diésel sobresale al momento de hablar de eficiencia térmica, caso contrario al del motor de dos tiempos, esta forma de combustión permanece hasta el día de hoy.[1]

Aunque el motor de dos tiempos presenta ventajas mayores en el aspecto de potencia, al ser el primer prototipo de motor de combustión interna, hemos decidido trabajar con un diseño de motor monocilíndrico de cuatro tiempos.

2. METODOLOGÍA

Se detallan los procesos y materiales, en la obtención del prototipo de motor de combustión interna. Así como el proceso de fundición adecuado para cada elemento del motor y sus parámetros para obtener las dimensiones y geometrías deseadas.

2.1. Diagramas de flujos

A continuación, se puede visualizar de mejor manera el avance de cada proceso hasta obtener el prototipo armado. Partiendo desde la modelación de los elementos hasta el mecanizado.

2.1.1. Obtención de las hojas de procesos, mecanizado y armado del prototipo de motor de combustión interna.

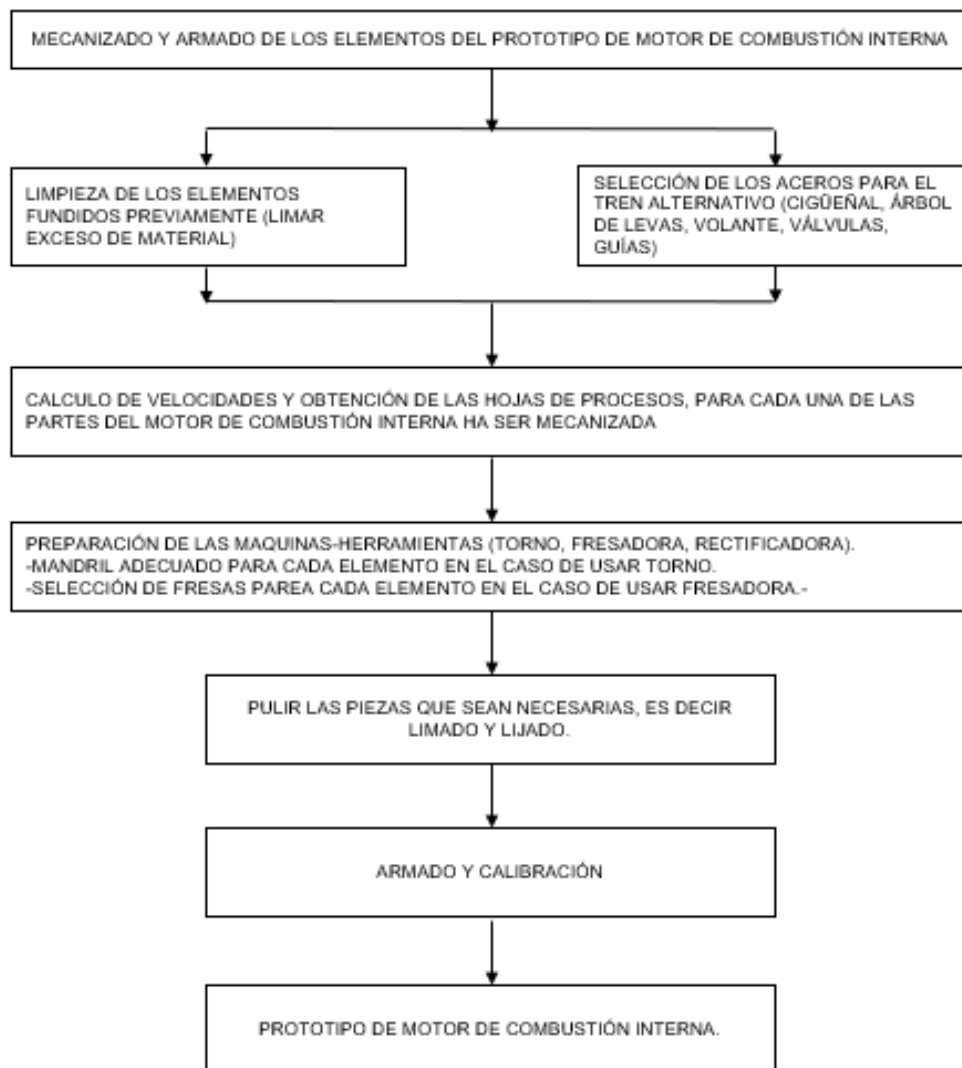


Figura 2.1. Esquema para la obtención del prototipo de motor de combustión interna, por mecanizado de los elementos pre-fundidos. [Fuente propia]

2.1.2. Modelado y obtención de los elementos de aluminio Al-Si para el prototipo de motor de combustión interna a partir de las dimensiones.

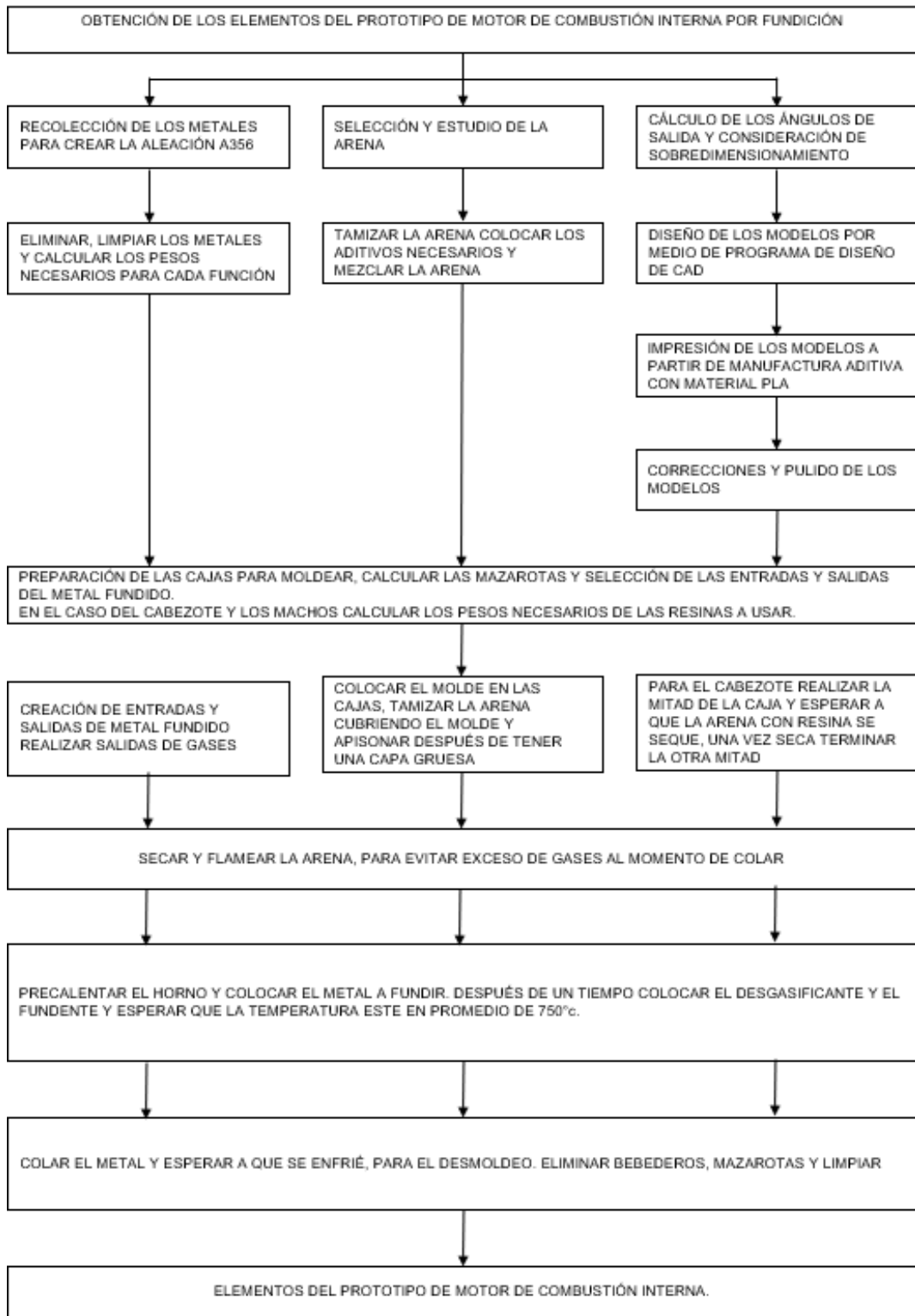


Figura 2.2. Proceso para la obtención de los elementos para el prototipo de combustión interna por fundición. [Fuente propia]

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Aluminio a356.

De acuerdo al apartado 1.3 en la página 15, las características metálicas son buenas para la fabricación de los elementos (bloque, cárter, pistón, cabezote, soporte de distribución). El Al A356 se obtiene en fundición con mezcla de elementos como: aluminio, silicio y magnesio. Generalmente este compuesto se utiliza en la industria automotriz, como material base para la obtención de bloques de motor, cárter, etc. Todo esto debido a sus propiedades mecánicas, como baja densidad, resistencia mecánica, buena ductilidad, su facilidad al disipar calor y su buena maquinabilidad.

En el proceso de su obtención, se necesita utilizar des gasificante y fundente.

Para este proyecto se utiliza el ALU FUNDEX, como fundente, el cual nos permite crear una capa protectora sobre la fundición, lo cual ayuda a la reducción de óxidos y menos absorción de hidrogeno.

Para el caso del desgasificante se usa el APARTAGAS, el cual nos brinda una rápida desgasificación, permitiendo eliminar hidrogeno presente en el líquido fundido y así evitar la aparición de porosidades. Todos estos materiales se muestran a continuación.



Figura 2.3. Materiales para la obtención del aluminio A356. [35]

2.2.2. Sílice y bentonita.

Estos dos materiales son usados en la fundición por molde en arena, para lo cual se mezcla la sílice y la bentonita. Esta mezcla debe presentar características como plasticidad, resistencia mecánica, permeabilidad, estabilidad tanto física como química y poder refractario.

La sílice es el método más barato a comparación de otros métodos de moldeo, este material nos brinda una regeneración, debido a su adhesión y su poder de reutilizarlo, a excepción de los corazones o núcleos del modelo, ya que en estos se utiliza

aglomerantes, para tener una pieza más rígida que logre mantener su geometría al momento del colado del material fundido para su posterior destrucción y deshecho.

2.2.3. Metales.

Para la obtención de los elementos del tren alternativo, se utiliza diferentes aceros de acuerdo a su trabajo final. Por ejemplo, el árbol de levas, necesita de un acero que sea dúctil, fácil de maquinar y resistente a la abrasión, para esto se usó un acero de transmisión o AISI 1018, que cumple con las propiedades, antes mencionadas. [28]

- Acero AISI SAE 1018, Acero al carbono, normalmente en el mercado se lo encuentra cementado, es usado para obtener piezas pequeñas, en donde se requiere resistir altos niveles de desgaste.
- Acero AISI SAE 1045, Acero de mediano contenido de carbono, dentro del mercado se puede encontrar en diferentes geometrías desde un perfil hexagonal hasta un perfil circular. Se utiliza ampliamente para elementos estructurales que requieren una mediana resistencia y tenacidad, tiene buena maquinabilidad. Su rama de aplicaciones va desde chavetas hasta cigüeñales.
- Acero AISI SAE 1020, Acero al carbono simple, bajo contenido de carbono (acero dulce o suave) el cual proporciona propiedades como tenacidad, ductilidad, y fácil mecanizado que son aceptables para muchas aplicaciones.
- Bronce dulce, es una aleación de cobre, con plomo y alto contenido de zinc, en el mercado se lo puede encontrar como ASTM B455, tiene buena ductilidad y fácil de trabajar en maquinado, sea lo puede usar de forma general en otras ramas como: procesos de doblado y estampado. Tiene un amplio rango de aplicaciones desde un perno hasta mordazas de prensa.
- Bronce fosfórico, en el mercado se lo encuentra como SAE 40, es una aleación de cobre de alta pureza, con poca cantidad de porosidades, posee buenas propiedades mecánicas como elasticidad, alta resistencia al desgaste, buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión facilitando al maquinado. Su rango de aplicaciones va desde un bocín hasta cojinetes múltiples, es muy usado en la industria automotriz.
- Hierro fundido, conocida como fundición gris, gracias a que se pueden usar aleaciones en su proceso de obtención, este material tiene propiedades mecánicas como abrasión, corrosión, resistencia al desgaste, tiene alta resistencia al impacto, ductilidad baja y facilidad de maquinado. Es muy usado en la industria automotriz en la obtención de camisas para los bloques de motor.[28]

2.2.4. Polímero.

Para el caso de los moldes para el moldeo en arena se utiliza el material PLA (ácido poliláctico), usado en los procesos de aditiva. El PLA es un filamento usado en la impresión 3D hecho con materiales orgánicos y renovables, presenta buena resistencia a la tracción y calidad superficial, posibilita trabajar con altas velocidades de impresión. Este material es muy resistente al calor (145-160 °C). Sus aplicaciones van desde juguetes hasta modelos arquitectónicos.

2.3. Equipos y herramientas

2.3.1. Equipos de manufactura aditiva.

Los equipos de manufactura aditiva son máquinas capaces de realizar piezas volumétricas partiendo de un diseño elaborado en ordenador. Existen diferentes tipos de equipos de manufactura aditiva dependiendo de la tecnología utilizada. Los más comerciales son los que utilizan capas de polvo de varios polímeros fundidos por un láser y los de inyección de polímeros.

2.3.2. Cajas para moldeo.

Aunque en la industria es normal observar cajas de molde de metal, para este proyecto se usa cajas de madera (canelo), las cuales se dividen en dos mitades: la tapa o semi-caja o semi-molde superior y semi-caja o semi-molde inferior. Las cuales poseen agarraderas y guías para realizar un sellado al terminar el moldeo.

2.3.3. Horno de fundición.

Para este proyecto se utiliza un horno de crisol removible, con capacidad de hasta 6 kilogramos, la fuente de energía se da por una llama producto de combustión de gas. Dependiendo de los materiales refractarios en este tipo de hornos permiten fundir aleaciones como latón, bronce, aluminio entre otras.

Gracias a que el crisol es removible se puede realizar descargas de colada en varias cajas a la vez sin necesidad de mover las cajas, evitando que la colada o la caja se desmoldee en el proceso.

2.3.4. Torno paralelo.

Para poder mecanizar la mayoría de elementos se utilizó un torno convencional horizontal, al igual que el resto de tornos, su funcionamiento se da en base al giro de la pieza a mecanizar, sujeta con un mandril mientras una herramienta de corte (cuchilla o vidia) avanza hacia la pieza arrancando viruta formando la geometría deseada. Figura 2.4.

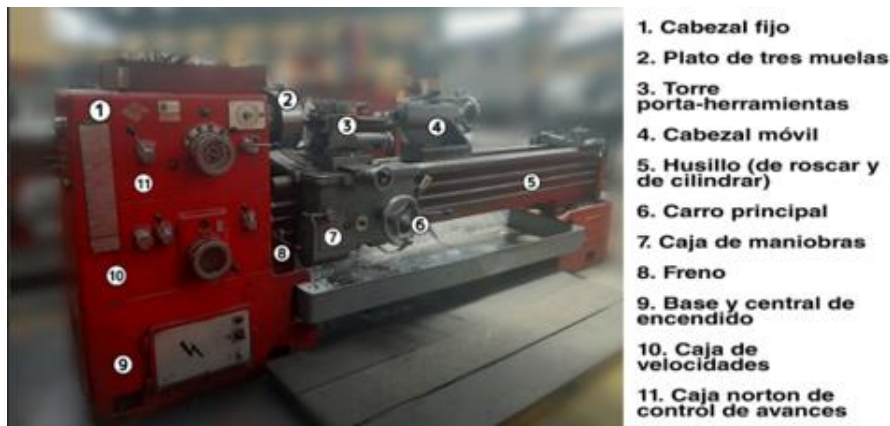


Figura 2.4. Torno paralelo BG y sus partes. [Fuente propia]

2.3.5. Fresadora.

Es una máquina herramienta, su funcionamiento se basa en una herramienta de corte o fresa que gira a grandes velocidades, las cuales dependiendo del material a mecanizar permite el arranque de viruta, este tipo permite la variación del cabezal, ayudando en el mecanizado de ciertos elementos. Figura 2.5.



Figura 2.5. Fresadora y sus partes. [Fuente propia]

2.3.6. Brocas y cuchillas.

Para este proyecto se utilizó brocas, hechas de acero rápido o HSS, figura 2.6, ya que estas permiten una mejor penetración en distintos materiales, logrando trabajar a altas velocidades. Además, gracias a su composición química este tipo de acero permite que el filo permanezca mucho más tiempo a comparación de otras brocas compuestas de distinto material.

Las cuchillas son hechas del mismo material que las brocas, sin embargo, la geometría en las puntas depende de cada trabajo, para este caso se utilizó desde puntas de lanza

hasta puntas para tronzar. El tamaño de cada cuchilla depende del trabajo, a realizar, para esta ocasión variaban desde 1/8" hasta 6mm.



Figura 2.6. Brocas y cuchillas utilizadas. [Fuente propia]

2.3.7. Fresas.

Son herramientas de corte, generalmente son hechas de acero rápido o HSS que con ayuda de aleantes en su fabricación, permiten que la fresa aumente su dureza al momento de trabajar debido al calor que se crea durante el contacto con el material a fresar, reduciendo de esta forma desgaste y así no afecte la capacidad de corte. Para este proyecto se usó fresas tanto en unidades inglesas (desde 1/32" hasta 1 pulgada) como unidades métricas (desde 2 mm. hasta 14mm.).

2.3.8. Limas y lijas.

Las limas y las lijas, ambas son herramientas abrasivas con las cuales podemos conseguir mejores acabados tanto al mecanizar como al terminar de hacerlo.

El tipo de limas que existen nos permiten realizar trabajos que van desde una simple eliminación de aristas vivas, hasta trabajos de joyería.

Las lijas nos permiten tener un mejor acabado superficial más fino, es más usado junto al torno ya que es más fácil maniobrar en él. Los tamaños de grano dependen del tipo de acabado se requiera, gracias a esto se puede trabajar con micrómetros de hasta 0.001 mm

2.4. Procedimiento para la obtención de un prototipo de motor de combustión interna.

2.4.1. Obtención de los modelos pre-fundición.

Los modelos sirven como herramienta fundamental para los fundidores, con un buen diseño, se puede obtener réplicas de elementos con mayor facilidad.

La geometría y forma nos basamos en el plano de del elemento, figura 2.7, donde se considera para el modelo de la pieza, el sobredimensionamiento debido a la contracción del metal al momento del enfriamiento y solidificación.

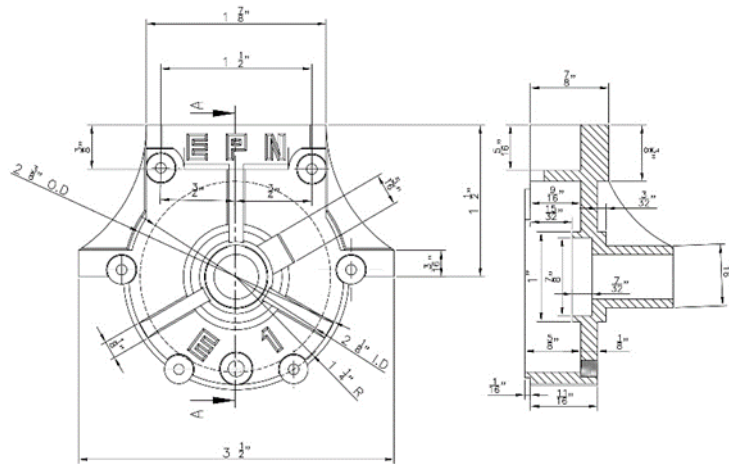


Figura 2.7. Dimensiones del carter 1, prototipo MCI, redibujados. [33]

El sobredimensionamiento para fundiciones de aluminio es de 13,0 mm/m, adicionalmente los modelos deben tener ángulos de salida (0,5 a 2°). Si los modelos realizados presentar imperfecciones o fallas deben ser corregidos de inmediato para evitar complicaciones al momento del moldeo en arena, los modelos deben tener alta calidad en su acabado superficial para ello se utiliza productos u operaciones adicionales como pintura, lacado y pulido de la superficie. A continuación, en la figura 2.8, se muestra un molde obtenido y corregido.



Figura 2.8. Modelo de cárter impreso y corregido. [Fuente propia]

2.4.2. Procedimiento de fundición

En primer lugar, se realiza la mezcla entre arena y bentonita de manera que sea lo más homogénea, para eso se añade agua para tener permeabilidad y resistencia en el moldeo, los pesos de cada elemento se obtienen por el porcentaje, que en nuestro caso de estudio es 2% de bentonita y 6% de agua con respecto al peso de la arena.

El moldeo se lleva a cabo a través de un molde cerrado, el cual consiste en dos semicajas superior e inferior las mitades están separadas por un plano de separación, este conjunto es la caja de moldeo, se debe obtener un vaciado de la pieza al compactar arena alrededor del molde dentro de la caja de moldeo, debe contar con alimentadores de entrada y salida del metal, los alimentadores deben tener un embudo de vertedero

para reducir turbulencia y salpicaduras del material, al tener el molde se separan las semicajas para limpiar arena suelta y secar la humedad presente en la arena.

El horno a gas con crisol móvil es el encargado de fundir aluminio-silicio, durante el proceso se añade fundente (0,5% masa a fundir) para separar partículas no deseadas de la colada formando escoria, desgasificante (0,25% masa a fundir) para minimizar hidrogeno y presencia de inclusiones, para mejorar la colada y refinador de grano Al-5Ti-B (0,2% masa a fundir) en forma de varilla utilizado para refinamiento de grano, para el vaciado la temperatura de la colada debe ser mayor al punto de fusión para evitar enfriamiento prematuro, en el vaciado de la colada debe ser uniforme y constante para no provocar turbulencia y falta de llenado.

Para la masa requerida se utiliza la densidad del aluminio-silicio A356 = 2,685 [g/cm³] (20°) a continuación método de cálculo para un modelo tapa del cárter.

$$m_{aluminio} = \rho v \quad \text{Ec (1)}$$

$$m_{aluminio} = 2,685 \left[\frac{g}{cm^3} \right] * 17,1164 [cm^3] = 45,96 [g]$$

Se deja enfriar y solidificar el material hasta tener una temperatura ambiente entre el molde y la pieza, al desmoldar y limpiar las piezas fundidas no inducir esfuerzo para no cambiar las propiedades mecánicas, separar los alimentadores sin deformar la pieza fundida.

2.4.2.1. Cálculo de la mazarota.

Para reducir los defectos y contracciones se calcula el dimensionamiento de la mazarota. La mazarota ayuda durante la solidificación y de esta manera compensa la contracción de la colada, esta debe solidificarse después de la fundición principal, en el desarrollo de este proyecto se ha realizado el cálculo de la mazarota con el método de modulo para todos los modelos a fundir.

Ejemplo de cálculo para la tapa del cárter.

Volumen de la mazarota

$$\frac{V}{A_{mazarota}} = \sqrt{1,5} * \frac{V}{A_{pieza}} \quad \text{Ec (2)}$$

Mazarota cilíndrica

$$\frac{V}{A_{pieza}} = \frac{17116,74}{402,24} = 2,31$$

$$\frac{V}{A_{mazarota}} = \sqrt{1,5} * 2,31 = 2,83 [mm]$$

Si D=H en relación de volumen y área de la mazarota

$$\frac{V}{A_{mazarota}} = \frac{D}{6} = 2,83$$

$$D = H = 16,99 [mm]$$

Tabla 2.1. Dimensiones de las mazarotas para cada pieza a fundir.

Pieza	volumen mm ³	Área mm ²	<i>m</i> _{aluminio}	$\frac{V}{A_{pieza}}$	$\frac{V}{A_{mazarota}}$	D=H [mm]
Tapa cárter	17116,74	7402,24	46215,20	2,31	2,83	16,99
Distribuidor	7428,82	3937,94	20057,81	1,89	2,31	13,86
Cárter epn2	72854,38	29998,85	196706,83	2,43	2,97	17,85
Cárter epn1	62052,97	23270,28	167543,02	2,67	3,27	19,60
Cabezote EPN	51889,58	18399,8	140101,87	2,82	3,45	20,72
Bloque EPN	85161,37	17857,39	229935,70	4,77	5,84	35,04
Pistón EPN	13361,53	6069,17	36076,13	2,20	2,70	16,18



Figura 2.9. Diseño de mazarota, para simulación del comportamiento del flujo del colado, renderizado en SolidWorks. [Fuente propia]

Para un mejor entendimiento y con ayuda del diseño en SolidWorks podemos ver el comportamiento de las mazarotas y sus afecciones al momento del colado, enfriamiento y posteriores defectos.

El Laboratorio de Fundición está en capacidad de realizar simulaciones que permiten predecir el comportamiento del molde durante el llenado y la solidificación, en el mismo se puede visualizar los puntos más críticos como son los rechupes y contracciones,

gracias a ello se puede tener una idea más concisa al momento de realizar los canales, de manera física en la arena para la alimentación, así como la colocación de la mazarota de cada elemento fundido, los resultados son prometedores y esto se puede visualizar en la figura 2.10 donde se muestra que los defectos más constantes en cada elemento se dan dentro de los canales de alimentación y en la mazarota.

A demás, podemos ver en la figura 2.11 en donde se crean concentraciones de aire al momento de ingresar el material colado, esto puede provocar deformaciones en las parte y superior del ejemplo, de igual manera las líneas de flujo nos permiten a dar una idea de que tan rápido debe ser el ingreso de la colada para que de esta forma se pueda reducir esta concentración de aire, evitando la generación de porosidades tanto internas como externas en nuestro elemento.

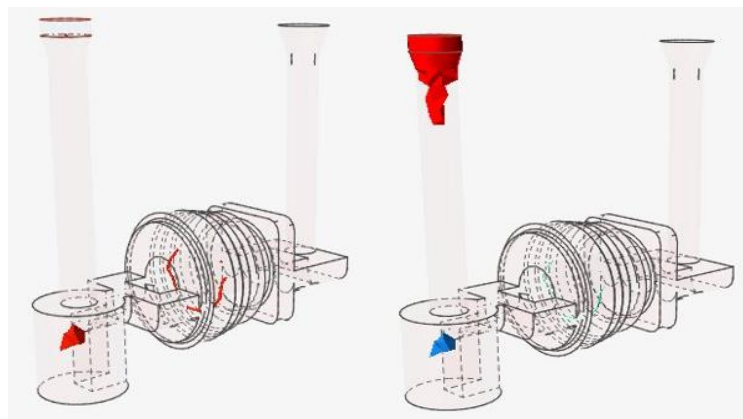


Figura 2.10. Presencia de porosidades (derecha), presencia de contracciones (izquierda).
[Fuente propia]

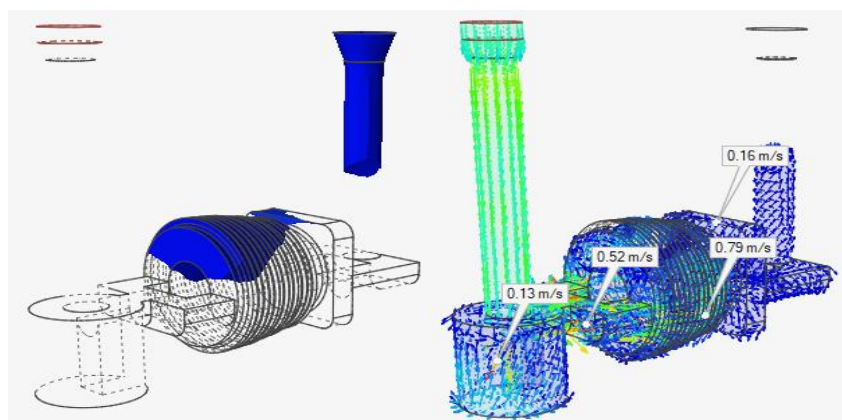


Figura 2.11. Concentración de aire al momento del llenado (derecha), flujo del colado (izquierda). [Fuente propia]

2.4.3. Fabricación de las cajas para fundición por arena.

En la fabricación de las cajas de moldeo es importante los volúmenes y dimensiones de las piezas que se quieran obtener ya que su geometría determina, el uso de una sola

caja o el uso de una caja dividida en partes iguales, las cuales deben ser de fácil unión y desmontaje. El material más usual para fundición en arena verde, son cajas fabricadas en madera ya que resiste la temperatura del colado, dispersa la humedad y es fácil de manipular. Estas ventajas hacen que la madera sea usada incluso en las cajas para la elaboración de noyós, con las cuales se puede formar la geometría necesaria para cada elemento, como es el caso del interior del pistón, mostrado en la figura 2.12.



Figura 2.12. Cajas y moldes. [Fuente propia]

2.4.4. Preparación del aluminio A356.

La obtención de la aleación A356 se basó en trabajos de J. Calugullin y A. Lema [15], W. Ramírez [18] y J. Charco [12]. los autores plantearon las opciones para obtener la aleación, va desde contactar con el distribuidor y sacar la chatarra, procedió a sacar de chatarra porque en la actualidad la aleación está presente en partes y elementos de los automóviles como son los pistones, lo cuales son de preferencia en este proyecto, los bloques y aros. W. Ramírez [18] indica que la composición correspondiente A356 están en los aros de automóviles, el material idóneo utilizado para la colada se utiliza aros de automóviles reciclados, previamente deben estar limpios quitados el aceite, pinturas e impurezas.

Ha si de esta manera se le está dando un aplicativo al Aluminio A356, obtenido en el laboratorio de EPN., con la posibilidad de la reproducción del prototipo, o en el mejor de los casos mejorarlo.

2.4.5. Preparación de machos o corazones.

Los machos son utilizados para crear orificios y cavidades en las piezas fundidas, además, deben poseer una alta penetrabilidad al gas, resistencia, compresibilidad y un buen desmoldeo asegurar una mezcla y estructura correspondiente. [22] [23]

Los detalles como cavidades, agujeros y dimensiones geométricas deben ser exactas, su correcta instalación en el molde, en la fabricación procedimiento y materiales utilizados son:

Arena silícica y resina China-SQG300 3% -Catalizador-GS03 5% del peso en arena.



Figura 2.13. Forma y textura de macho elaborado. [Fuente propia]

2.4.6. Fabricación del molde en cera.

El molde de cera perdida es el más utilizado para replicar piezas exactas y complicadas que se dificulta obtener por otros métodos de moldeo, siendo utilizado para prototipos y series pequeñas.

1. Procedimiento para obtener el molde de cera.
2. Se crea un armazón para el modelo maestro.
3. Ingresar caucho de silicón por gravedad sobre el modelo maestro en el armazón.
4. Obtención del modelo en silicón.
5. Cubrir el modelo silicón con cera por gravedad en estado líquido.
6. Extracción del molde de cera del molde de silicón. [12]

Gracias a este método se logró obtener un modelo de cabezote en cera, para ser posteriormente moldeado en arena mezclada con resina y así obtener una fundición aceptable para nuestro prototipo.



Figura 2.14. Molde plástico y en cera elaborados. [Fuente propia]

2.4.7. Obtención de las piezas fundidas.

Por medio de los métodos explicados anteriormente, obtuvimos las partes, en aluminio A356, de nuestro prototipo. Cada pieza se debió trabajar de forma individual, donde se realizó una inspección visual para el encuentro de fallas (rechupes, fracturas, porosidad) para de esta manera tener piezas de una buena calidad. También se realizó los cortes de las entradas y salidas del material fundido, así como un pulido previo al mecanizado, esto con el propósito de una mejor maniobrabilidad al momento de trabajar con la fresadora o el torno.



Figura 2.15. Partes del prototipo de motor de combustión interna, en aluminio A356. [Fuente propia]

2.5. Proceso de mecanizado.

2.5.1. Cálculo de los parámetros necesarios para la obtención de las hojas de procesos.

Para los cálculos se utiliza las siguientes tablas de referencia, donde los datos de velocidad de corte y avance, quienes conjunto con las fórmulas, servirán de apoyo para obtener la información necesaria para llenar las hojas de proceso.

2.5.1.1. Taladrado.

Por medio de la tabla 2.2. tendremos los datos necesarios para el cálculo de las velocidades, para llenar las hojas de procesos, y tener una idea de las velocidades de trabajo.

Tabla 2.2 Velocidades para brocas de acero de alta velocidad. [21]

		Acero Fundido		Acero para herramientas		Hierro Fundido		Acero para máquina		Latón y Aluminio	
Tamaño de la broca		Velocidades de corte en pies por minuto o metros por minuto									
Pulg	mm	40 pie/min	12 m/m in	60 pie/min	18 m/m in	80 pie/min	24 m/m in	100 pie/m in	30 m/m in	200 pie/m in	60 m/m in
1/16	2	2445	1910	3665	2865	4890	3820	6110	4775	12225	9550
1/8	3	1220	1275	1835	1910	2445	2545	3055	3185	6110	6365
3/16	4	815	955	1220	1430	1630	1910	2035	2385	4075	4775
1/4	5	610	765	915	1145	1220	1530	1530	1910	3055	3820
5/16	6	490	635	735	955	980	1275	1220	1590	2445	3180
3/8	7	405	545	610	820	815	1090	1020	1365	2035	2730
7/16	8	350	475	525	715	700	955	875	1195	1745	2390
1/2	9	305	425	460	635	610	850	765	1060	1530	2120
5/8	10	245	350	365	520	490	695	610	870	1220	1735
3/4	15	205	255	305	380	405	510	510	635	1020	1275
7/8	20	175	190	260	285	350	380	435	475	875	955
1	25	155	150	230	230	305	305	380	380	765	765

Tabla 2.3 Avances del taladro. [21]

Tamaño de la broca		Avance por revolución	
Pulg	mm	Pulg	mm
1/8 y menores	3 y menores	.001 a .002	0.02 a 0.05
1/8 a 1/4	3 a 6	.002 a .004	0.05 a 0.1

1/4 a 1/2	6 a 13	.004 a .007	0.1 a 0.18
1/2 a 1	13 a 25	.007 a .015	0.18 a 0.38
1 a 1 1/2	25 a 38	.015 a .025	0.38 a 0.63

Ecuaciones usadas en el cálculo para el caso de uso del taladro. [24]

Velocidad del husillo o RPM:

$$RPM = \frac{Cs * 4}{D} \quad \text{Ec (3)}$$

Donde:

Cs: velocidad de corte

D: diámetro de la broca se va a utilizar

Diámetro broco para aluminio: 1/8in

$$RPM = \frac{Cs * 4}{D}$$

$$RPM = \frac{100 * 4}{\frac{1}{8}}$$

$$RPM = 3200$$

Avance, vea la tabla 2.3.

Avance= 0.001 in

2.5.1.2. Torneado.

Tabla 2.4. Velocidad de corte en torno en pie y metro por minuto para herramienta de acero de alta velocidad HSS. [24]

Material	Torneado y Torneado de interiores				Roscado	
	Corte de desbaste		Corte de acabado			
	Pie/min	m/min	Pie/min	m/min	Pie/min	m/min
Acero para maquinaria	90	27	100	30	35	11

Acero para herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

Tabla 2.5. Avances para diversos materiales usando herramienta de acero de alta velocidad HSS. [24]

Material	Corte de desbaste		Corte de acabado	
	Pulg	mm	Pulg	mm
Acero para maquinaria	.010-.020	0.25-0.5	.003-.010	0.07-0.25
Acero para herramienta	.010-.020	0.25-0.5	.003-.010	0.07-0.25
Hierro fundido	.015-.025	0.4-0.65	.005-.012	0.13-0.3
Bronce	.015-.025	0.4-0.65	.003-.010	0.07-0.25
Aluminio	.015-.030	0.4-0.75	.005-.010	0.13-0.25

Ecuaciones usadas en el cálculo para el caso de uso del torno. [24]

Velocidad del husillo o RPM:

$$RPM = \frac{Cs*4}{D} \quad \text{Ec (4)}$$

Donde:

Cs: velocidad de corte

D: diámetro de la pieza que se va a torneear

Profundidad de corte (mm):

$$P = \frac{Df - D_o}{2} \quad \text{Ec (5)}$$

Donde:

Df: diámetro que se quiere obtener al mecanizar

D0: diámetro con el que inicia la pieza a mecanizar

Tiempo de maquinado en torno.

$$T_{(d,a)} = \frac{\text{Longitud de corte}}{(\text{avance}(\text{desbastado,acabado}) * RPM)} \quad \text{Ec (6)}$$

Para un cálculo total del tiempo se realiza la suma del tiempo de desbaste más el tiempo de acabado o afinado.

$$t_{Total} = t_{desbastado} + t_{afinado} \quad \text{Ec (7)}$$

Ejemplo de cálculo al usar el torno.

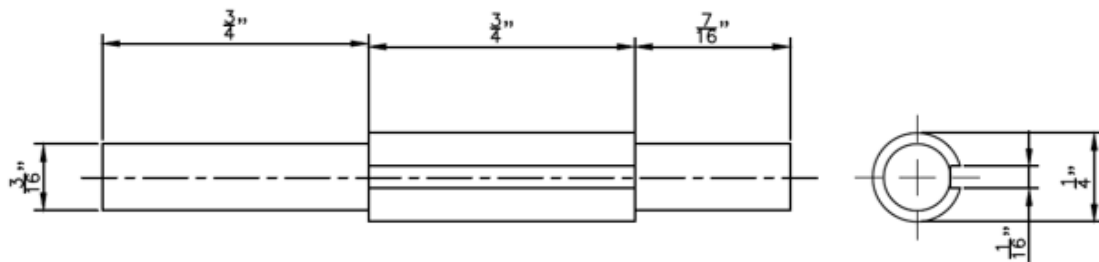


Figura 2.16. Eje para árbol de levas. Redibujado. [33]

Corte de desbaste usando la ecuación 4:

Diámetro en bruto: $\frac{1}{2}$ in

Desbaste

$$RPM = \frac{Cs * 4}{D}$$

$$RPM = \frac{70 * 4}{\frac{1}{2}}$$

$$RPM = 560$$

Avance de desbaste, vea la tabla 2.5.

Avance= 0.01

Profundidad de corte usando la ecuación 5:

$$P = \frac{D_o - D_f}{2}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4}}{2}$$

$$P = \frac{1}{8} [in]$$

Tiempo de corte de desbaste usando la ecuación 6:

$$T_{(d)} = \frac{\text{Longitud de corte}}{(\text{avance}(\text{desbastado}, \text{acabado}) * RPM)}$$

$$T_{(d)} = \frac{\frac{31}{16}}{(0,01 * 560)}$$

$$T_{(d)} = 20,76 [s]$$

Acabado o afinado:

$$RPM = \frac{Cs * 4}{D}$$

$$RPM = \frac{90 * 4}{\frac{1}{4}}$$

$$RPM = 1440$$

Avance de desbaste, vea la tabla 2.5

Avance= 0.03

Tiempo de corte de acabado usando la ecuación 6:

$$T_{(d)} = \frac{\text{Longitud de corte}}{(\text{avance}(\text{desbastado}, \text{acabado}) * RPM)}$$

$$T_{(d)} = \frac{31/16}{0.03 * 1440}$$

$$T_{(d)} = 26.9[s]$$

Tiempo final para este torneado, ecuación 7:

$$t_{Total} = t_{desbastado} + t_{afinado}$$

$$t_{Total} = 20.76 [s] + 26.9 [s]$$

$$t_{Total} = 47.66 [s]$$

2.5.1.3. Fresado.

Tabla 2.6. Velocidades de corte de la máquina fresadora para HSS. [24]

Material	Fresa de acero de alta velocidad		Fresa de carburo	
	Pie/min	m/min	Pie/min	m/min
Acero aleado	40-70	12-20	150-250	45-75
Aluminio	500-1000	150-300	1000-2000	300-600
Bronce	65-120	20-35	200-400	60-120
Hierro fundido	50-80	15-25	125-200	40-60
Acero de maquinado libre	100-150	30-45	400-600	120-180
Acero para maquinaria	70-100	21-30	150-250	45-75
Acero inoxidable	30-80	10-25	100-300	30-90
Acero para herramienta	60-70	18-20	125-200	40-60

Tabla 2.7. Avance por diente recomendado (HSS). [24]

Material	Fresa de careado o refrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y corte lateral		Fresas frontales		Cortadores de formado de relieve		Sierras circulares	
	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg	m	Pulg	m	Pulg	mm	Pulg	m
Acero aleado	.006	0.15	.005	0.12	.004	0,1	0,03	0,07	0,002	0,05	0,02	0,05
Aluminio	.022	0.55	.018	0.45	.013	0,33	0,011	0,028	0,007	0,18	0,005	0,013

Latón y bronce (medio)	.014	0.35	.011	0.28	.008	0,2	0,0	0,	0,004	0,1	0,0	0,
						07	18				03	08
Hierro fundido (medio)	.013	0.33	.010	0.25	.007	0,1	0,0	0,	0,004	0,1	0,0	0,
						8	07	18			03	08
Acero de maquinad o libre	.012	0.3	.010	0.25	.007	0,1	0,0	0,	0,004	0,1	0,0	0,
						7	06	15			03	07
Acero para maquinari a	.012	0.3	.010	0.25	.007	0,1	0,0	0,	0,004	0,1	0,0	0,
						8	06	15			03	08
Acero inoxidable	.006	0.15	.005	0.13	.004	0,1	0,0	0,	0,002	0,05	0,0	0,
						03	08				02	05
Acero para herramientas (medio)	.010	0.25	.008	0.2	.006	0,1	0,0	0,	0,003	0,08	0,0	0,
						5	05	13			03	08

Ecuaciones útiles en el uso de una máquina herramienta fresadora

Velocidad de la fresadora RPM:

$$RPM_f = \frac{C_s^{*4}}{D} \quad \text{Ec (8)}$$

Donde:

Cs: velocidad de corte por diente de la fresadora

D: diámetro de la fresa

Avance:

$$Avance = N * C_{pt} * RPM \quad \text{Ec (9)}$$

Donde:

N: número de dientes de la fresa

Cpt: avance/diente

Ejemplo de cálculo para el uso de la fresadora.

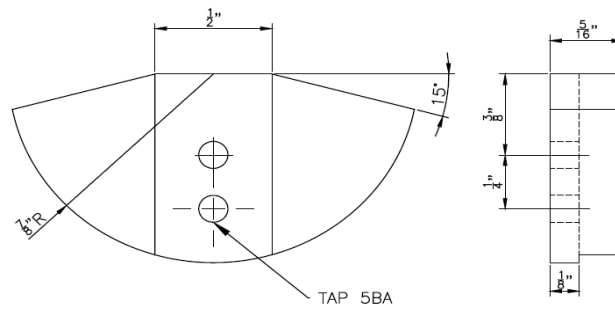


Figura 2.17. Contrapesos pertenecientes al sistema del cigüeñal, a base de bronce. Redibujado. [33]

Para este ejemplo se realizará el ranurado central, observar la figura 2.18.



Figura 2.18. Ranurado central presente en las contrapesas. [Fuente propia]

Velocidad del husillo RPM, usando la ecuación 8:

$$RPM_f = \frac{C_s * 4}{D}$$

Cs, para su valor, vea se la tabla 2.5, para bronce.

Cs= 65

$$RPM_f = \frac{65 * 4}{1}$$

$$RPM_f = 260$$

Avance, usando la ecuación 9:

$$Avance = N * C_{pt} * RPM$$

Cpt, para su valor, vea se la tabla 2.6, para bronce y fresa helicoidal.

Cpt= 0.011

$$Avance = 4 * 0.011 * 260$$

$$Avance = 11.44 \left[\frac{in}{min} \right] = 0.19 \left[\frac{in}{seg} \right]$$

Tiempo del fresado, usando ecuación 6.

$$T_{(d)} = \frac{Longitud\ de\ corte}{(avance(desbastado) * RPM)}$$

$$T_{(d)} = \frac{1/18}{0.19}$$

$$T_{(d)} = 17.54 [s]$$

Nota: hay que tomar en cuenta que el tiempo calculado asume el diámetro de la fresadora como superficie a fresar, sin embargo, la fresa debe pasar por una superficie mucho más grande por lo que el tiempo de refrentar toca repetirlo, varias veces para que la fresa ocupe toda la superficie del elemento fresado.

2.6. Hojas de procesos.

En primer lugar, la hoja de proceso constará con un encabezado, donde se informará al trabajador que tipo de material es el elemento, así como el nombre de la empresa (logo) y la persona encargada de haberla realizado, además de un número que identificará la hoja.


N°	Hoja de procesos	E. P. N.	
Chancusi D. ; Camacho C.			
Mitad 1 del Carter	Material: Aluminio	Dimensiones:	

Figura 2.19. Datos presentes en el encabezado de la hoja de proceso. [Fuente propia]

A continuación del encabezado se presentará un plano de la pieza a trabajar, en el cual nos muestra la geometría y dimensiones a las que se debe llegar, al finalizar el mecanizado.

Chancusi D. ; Camacho C.		
Mitad 1 del Carter	Material: Aluminio	Dimensiones:
<p>SECCIÓN DONDE SE UBICA LAS DIMENSIONES DEL ELEMENTO A MECANIZAR.</p>		
<small>Nota: para cada seccion utilizar carton para evitar dañar el aluminio. diámetro de la broca: 4BA=3mm; 0BA=5, 10mm</small>		

Figura 2.20. Sección donde se ubica el plano, especificando las dimensiones, el número de vistas depende de la complejidad del elemento. [Fuente propia]

En la sección de procedimiento ocuparemos como ayuda los cálculos realizados, ya que nos brinda una idea de cómo debe estar calibrada la máquina –herramienta (torno o fresadora). Por esto, en la hoja, también se sugiere el tipo de máquina a ser usada.

Con ayuda de la herramienta de corte HSS, podemos manipular su geometría, lo que nos ayuda a realizar los torneados (externos e internos) con suma facilidad, por lo que en las hojas se colocará el símbolo de la herramienta de corte rápido o HSS, en caso de necesitar otra, como la utilización de una vidia o broca, se especificará claramente en la hoja.

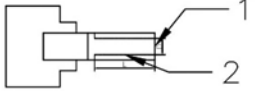
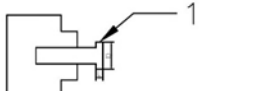
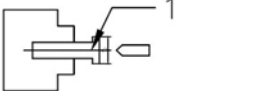
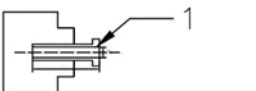
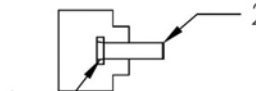
Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	190	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=1 $\frac{1}{8}$ in L=2 $\frac{1}{8}$ in		Torno	ISO 6	190	0,015	0,74
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 D=1 $\frac{1}{2}$ in L=1 $\frac{1}{8}$ in		Torno	ISO 6	166	0,015	0,03
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1 D=1 $\frac{1}{8}$ in		Taladro	Ø 1 $\frac{1}{8}$ in	407	0,007	0,77
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Cilindrar D=1in L=3 $\frac{5}{8}$ in		Torno	ISO 6	240	0,015	0,61
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Chaflanar 1-2		Torno	ISO 2	213	0,015	0,02
	5.3			Torno	ISO 2	213	0,015	0,02
	5.4							
	5.5							

Figura 2.21. En esta sección se muestra los pasos, velocidades, croquis de colocación del elemento a mecanizar. [Fuente propia]

Estas hojas nos permiten tener una guía de cómo obtener los elementos necesarios para la obtención del prototipo de motor de combustión interna, además de los elementos mencionados, también estas hojas constarán notas u observaciones, que permitan una mejor comprensión del trabajo.

Al ser muy extensa la información de las hojas de procesos, estas se encuentran en el anexo 1, de esta tesis.

2.7. Refrigeración.

Al momento de mecanizar el bloque del motor, existen dos tipos, ver la figura 2.22, de obtención final.

- Bloque refrigerado por aire.
- Bloque refrigerado por agua.

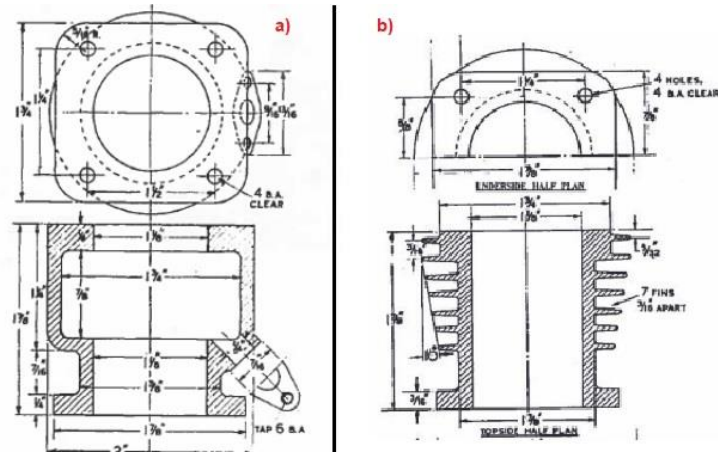


Figura 2.22. Tipos de bloques, a) bloque refrigerado por agua, b) bloque refrigerado por aire.

[25]

Por casos de estudio se optó por el bloque enfriado por aletas, debido a su fácil producción, tanto en fundición como mecanizado.

2.8. Ensamblaje y correcciones.

2.8.1. Montaje virtual de las partes mecánicas.

Aunque lo ideal es obtener elementos, en una serie continua, esto no es factible, ya que trabajamos desde cero, es decir siempre hay pequeños ajustes que corregir al intentar ensamblar. Es por esto que por medio del uso continuo de software CAD, SolidWorks, podemos visualizar como sería el modelo terminado.

Cada elemento se ajusta con respecto a su funcionamiento de manera ideal en los visualizadores CAD, así que a continuación, se muestra la forma del ensamblaje, en las figuras 2.23 y 2.24.



Figura 2.23. Prototipo de motor de combustión interna ensamblado, vista isométrica, renderizado en SolidWorks. [Fuente propia]

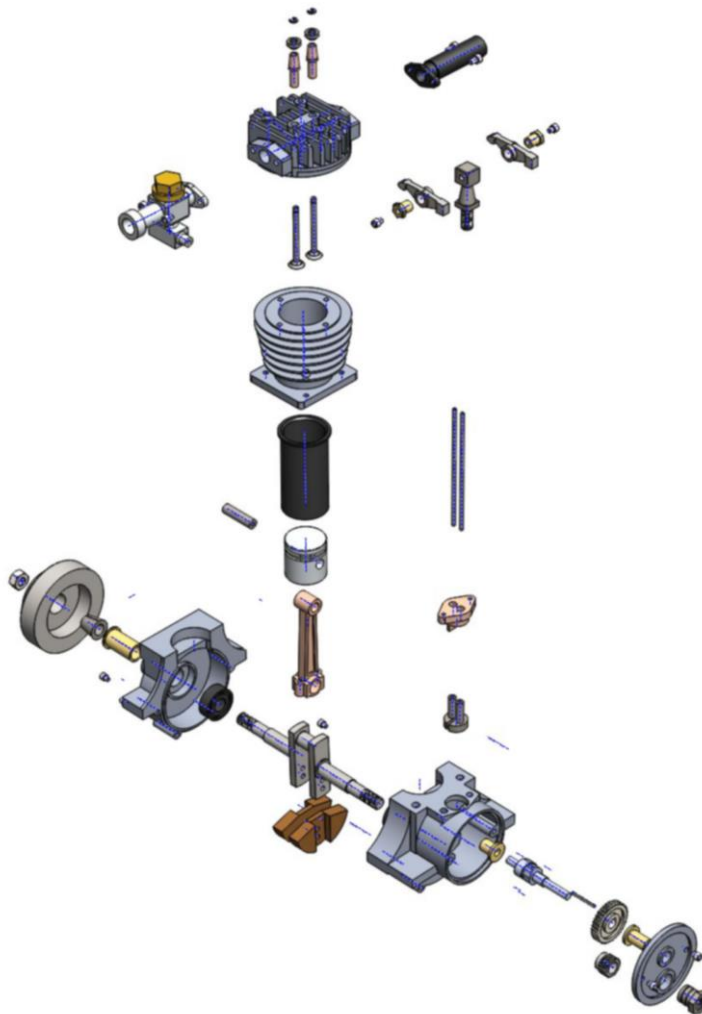


Figura 2.24. Explosionado de los componentes internos del prototipo de motor de combustión, SolidWorks. [Fuente propia]

Con ayuda de la figura 2.24, podemos tener una visión más amplia de las conexiones del prototipo, y el modo de ensamblado:

Podemos mejorar las tolerancias al momento de mecanizar, ya que ciertos elementos necesitan o dependen de otra al momento de mecanizar, debido a que es el primero en este país.

Es por esto que se tomó como ejemplo el cigüeñal y el cárter, ya que, en este caso, es necesario crear el giro adecuado, para lo cual, existieron correcciones en los acabados tanto de los bocines como en los asientos presentes en el cárter. Figura 2.25

Es así que, como base, antes de mecanizar el cigüeñal, se seleccionó el rodamiento mediante el catálogo SKF [27], con el cual, gracias a las dimensiones, el rodamiento seleccionado no afecta en el diseño principal del cárter.

El rodamiento 61900-2z, es de tipo esférico de un solo hilo, con el que se nos permite soportar tanto cargas axiales como radiales, perfecto para nuestro propósito, además que este tipo soporta altas velocidades (RPM)



Figura 2.25. Montaje del cigüeñal en el cárter, prueba de ajustes y tolerancias. [Fuente propia]

2.8.1.1. **Ensamble**

Una vez mecanizado cada uno de los elementos se comprueba que al momento de montaje los elementos encajen sin problemas.

Procederemos con los elementos del tren de transmisión, donde se comprueba:

- Giro de la biela en el cigüeñal
- Ajuste de los rodamientos en el cigüeñal
- Balance del cigüeñal al colocar las pesas.

La figura 2.26. brinda una mejor visualización del tren de transmisión obtenido:



Figura 2.26. Tren de transmisión del prototipo de motor de combustión interna. [Fuente propia]

Para comprobar el balance de pesos y concentricidad, se monta el cigüeñal sin la biela en el torno y con ayuda de un reloj comparador, medimos los extremos, controlando que el rango de error no sobrepase más allá del 0.001mm.

A continuación, se usa el cigüeñal y se monta en conjunto con los rodamientos al cárter, previamente mecanizado, cerrando el mecanismo, donde se comprueba que el cigüeñal gire sin problemas, si no existe ningún inconveniente, se desarma y se aumenta los demás elementos del tren de transmisión, donde se monta el bloque, para controlar la concentricidad entre el pistón y la camisa del bloque. Figura 2.27.



Figura 2.27. Montaje del bloque del prototipo de motor de combustión interna. [Fuente propia]

Una vez montado estos componentes, se procede a colocar el sistema de accionamiento y sincronización del sistema de distribución OHV (over head valves), en la parte del cárter, mostrada en la figura 2.28a. cómo se puede ver, en este lugar entran también los taques o propulsores, así como las levas, lo cual realizara el accionamiento de las válvulas de admisión y escape ubicadas en el cabezote, para lo que necesitamos realizar la sincronización del tren de transmisión con las levas y por ende con los tiempos respectivos de trabajo del motor, ver figura 2.28.

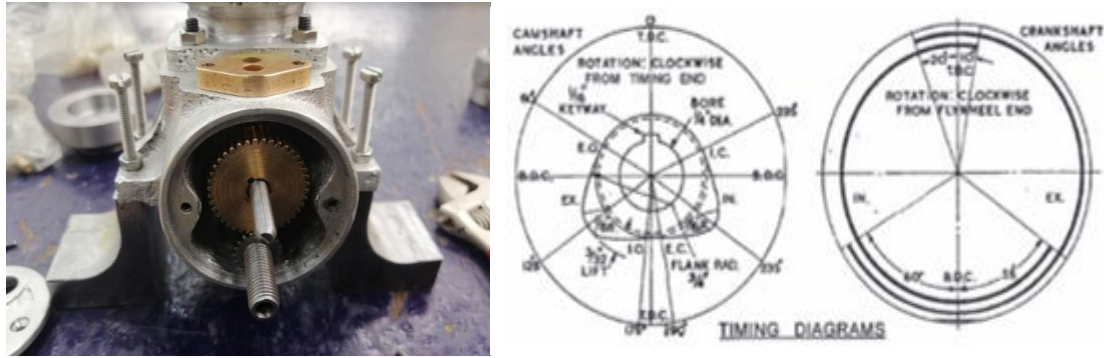


Figura 2.28. (a) Tren de transmisión, (b) sincronización de los tiempos, para el prototipo de motor de combustión interna. [33]

Antes de colocar el cabezote en el bloque, se realiza el montaje del sistema de distribución OHV (over head valves), ver figura 2.29, el cual consta de:

- Válvulas.
- Guías.
- Torre de balancines.
- Balancines.
- Y varillas.



Figura 2.29. Sistema de distribución OHV, para el prototipo de motor de combustión interna. [Fuente propia]

2.8.2. Montaje del carburador y sistema de lubricación.

2.8.2.1. Carburador.

Al iniciar con el diseño del carburador por medio de impresión 3D, nos vimos con inconvenientes, debido a que el dimensionamiento de ciertos elementos como el shiglor

o la aguja que regula la entrada de gasolina presentaron fragilidad al momento del ensamble. Por este motivo optamos en realizar varias impresiones de los elementos, y un previo ensamble para observar el comportamiento del material al estar en contacto con la gasolina.

Después de dejar el carburador en gasolina por 24 horas, el material presentó corrosiones, e incluso la apertura de grietas en el depósito de gasolina.

Para tener un carburador funcional, se adaptó el diseño del carburador de Edgar Westbury [31], usando las dimensiones de las cavidades y tomando en cuenta que el tipo de carburador sea elemental.

El carburador elemental funciona con el principio del efecto Venturi, con el cual por medio de las aspiraciones del pistón entra el aire al carburador provocando cambio de presión en el interior induciendo al combustible subir y mezclarse de manera adecuada y necesaria para el accionamiento del motor.

Las partes que conforman este tipo de carburador son: recipiente de gasolina, surtidor, mariposa, cuerpo del carburador con su respectivo Venturi.

Su montaje es muy sencillo e intuitivo, de primera mano se hace una comprobación en el ajuste de la mariposa y un control de salida de combustible por medio del surtidor de gasolina y aguja.

Para finalizar se realiza una limpieza de los componentes y se monta cada elemento hasta formar el carburador, ver figura 2.30. al igual que el resto de elementos, la hoja de procesos para este elemento se encuentra en el anexo 1.

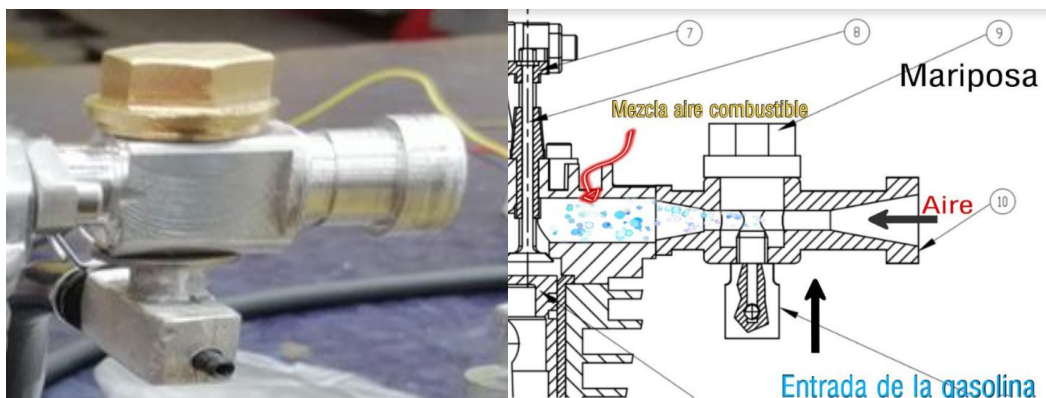


Figura 2.30. Carburador elemental, adaptado para el prototipo de motor de combustión interna. [32]

Terminado el ensamblaje del carburador, se monta en el cabezote del prototipo, asegurando un sellado hermético, donde se recomienda usar papel empaque para un mejor sellado, sin embargo, esto es opcional.

2.8.2.2. Sistema de lubricación.

El sistema de lubricación, se obtuvo por medio de impresión 3D, ver figura 2.31, cuyo funcionamiento se da por medio de goteo, la velocidad de lubricación se controla de forma manual por medio de una aguja, este sistema es sencillo, y nos brinda la suficiente cantidad de lubricante, para mantener el sistema correctamente lubricado. [33]

Sus piezas deben ser limpiadas con etanol y se las une hasta obtener el conjunto, al terminar se realiza una pequeña prueba de hermeticidad.

Una vez comprobado su funcionamiento se une por medio de manguera al cárter para que de esta manera se tenga una lubricación prolongada.



Figura 2.31. Aceitera alimentada por gravedad, para el prototipo de motor de combustión interna. [Fuente propia]

2.8.3. Montaje del sistema de encendido.

Al analizar los distintos tipos de encendido en el apartado 1.1.5. de este proyecto, así como sus respectivas ventajas y desventajas, probamos dos tipos de sistemas el cual es el encendido convencional a base de platinos y encendido electrónico tipo TZ H, los dos sistemas son buenos y cumplen su funcionalidad. Sin embargo, el encendido electrónico presenta sobre calentamiento en la placa en cortos tiempos de trabajo.

Por otro lado, el encendido convencional debido a su construcción tiene una mejor difusión de calor, aunque su calibración asume un gran esfuerzo. Sin embargo, por causa de estudios a continuación se muestra los dos sistemas, así como sus

componentes, de igual forma en la página web se puede encontrar una lista de diagramas y materiales que son en su mayoría asequibles en el país para la construcción de ambos sistemas.

Componentes usados en los sistemas de encendido.



Figura 2.32. Bobina de encendido modelo. [Fuente propia]



Figura 2.33. Bujía en miniatura. [Fuente propia]

Para el generador de pulsos se realizó un circuito en base de transistores [29], basado en un circuito de encendido por platinos, el cual se adaptó un sensor hall, para su debido funcionamiento. Ver figura 2.34.

Para conocer mejor los componentes, diagramas y construcción puede visitar la página web: <https://sites.google.com/view/motorprototipoepn2020>

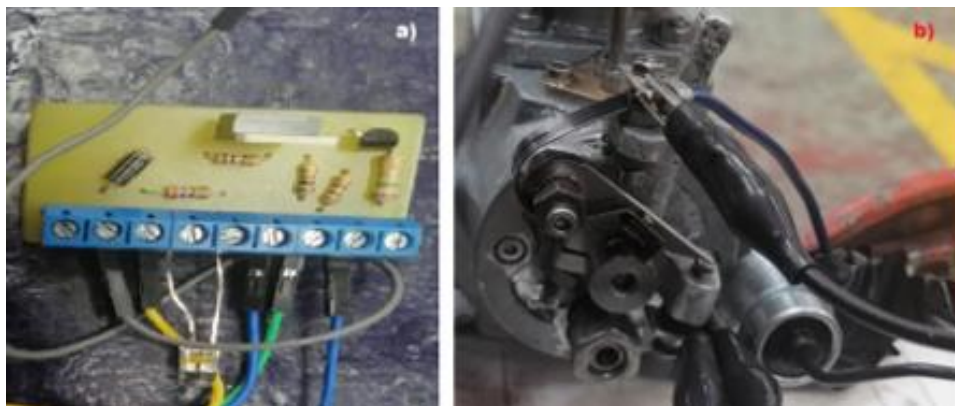


Figura 2.34. (a) Controlador de encendido transistorizado, (b) Encendido a base de platinos. [Fuente propia]

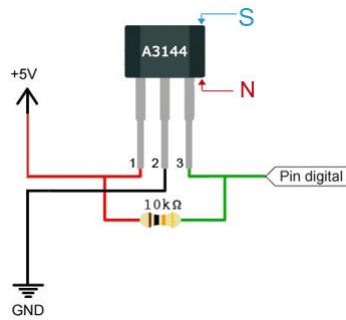


Figura 2.35. Sensor de efecto Hall, para sistema de encendido transistorizado. [29]

La bujía fue importada, por medio de la empresa MiniMag.co, quienes nos han brindado ayuda e información al momento de tomar la decisión de un sistema de encendido moderno y a su vez adecuado, para el prototipo de motor de combustión interna.

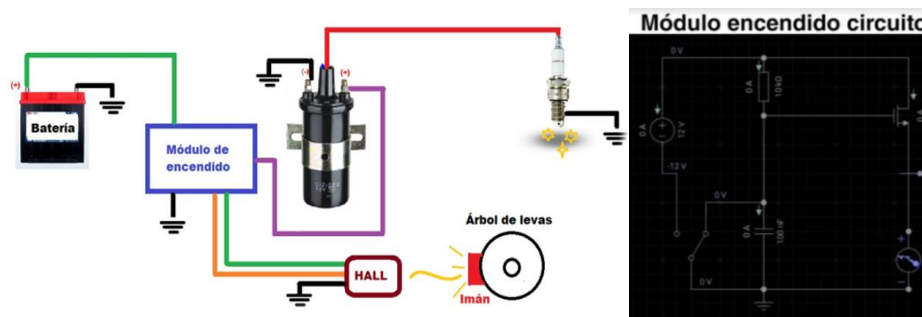


Figura 2.36. Esquema del sistema de encendido, para el prototipo de motor de combustión interna. [Fuente propia]

2.8.4. Pruebas generales.

Para finalizar, se realiza una prueba de encendido en la cual comprobamos la funcionalidad y su correcta sujeción entre piezas, ya que al funcionar las vibraciones provocan que los pernos tiendan a irse zafando debido a la escala del prototipo.

A continuación, se muestra el prototipo de motor finalizado en la figura 2.37.

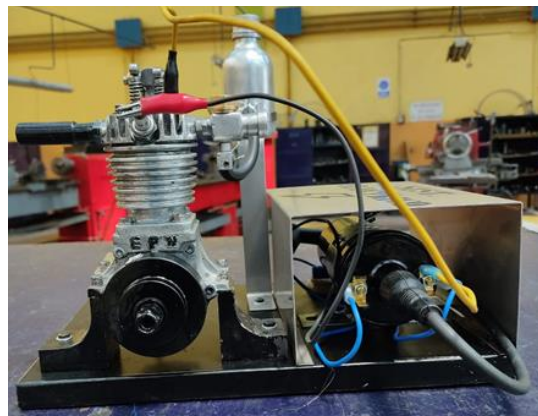


Figura 2.37. Prototipo de motor de combustión interna 4T. [Fuente propia]

Una vez armado el motor se realizó las pruebas de compresión y análisis de gases, para crear una tabla general del prototipo.

2.8.5. Cálculo de la relación de compresión del motor.

Al momento de revisar la compresión esta era muy baja, es por esto que se decidió realizar el cálculo de la relación de compresión y mejorarla, al aumentar la altura de la cabeza del pistón.

Formulas:

$$r_c = \frac{V_h + V_c}{V_c} [30] \quad \text{Ec (10)}$$

$$V_h = \frac{D^2 \text{ bloque}}{4} * \pi * S [30] \quad \text{Ec (11)}$$

Donde:

V_c = volumen de la cámara de combustión cm^3

V_h = volumen de carrera o cilindrada cm^3

S = carrera

r_c = relación de compresión

$$V_h = \frac{2.54^2}{4} * \pi * 2.86 = 14.49 \text{ cc}$$

$$r_c = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{14.49 + 3.03 \text{ cc}}{3.03 \text{ cc}} = 5,779$$

Tabla 2.8. Datos de la relación de compresión del prototipo de MCI.

Diámetro	Carrera	N° cilindros	Cilindrada total cm^3	Volumen de la cámara	Relación de compresión
25,4	28,6	1	14,48	3.03	5.8
25.4	28.6	1	14.48	1.22	12.9

2.8.6. Prueba de compresión.

Para el caso de la compresión, se adaptó un compresímetro de motores Diesel, ya que el dimensionamiento del prototipo no permite una prueba de forma normal. Para esta prueba el motor revoluciona hasta 2600 RPM, dando una compresión promedio de 367 KPA.



Figura 2.38. Resultados de la compresión. [Fuente propia]

2.8.7. Análisis de gases.

Para análisis de gases se trabajó con el motor a 2500 RPM aprox. Para este análisis se utilizó el equipo, AUTOMOTIVE EMISSION ANALYZER, modelo NGA600. Figura 2.39.

Los rangos de medición de este equipo son:

- CO: 0.00-9.99%
- CO₂: 0.00-20.0%
- Lambda: 0-2.00
- HC: 0-9999ppm
- O₂: 0.0-25.0%
- AFR: 0.0-99.0



Figura 2.39. Analizador de gases, modelo NGA6000. [Fuente propia]

A continuación, se muestra en una tabla los datos recolectados, en las pruebas.

Tabla 2.9. Datos de la prueba de compresión.

RPM	Compresión [Kpa]
2352	349
2456	366
2667	386
Promedio	367

Tabla 2.10. Datos del análisis de gases.

Análisis a	1era prueba	2da prueba	3era prueba	Promedio
2450 RPM				
CO %	0.79	0.72	0.2	0.57
HC ppm	1594	1544	986	1374.67
CO2 %	0.8	0.7	0.4	0.63
O2 %	18.11	16.95	18.86	17.97
Lambda	2	2	2	2
AFR	0.0	0.0	0.0	0.0
H/C	1.85	1.85	1.85	1.85

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los resultados nos enfocaremos en los procesos de manufactura utilizados en la construcción del motor de combustión interna mencionadas en el capítulo anterior:

Proceso de fundición:

Los mejores porcentajes para la arena de moldeo es de 2% hasta 3% de bentonita y un porcentaje de agua de 5% a 6% con respecto al peso de la arena, gracias a esto, obtenemos una arena con buena permeabilidad, elasticidad y lo más importante que sea moldeable, permitiéndonos junto al ángulo de salida del molde, tener un negativo más liso y prolijo.

De acuerdo a la simulación realizada, respecto al colado en fundición, las mejores acciones y las geometrías en los canales que más se repiten en el sistema de alimentación, es utilizar diámetros de 14mm tanto en admisión como en los respiraderos. Para que exista menor cantidad de rechupes y porosidades, la mazarota debe ser ubicada en el canal de admisión, como se pudo observar en la figura 2.9.

Las dimensiones del pistón, no permitieron obtener una fundición aceptable para mecanizar, ya que el perfil interior presento deformaciones considerables y espesores que no corresponden al elemento finalizado. Por lo que fue necesario corregir las dimensiones de la caja de noyós, produciendo una reducción en las medidas de hasta 1mm.

Los porcentajes adecuados para la creación de noyós, usados en la creación de las piezas fundidas, es resina A con un 3%, resina B con un 1.2% y catalizador a un 0.3%, con respecto a la arena, con esto se obtuvo noyós más compactos, finos y de fácil desmoldeo al finalizar la fundición.

Para el caso de la caja para la fundición del cabezote se utiliza resina con la finalidad de mantener el molde cerámico y así obtener la geometría deseada, los porcentajes más adecuados son: resina China-SQG300 3% y Catalizador-GS03 5% con respecto al peso en arena.

El primer lote obtenido, presentaron rechupes en la mayoría de las paredes del cárter, siendo necesario, mejorar la compactación de la arena, así como correcciones en el molde impreso.

El tiempo adecuado para tener un molde en arena más “seco” y evitar humedad es aproximadamente 24 horas de espera, con esto se evita la propagación de vapor interno al momento del colado, con el cual se produciría porosidades.

Los modelos impresos en 3D, tienen una fragilidad muy notable al momento del desmolde al igual que las asperezas en su superficie, por lo que es mejor recubrirlos con una fina capa de masilla plástica, mejorando su acabado superficial, así como su dureza hasta cierto punto. Con esta adición de material se mejora la superficie del molde y el desmoldeo es más fácil de realizar, sin ocupar mucho esfuerzo.

El ángulo de salida del molde, con mejor desmolde, esta entre 1° y 2° con esto agilizamos esta actividad, permitiéndonos recortar tiempos de fundición, a su vez la sobremedida se estimó 5mm. por cada medida exterior al diseño original de las piezas fundidas, con esto la contracción al enfriarse con respecto a las medidas originales, quedan con 1mm de diferencia, siendo óptimo para el espacio de trabajo para el post-mecanizado

Dos métodos fueron utilizados para la construcción del cabezote. Los métodos son los siguientes: 1) moldeado en caucho, para obtención del molde de cera y 2) fundición por molde perdido. Por esta razón, es necesario tomar en cuenta una contracción doble. Una contracción está presente al crear la matriz de caucho y otra al crear el molde cerámico. Así, el sobredimensionamiento para la matriz de caucho es de 7mm, permitiendo que el molde cerámico salga con un sobredimensionamiento de 5.5 mm. siendo adecuado para la fundición final y su post-mecanizado

Proceso de mecanizado:

Las velocidades calculadas, varían al momento de mecanizar, reduciéndose hasta 400 RPM, en la mayoría de los mecanizados de los elementos en aluminio A356, esto debido a las tolerancias de los elementos que interactúan entre sí. Por ejemplo, el cárter con respecto a los bocines.

Debido a que las piezas fundidas presentan el perfil básico de los elementos de la carcasa del motor, el tiempo de trabajo de mecanizado se reduce considerablemente. En contraste, los elementos del carburador fueron maquinados a partir de materia prima en forma de bloque por lo que los tiempos de maquinado aumentan notablemente.

La elección del rodamiento fue por medio del catálogo SKF, siendo el modelo 61900-2z el que nos permitía soportar cargas tanto axiales como radiales en presencia de altas revoluciones. Este elemento se puede considerar como la base de mecanizado del cigüeñal, ya que gracias al rodamiento podemos tener las tolerancias adecuadas, para el correcto mecanizado y por ende el funcionamiento del motor.

Uno de los problemas más comunes en el mecanizado fue mantener la concentricidad, siendo el cárter junto con el cigüeñal, unos de los más complicados de mecanizar, ya

que se debió trabajar con elementos en conjunto (cárter 1, cárter 2, y cigüeñal), retrasando el mecanizado de los demás elementos.

El cigüeñal de por si es complejo, debido al trabajo que realiza, y esta complejidad aumenta al momento de mecanizar debido a su dimensionamiento, es por esto que, al comprobar su concentricidad, se obtuvo una variación de 0.001mm. este valor es adecuado y se aprueba la parte para continuar con el resto de elementos.

El bronce fosfórico gracias a sus características, es idóneo para la creación de bielas y guía de válvulas, ya que su desgaste se dará principalmente en este elemento y no en sus acoplamientos como son las válvulas de admisión y escape, así como el cigüeñal. Sin embargo, esto es conveniente para motores de bajas escalas ya que con motores de grandes dimensiones la biela es fabricada en hierro (por fundición o por forjado), debido a que los esfuerzos mecánicos (tracción, compresión, flexión) que debe soportar son altos.

La mayoría de elementos mecanizados, presentan un grado de dificultad por la escala del prototipo, es por esto, que se usó materia prima en forma de barras de diámetros cercanos a las medidas finales, para los ejes y bocines. Esto provoca una gran reducción en el tiempo de trabajo.

Una manera idónea de agilizar el mecanizado en piezas complejas es la creación de croquis con escala 1:1, con esto podemos seguir el perfil por medio de la máquina herramienta y tener un elemento con las dimensiones requeridas, esto fue usado en la obtención de balancines y levas.

Para la obtención de rines, se considera un espaciado de corte de 0.5mm dado por la hoja de la sierra, esto se toma en cuenta debido a la creación de la circunferencia con diámetro aproximado a la medida de la camisa del bloque, para poder mecanizarlo y por medio de la elasticidad este retorne con una forma de acuerdo a lo especificado en el plano con una holgura la cual se nos permite corregir si es necesario, la dimensión adecuada de holgura es de 0.1 mm.

Proceso de ensamble:

Una condición que notamos al momento de ensamblar, debido a que es el primer prototipo de motor de combustión interna, fue que el ensamble va de la mano con el mecanizado, ya que se debe controlar las tolerancias y ajustes para la correcta sujeción y funcionamiento del prototipo.

En el ensamblaje, es donde damos los últimos arreglos de calibración para el correcto funcionamiento del motor, para esto citaremos las tolerancias en elementos importantes como lo son rines y balancines. La separación en los rines para una mejor compresión en el bloque motor es de 0.001mm y la separación entre balancines y válvulas es de 0.2 mm.

Al faltar hermeticidad entre el cárter y el bloque, se optó por colocar empaques entre componentes, mejorando de esta manera no solo la hermeticidad si no también la compresión en la cámara de combustión.

En el ensamble del cabezote se obtuvo fugas por parte de las válvulas, siendo necesario realizar un asentamiento de válvulas, así como la comprobación del trabajo de los resortes, viéndonos en la necesidad de variar el diámetro de los resortes, ya que estos no permitían el correcto impulso de retorno de las válvulas provocando nuevas fugas.

En el apartado de encendido, se probó dos sistemas, intentando obtener un encendido convencional al principio. Sin embargo, se tenía fugas de corrientes en los platinos, provocando que la chispa sea muy pobre y por ende el encendido se daba en ciertos intervalos. Por este motivo se opta por un encendido transistorizado con sensor de efecto hall, esto ayudo a que la sincronización se simplifique y la chispa se de en el momento idóneo.

Al estar ensamblado el prototipo de motor de combustión interna, durante la prueba de compresión, el prototipo presenta una compresión promedio de 367 [Kpa] a 2300 RPM, siendo adecuada para una buena combustión y cuyo valor de RPM estuvo presente de igual manera al encender el motor en ralentí.

La altura de la cabeza del pistón no permitía una buena compresión, debido a esto el elemento se configuró con una altura excedida en 2mm con respecto a la medida original, con esta variación el cilindraje del motor es de 14.48 cc, manteniendo el valor de la carrera en 28.6 mm

Debido al rediseño de la altura del pistón, provoco una disminución en el volumen de la cámara de combustión de 3.03 cc a 1.22 cc, aumentando la relación de compresión pasando de un 5.8:1 a un 12.9:1.

4. CONCLUSIONES

Todos los objetivos descritos fueron cumplido a cabalidad para la construcción del prototipo de motor de combustión interna, dentro de las instalaciones de la Escuela Politécnica Nacional.

Dentro de la investigación, fue de gran utilidad la información de trabajos previos desarrollados con respecto al tema. Entre los que se destacan “El estudio de una aleación liviana para la fabricación de un bloque de motor de combustión interna de dos tiempos”, cuyas bases sirvieron para la adaptación de esta aleación, para la posible producción de prototipos de motores de combustión interna.

Como resultados del prototipo de motor de combustión interna en funcionamiento tiene 2230 rpm en ralentí, con una relación de compresión de 12.9:1.

El uso o la combinación de dos procesos de manufactura, reducen los tiempos de trabajo ya que gracias a la manufactura aditiva obtenemos los moldes con mayor facilidad y un dimensionamiento más exacto, a comparación de métodos más usuales. Esto permite que el tiempo de preparación pre fundición también sea afectado, viéndose reducido.

Para piezas complejas, como el cabezote, el método de cera perdida es relativamente útil debido a que se obtienen elementos fundidos con buenos acabados y dimensionamientos con variaciones mínimas con respecto a lo deseado.

El diseño y cálculos de mazarotas, es fundamental para que las piezas fundidas presenten la menor cantidad de rechupes, así como los correctos porcentajes en las resinas para la creación de noyós, ya que estos deben tener una superficie lo más lisa posible y que su estructura después de la fundición sean fáciles de destruir.

Con respecto al mecanizado, aunque posible calcular las velocidades de las máquinas herramientas, están pueden variar, ya que al momento de dar tolerancias y ajustes se debe tener mayor cuidado debido al dimensionamiento y escala de ciertos elementos, ejemplo válvulas de admisión y escape. Algunas de estas correcciones las debe dar un operario experimentado en procesos de maquinado.

Para un correcto funcionamiento se debe tener tolerancias adecuadas, como se mostró en la sección de resultados, la calibración con mayor importancia se da en la separación de los rines del pistón, en la separación entre balancines y cabezas de válvulas, siendo esta variada por la longitud de las varillas propulsoras. De igual forma otra calibración importante es la sincronización de tiempos de trabajo del motor (admisión, compresión, explosión, y escape), dada por el árbol de levas y el tren de engranajes.

La mejor opción de sistema de encendido es el transistorizado ya que gracias a su diseño, se activa cuando el sensor hall capta el campo magnético ubicado en el árbol de levas, al momento que el pistón se encuentra en el PMS (tiempo de compresión).

El trabajo de funcionamiento del motor es corto, debido a que existe un sobrecalentamiento, debido a que el sistema de enfriamiento en el bloque es por aire y al estar el motor estacionario, no recibe el suficiente viento para que se disipe de mejor manera el calor del bloque del prototipo. Una alternativa es modificar a un sistema refrigerado por agua o generar alguna corriente de aire frío que simule el funcionamiento normal de este tipo de motores.

La construcción del motor se considera como un macroproceso, en el cual, en conjunto con los subprocesos de manufactura aditiva, fundición y mecanizado, la mejor manera de controlar su desarrollo sería por medio de la técnica “snakes and ladders”, debido a que esto permite visualizar cada etapa de la construcción iniciando desde la materia prima, pasando por el conjunto de procesos y finalizando con una salida “producto” con un agregado económico extra.

La aplicación de este prototipo está en el modelaje a escala tanto en diseño de barcos como autos de control remoto RC a explosión, además que si se continua con el estudio y mejoramiento en específico el carburador, se puede adaptar para formar parte de bombas de agua domésticas, siempre y cuando se mejore el nivel de gases.

Para finalizar hemos concluido, que el Ecuador, tiene gente capaz y materiales con los cuales podemos crear industrias propias y de cierta forma salir de la necesidad de depender de industrias exteriores, para la obtención de productos netamente ecuatorianos

5. RECOMENDACIONES

Para obtener una mejor concetricidad al momento de mecanizar el cárter, es necesario crear un eje con el diámetro del cigüeñal y con una longitud que permita el acoplamiento de las dos partes del cárter, para sus trabajos posteriores, de esta manera mantendremos la concetricidad, mientras se realiza dichos trabajos.

Para una mejor relación de posiciones de perforaciones, en el cabezote, se recomienda usar una matriz con la cual, al sujetarse al cabezote, se facilita en gran medida los trabajos de mecanizado tanto en la fresadora como en el torno.

Es recomendable trabajar el bloque con el cárter armado en el aspecto de concetricidad, previo a la colocación de la camisa de hierro fundido, esto evitara que haya desplazamientos entre estos elementos en posteriores trabajos a realizar (mecanizar o realización de perforaciones para sujeción.)

Es recomendable crear ciertos elementos, como extensiones para brocas, ya que, debido a la escala, es complicada la manipulación (en ciertos casos) al momento de realizar perforaciones, como es el caso del cigüeñal que, debido a su geometría, es incómodo realizar las perforaciones para la lubricación. Otro elemento útil es un adaptador para las válvulas, el cual permita una sujeción y una fácil manipulación para realizar el trabajo de asentamiento de válvulas.

Para la obtención de ciertos elementos como: balancines, levas, guía de propulsores, se recomienda usar plantillas, ya pueden ser estas impresas o hechas en laminas con anterioridad, con esto logramos tener una mayor visualización al momento de obtener su geometría, sin olvidar que se debe tener un control de medidas constantemente.

Para el caso del depósito de gasolina se recomienda que tenga una distancia aproximada de 15 [mm] sobre la entrada al carburador con esto mantenemos un nivel de gasolina sin excedente y por ende una alimentación continua, esta recomendación es útil si el carburador usado es el propuesto en esta tesis.

Para el caso de los rines se recomienda seguir lo descrito en la hoja de procesos, ya que de esta manera obtenemos rines con una holgura cuya dimensión se logra solo con una pequeña pulida entre sus caras, además que su concetricidad con respecto al bloque del motor es muy buena, dándonos una buena compresión en la cámara de combustión.

En el caso de usar empaques en las uniones estas no deben sobrepasar el espesor 0.2 mm, debido a que al ser de mayor espesor el ensamblaje se torna complicado presentándose una baja de presión en la cámara de combustión, así como atascamiento en el tren de transmisión.

Se recomienda siempre mantener lubricado el tren de transmisión al igual que los propulsores y varillas, con el fin de evitar el desgaste y en una pequeña parte disipar el calor en esa parte del motor.

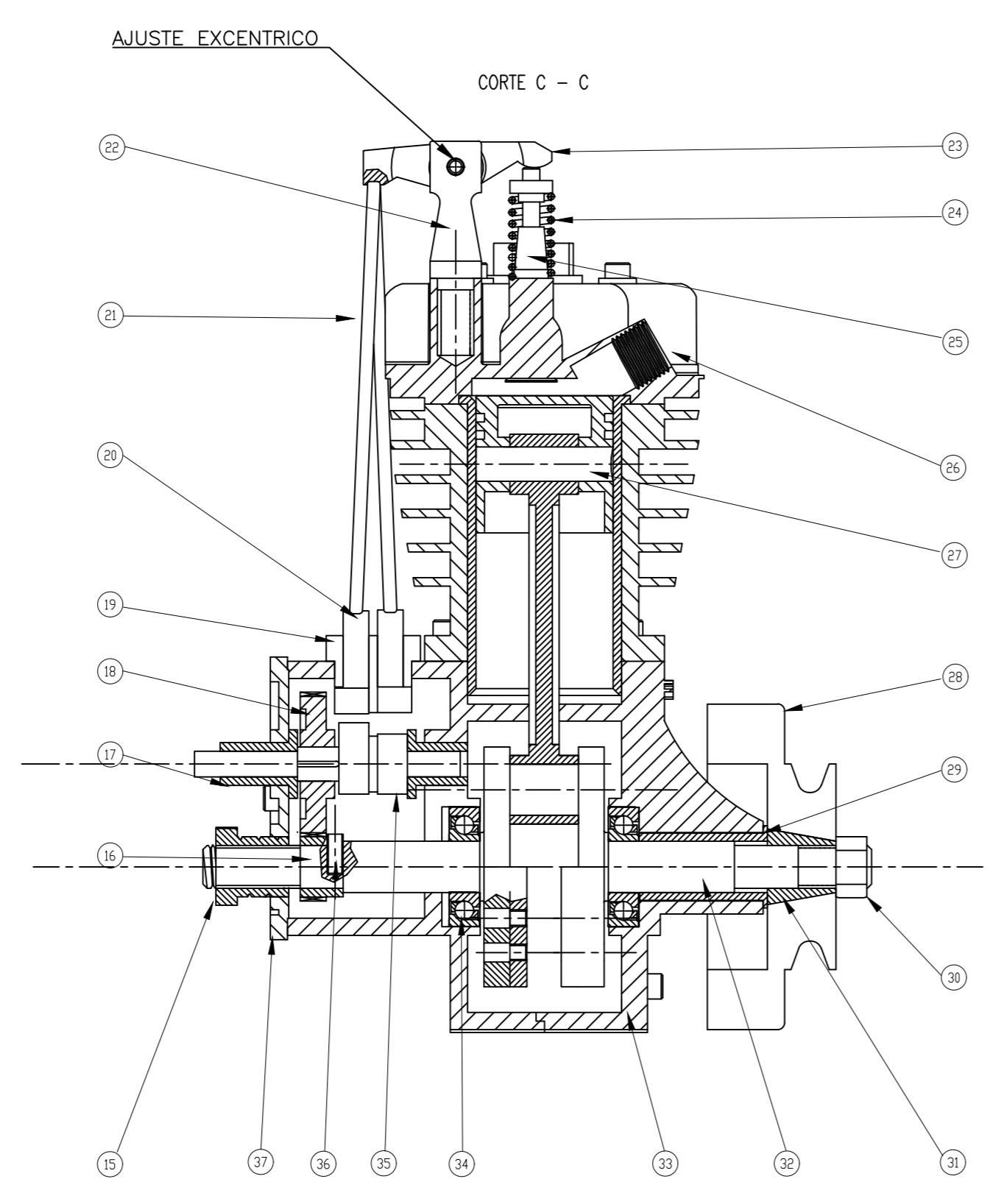
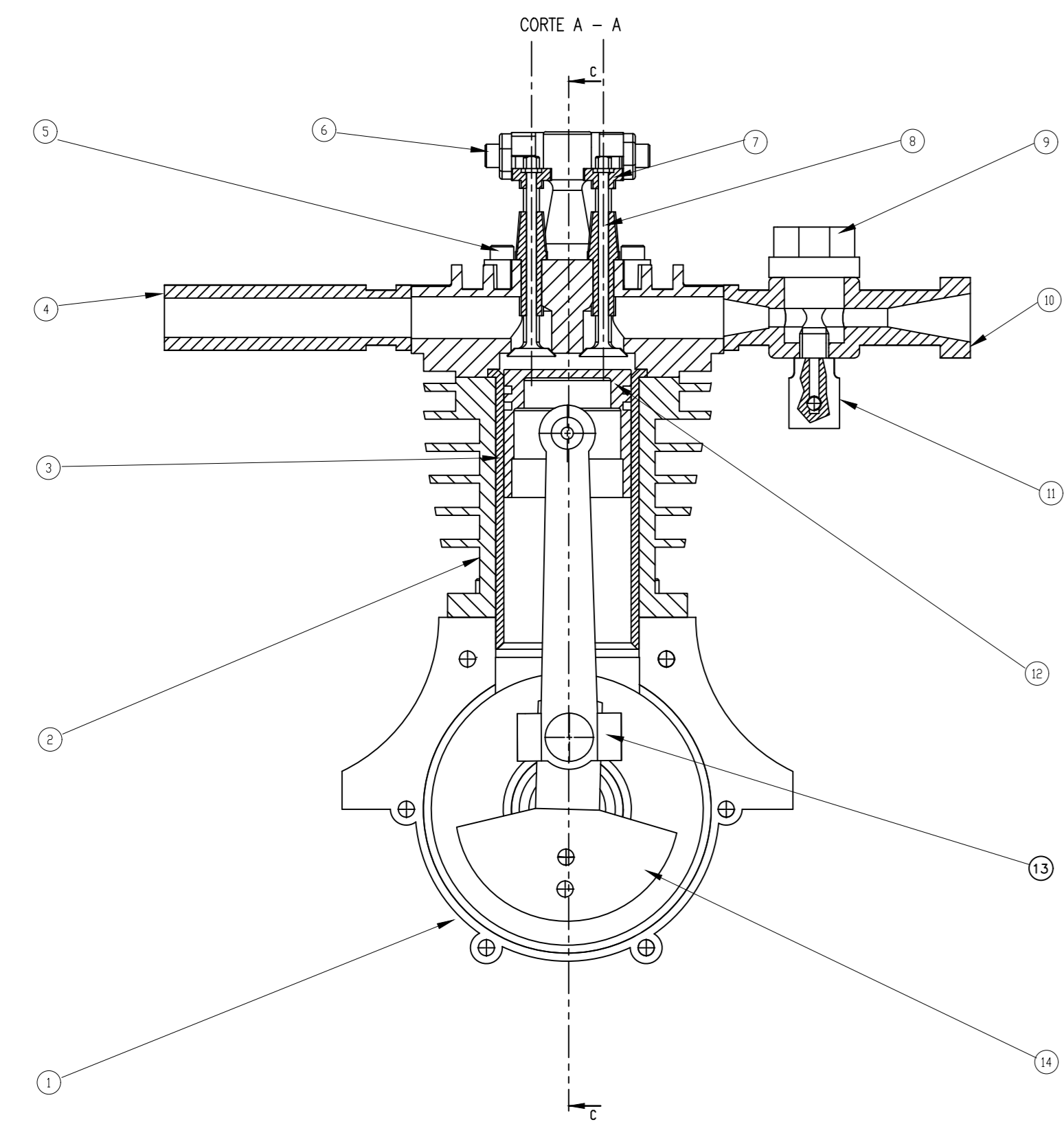
Se recomienda realizar pruebas de fujas en el cabezote una vez terminado de mecanizarlo. Al ensamblar el cabezote al resto del motor se debe realizar la prueba de compresión, ya que, aunque se tenga un sellado sin conectar las varillas propulsoras a los balancines, esto puede cambiar al momento de conectar las varillas, provocando una apertura y cierre de válvulas deficientes. Para solucionar este problema se recomienda la holgura entre balancines y cabezas de válvulas de 0.2 [mm].

Referencias Bibliográficas

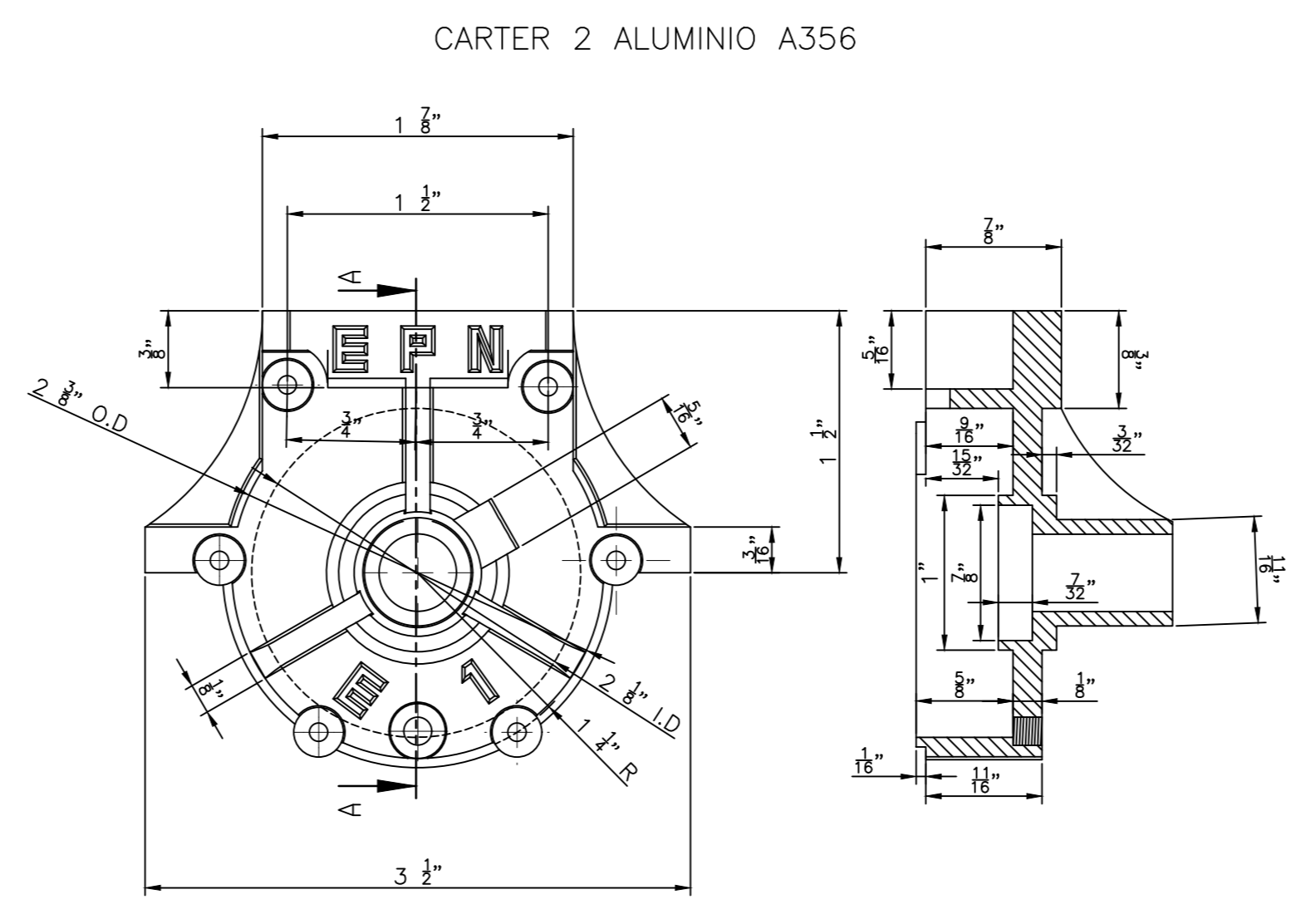
- [1] A. Martínez, "Motores de combustión interna", E.D. IES Baix Montseny, 2007.
- [2] S. Escudero, J. González, "Motores", MACMILLAN, pdf.
- [3] Bosch, "Sistema de encendido", Catalogo, 2016.
- [4] <http://siselectronico.blogspot.com/p/sistemas-electronicos-controlados.html>
- [5] <https://autoytecnica.com/amp/encendido-electronico-dis-integral/>
- [6] <https://autoytecnica.com/amp/encendido-transistorizado-sin-contactos/>
- [7] <https://autoytecnica.com/funcionamiento-del-encendido-electronico-integral/>
- [8] <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/02/impresion-3d.html>
- [9] Red Gipuzkoa, "Fabricación aditiva", Foru Aldundia.
- [10] J. Cangas and E. Valverde, "Estudio del proceso de solidificación en fundición de aluminio para brazos del sistema de freno de un ascensor, mediante elementos finitos.", Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [11] R. Chávez and S. Reinoso, "Análisis de calidad para piezas fundidas de aluminio mediante ensayo radiográfico de rayos X", Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [12] J. Charco. "Fabricación de un prototipo de block de motor de combustión interna de dos tiempos por manufactura aditiva con una aleación aluminio al silicio.", Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [13] M. P. Groover and M. P. Groover, "Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas", 2007.
- [14] S. Kalpakjian and SR. Schmid, "Manufactura, Ingeniería y tecnología", Quinta edición, Pearson Educación, México, 2008.
- [15] J. Calaguillín and P. Lema, "Estudio y obtención de una aleación liviana para la fabricación de un bloque de motor de combustión interna de dos tiempos.", Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- [16] F. Pando and C. Zapatan, "Análisis del proceso de fundición de aluminio y propuestas de mejoras en la eficiencia de producción de bases dentadas en empresa press forja S.A", Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, 2012.
- [17] E. Maffia, "Aluminio y aleaciones*", Universidad Nacional de la Plata, 2013.
- [18] W. Pancho, "Estudio del efecto del hierro en las propiedades mecánicas de una aleación de aluminio-silicio (A356).", Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [19] F. Millan. "Fabricacion y caracterización de aleación de aluminio reciclado con adición de silicio particulado.", Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [20] ASTM, "ASTM B108 Standard Specification for aluminium-Alloy Permanect Mold Casting," Annual book of ASTM standards, vol. 1. 1999

- [21] A.I. Handbook, "Properties and selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials," ASM Metals Handbook, 1990.
- [22] N. Titov and A. Stepanov, "tecnología del proceso de fundición", E.D. Mir Moscú.
- [23] C. Castro, "Construcción de un molde metálico (Coquilla) con noyó para la fundición de aleaciones de aluminio", Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [24] S. Krar and A. Check, "Tecnología de las máquinas-herramienta", Quinta Edición, 2005.
- [25] Edgar T. Westbury, "Model Petrol Engines" 1943.
- [26] Incropera P. and Sewitt D., "Transferencia de calor", Cuarta Edición, 1999.
- [27] SKF, "Catalogo de rodamientos", grupo skf, 2019
- [28] DIPAC, productos de acero Catalogo, dipacmanta.com
- [29] J.E. howell model engine plans, Model engine ignition. www.model-engine-ignition.com
- [30] Escudero S., y otros, "Motores", MACMILLA Profesional.
- [31] Edgar T. Westbury, "Model Petrol Engines", Segunda Reimpresión, 1992
- [32] Edgar T. Westbury, Petrol Engine Topics "A general purpose 15 cc. Four-Stroke Engine, 1935
- [33] Nexus Plans Service, "KIWI MK II by E. T. Westbury"
- [34] Cervantes J. y otros, "Física del funcionamiento de un motor real", 2005.
- [35] <https://es.dreamstime.com/reciclaje-del-primer-de-los-motores-coche-image108610280>

Anexos

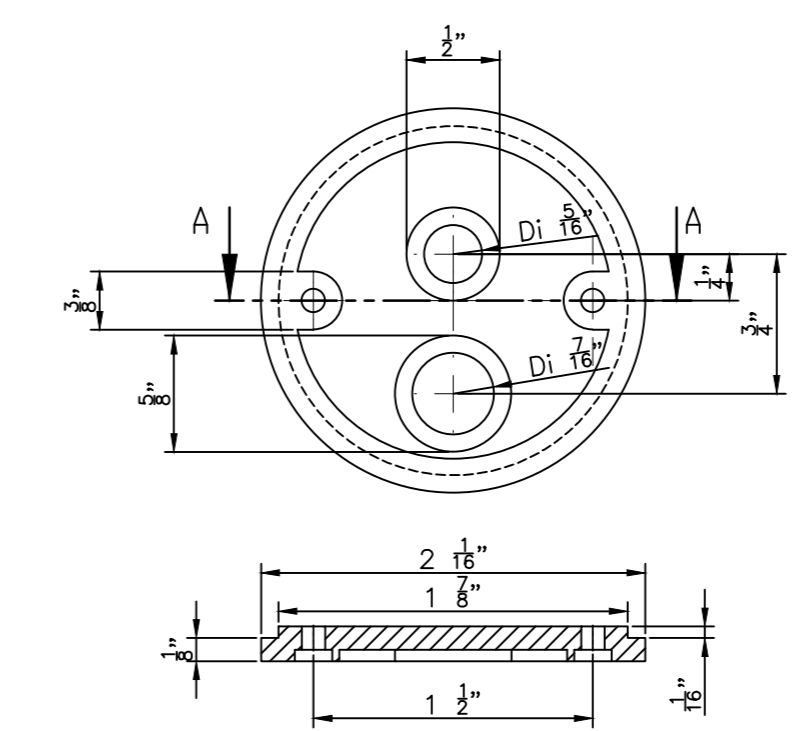


PISTÓN ALUMINIO A356
ESCALA 2:1



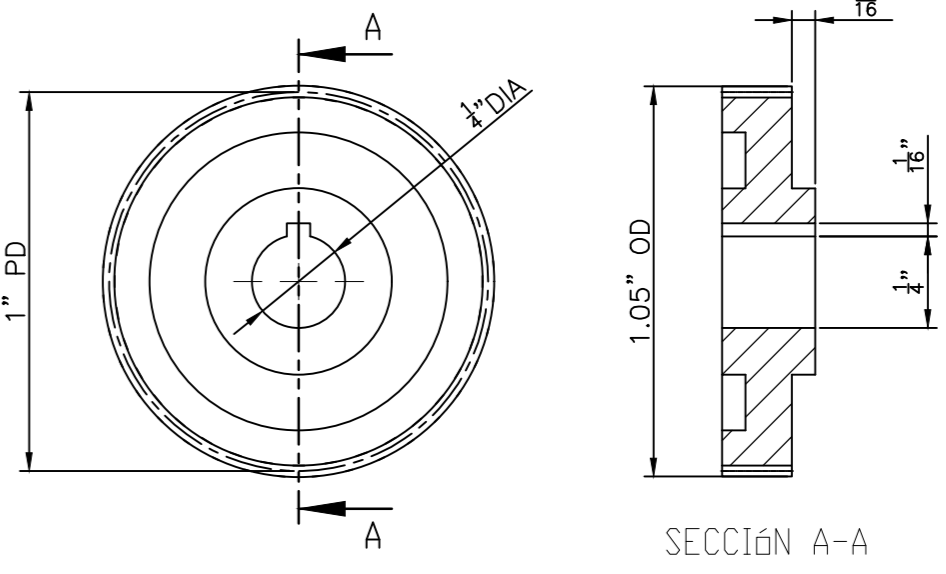
CARTER 2 ALUMINIO A356

TAPA DEL CARTER 1 ALUMINIO A356

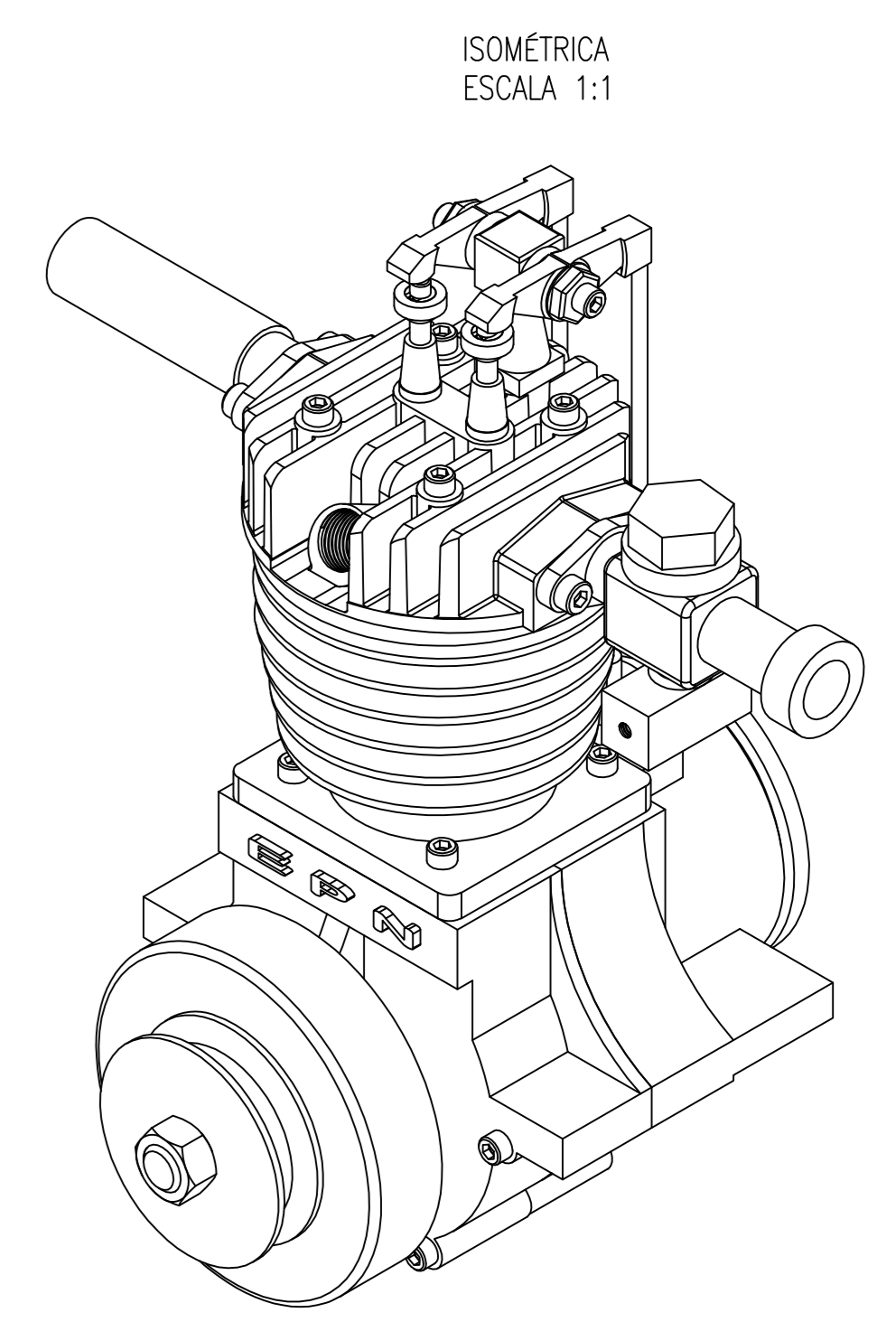


SECCIÓN A-A

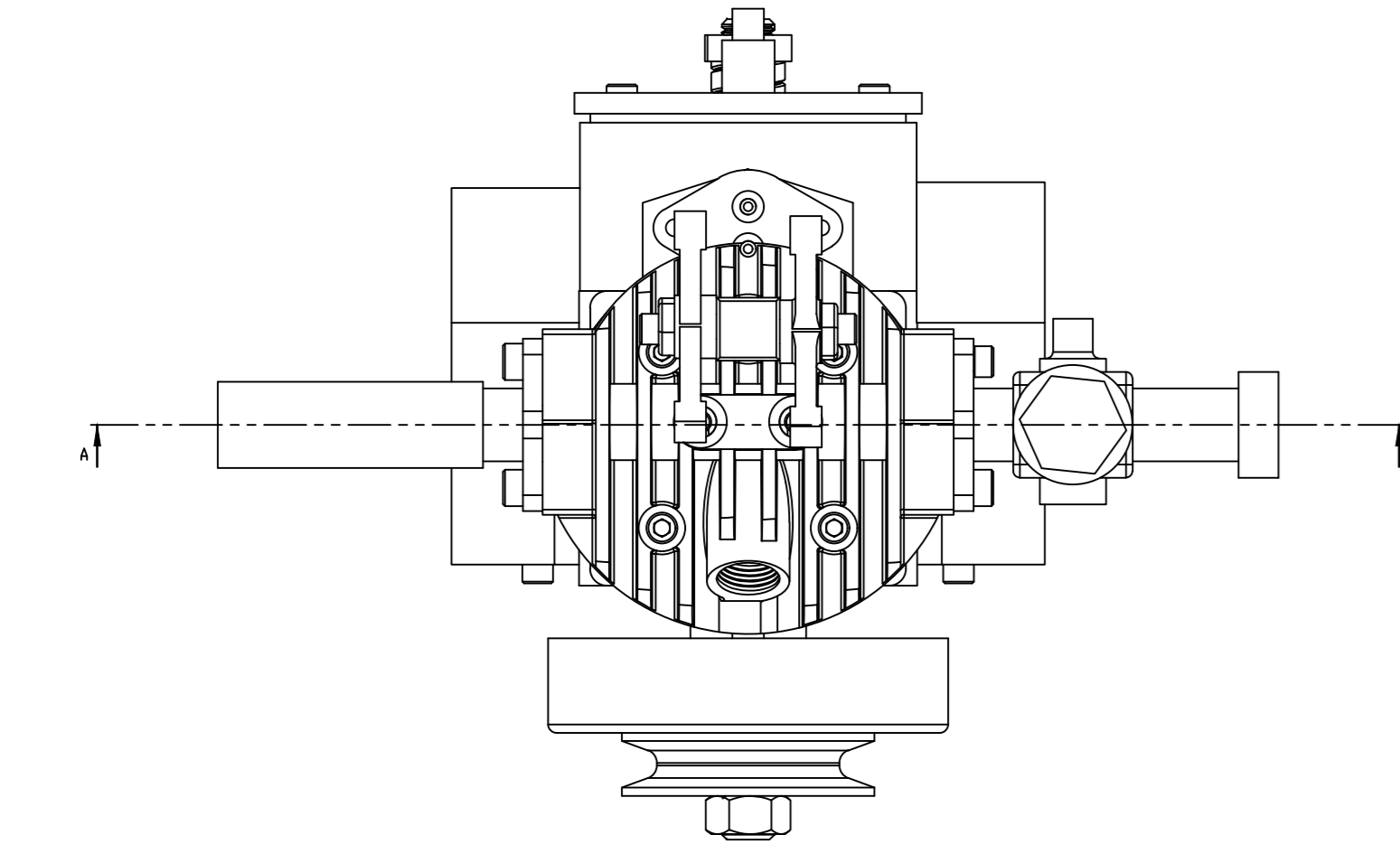
PIÑÓN ÁRBOL DE LEVAS BRONCE DULCE
ESCALA 2:1



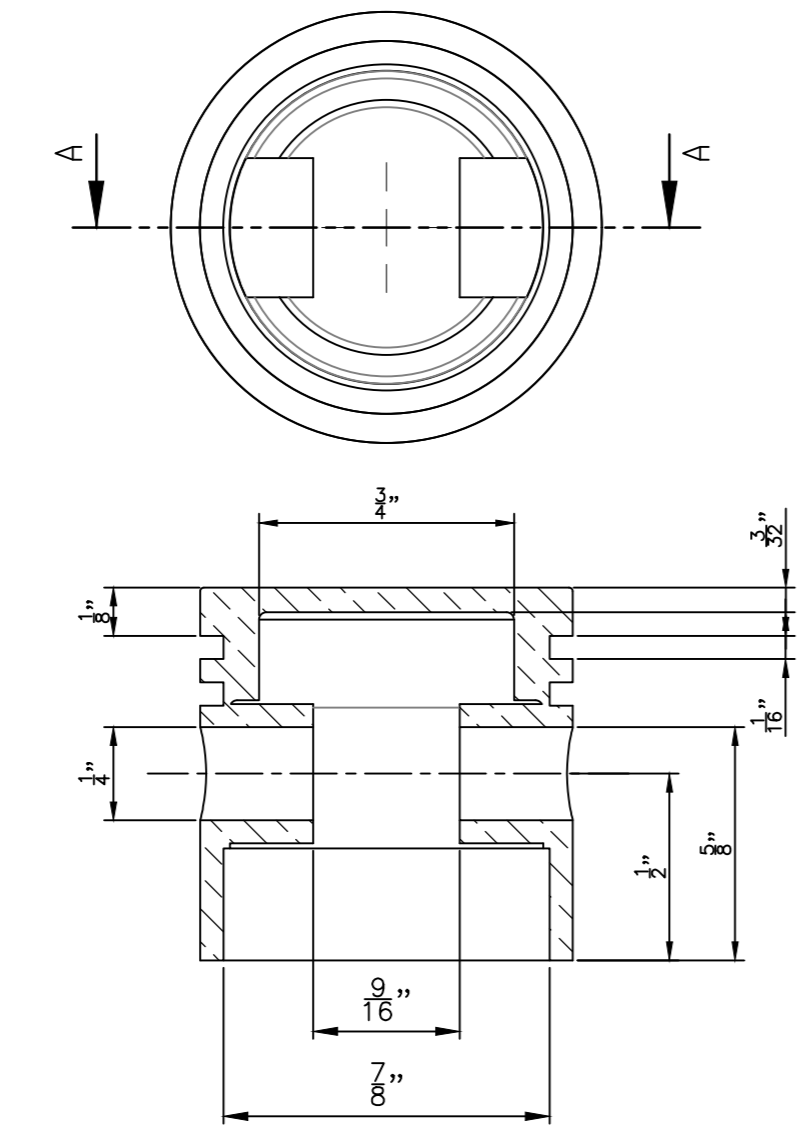
SECCIÓN A-A



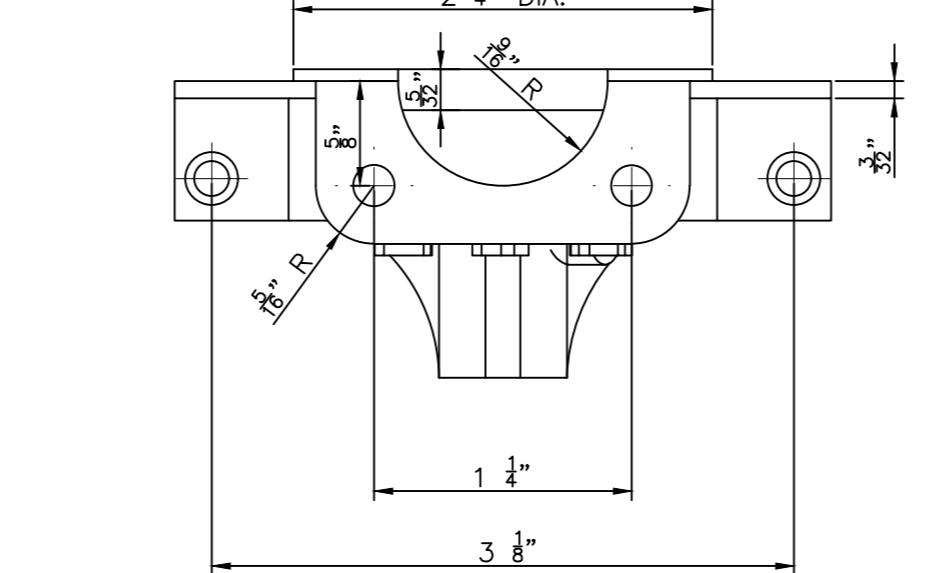
ISOMÉTRICA
ESCALA 1:1



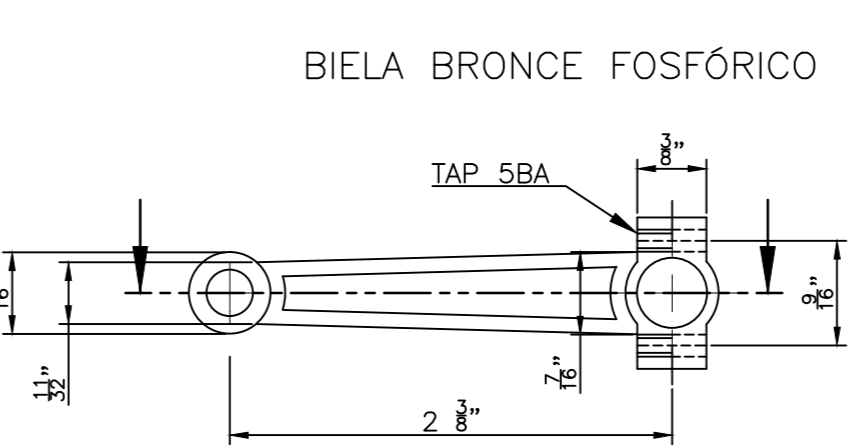
CARTER 1 ALUMINIO A356



BLOQUE MOTOR ALUMINIO A356



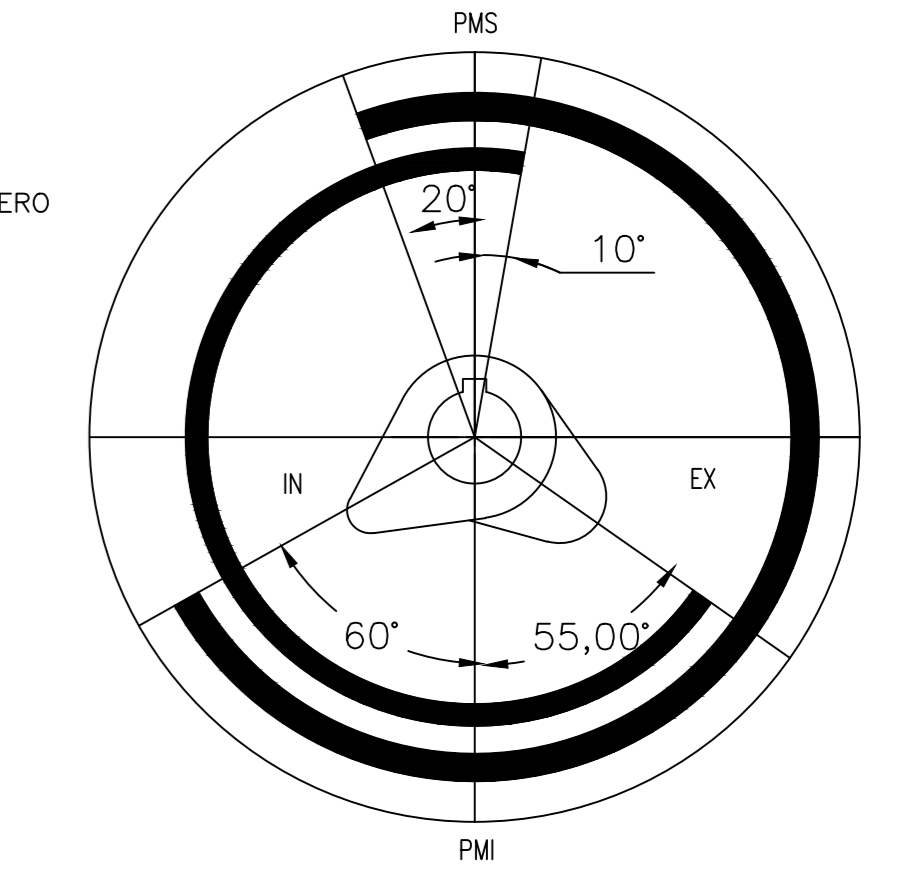
BULON DE PISTÓN ACERO SAE 1020
ESCALA 2:1



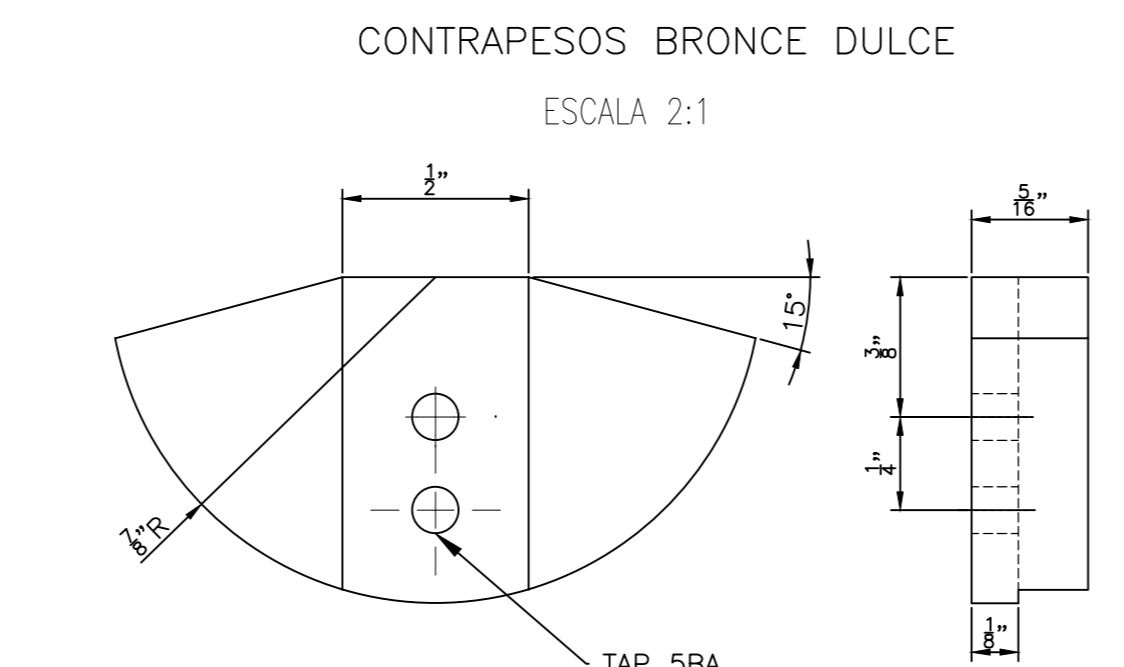
BIELA BRONCE FOSFÓRICO



DIAGRAMA DE TIEMPOS
GIRO DEL VOLANTE EN EL SENTIDO DE LAS AGUJAS DEL RELOJ

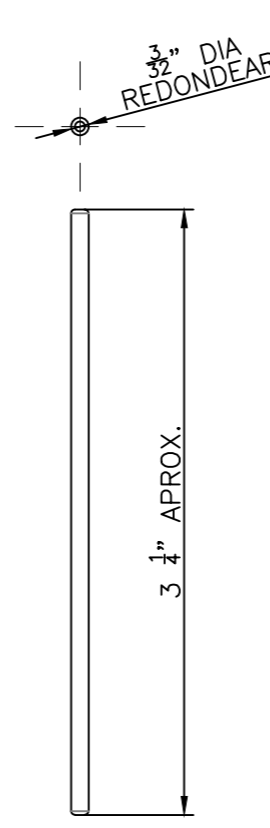


BALANCIENES ACERO SAE1020
ESCALA 2:1

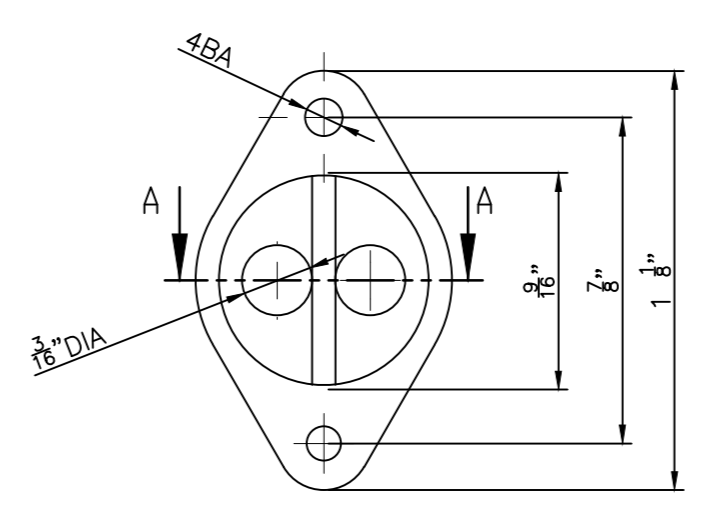


CONTRAPESOS BRONCE DULCE
ESCALA 2:1

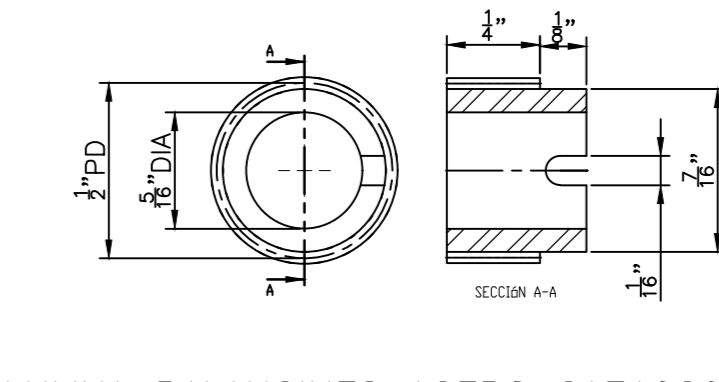
VARILLAS ACERO SAE1020
ESCALA 2:1



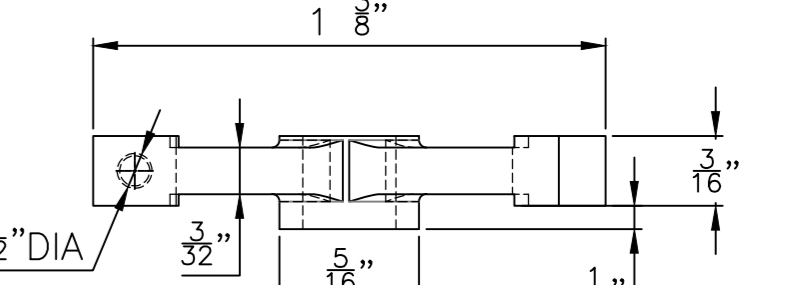
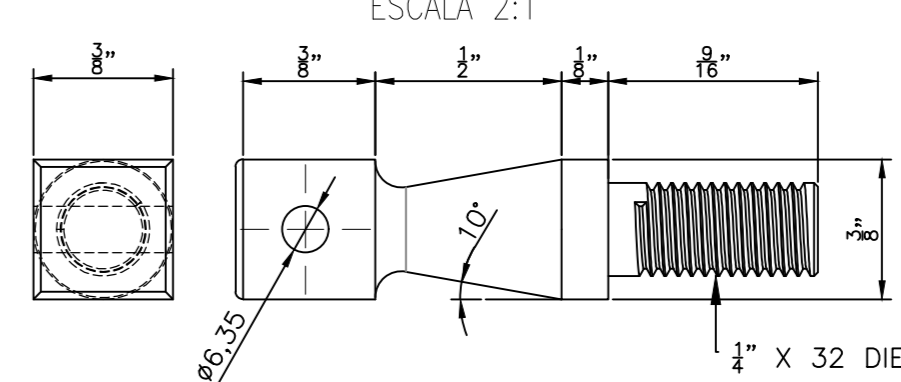
GUIA DE PROPULSORES BRONCE DULCE
ESCALA 2:1



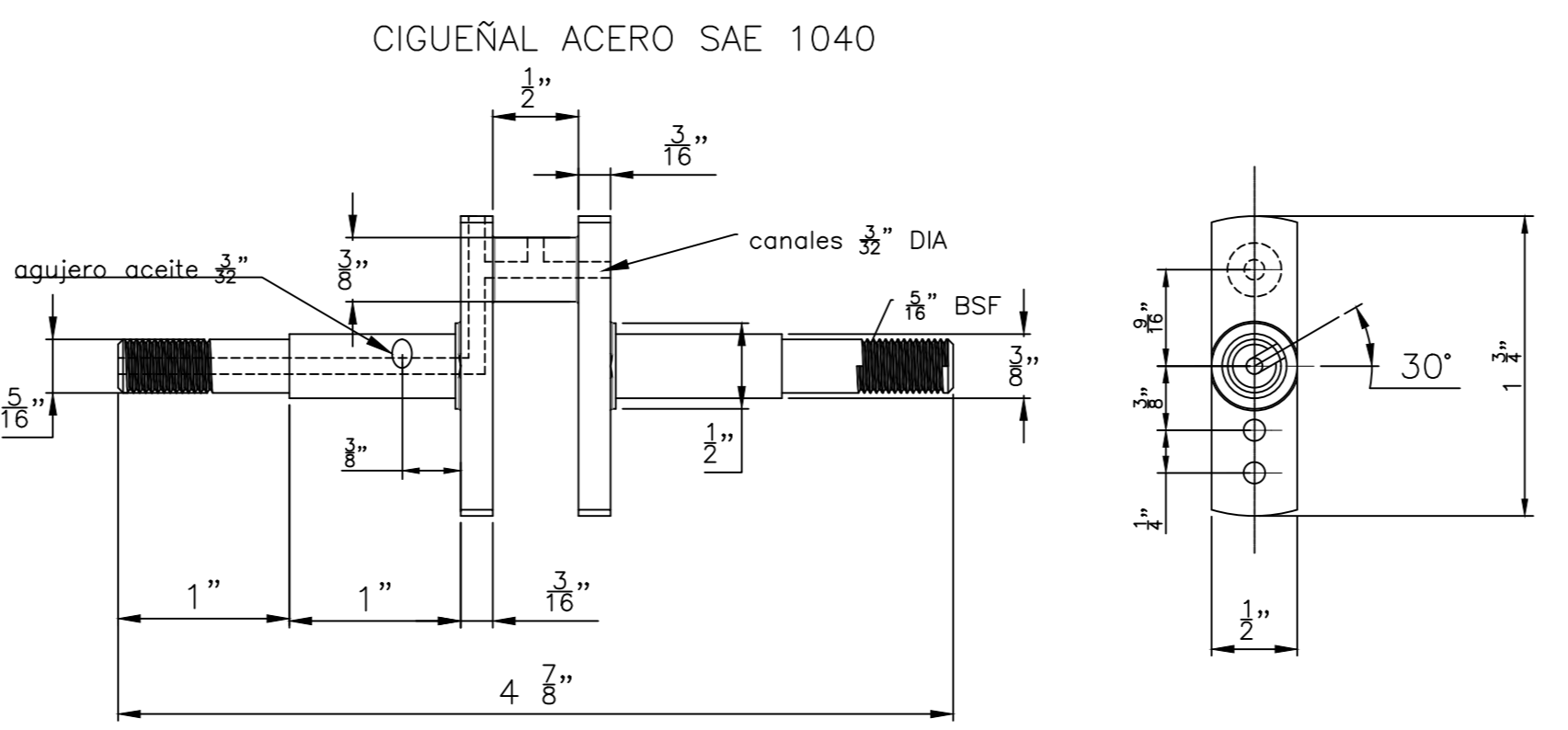
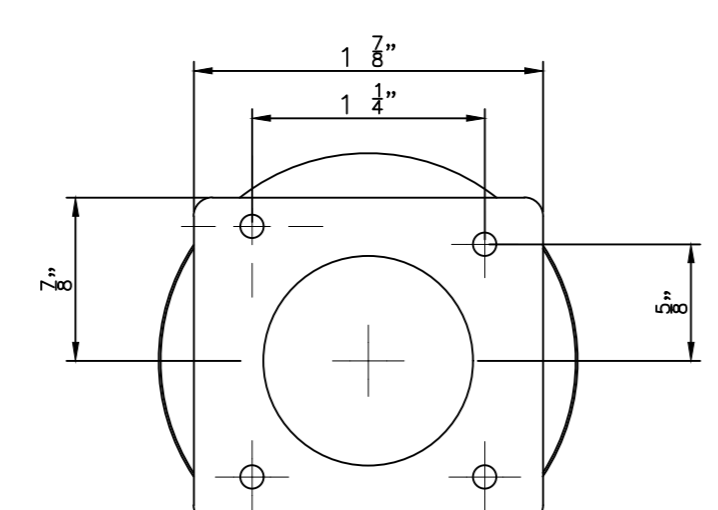
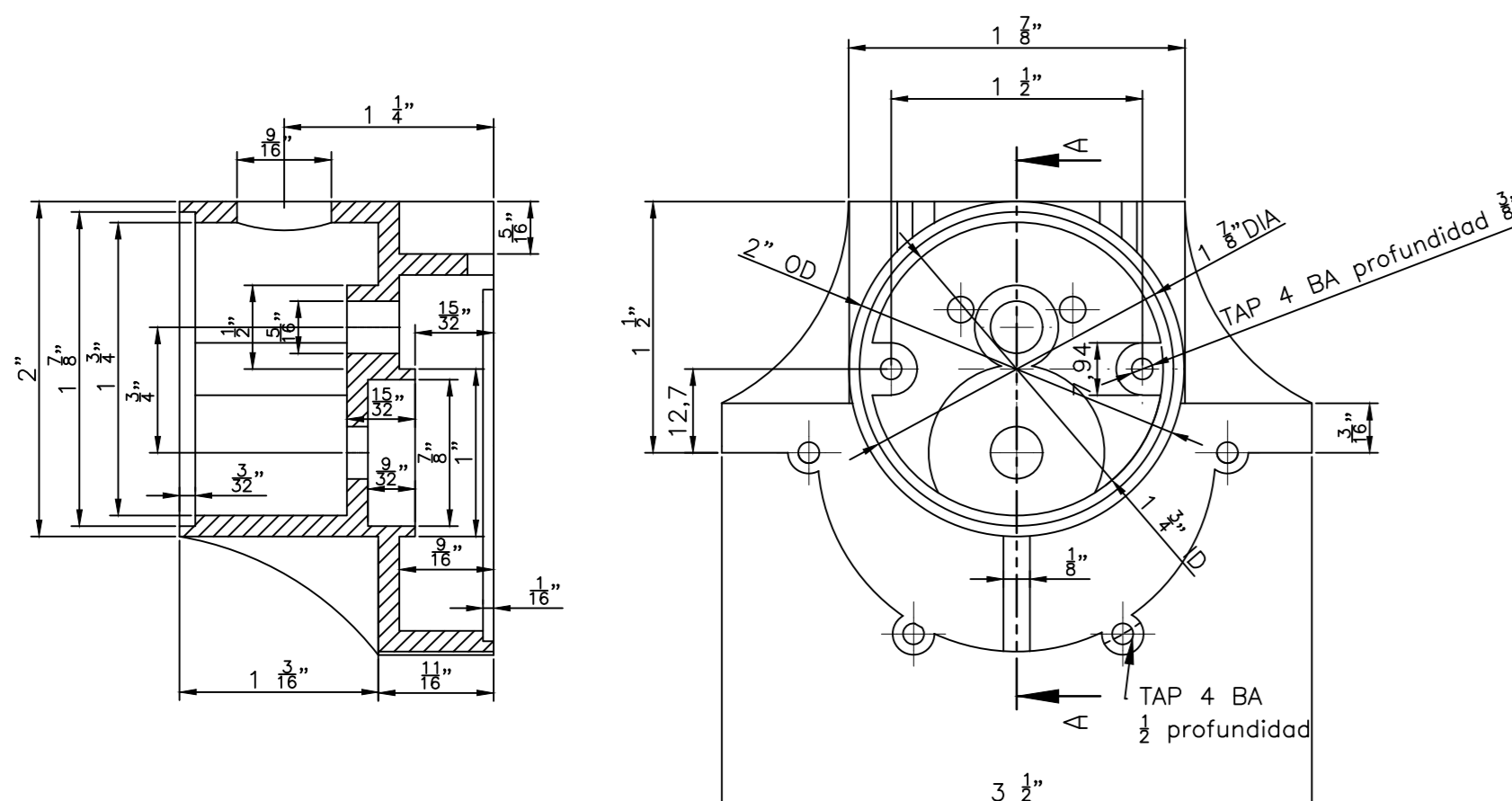
PIÑÓN CIGUEÑAL ACERO A36
ESCALA 2:1



COLUMNA BALANCIENES ACERO SAE1020
ESCALA 2:1

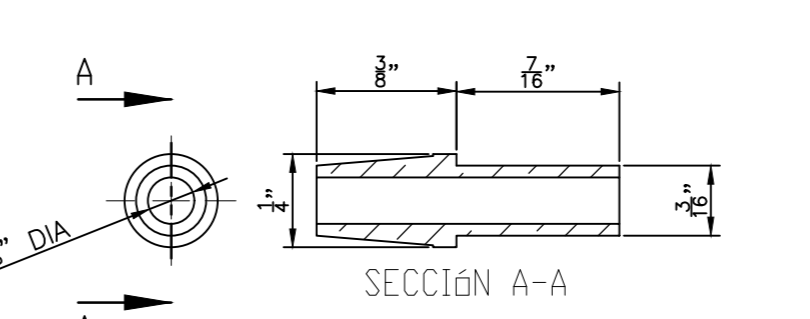


ACABADO VARIA DE LADO DERECHA IZQUIERDA

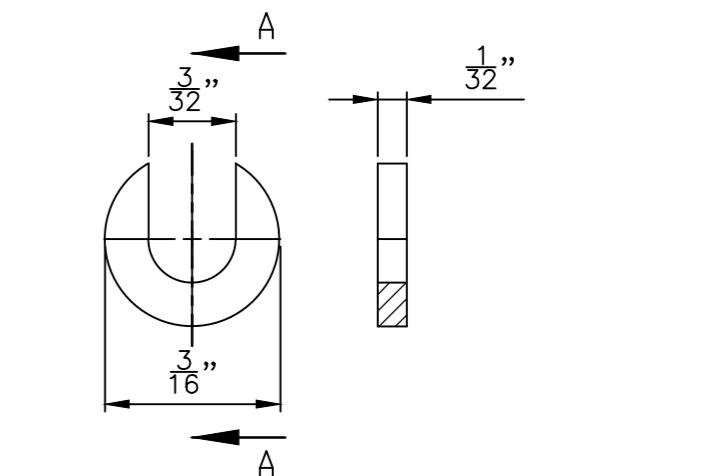


CIGUEÑAL ACERO SAE 1040

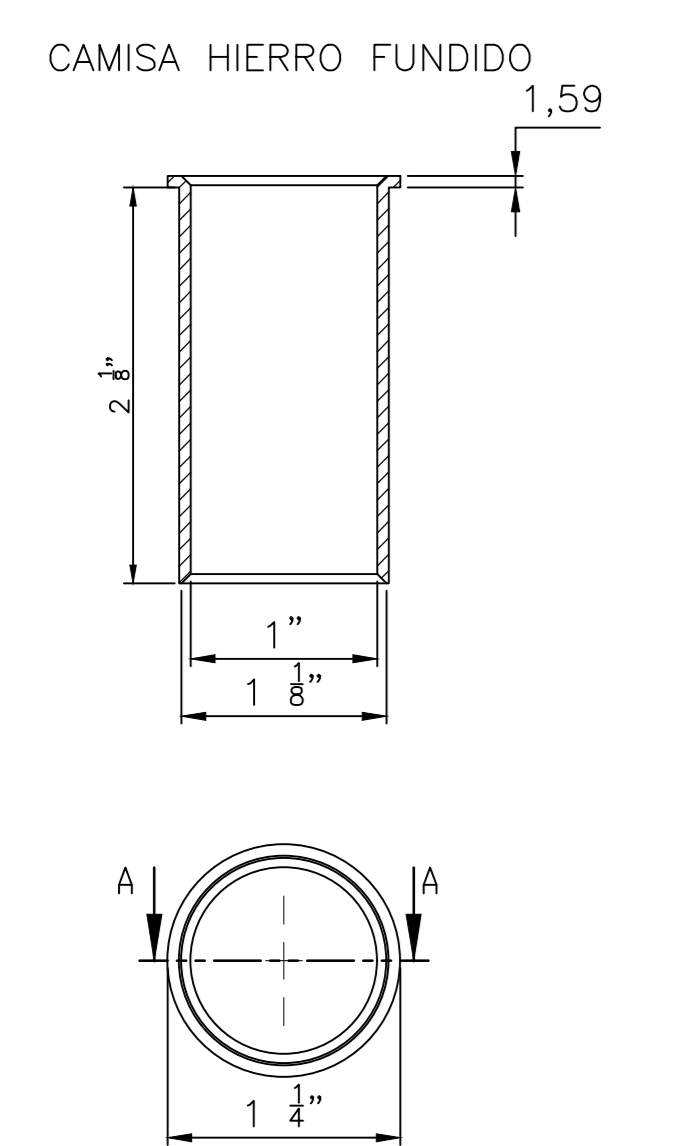
GUIA DE VALVULAS BRONCE FOSFORICO
ESCALA 2:1



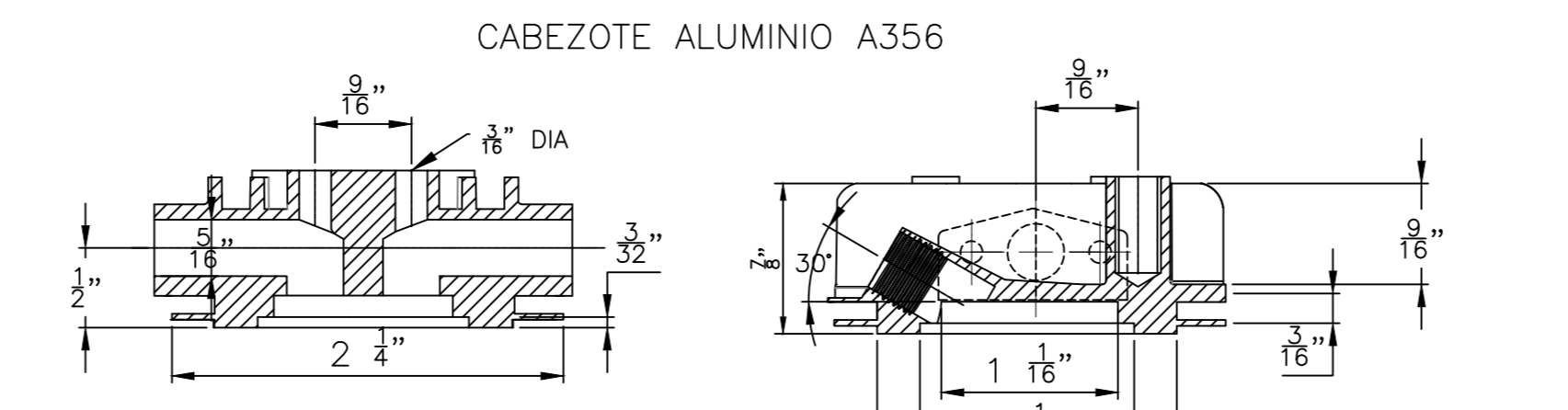
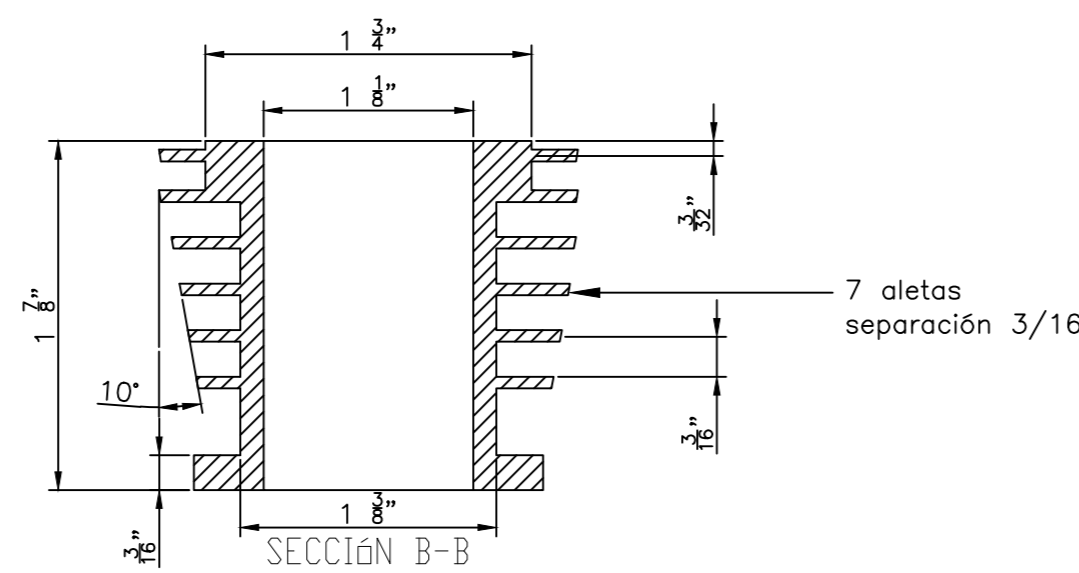
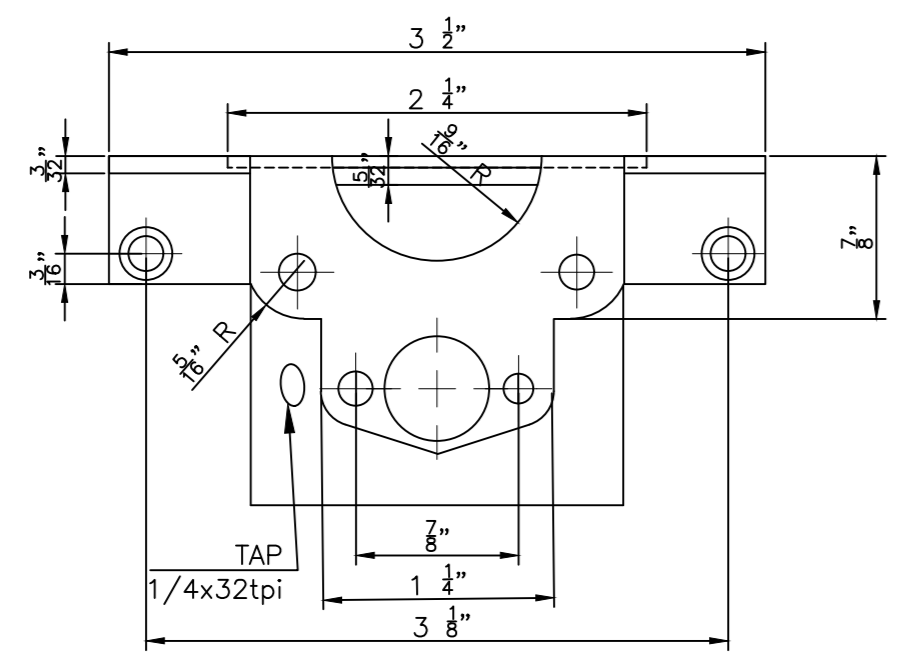
SUJETADOR VALVULAS ACERO INOXIDABLE
ESCALA 5:1



ESPECIFICACIONES TECNICAS				
MOTOR DE COMBUSTIÓN: 4 TIEMPOS				
COMBUSTIBLE: GASOLINA DE 95 OCTANOS				
CILINDRAJE: 15cc				
COMPRESIÓN PROMEDIO: 385 kPa				
RPM MAX: 2600				
RPM MIN: 1200				
SISTEMA DE ENCENDIDO: TIPO EFECTO HALL				
CALIBRACIÓN RINES: 0.1 mm				
CALIBRACIÓN BALANCIENES-VALVULA: 0.2mm				
CALIBRACIÓN BUJIA: 0.6 mm				
PUNTO DE ENCENDIDO: 2° GIRO DERECHO CON RESPECTO AL TIEMPO DE EXPLOSIÓN				

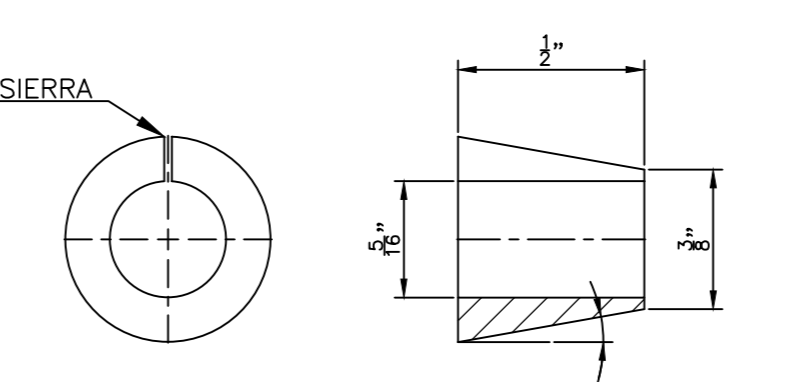


CAMISA HIERRO FUNDIDO

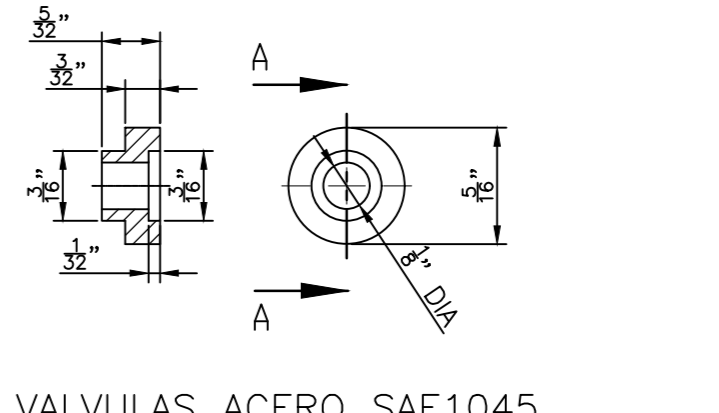


CABEZOTE ALUMINIO A356

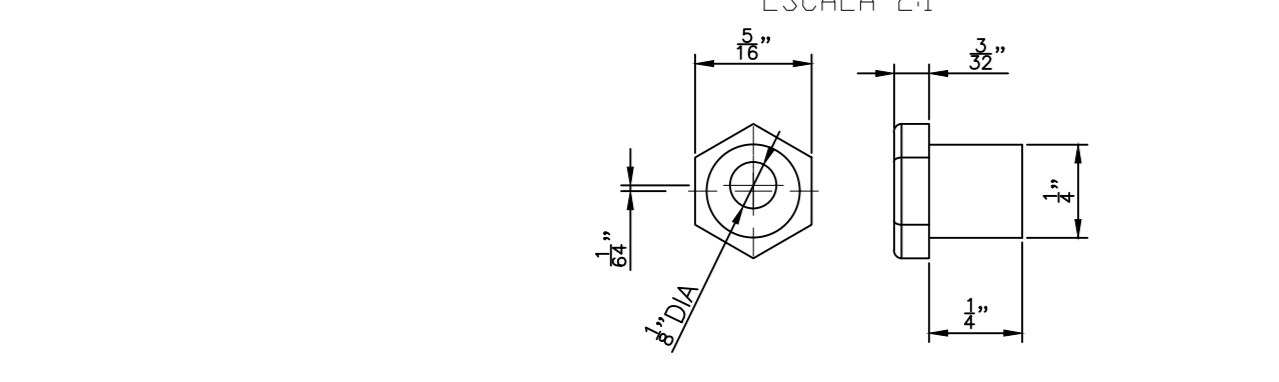
COLLAR VOLANTE ACERO SAE1020
ESCALA 2:1



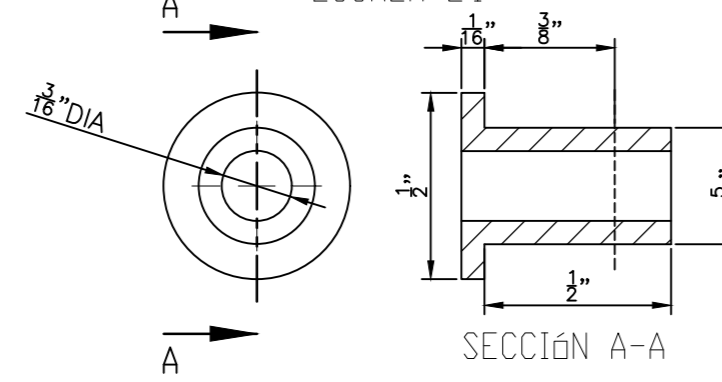
COLLAR VALVULAS ACERO INOXIDABLE
ESCALA 2:1



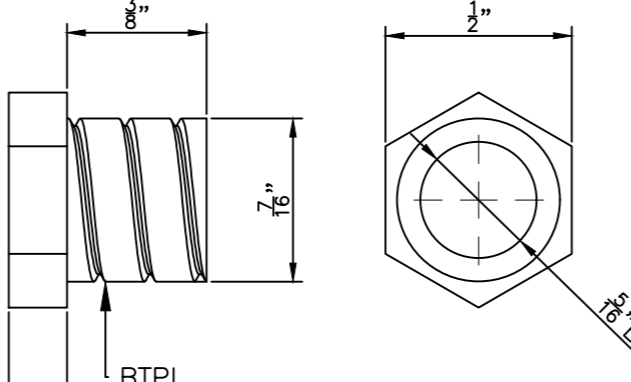
GUIA EJE BALANCIENES BRONCE DULCE
ESCALA 2:1



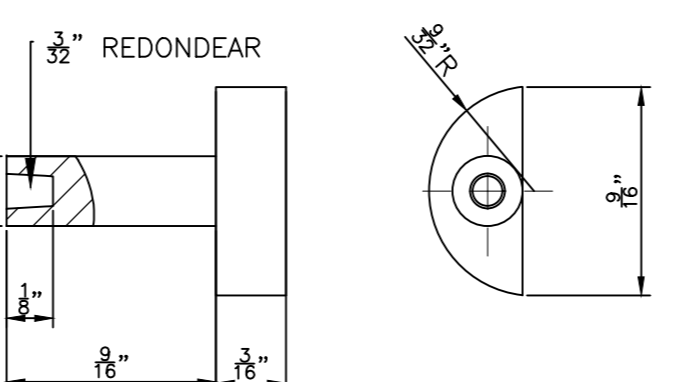
BOCIN ARBOL BRONCE DULCE
ESCALA 2:1



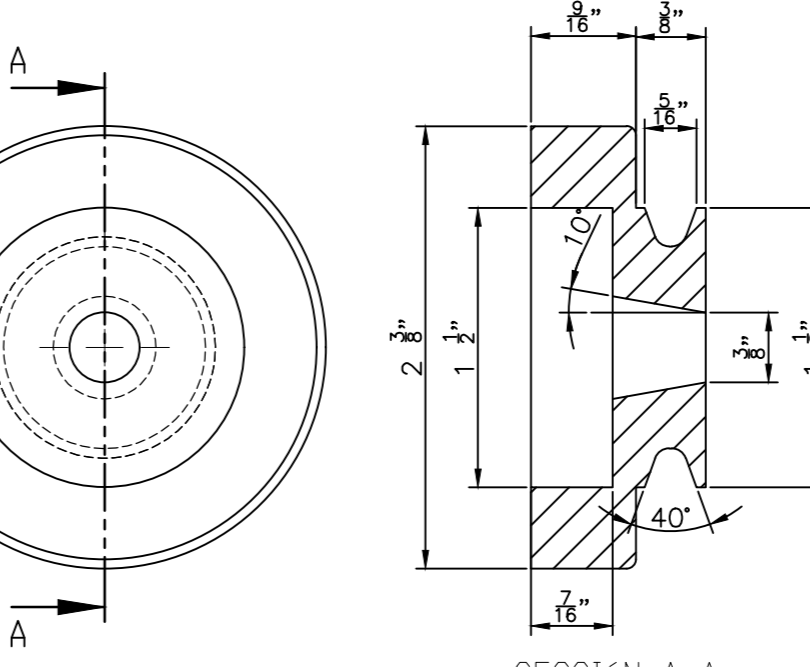
PERNO CIGUEÑAL ACERO A36
ESCALA 2:1



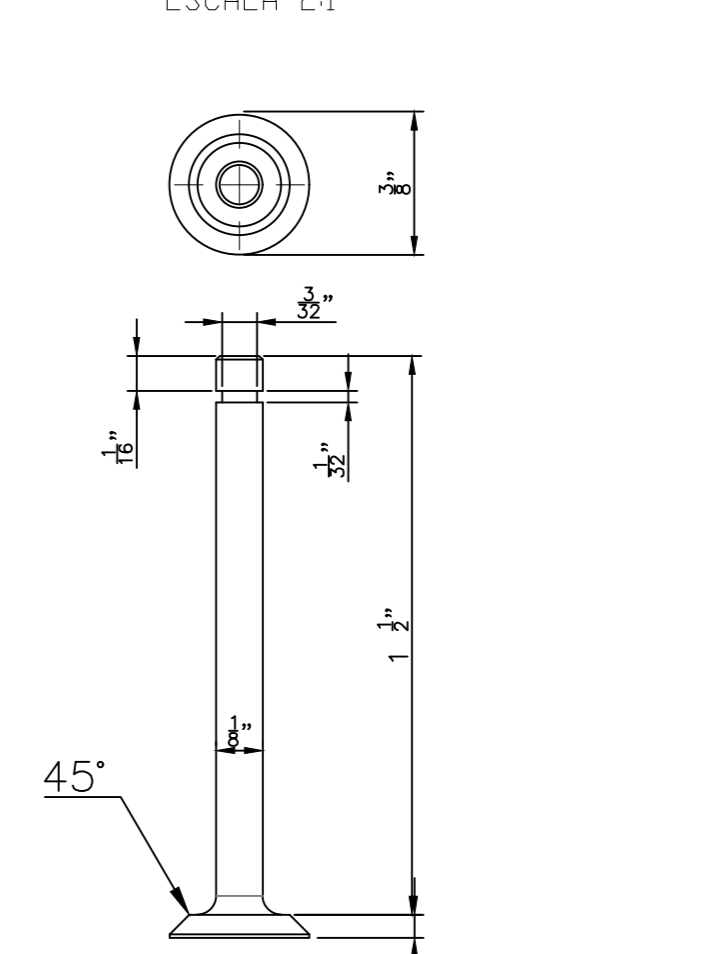
PROPULSORES ACERO SAE1020
ESCALA 2:1



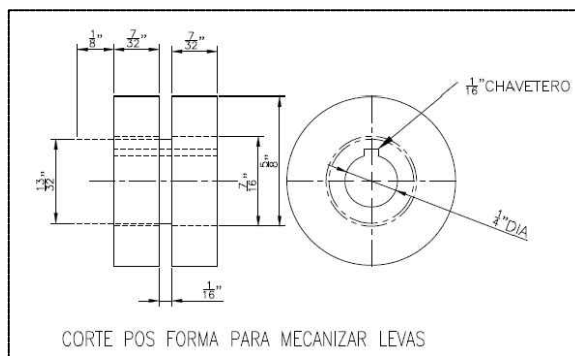
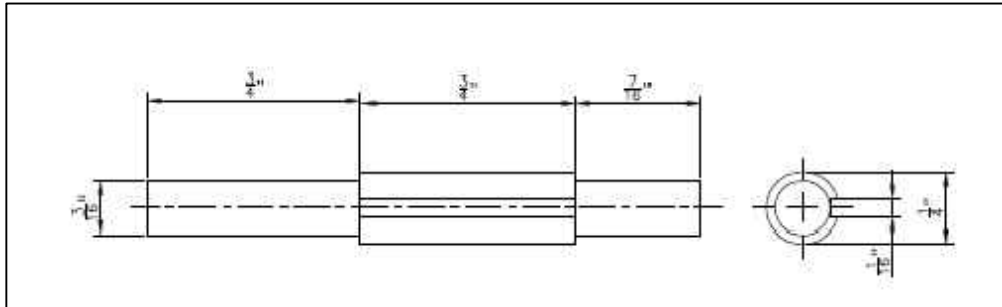
VOLANTE ACERO A36



VALVULAS ACERO SAE1045
ESCALA 2:1



POS	ZON	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	HT DE PLANO	NOTAS
37	E-7	TAPA DEL CARTER	1	ALUMINIO A356	HOJA N 7	MECANIZADO
36	E-7	PRESIONERO	1	ACERO	MA	
35	E-8	ARBOL DE LEVAS	1	ACERO AISL SAE 1018	HOJA N 1	MECANIZADO
34	E-8	RODAMIENTO	2			SKF61900-2Z
33	E-9	CARTER MITAD #2	1	ALUMINIO A356	HOJA N 15	FUNDICION-MECANIZADO
32	E-9	CARTER MITAD #1	1	ALUMINIO A356	HOJA N 15	FUNDICION-MECANIZADO
31	E-10	COLLAR DEL VOLANTE	1	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 4	MECANIZADO
30	D-10	TUERCA DEL VOLANTE	1	ACERO	HOJA N 11	MECANIZADO
29	C-10	BOCIN CIGUEÑAL	2	BRONCE DULCE	HOJA N 31	MECANIZADO
28	C-10	VOLANTE	1	ACERO A36	HOJA N 23	MECANIZADO
27	B-10	BULON DEL PISTON	1	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 25	MECANIZADO
26	B-10	CABEZOTE	1	ALUMINIO A356	HOJA N 12	FUNDICION-MECANIZADO
25	B-10	GUIA DE VALVULAS	2	BRONCE FOSFORADO	HOJA N 25	MECANIZADO
24	A-10	RESORTE	2			
23	A-10	BALANCIEN	2	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 17	MECANIZADO
22	A-7	COLUMNA BALANCIENES	1	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 6	MECANIZADO
21	B-7	VARILLAS IMPULSORAS	2	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 3	MECANIZADO
20	B-7	PROPULSORES	2	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 16	MECANIZADO
19	C-7	GUIA DE PROPULSORES	1	ACERO AISL SAE 1020	HOJA N 25	MECANIZADO
18	C-7	ENGRANE DIENTE RECTO	1	BRONCE DULCE	HOJA N 27	MECANIZADO
17	C-7	BOCIN ARBOL DE LEVAS	2	BRONCE DULCE	HOJA N 18	MECANIZADO
16	D-7	PIÑON	1	ACERO A36	HOJA N 26	MECANIZADO
15	E-7	TUERCA DE CIGUEÑAL	1	ACERO A36	HOJA N 22	MECANIZADO
14	E-8	CONTRAPESOS CIGUEÑAL	2	BRONCE DULCE	HOJA N 21	MECANIZADO
13	D-6	BIELA	1	BRONCE DULCE	HOJA N 10	MECANIZADO
12	C-6	PISTON	1	ALUMINIO A356	HOJA N 8	FUNDICION-MECANIZADO
11	B-6	CHIGOR EN T	1	ALUMINIO A356	HOJA N 30	FUNDICION-MECANIZADO
10	B-6	BLOQUE DE MOTOR	1	ALUMINIO A356	HOJA N 28	MECANIZADO
9	A-6	MARIPOSA DEL CARBURADOR	1	BRONCE DULCE	HOJA N 29	MECANIZADO
8	A-5	VALVULAS	2	ACERO AISL SAE 1045	HOJA N 5	MECANIZADO
7	A-5	COLLAR DE VALVULAS	2	ACERO INOXIDABLE	HOJA N 24	MECANIZADO
6	A-3	GUIA EJE BALANCIEN	2	ACERO	HOJA N 19	MECANIZADO
5	A-2	PERNO SUECION	16	ACERO		MA
4	B-2	TUBO DE ESCAPE	1	ACERO A36	HOJA N 32	MECANIZADO
3	B-2	CAMISA PARA BLOQUE	1	HIERRO FUNDIDO	HOJA N 2	MECANIZADO
2	E-2	BLOQUE DE MOTOR	1	ALUMINIO A356	HOJA N 13	FUNDICION-MECANIZADO
1	E-2	CARTER MITAD #1	1	ALUMINIO A356	HOJA N 14	FUNDICION-MECANIZADO



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Limado controlar las medidas de cada leva.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	444	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=3/16 in L=7/16 in		Torno	ISO 6	444	0,01	0,10
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 D=5/8 in L=1/2 in		Torno	ISO 6	444	0,01	0,11
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Cilindrar 1 D=3/16 in L=3/4 in		Torno	ISO 6	444	0,01	0,17
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Tronzar 1 D=7/16 in L=1/16 in		Torno	ISO 7	444	0,01	0,01
	4.3	Cuñero 2		Fresa	ø1/16 in	4480	0,004	0,01
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Dar la forma de las						
	5.2	levas con una lima de		Lima				3H
	5.3	mano						
	5.4							
	5.5							

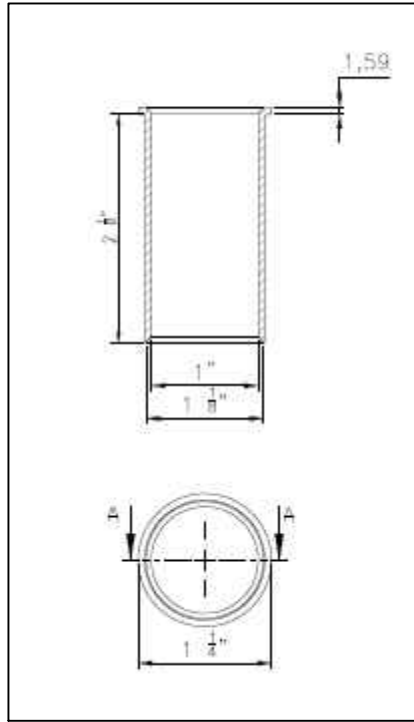


Chancusi D.;Camacho C.

Camisa de cilindro

Material: Hierro Fundido

Dimensiones:



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	190	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=1 1/8 in L=2 1/8 in		Torno	ISO 6	190	0,015	0,74
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 D=1 1/4 in L=1/16 in		Torno	ISO 6	166	0,015	0,03
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1 D=1/8 in		Taladro	∅ 1/8 in	407	0,007	0,77
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Cilindrar D=1 in L=32/16 in		Torno	ISO 6	240	0,015	0,61
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Chaflanar 1-2		Torno	ISO 2	213	0,015	0,02
	5.3			Torno	ISO 2	213	0,015	0,02
	5.4							
	5.5							

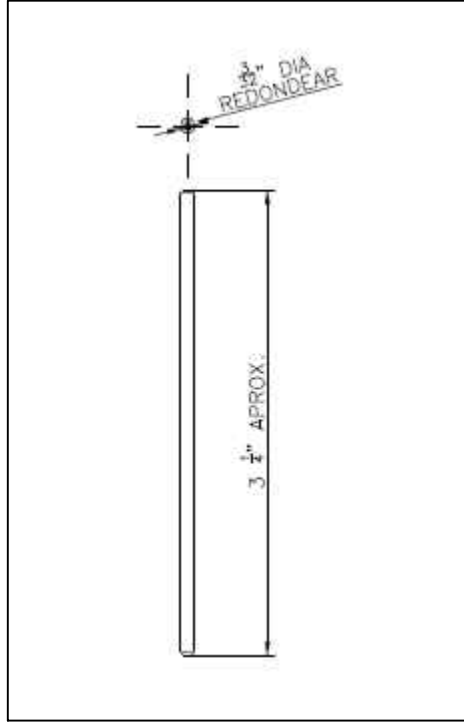


Chancusi D.;Camacho C.

Varilla de empuje

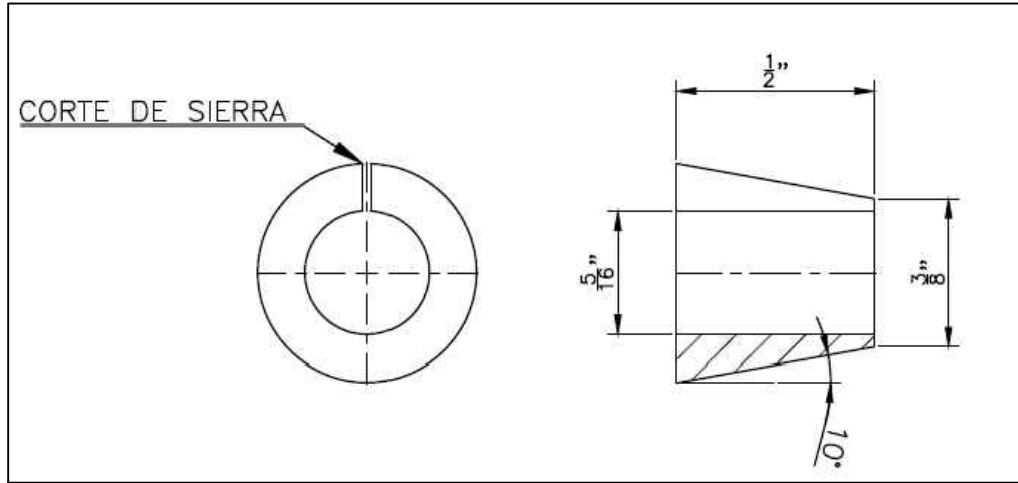
Material: Acero AISI SAE1020

Dimensiones:



Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Limar las puntas de		Esmeriladora		3600		2
	1.2	forma circular y según						
	1.3	la calibración deseada						
	1.4							
	1.5							
2	2.1							
	2.2							
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1							
	3.2							
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							

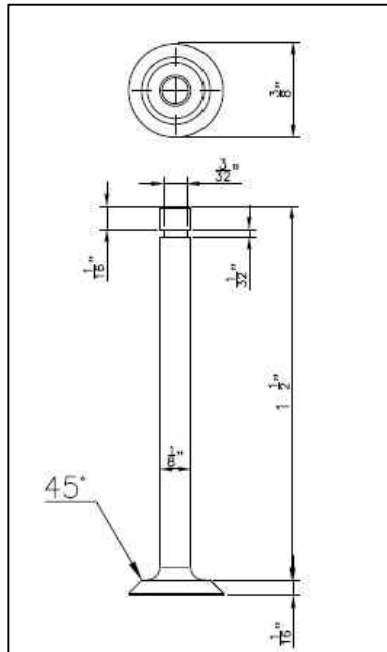


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 5	783	0,01	1,66
	1.2	Refrentado 1						
	1.3							
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 2	822	0,01	0,06
	2.2	Torneado cónico 1						
	2.3	$D = \frac{7}{16} \text{ in}$ $d = \frac{5}{16} \text{ in}$ $L = \frac{1}{2} \text{ in}$						
	2.4	Ángulo inclinación 10°C						
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis		Taladro	$\phi \frac{5}{16} \text{ in}$	1280	0,004	0,1
	3.2	Agujerear 1 40 TAP BA						
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis		Arco de sierra				1
	4.2	Cortar Lado Lateral						
	4.3	Cortar Base						
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



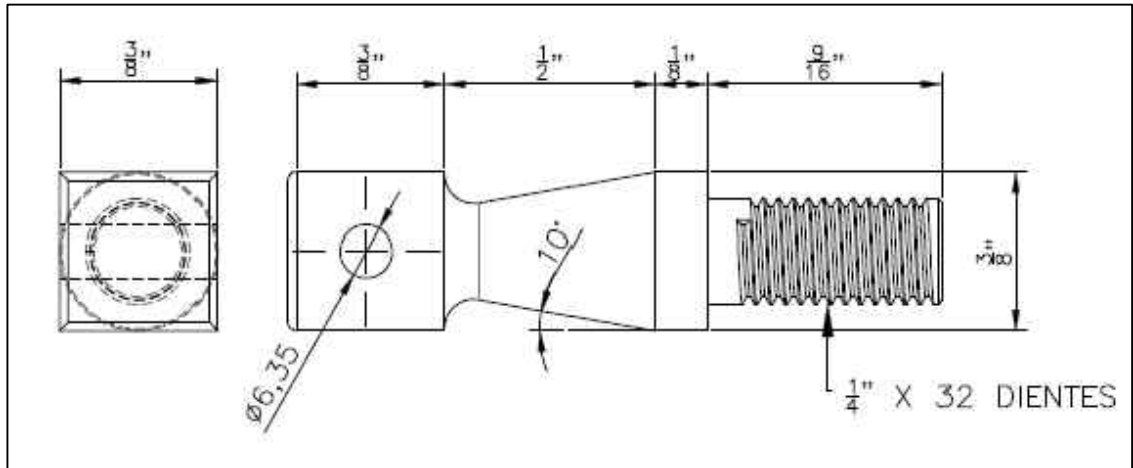
Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Pulir con pasta para esmerilar entre asiento de válvula y la válvula.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	914	0,01	0,17
	1.3	Cilindrar 2 D= $\frac{1}{8}$ in L= $\frac{3}{2}$ in		Torno	ISO 6	952	0,01	0,16
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Tronzar 1 D= $\frac{3}{32}$ in L= $\frac{1}{32}$ in		Torno	ISO 7	2880	0,01	,001
	2.3	DF= $\frac{1}{16}$ in						
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Torneado Curvo 1		Torno	ISO 2	952	0,01	0,01
	3.3	L= $\frac{1}{16}$ in Ángulo 45°						
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Pulir el asiento de las						
	4.2	válvulas en el cabezote						
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	960	0,01	,004
	1.3	Cilindrar 2 D=1/4 in L=9/16 in		Torno	ISO 6	960	0,01	0,06
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Roscado 1 1/4x32 TPI		Torno	DIN4971	200	0,01	0,28
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Torneado cónico 1		Torno	ISO 2	960	0,01	0,05
	3.3	D=1/4 in L=1/2 in						
	3.4	Angulo inclinación 10°C						
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Cortar 1 L=3/8 in		Arco de sierra				1
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Agujerear 1 TAP 5B.A.		Taladro	Ø1/28 in	3938	0,001	0,1
	5.3							
	5.4							
	5.5							

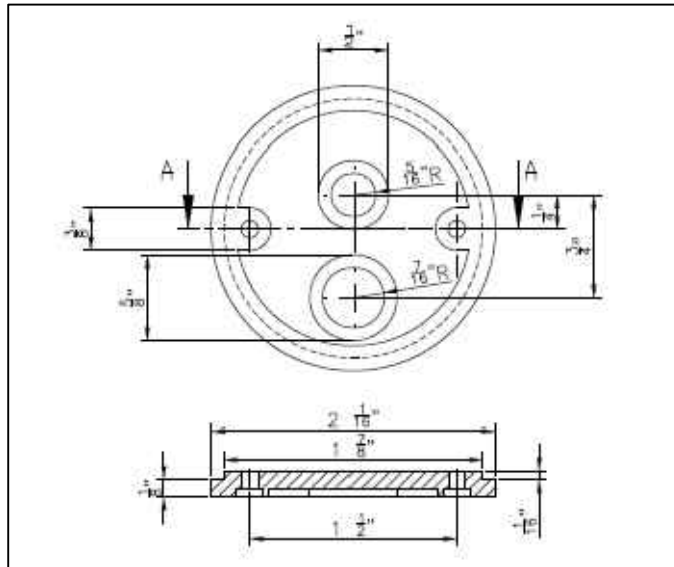


Chancusi D.;Camacho C.

Tapa sincronización

Material: Aluminio A356

Dimensiones:



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

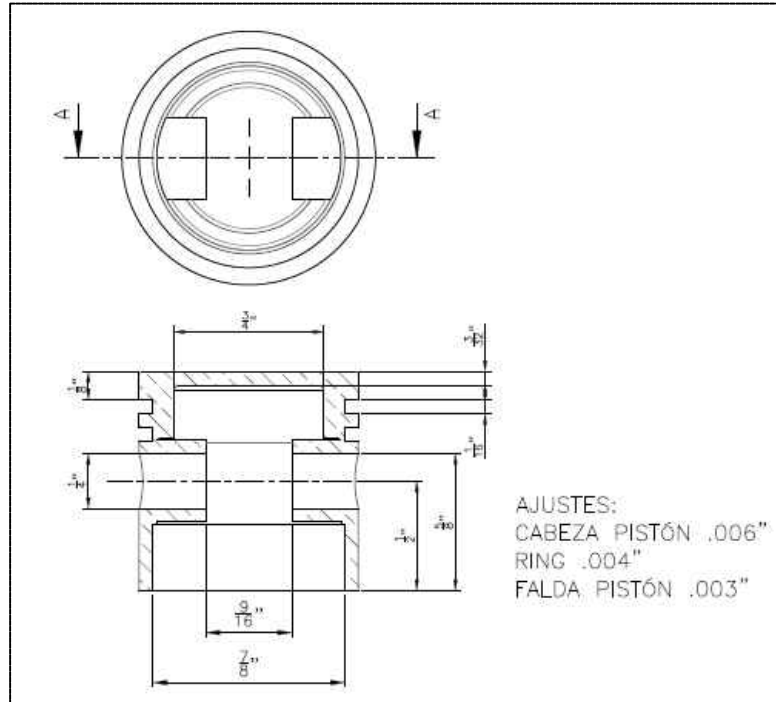
Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

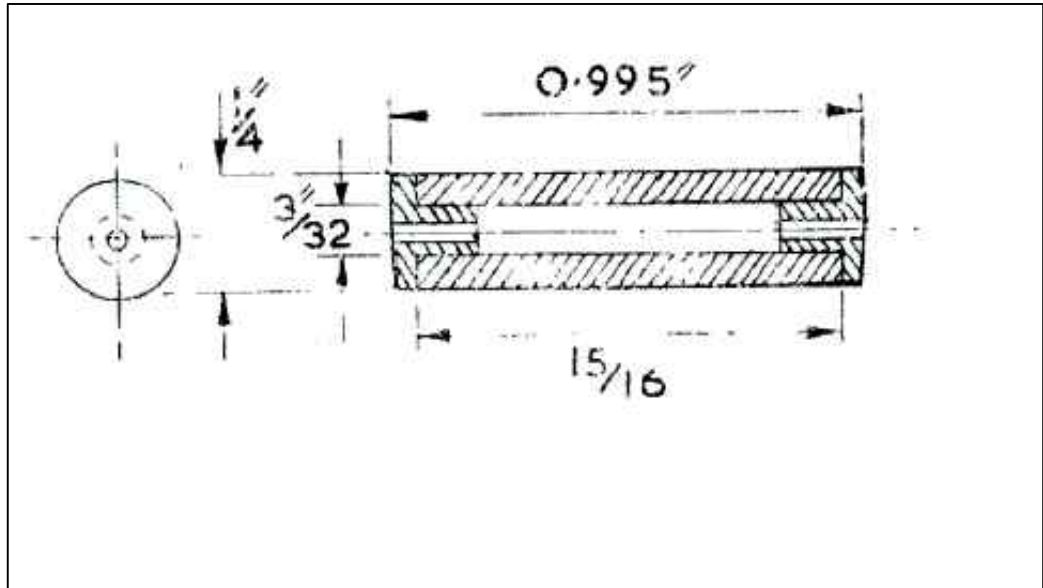
Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	419	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=1 7/8 in L=1/16 in		Torno	ISO 6	419	0,015	0,01
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	381	0,015	0,01
	2.3	Cilindrar 2 D=2 1/16 in L=1/8 in		Torno	ISO 6	381	0,015	0,02
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1-2 4 B.A.		Taladro	$\phi \frac{15}{128}$ in	6827	0,001	0,03
	3.3			Taladro	$\phi \frac{15}{128}$ in	6827	0,001	0,03
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi \frac{5}{16}$ in	2560	0,004	0,02
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi \frac{7}{16}$ in	1829	0,004	0,03
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.
 Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	769	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=7/8in L=7/16in		Torno	ISO 6	914	0,015	0,03
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 D=9/8in L=1/4in		Torno	ISO 6	914	0,015	0,02
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Chaflanar 1		Torno	ISO 2	800	0,015	0,01
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Tronzar 1-2 a una		Torno	ISO 7	800	0,015	0,01
	4.3	distancia entre 1-2 de		Torno	ISO 7	800	0,015	0,01
	4.4	1/16in						
	4.5	D=7/8in L=1/16in						
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Agujerear 1 D=1/4		Taladro	ø 1/4in	3200	0,004	0,08
	5.3	distancia l=1/2in del						
	5.4	extremo						
	5.5							

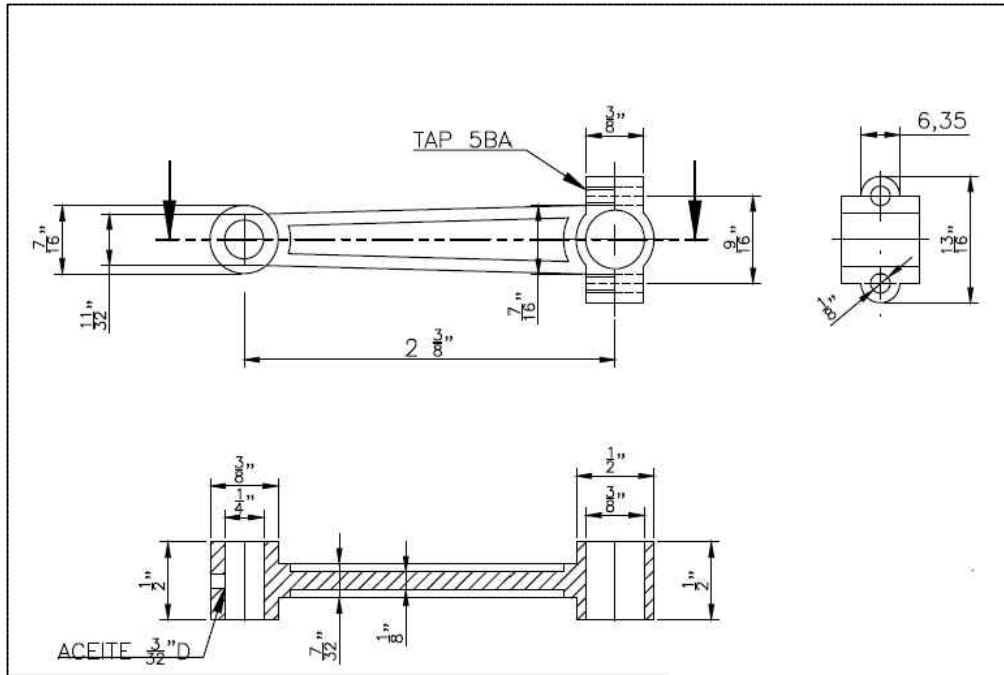


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	960	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D=\frac{1}{4}$ in $L=\frac{15}{16}$ in		Torno	ISO 6	960	0,01	0,1
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi \frac{3}{32}$ in	4267	0,001	0,22
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Topes duralon x2		Torno	ISO 6	1270	0,268	0,01
	3.3	Cilindrar 1 $d=\frac{3}{32}$ in $l=\frac{10}{127}$ in		Torno	ISO 6	1270	0,015	0,01
	3.4	Cilindrar 2 $D=\frac{1}{4}$ in $L=\frac{23}{800}$ in						
	3.5							
4	4.1	Acoplar tapones en el						
	4.2	pin						
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

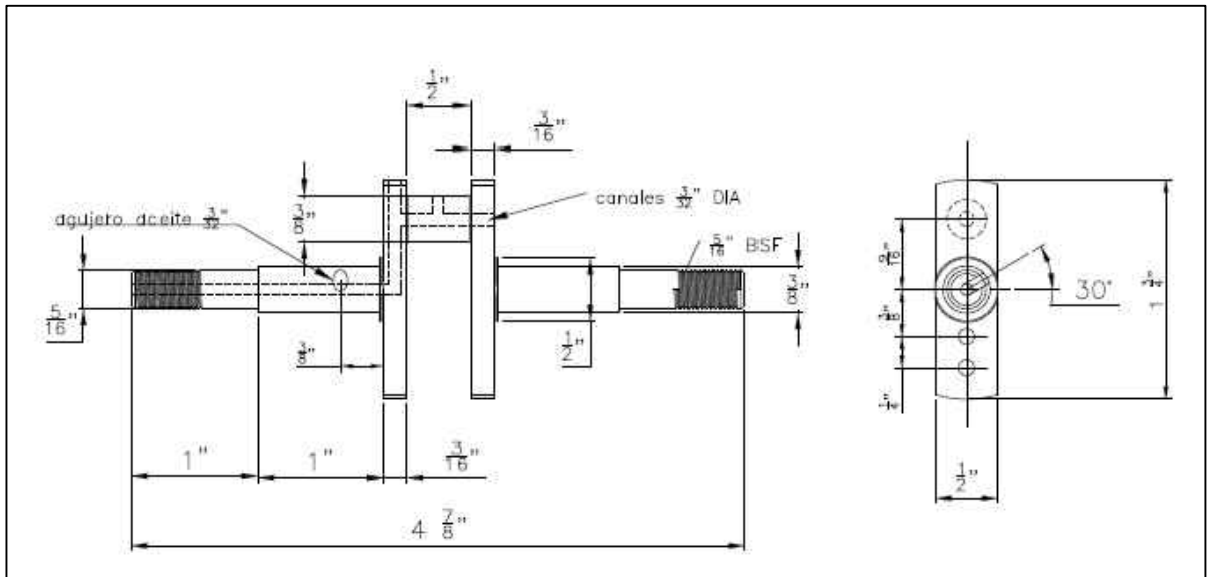
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Sujetar la pieza con abrazaderas y mantenerla lo más verticalmente posible, en caso de ser necesario refrentar las caras.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1 y 2		Fresa	∅1in	400	0,011	0,2
	1.3	Dar la vuelta 180°						
	1.4	Refrentar 1 y 2		Fresa	∅1in	400	0,011	0,2
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Perforar 1 (pasante)		Taladro	∅ 1/8in	6400	0,002	0,03
	2.3	Perforar 2 (pasante)		Taladro	∅ 1/8in	6400	0,002	0,03
	2.4	Machuelar 1 ∅=3mm		Machue	∅ 15/128in			1
	2.5	Machuelar 2 ∅=3mm		Machue	∅ 15/128in			1
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	arco de sierra		Arco de sierra				2
	3.3	Cortar en 1						
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Ajustar las piezas						
	4.2	cortadas		Taladro	∅ 5/64in	10240	0,002	0,02
	4.3	Perforar en 1 y 2		Taladro	∅ 5/32in	5120	0,002	0,05
	4.4	(∅=2,∅=4,∅=6,∅=8)		Taladro	∅ 15/64in	3413	0,002	0,07
	4.5			Taladro	∅ 5/16in	2560	0,004	0,05
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:
 Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.
 Para trabajo entre puntos utilizar perro de arrastre.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Dibujar en la placa las						
	1.2	dimensiones del cigüeñal			Rayador			3
	1.3							
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentar 1-Perforar 1-2		Torno	ISO 5	199	0,01	0,02
	2.3	dar la vuelta 180°		Taladro	$\phi \frac{15}{16}$ in	3413	0,001	0,05
	2.4	Refrentar 1-Perforar 1-2		Torno	ISO 5	199	0,01	0,02
	2.5			Taladro	$\phi \frac{15}{16}$ in	3413	0,001	0,05
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Cilindrar 1 $D = \frac{3}{8}$ in $L = \frac{1}{2}$ in		Torno	ISO 6	281	0,01	0,18
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Cilindrar 1-2		Torno	ISO 6	199	0,01	0,09
	4.3	$D = \frac{1}{4}$ in $L = \frac{3}{16}$ in		Torno	ISO 6	199	0,01	0,09
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Cilindrar 1 $D = \frac{1}{2}$ in $L = 2$ in		Torno	ISO 6	199	0,01	1
	5.3							
	5.4							
	5.5							



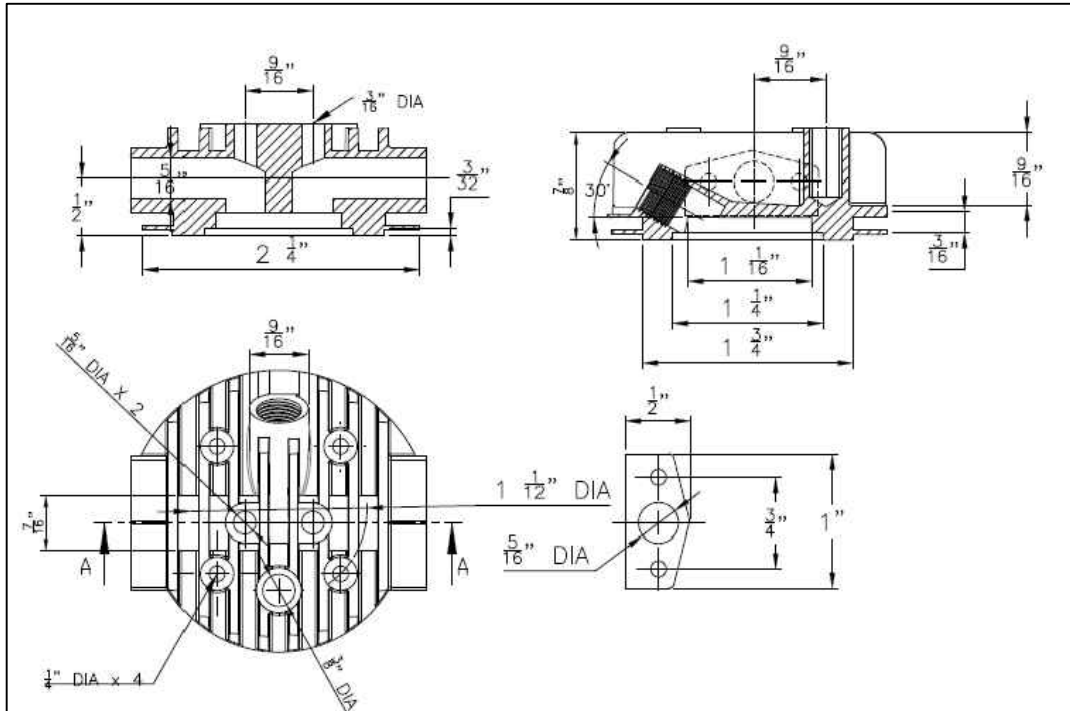
Chancusi D.;Camacho C.

Cigüeñal

Material: Acero AISI SAE1040

Dimensiones:

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Cilindrar 1 $D=\frac{1}{2}$ in $L=2$ in		Torno	ISO 6	199	0,01	1
	1.3	Roscado $L=\frac{1}{2}$ in		Torno	DIN4971	380	0,01	1
	1.4	Utilizar un perro de						
	1.5	arrastre						
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 $D=\frac{1}{2}$ in $L=2$ in		Torno	ISO 6	199	0,01	1
	2.3	Roscado $L=\frac{1}{2}$ in		Torno	DIN4971	50	0,01	1
	2.4	Utilizar un perro de						
	2.5	arrastre						
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Cilindrar 1-2		Torno	ISO 6	199	0,01	1
	3.3	$D=\frac{3}{8}$ in $L=\frac{3}{2}$ in		Torno	ISO 6	199	0,01	1
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Agujerear 1-2		Taladro	$\phi\frac{1}{8}$ in	3200	0,001	0,12
	4.3	$D=\frac{1}{8}$ in $L=\frac{3}{16}$ in		Taladro	$\phi\frac{1}{8}$ in	3200	0,001	0,12
	4.4	Avellanado 1-2		Taladro	$\phi\frac{7}{32}$ in	1829	0,001	0,2
	4.5	$D=\frac{7}{32}$ in $L=\frac{5}{127}$ in		Taladro	$\phi\frac{7}{32}$ in	1829	0,001	0,2
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Machuelar 1 $\phi=3$ mm		Machue	M3			1
	5.3	Machuelar 2 $\phi=3$ mm		Machue	M3			1
	5.4							
	5.5							
6	6.1							
	6.2							
	6.3							
	6.4							
	6.5							
7	7.1							
	7.2							
	7.3							
	7.4							
	7.5							
8	8.1							
	8.2							
	8.3							
	8.4							
	8.5							
9	9.1							
	9.2							
	9.3							
	9.4							
	9.5							
10	10.1							
	10.2							
	10.3							
	10.4							
	10.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1						
	1.3	Agujerear 2(x4simétricos)						
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 D=1 1/2 in L=1/16 in						
	2.3	Cilindrar 2 d=1 1/16 in l=1/8 in						
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Perforar 1 D=5/16 in						
	3.3	Perforar 2 D=5/16 in						
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Agujerear 1-2						
	4.3	40 TAP B.A.						
	4.4							
	4.5							
	4.6							
	4.7							
	4.8							
	4.9							



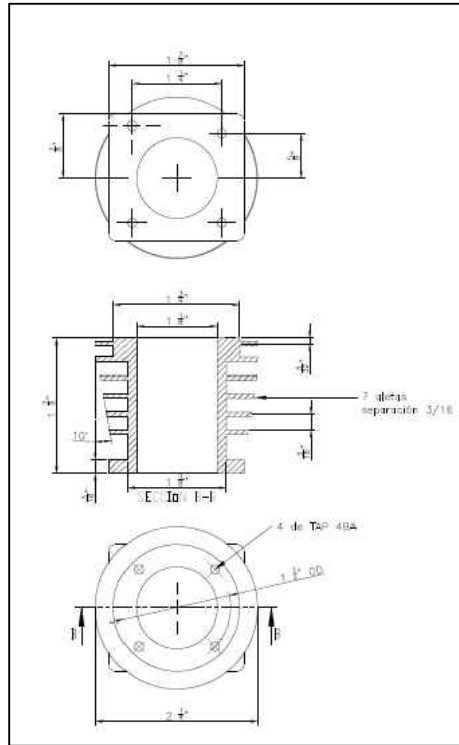
Chancusi D.;Camacho C.

Tapa Culata

Material: Aluminio A356

Dimensiones:

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 7	356	0,015	0,04
	1.2	Tronzar 1 $D=\frac{3}{16}$ in $L=\frac{1}{4}$ in						
	1.3							
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis		Taladro	$\phi\frac{15}{64}$ in	2133	0,004	0,01
	2.2	Perforar 1 $D=\frac{15}{64}$ in						
	2.3	Profundidad= $\frac{9}{16}$ in						
	2.4	Machuelo M6						
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis		Taladro	$\phi\frac{3}{8}$ in	2133	0,004	0,01
	3.2	Perforar 1 $D=\frac{3}{8}$ in						
	3.3	Machuelar M10						
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							
6	6.1							
	6.2							
	6.3							
	6.4							
	6.5							
7	7.1							
	7.2							
	7.3							
	7.4							
	7.5							
8	8.1							
	8.2							
	8.3							
	8.4							
	8.5							
9	9.1							
	9.2							
	9.3							
	9.4							
	9.5							
10	10.1							
	10.2							
	10.3							
	10.4							
	10.5							

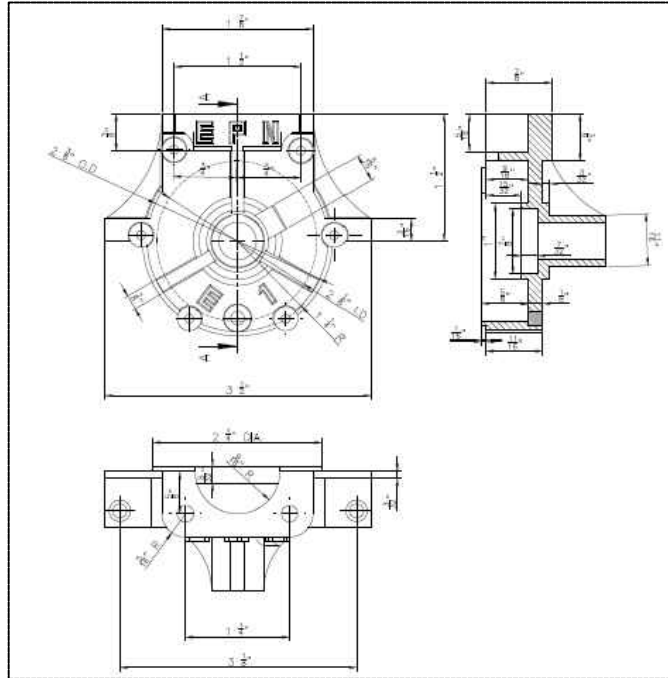


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.
 Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 5	351	0,015	0,01
	1.2	Refrentar 1						
	1.3	Perforar 2						
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 5	449	0,015	0,01
	2.2	Refrentar 1						
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Encamisar el bloque		Torno	ISO 7	351	0,015	0,14
	3.2	Sujetar según el croquis						
	3.3	Tronzar 1 (X7 secciones)						
	3.4	D=1/8 in L=0,11in S=0,11in						
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis		Taladro	ø 15/128 in	6826	0,002	0,01
	4.2	Agujerear 1-2 4 BA						
	4.3	pasantes (x4 simétricos)						
	4.4							
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis		Taladro	ø 13/128 in	7874	0,002	0,01
	5.2	Agujerear 1-2						
	5.3	4BA (x4 simétricos)						
	5.4	Machuear M3						
	5.5							

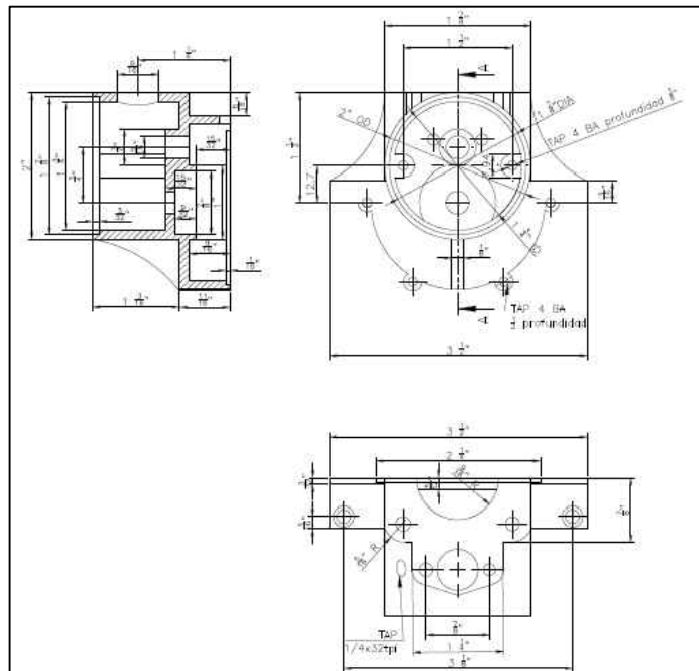


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.
 Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	1147	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D=\frac{11}{16}$ in $L=1\frac{3}{16}$ in		Torno	ISO 6	1147	0,015	0,07
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	727	0,015	0,01
	2.3	Refrentar 2		Torno	ISO 5	216	0,015	0,01
	2.4	Cilindrar 3 $D=2\frac{1}{4}$ in $L=\frac{1}{16}$ in		Torno	ISO 6	352	0,015	0,01
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujear 1		Taladro	$\phi\frac{1}{2}$ in	1600	0,002	0,16
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Agujear 1-2-3		Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	2560	0,002	0,34
	4.3	simétricos 40 TAP BA		Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	2560	0,002	0,34
	4.4			Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	2560	0,002	0,34
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Agujear 1-2 TAP 4 BA		Taladro	$\phi\frac{15}{16}$ in	6827	0,002	0,02
	5.3			Taladro	$\phi\frac{15}{16}$ in	6827	0,002	0,02
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

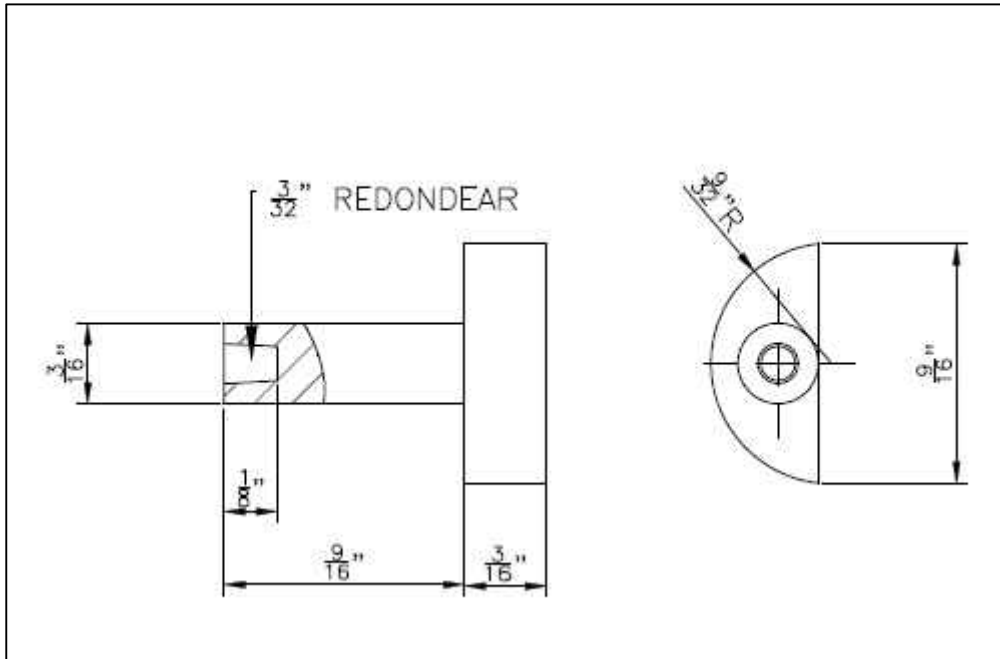
Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	222	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=2 $\frac{1}{4}$ in L= $\frac{1}{16}$ in		Torno	ISO 6	354	0,015	0,01
	1.4	Cilindrar 3 D= $\frac{7}{8}$ in L= $\frac{9}{32}$ in		Torno	ISO 6	914	0,015	0,02
	1.5	Agujerear 4		Taladro	$\phi\frac{3}{8}$ in	2133	0,002	0,1
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	381	0,015	0,01
	2.3	Cilindrar 2 D= $\frac{7}{8}$ in L= $\frac{3}{32}$ in		Torno	ISO 6	909	0,015	0,01
	2.4	Cilindrar 3 D=1 $\frac{3}{4}$ in L= $\frac{15}{16}$ in		Torno	ISO 6	452	0,015	0,14
	2.5	Agujerear 4		Taladro	$\phi\frac{3}{8}$ in	2560	0,002	0,1
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{9}{16}$ in	1422	0,002	0,1
	3.3	Agujerear 2 TAP 4 BA		Taladro	$\phi\frac{15}{128}$ in	6827	0,002	0,03
	3.4	Machuelar 2 M3		Machue	M3			2
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{15}{128}$ in	6827	0,002	0,03
	4.3	Agujerear 2 TAP 4 BA		Machue	M3			2
	4.4	Machuelar 2 M3						
	4.5							
5	5.1	Sujetar según el croquis						
	5.2	Agujerear 1 TAP 4 BA		Taladro	$\phi\frac{15}{128}$ in	6827	0,002	0,1
	5.3	Agujerear 2 TAP 4 BA		Taladro	$\phi\frac{15}{128}$ in	6827	0,002	0,1
	5.4	Agujerear 2 TAP 4 BA		Taladro	$\phi\frac{15}{128}$ in	6827	0,002	0,1
	5.5							

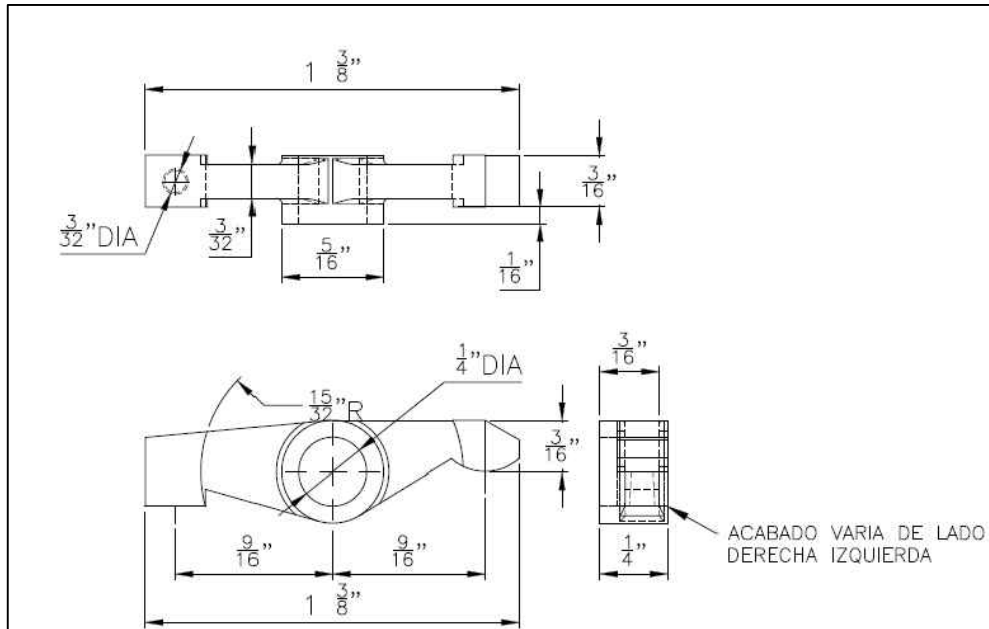


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	600	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D= $\frac{9}{16}$ in L= $\frac{3}{16}$ in		Torno	ISO 6	600	0,01	0,03
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	600	0,01	0,01
	2.3	Cilindrar 2 D= $\frac{3}{16}$ in L= $\frac{9}{16}$ in		Torno	ISO 6	600	0,01	0,1
	2.4	Agujerear 3		Taladro	$\phi \frac{3}{32}$ in	4267	0,001	0,03
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Refrentar 1		Fresa	$\phi 1$ in	400	0,01	0,2
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:
 Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	259	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D = \frac{15}{16}$ in - $d = \frac{5}{16}$ in		Torno	ISO 6	384	0,01	0,05
	1.4	$L = \frac{3}{16}$ in		Taladro	$\phi \frac{3}{32}$ in	4267	0,001	0,25
	1.5	Agujerear 3						
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentar 1		Torno	ISO 6	384	0,01	0,03
	2.3	Cilindrar 2 $D = \frac{15}{16}$ in - $d = \frac{5}{16}$ in						
	2.4	$L = \frac{1}{8}$ in						
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi \frac{1}{4}$ in	1600	0,001	0,25
	3.3	Agujerear 2		Taladro	$\phi \frac{1}{16}$ in	6400	0,001	0,03
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Pegar un papel con la						
	4.2	forma deseada sobre el		Sierra				10
	4.3	material, corta el exceso						
	4.4	de material con una						
	4.5	sierra de arco						
5	5.1	lima de forma manual						
	5.2	hasta tener la forma		Lima				30
	5.3	deseada						
	5.4							
	5.5							

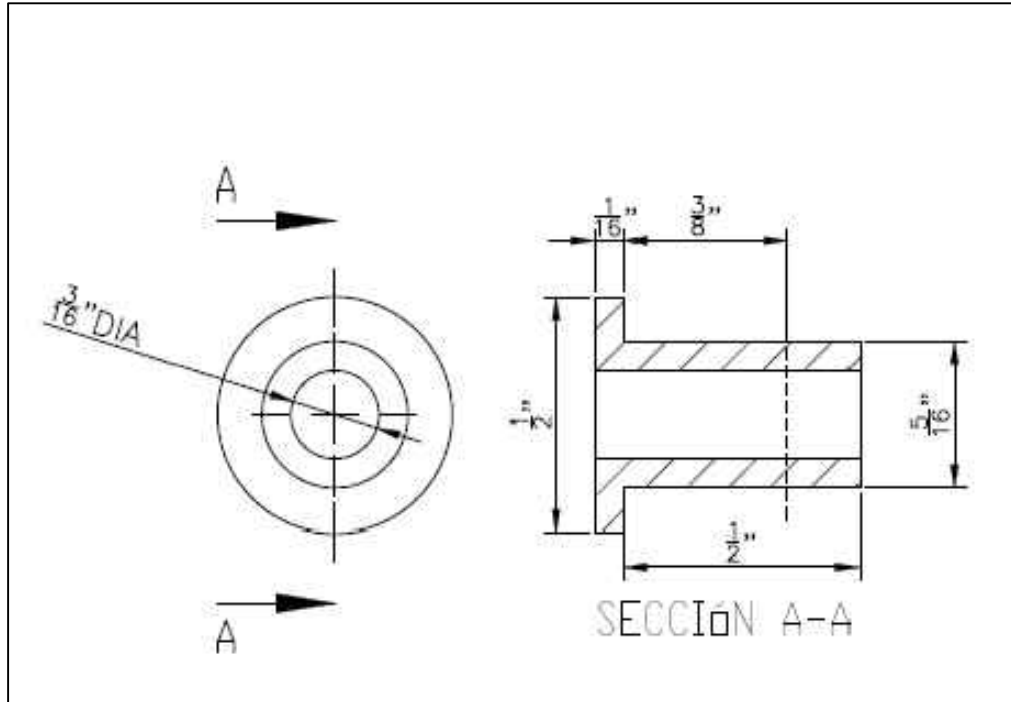


Chancusi D.;Camacho C.

Bocín Árbol Levas

Material: Bronce Dulce

Dimensiones:



Nota:

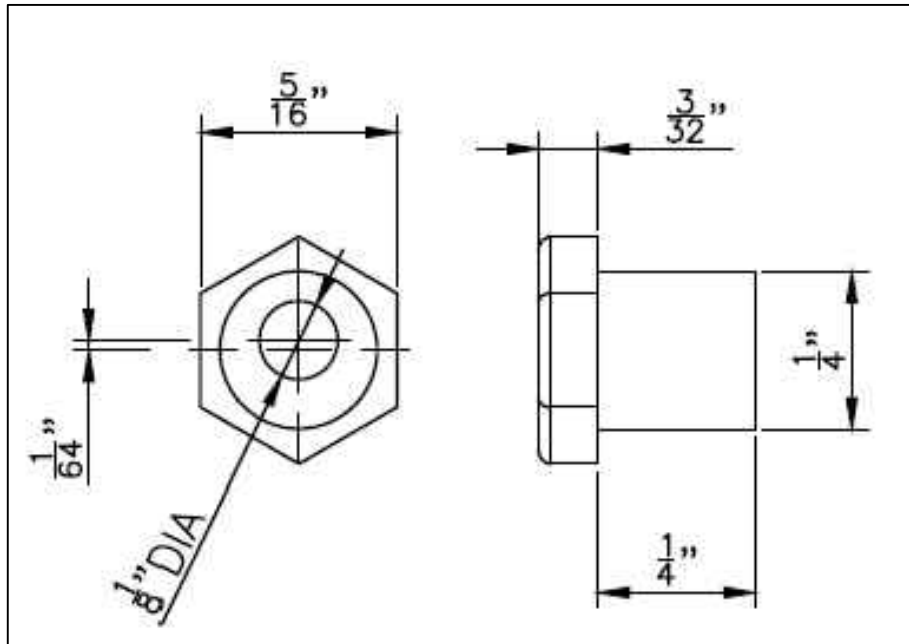
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	706	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D=\frac{5}{16}$ in $L=\frac{1}{2}$ in		Torno	ISO 6	706	0,015	0,07
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{3}{16}$ in	6400	0,001	0,03
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	706	0,015	0,01
	3.3	Cilindrar 2 $D=\frac{1}{2}$ in $L=\frac{1}{16}$ in		Torno	ISO 6	706	0,015	0,01
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

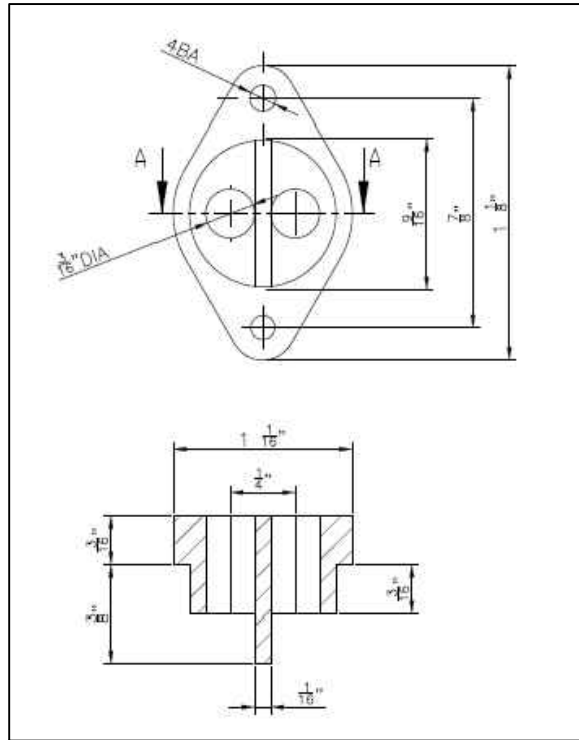
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	1152	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D= $\frac{1}{4}$ in L= $\frac{1}{4}$ in		Torno	ISO 6	1152	0,01	0,02
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	1152	0,01	0,01
	2.3	Cilindrar 2 D= $\frac{5}{16}$ in L= $\frac{3}{32}$ in		Torno	ISO 6	1152	0,01	0,01
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1 D= $\frac{1}{8}$ in		Taladro	$\phi \frac{1}{8}$ in	6400	0,002	0,03
	3.3	Excéntrico L= $\frac{1}{64}$ in						
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	1152	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=1/4in L=1/4in		Torno	ISO 6	1152	0,01	0,02
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Fresar área 1		Fresa	ø1in	400	0,011	0,04
	2.3	Fresar área 2		Fresa	ø1in	400	0,011	0,04
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1-2 4 B.A.		Taladro	ø15/128in	6400	0,002	0,01
	3.3	Agujerear 3-4		Taladro	ø15/128in	6400	0,002	0,01
	3.4			Taladro	ø7/16in	6400	0,002	0,04
	3.5			Taladro	ø7/16in	6400	0,002	0,04
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							

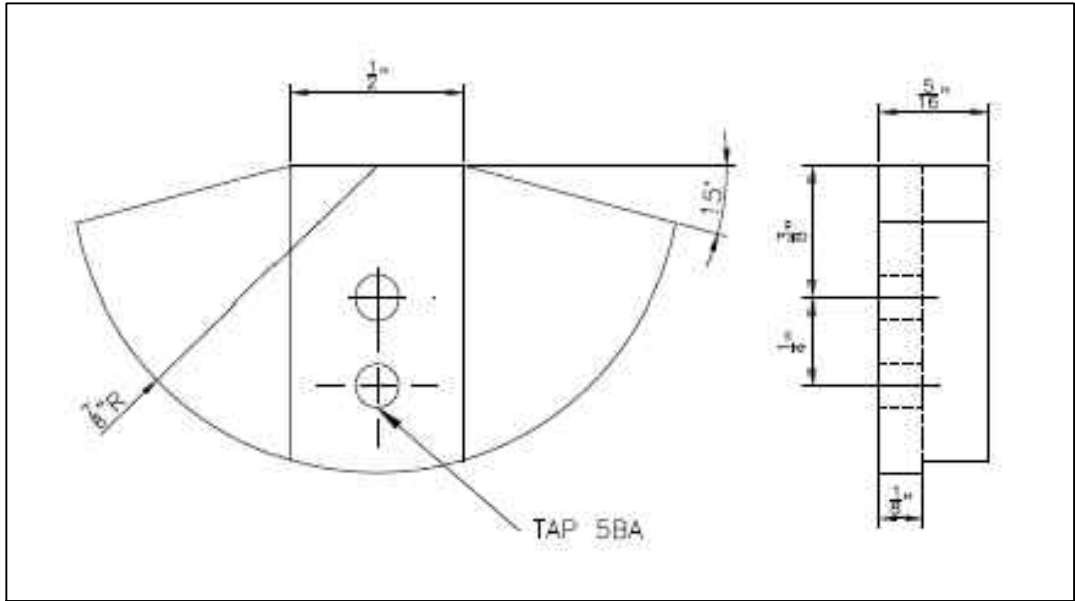


Chancusi D.;Camacho C.

Contra pesos cigüeñal

Material: Bronce Dulce

Dimensiones:

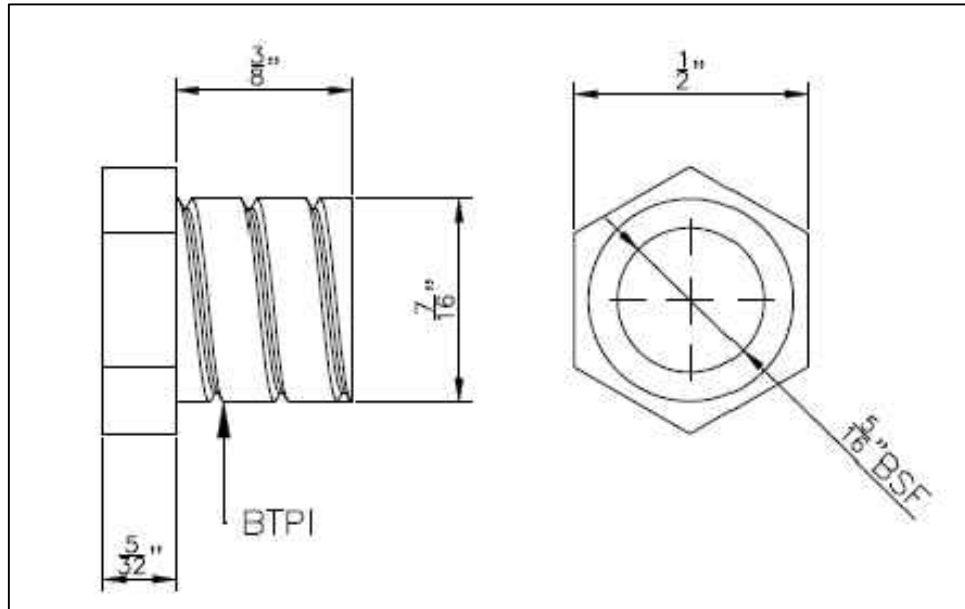


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis		Fresa	$\phi \frac{1}{2}$ in	800	0,011	0,02
	1.2	Fresado 1 L= $\frac{1}{2}$ in P= $\frac{1}{8}$ in						
	1.3							
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis		Taladro	$\phi \frac{13}{28}$ in	7877	0,002	0,01
	2.2	Agujerear 1-2 TAP 5B.A.						
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis		Fresa	$\phi \frac{1}{2}$ in	800	0,011	0,01
	3.2	Fresado						
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

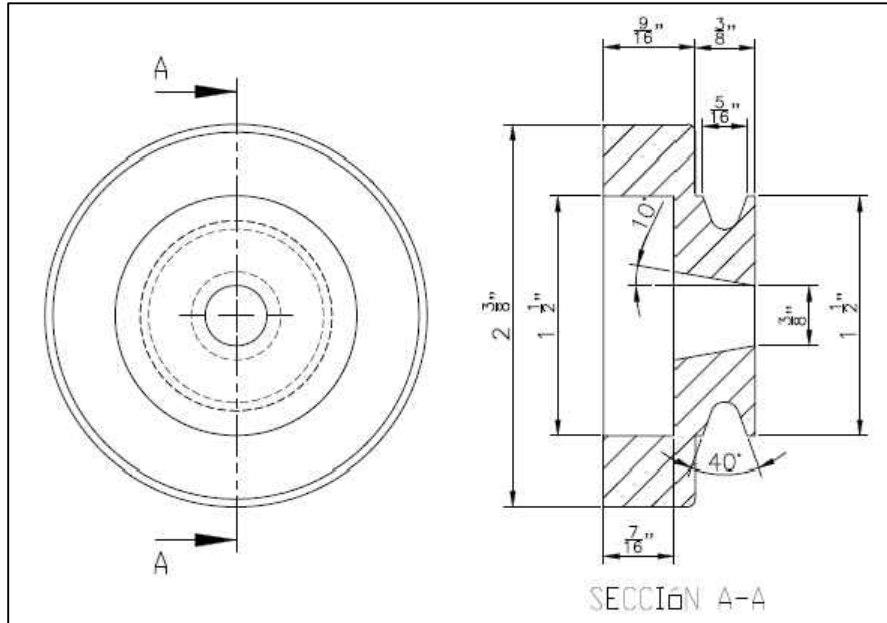
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado		Torno	ISO 5	720	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar $D=\frac{7}{16}$ in $L=\frac{3}{8}$ in		Torno	ISO 6	720	0,01	0,05
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1 $D=\frac{5}{16}$ in		Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	1280	0,004	0,1
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Roscado 8 T.P.I. R.H.		Torno	DIN4971	380	0,01	0,1
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Cortar Sierra de arco		Sierra				1
	4.3	$L=\frac{5}{32}$ in						
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

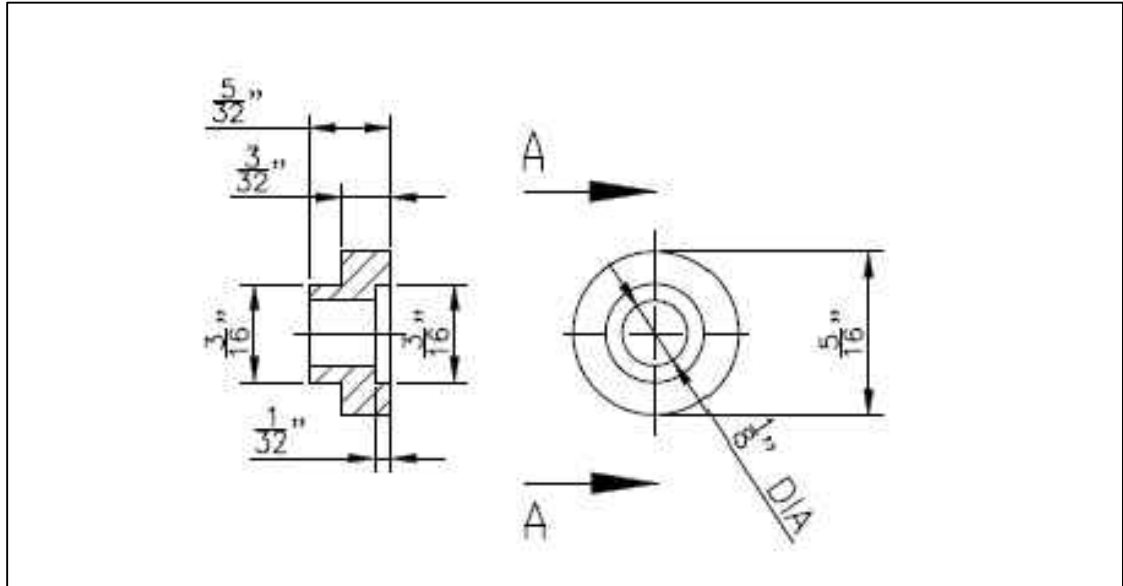
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	151	0,01	0,03
	1.3	Cilindrar 2 D=1 1/2 in L=7/16 in		Torno	ISO 6	240	0,01	0,18
	1.4	Perforar 3		Taladro	Ø 3/8 in	1067	0,004	0,12
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Torneado cónico 1		Torno	ISO 2	655	0,01	0,01
	2.3	D=11/20 in d=3/8 in L=1/2 in						
	2.4	Ángulo inclinación 10°C						
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Cilindrar 1 D=1 1/2 in L=5/16 in		Torno	ISO 6	240	0,01	0,13
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Tronzar 1		Torno	ISO 7	180	0,01	8
	4.3	forma en v-Ángulo 40°						
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

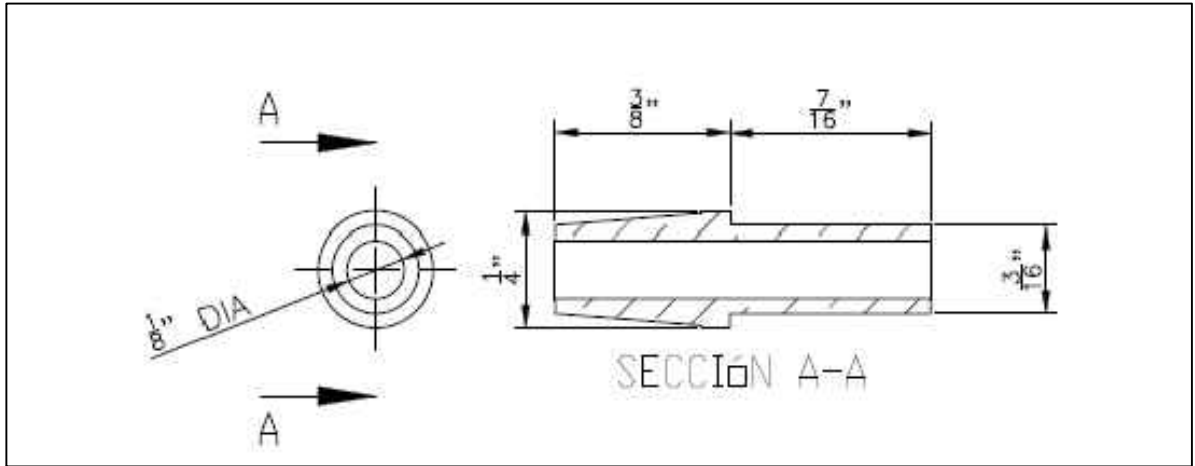
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	1125	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D = \frac{5}{16}$ in $L = \frac{3}{32}$ in		Torno	ISO 6	1125	0,01	0,01
	1.4	Cilindrar 3 $d = \frac{3}{16}$ in $l = \frac{1}{32}$ in		Torno	ISO 6	1920	0,01	0,01
	1.5	Perforar 4		Taladro	$\varnothing \frac{1}{8}$ in	3200	0,004	0,01
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar 1 $D = \frac{3}{16}$ in $L = \frac{1}{16}$ in		Torno	ISO 6	1125	0,01	0,01
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1							
	3.2							
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

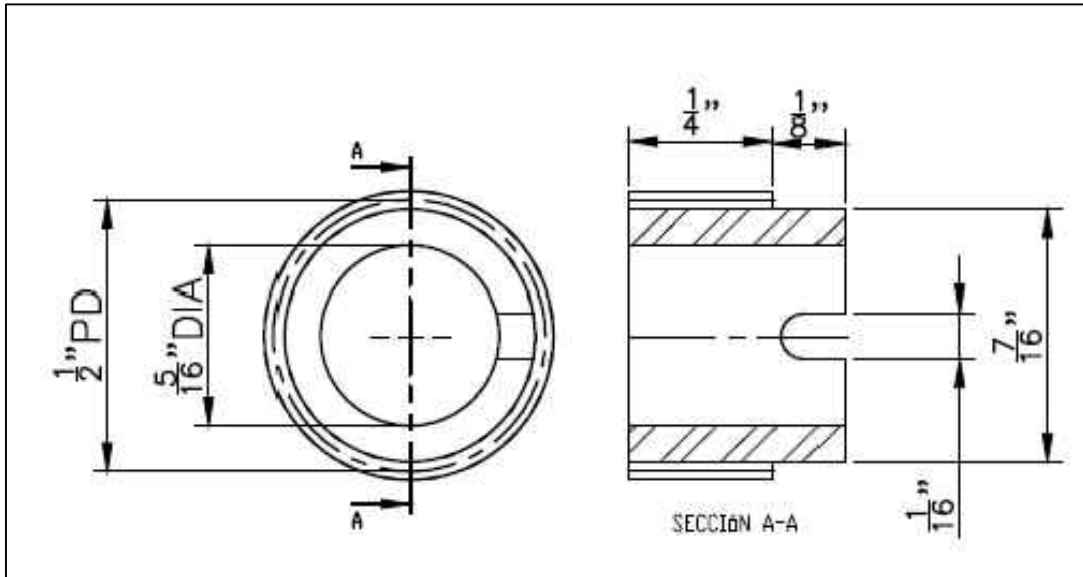
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	1333	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D=\frac{3}{16}$ in $L=\frac{7}{16}$ in		Torno	ISO 6	1333	0,01	0,02
	1.4	Perforar 3		Taladro	$\phi\frac{1}{8}$ in	3200	0,004	0,1
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cilindrar cónico 1		Torno	ISO 2	1333	0,01	0,02
	2.3	$D=\frac{1}{4}$ in - $d=\frac{3}{20}$ in $L=\frac{3}{8}$ in						
	2.4							
	2.5							
3	3.1							
	3.2							
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

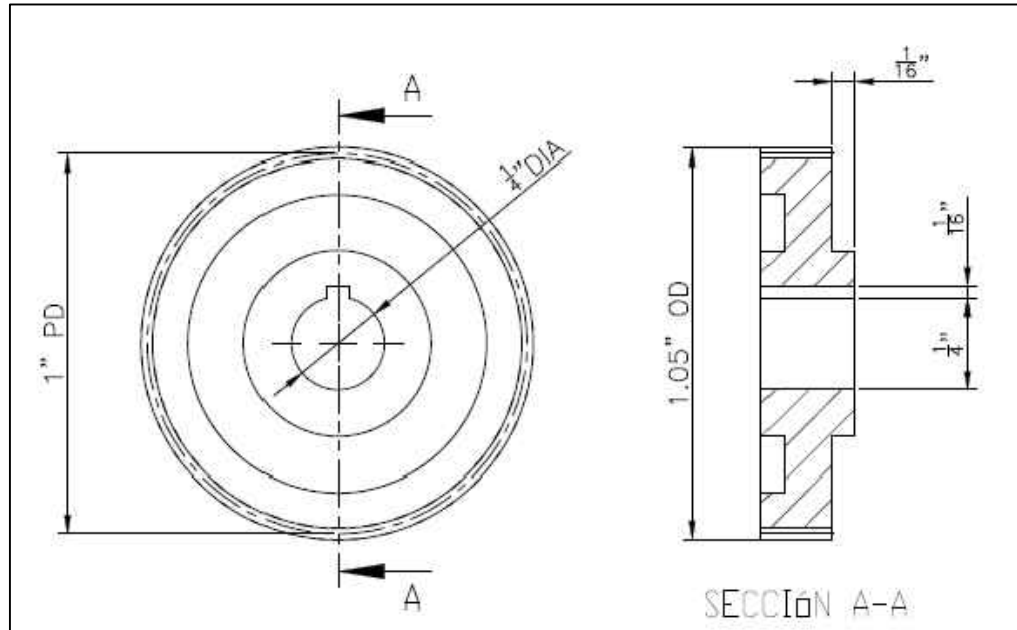
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	600	0,01	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D=\frac{11}{26}$ in $L=\frac{3}{8}$ in		Torno	ISO 6	600	0,01	0,07
	1.4	Cilindrar 3 $d=\frac{7}{16}$ in $l=\frac{1}{8}$ in		Torno	ISO 6	600	0,01	0,02
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	1280	0,004	0,1
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Fresado engranaje con		Fresa	$\phi\frac{1}{2}$ in	727	0,025	30
	3.3	Sierra circular $a=\frac{2}{25}$ in						
	3.4	sujetado en un divisor						
	3.5							
4	4.1	Sujetar según el croquis						
	4.2	Fresado 1		Fresa	$\phi\frac{1}{16}$ in	6400	0,01	1
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

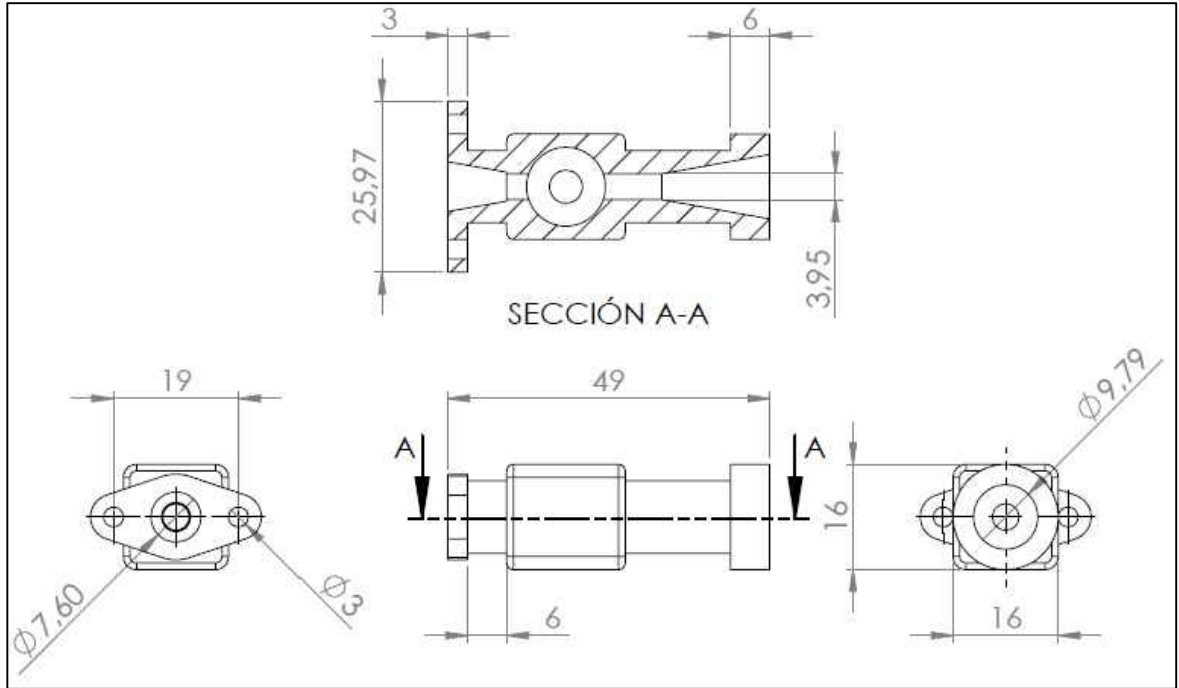
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	327	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D = \frac{21}{20}$ in $L = \frac{3}{8}$ in		Torno	ISO 6	327	0,015	0,05
	1.4	Agujerear 3		Taladro	$\phi \frac{1}{16}$ in	1600	0,004	0,04
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Fresado engranaje con		Fresa	$\phi \frac{1}{2}$ in	727	0,025	45
	2.3	Sierra circular $a = \frac{2}{25}$ in						
	2.4	sujetado en un divisor						
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Fresado 1		Fresa	$\phi \frac{1}{16}$ in	5760	0,011	1
	3.3	sección de chavetero						
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts	
1	1.1	Sujetar según el croquis							
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	727	0,015	0,01	
	1.3	Cilindrar 2		Torno	ISO 6	727	0,015	0,18	
	1.4	$D=1\frac{3}{128}in$ $L=1\frac{119}{128}in$							
	1.5								
2	2.1	Sujetar según el croquis							
	2.2	Cilindrar 1 $D=1\frac{81}{128}in$ $L=1\frac{15}{64}in$		Torno	ISO 6	727	0,015	0,02	
	2.3	Cilindrar 2 $d=1\frac{49}{128}in$ $l=1\frac{91}{128}in$		Torno	ISO 6	727	0,015	0,1	
	2.4	Cilindrar 3 $d=1\frac{49}{128}in$ $l=1\frac{91}{128}in$		Torno	ISO 6	727	0,015	0,1	
	2.5								
3	3.1	Sujetar según el croquis							
	3.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{5}{32}in$	5120	0,002	0,2	
	3.3	Cilindrar cónico 2		Torno	ISO 2	727	0,015	0,1	
	3.4	$D=1\frac{49}{128}in$ $d=1\frac{5}{32}in$ $L=1\frac{15}{64}in$							
	3.5								
4	4.1	Sujetar según el croquis							
	4.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{15}{32}in$	1707	0,002	0,2	
	4.3								
	4.4								
	4.5								
5	5.1	Sujetar según el croquis							
	5.2	Fresado 1 (x4 caras)		Fresa	$\phi\frac{3}{2}in$	1333	0,018	0,03	
	5.3			Fresa	$\phi\frac{3}{2}in$	1333	0,018	0,03	
	5.4			Fresa	$\phi\frac{3}{2}in$	1333	0,018	0,03	
	5.5			Fresa	$\phi\frac{3}{2}in$	1333	0,018	0,03	



Chancusi D.;Camacho C.

Cuerpo Del carburador

Material: Dura-Aluminio

Dimensiones:

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Fresado 1		Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,03
	1.3	(x4 caras tipo rombo)		Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,03
	1.4			Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,03
	1.5			Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,03
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1-2		Taladro	$\phi \frac{5}{32}$ in	6827	0,002	0,01
	2.3			Taladro	$\phi \frac{5}{32}$ in	6827	0,002	0,01
	2.4							
	2.5							
3	3.1							
	3.2							
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							
6	6.1							
	6.2							
	6.3							
	6.4							
	6.5							
7	7.1							
	7.2							
	7.3							
	7.4							
	7.5							
8	8.1							
	8.2							
	8.3							
	8.4							
	8.5							
9	9.1							
	9.2							
	9.3							
	9.4							
	9.5							
10	10.1							
	10.2							
	10.3							
	10.4							
	10.5							

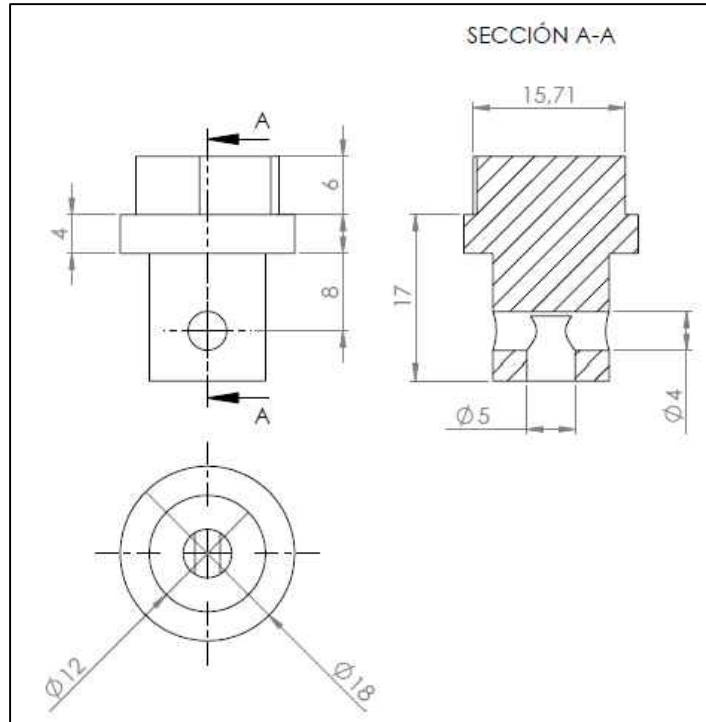


Chancusi D.;Camacho C.

Mariposa Del Carburador

Material: Bronce dulce

Dimensiones:



Nota:

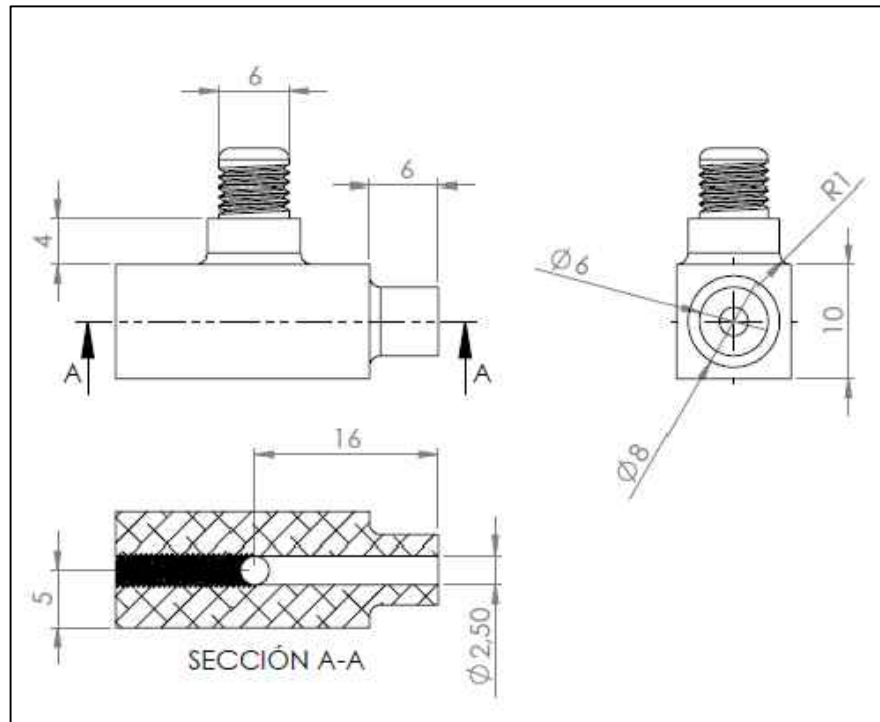
Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	571	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 $D = \frac{79}{128}$ in $L = \frac{15}{64}$ in		Torno	ISO 6	571	0,015	0,1
	1.4	Cilindrar 3 $d = \frac{91}{128}$ in $l = \frac{5}{32}$ in		Torno	ISO 6	571	0,015	0,02
	1.5	Cilindrar 4 $a = \frac{15}{32}$ in $b = \frac{15}{32}$ in		Torno	ISO 6	571	0,015	0,1
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\frac{5}{32}$ in	5120	0,002	0,05
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Agujerear 1		Taladro	$\frac{5}{32}$ in	4096	0,002	0,02
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts	
1	1.1	Sujetar según el croquis							
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	630	0,015	0,01	
	1.3	Cilindrar 2 $D = \frac{35}{128}$ in $L = \frac{15}{64}$ in		Torno	ISO 6	630	0,015	0,03	
	1.4	Roscado 3		Torno	DIN4971	380	0,01	0,1	
	1.5								
2	2.1	Sujetar según el croquis							
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi \frac{13}{128}$ in	7877	0,002	0,02	
	2.3								
	2.4								
	2.5								
3	3.1	Sujetar según el croquis							
	3.2	Agujerear 1		Torno	ISO 6	630	0,015	0,03	
	3.3			Taladro	$\phi \frac{13}{128}$ in	4096	0,002	0,15	
	3.4								
	3.5								
4	4.1	Sujetar según el croquis							
	4.2	Fresado 1 (x4 caras)		Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,05	
	4.3			Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,05	
	4.4			Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,05	
	4.5			Fresa	$\phi \frac{3}{2}$ in	1333	0,018	0,05	
5	5.1								
	5.2								
	5.3								
	5.4								
	5.5								

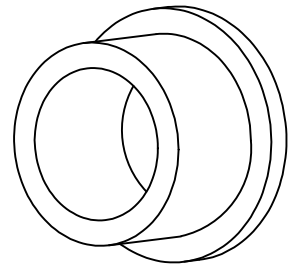
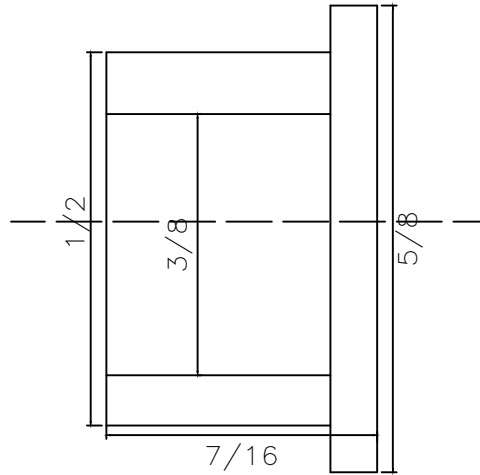


Chancusi D.;Camacho C.

Bocín cigüeñal

Material: Bronce Dulce

Dimensiones:



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
 Utilizar aceite como refrigerante para evitar empastado.
 Antes de agujerear utilizar broca de centros.
 Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	563	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D= $\frac{1}{2}$ in L= $1\frac{3}{16}$ in		Torno	ISO 6	563	0,015	0,14
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Agujerear 1		Taladro	$\phi\frac{3}{8}$ in	1067	0,002	0,06
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Sujetar según el croquis						
	3.2	Refrentar 1		Torno	ISO 5	563	0,015	0,01
	3.3	Cilindrar 2 D= $\frac{5}{8}$ in L= $1\frac{1}{16}$ in		Torno	ISO 6	563	0,015	0,01
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							

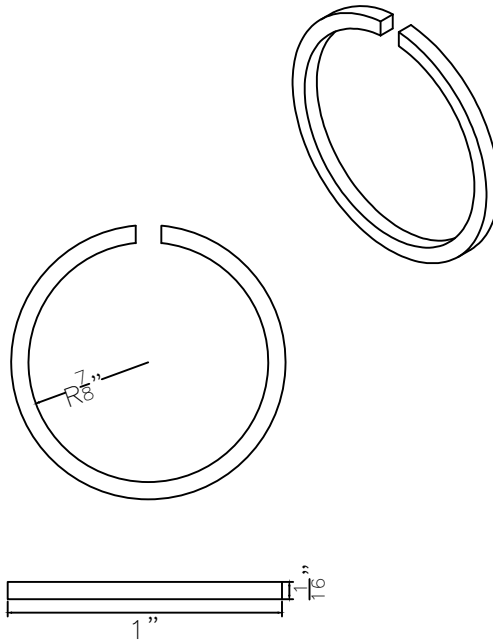


Chancusi D.;Camacho C.

Anillo del Pistón

Material: Hierro Fundido

Dimensiones:



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Fase 3 sujetar con las mordazas del torno hasta cerrar la sección cortada.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts					
1	1.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 5	160	0,015	0,02					
	1.2	Refrentado 1											
	1.3	Agujerear 2							Taladro	$\varnothing \frac{7}{8}$ in	366	0,007	1,2
	1.4												
	1.5												
2	2.1	Sujetar según el croquis		Arco de sierra				1					
	2.2	Cortar Lado Lateral 1											
	2.3												
	2.4												
	2.5												
3	3.1	Sujetar según el croquis		Torno	ISO 6	160	0,015	0,03					
	3.2	Cilindrar 1 D=1in L= $\frac{1}{16}$ in											
	3.3												
	3.4												
	3.5												
4	4.1												
	4.2												
	4.3												
	4.4												
	4.5												
5	5.1												
	5.2												
	5.3												
	5.4												
	5.5												

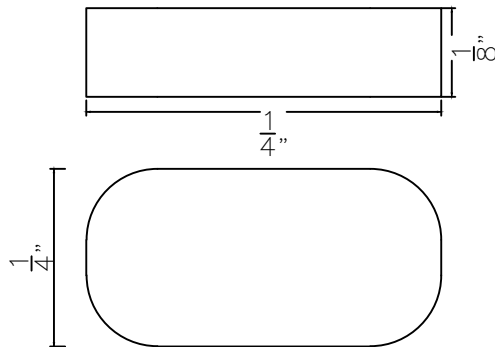
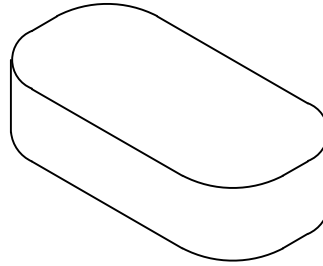


Chancusi D.;Camacho C.

Lengüeta

Material: Acero A36

Dimensiones:



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Los extremos esmerilar dando forma semicircular.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Fresado 1 (X4 caras		Fresa	$\phi \frac{1}{4}$ in	800	0,01	0,06
	1.3	según las medidas del		Fresa	$\phi \frac{1}{4}$ in	800	0,01	0,06
	1.4	esquema)		Fresa	$\phi \frac{1}{4}$ in	800	0,01	0,06
	1.5			Fresa	$\phi \frac{1}{4}$ in	800	0,01	0,06
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cortar 1 L= $\frac{1}{4}$ in		Arco de sierra				1
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1	Limar los extremos en		Esmeriladora		3600		2
	3.2	forma semicircular						
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							

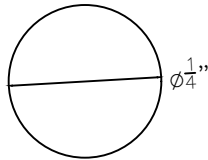
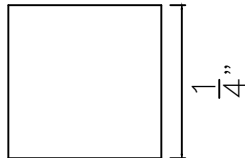
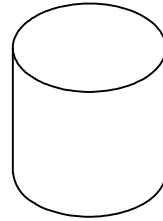


Chancusi D.;Camacho C.

Pasador cigüeña

Material: Acero A36

Dimensiones:

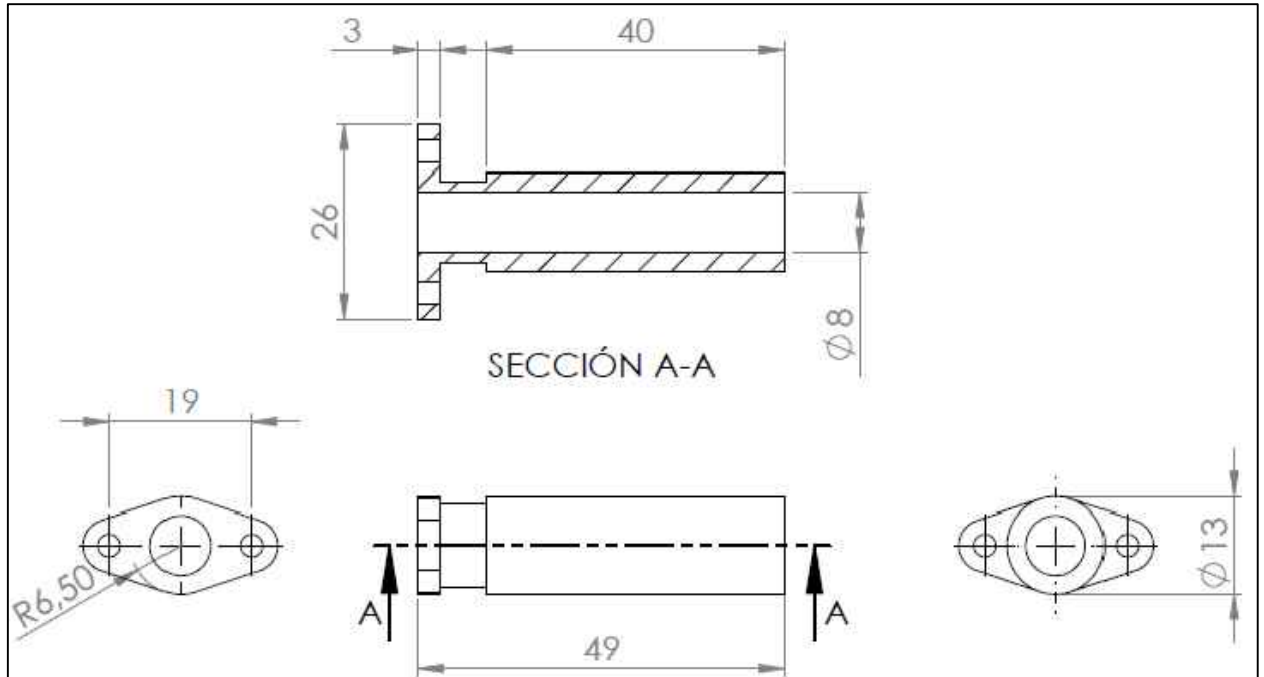


Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.
Eliminar rebabas después del corte con sierra

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts
1	1.1	Sujetar según el croquis						
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	720	0,015	0,01
	1.3	Cilindrar 2 D=1/4in L=1/4in		Torno	ISO 6	720	0,015	0,02
	1.4							
	1.5							
2	2.1	Sujetar según el croquis						
	2.2	Cortar 1 L=1/4in		Arco de sierra				1
	2.3							
	2.4							
	2.5							
3	3.1							
	3.2							
	3.3							
	3.4							
	3.5							
4	4.1							
	4.2							
	4.3							
	4.4							
	4.5							
5	5.1							
	5.2							
	5.3							
	5.4							
	5.5							



Nota:

Para cada sujeción utilizar cartón para evitar dañar la pieza.

Antes de agujerear utilizar broca de centros.

Al unir los elementos mecanizados verificar que sean concéntricos.

Diseñado: Edgar T. Westbury

Sub.fase	Op.	Denominación	Croquis	Maq.	Util	Vc	Av.	ts	
1	1.1	Sujetar según el croquis							
	1.2	Refrentado 1		Torno	ISO 5	327	0,01	0,01	
	1.3	Cilindrar 2		Torno	ISO 6	327	0,01	0,6	
	1.4	$D=1\frac{3}{128}$ in $L=1\frac{119}{128}$ in							
	1.5								
2	2.1	Sujetar según el croquis							
	2.2	Cilindrar 1 $d=\frac{33}{64}$ in $l=\frac{13}{16}$ in		Torno	ISO 6	352	0,01	0,52	
	2.3	Cilindrar 2 $d=\frac{49}{128}$ in $l=\frac{15}{64}$ in		Torno	ISO 6	352	0,01	0,2	
	2.4	Agujerear 3		Taladro	$\phi\frac{5}{16}$ in	1280	0,004	0,4	
	2.5								
3	3.1	Sujetar según el croquis							
	3.2	Fresado 1		Fresa	$\phi\frac{3}{2}$ in	267	0,018	0,4	
	3.3	(x4 caras tipo rombo)		Fresa	$\phi\frac{3}{2}$ in	267	0,018	0,4	
	3.4			Fresa	$\phi\frac{3}{2}$ in	267	0,018	0,4	
	3.5			Fresa	$\phi\frac{3}{2}$ in	267	0,018	0,4	
4	4.1	Sujetar según el croquis							
	4.2	Agujerear 1-2		Taladro	$\phi\frac{5}{32}$ in	6827	0,002	0,01	
	4.3			Taladro	$\phi\frac{5}{32}$ in	6827	0,002	0,01	
	4.4								
	4.5								
5	5.1								
	5.2								
	5.3								
	5.4								
	5.5								