



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA LA
FABRICACIÓN EN SERIE PARA PISTONES DE MOTOR DE
MOTOCICLETA DE CILINDRADA 100CC**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

EDY EDGAR CASTAÑEDA CASTAÑEDA

ABEL ARMANDO MONAR TAMAMI

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA LA
FABRICACIÓN EN SERIE PARA PISTONES DE MOTOR DE
MOTOCICLETA DE CILINDRADA 100CC**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: EDY EDGAR CASTAÑEDA CASTAÑEDA

ABEL ARMANDO MONAR TAMAMI

DIRECTOR: ING. EDGAR FABIAN SÁNCHEZ CARRION

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Abel Armando Monar Tamami & Edy Edgar Castañeda Castañeda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Abel Armando Monar Tamami y Edy Edgar Castañeda Castañeda declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

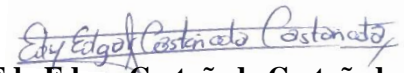
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre de 2023



Abel Armando Monar Tamami:

020247497-9

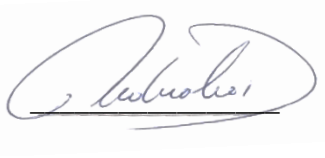
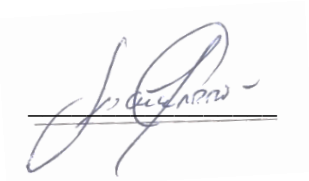
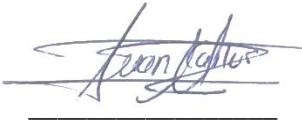


Edy Edgar Castañeda Castañeda

060507449-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA LA FABRICACIÓN EN SERIE PARA PISTONES DE MOTOR DE MOTOCICLETA DE CILINDRADA 100CC**, realizado por los señores: **EDY EDGAR CASTAÑEDA CASTAÑEDA** y **ABEL ARMANDO MONAR TAMAMI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cristian David Redroban Dillon PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-19
Ing. Edgar Fabian Sánchez Carrión DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-19
Ing. Juan Carlos Quinchuela Paucar ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-19

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta, a mis padres Piedad y Ángel, a mis hermanas Gabriela y Maren que han sido mis compañeros de vida. A mi enamorada Mishell, que desde nuestra infancia supo darme ese apoyo incondicional y su más hermosa sonrisa.

Abel.

“Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre, Alcina Castañeda pues sin ella no lo habría logrado, gracias por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida estudiantil, a sus múltiples bendiciones que siempre me protegieron, y me llevaron por el camino del bien, haciéndome un hombre correcto, sincero y trabajador te amo mama. A mi enamorada Deysi que siempre confió en mi mostrándome su apoyo incondicional y la promesa de cumplir juntos este sueño y lograrlo.

Edy.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado esta oportunidad de poder cumplir un sueño muy anhelado en mi vida.
A mi familia y en especial a mi abuelo Ángel, que en vida supo darme su amor, cariño y sus más grandes consejos para que pueda ser una gran persona y profesional.

A mis docentes, que supieron compartirme sus conocimientos para en mi vida profesional poder sembrar buenos frutos.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, por haber sido mi segundo hogar, donde pude adquirir muchos conocimientos y compartir con muchos compañeros.

Abel

Agradezco de manera muy especial a Dios y a mi padre Luis Alfonso Castañeda que en paz descansa por haberme dado la fuerza necesaria para no desistir de cumplir mi sueño de ser ingeniero Automotriz, por echarme sus bendiciones desde el cielo, y guiarme por el camino correcto, a mi familia que siempre me apoyaron en cumplir mi sueño, a mis amigos y compañeros que de alguna manera u otra ayudaron en la culminación de este trabajo.

Edy

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
<i>1.3.1. Objetivo General</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2. Objetivo Específicos</i>	<i>3</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Definición de fundición.....	4
<i>2.1.1. Tipos de fundiciones</i>	<i>4</i>
<i>2.1.1.1. Fundiciones de aleaciones blancas.....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.1.2. Fundiciones grises</i>	<i>5</i>
<i>2.1.1.3. Fundiciones dúctiles o nodulares.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.1.4. Fundiciones atruchadas.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.1.5. Fundiciones maleables.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2. Ventajas del proceso de fundición</i>	<i>6</i>
<i>2.1.3. Defectos en piezas de fundición.....</i>	<i>7</i>

2.1.4. Aleaciones no Ferrosas.....	7
2.1.4.1. <i>Aleaciones con base de aluminio.</i>	8
2.1.4.2. <i>Aleaciones con base de magnesio.</i>	8
2.1.4.3. <i>Aleaciones con base de cobre.</i>	8
2.1.4.4. <i>Aleaciones de Aluminio y Silicio.....</i>	8
2.1.5. Aleaciones Ferrosas.....	9
2.1.6. Definición de moldeo.....	10
2.1.7. Tipos de moldes para fundición.....	10
2.1.8. Molde Permanente.....	10
2.1.9. Procesos de fundición con molde permanente.....	10
2.1.10. Componentes del molde permanente.....	11
2.2. Nuevas tecnologías para el diseño de moldes.....	12
2.3. El motor de combustión interna.....	12
2.3.1. <i>Motor de dos tiempos.....</i>	12
2.3.2. <i>Pistón.....</i>	13
2.3.3. <i>Materiales de un pistón.....</i>	13

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Enfoque de investigación.....	15
3.2. Nivel de investigación.....	15
3.3. Diseño de investigación.....	16
3.3.1. <i>Diseño experimental.....</i>	16
3.3.2. <i>Según las intervenciones en el trabajo de campo.....</i>	16
3.4. Tipo de estudio.....	17
3.5. Métodos.....	17
3.5.1. <i>Método deductivo.....</i>	17
3.5.2. <i>Método inductivo.....</i>	17

3.5.3.	<i>Método experimental</i>	17
3.6.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	18
3.7.	Diseño, cálculos, dimensionamiento, medidas y aplicación de ensayos	18
3.7.1.	<i>Consideraciones para el desarrollo del proceso de maquinado del pistón</i>	18
3.7.1.1.	<i>Selección del material</i>	19
3.7.1.2.	<i>Ensayos de dureza</i>	23
3.7.2.	<i>Diseño del molde para la fabricación del pistón mediante software</i>	24
3.7.2.1.	<i>Aplicación de softwares CAD/CAM:</i>	24
3.7.3.	<i>Desarrollo y cálculos para el proceso de fundición</i>	27
3.7.3.1.	<i>Contracción del molde:</i>	28
3.7.3.2.	<i>Bebedero del molde:</i>	29
3.7.4.	<i>Maquinado para la fabricación de los moldes</i>	32
3.7.4.1.	<i>Puntos críticos</i>	38
3.7.4.2.	<i>Diseño y fabricación del molde</i>	41
3.7.5.	<i>Análisis de los resultados obtenidos</i>	44
3.8.	Preparación de la colada del pistón de 100cc	44
3.9.	Diseño y construcción del molde para fabricación del pistón de 100cc	47
3.9.2.	<i>Dimensionamiento de factores de diseño</i>	47
3.9.2.1.	<i>Dimensionamiento y ubicación de la mazarota dentro del sistema de colado para el pistón de 100cc</i>	47
3.9.2.2.	<i>Cálculo del avance por minuto de la fresa</i>	48
3.9.2.3.	<i>Cálculo de la profundidad de corte de la fresa</i>	49
3.9.2.4.	<i>Cálculo de la potencia efectiva</i>	49
3.9.2.5.	<i>Cálculo del volumen máximo de viruta</i>	49
3.9.2.6.	<i>Cálculo de la profundidad de corte de la fresa</i>	50
3.9.3.	<i>Proceso de construcción del molde</i>	51
3.9.3.1.	<i>Mecanizado del eje de 2 pulgadas</i>	52
3.9.3.2.	<i>Corte del eje sobrante del molde</i>	55
3.9.3.3.	<i>Proceso de doblado de los soportes laterales</i>	56

3.9.3.4.	<i>Perforación de los soportes laterales.....</i>	56
3.9.3.5.	<i>Perforación de la placa del soporte base.....</i>	58
3.9.3.6.	<i>Unión de la placa con el soporte base.....</i>	58
3.9.3.7.	<i>Mecanizado del eje hueco de 1 pulgada para el bebedero.....</i>	59
3.9.3.8.	<i>Perforación de los soportes superiores.....</i>	60
3.9.3.9.	<i>Soldadura de los soportes superiores con el bebedero.....</i>	60
3.9.3.10.	<i>Ensamblaje final del bebedero.....</i>	61
3.9.3.11.	<i>Corte de los soportes superiores de la plancha de acero A36.....</i>	61
3.9.3.12.	<i>Proceso de corte de la placa base.....</i>	62

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
4.1.	Comprobación del diseño final del pistón de 100cc.....	64
4.1.1.	<i>Medición de peso del pistón primario.....</i>	64
4.1.2.	<i>Ensayo de micrografía sobre aluminio fundido.....</i>	64
4.1.2.1.	<i>Preparación de la muestra.....</i>	64
4.1.2.2.	<i>Desarrollo del ensayo.....</i>	65
4.1.2.3.	<i>Resultados.....</i>	66
4.2.	Fundición del pistón de 100cc.....	68
4.2.1.	<i>Preparación de los materiales para la fundición del aluminio.....</i>	68
4.2.2.	<i>Proceso de montaje del molde y fundición.....</i>	69
4.2.3.	<i>Proceso de desmontaje del pistón.....</i>	72
4.2.4.	<i>Desbastado y forma del pistón resultante.....</i>	73

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1.	Conclusiones.....	76
5.2.	Recomendaciones.....	78

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Principales aleaciones y procedimientos de fabricación.....	14
Tabla 3-1: Características físicas de la aleación DIN 7020	19
Tabla 3-2: Características físicas del acero ASTM A 36.....	22
Tabla 3-3: Características físicas del acero ASTM 1020.....	22
Tabla 3-4: Configuración de fresa recta en Siemens NX 12.....	34
Tabla 3-5: Configuración de fresa de bola en Siemens NX 12.....	35
Tabla 3-6: Valores detectados en primera fase de detección de puntos críticos	38
Tabla 3-7: Valores detectados en segunda fase de detección de puntos críticos	39
Tabla 3-8: Valores detectados en tercera fase de detección de puntos críticos	40
Tabla 3-9: propiedades físicas de la aleación 7020 y	44
Tabla 3-10: Datos del pistón de moto de 100cc	45
Tabla 3-11: Elementos materiales para la fabricación del molde del pistón de 100cc	52
Tabla 4-1: Elementos para la fundición del pistón	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1	Microestructura típica de las fundiciones blancas.....	4
Ilustración 2-2	Fundiciones grises con estructura totalmente ferrítica.....	5
Ilustración 2-3	Fundiciones grises con estructura totalmente perlítica.....	5
Ilustración 2-4	Transición de grafito.....	6
Ilustración 2-5:	Diagrama de equilibrio binario aluminio-silicio.....	9
Ilustración 2-6:	Tipos de moldes.....	10
Ilustración 2-7:	Etapas del fundido con moldes permanentes.....	11
Ilustración 2-8:	Componentes del molde molde con integración de piezas del pistón.....	11
Ilustración 3-1:	Análisis de espectrometría resultando a la aleación DIN 7020.....	20
Ilustración 3-2:	Análisis de espectrometría de aceros al carbono ASTM E415.....	21
Ilustración 3-3:	Molde base del pistón de 100 cc.....	25
Ilustración 3-4:	Soporte derecho del molde del pistón de 100 cc.....	25
Ilustración 3-5:	Soporte izquierdo del molde del pistón de 100 cc.....	26
Ilustración 3-6:	Tapa superior del molde del pistón de 100 cc.....	26
Ilustración 3-7:	Tapa inferior del molde del pistón de 100 cc.....	27
Ilustración 3-8:	Vistas del isométrico de planta, perfil y frontal del pistón de 100cc.....	27
Ilustración 3-9:	Corte transversal del bebedero.....	29
Ilustración 3-10:	Ilustración de recreación del bebedero del pistón de 100cc.....	31
Ilustración 3-11:	Ilustración de recreación del molde con integración de piezas del pistón.....	32
Ilustración 3-12:	Ilustración de equipos Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno.....	33
Ilustración 3-13:	Ilustración de migración de archivo desde SolidWorks a NX 12.....	33
Ilustración 3-14:	Ilustración de desarrollo de la fresa recta.....	34
Ilustración 3-15:	Ilustración de desarrollo de la fresa de bola.....	35
Ilustración 3-16:	Ilustración del fresado de cavidades.....	36
Ilustración 3-17:	Simulación del proceso fresado de cavidades.....	36
Ilustración 3-18:	Proceso de fresado de restos.....	37
Ilustración 3-19:	Proceso de fresado de restos a tercer nivel de proceso.....	37
Ilustración 3-20:	Ilustración de la primera fase de detección de puntos críticos.....	38
Ilustración 3-21:	Ilustración de la segunda fase de detección de puntos críticos.....	39
Ilustración 3-22:	Ilustración de la tercera fase de detección de puntos críticos.....	40
Ilustración 3-23:	Ilustración de la tercera fase de detección de puntos críticos.....	41
Ilustración 3-24:	Diseño del croquis del molde para fabricación del pistón de 100 cc.....	41
Ilustración 3-25:	Diseño de paralelepípedo de molde y pistón de 100 cc.....	42
Ilustración 3-26:	Relación de posición entre paralelepípedo de molde y pistón de 100 cc.....	42

Ilustración 3-27: Extrusión del molde de paralelepípedo junto a pistón de 100 cc	43
Ilustración 3-28: Extrusión del molde de paralelepípedo.....	43
Ilustración 3-29: Apreciación de la base del molde del pistón.....	44
Ilustración 3-30: Unión de placa base con el molde	51
Ilustración 3-31: Mecanizado del eje de 2" del pistón de 100 cc.	52
Ilustración 3-32: Configuración de los puntos cero máquinas y cero pieza.	53
Ilustración 3-33: Proceso de mecanizado del eje de 2" con fresa recta.	54
Ilustración 3-34: Proceso de fresado de restos.....	54
Ilustración 3-35: Proceso de corte del eje sobrante del molde	55
Ilustración 3-36: Proceso de corte del eje sobrante del molde.	55
Ilustración 3-37: Proceso de doblado de los soportes laterales.	56
Ilustración 3-38: Marcado de los agujeros de los soportes laterales.	57
Ilustración 3-39: Perforación de las placas laterales con taladro de pedestal.	57
Ilustración 3-40: Perforación de las placas	58
Ilustración 3-41: Unión de la placa con el soporte base.....	59
Ilustración 3-42: Mecanizado del eje hueco de 1" para el bebedero.	59
Ilustración 3-43: Perforación de los soportes superiores.....	60
Ilustración 3-44: Soldadura de los soportes superiores con el bebedero.	61
Ilustración 3-45: Ensamblaje final del bebedero.....	61
Ilustración 3-46: Corte de los soportes superiores de la plancha de acero A36.....	62
Ilustración 3-47: Proceso de corte de la placa base.....	62
Ilustración 3-48: Ensamblaje y disposición de accesorios creación de los pistones.....	63
Ilustración 4-1: Disposición de materiales para fundición del aluminio.	68
Ilustración 4-2: Disposición del horno a diésel en el laboratorio	69
Ilustración 4-3: Ajuste de hermeticidad del molde	69
Ilustración 4-4: Inducción del horno a 800°C.....	70
Ilustración 4-5: Ajuste de hermeticidad del molde por torque y sellado con masilla.....	71
Ilustración 4-6: Ajuste de hermeticidad del molde	71
Ilustración 4-7: vertido de la colada en el molde	72
Ilustración 4-8: Desmontaje del molde pistón.	72
Ilustración 4-9: Remoción del bebedero del molde.	73
Ilustración 4-10: Mecanizado del pistón con cilindrado y refrentado.	73
Ilustración 4-11: Mecanizado del pistón con ranurado	74
Ilustración 4-12: Mecanizado del pistón con ranurado de alojamiento para anillos.....	74
Ilustración 4-13: Mecanizado del pistón con ranurado de alojamiento para anillos.....	75
Ilustración 4-14: Proceso de desbaste con lija sobre probeta de pistón fundido.....	65

Ilustración 4-15: Proceso de ensayo de micrografía.	66
Ilustración 4-16: Vistas del ensayo de micrografía.	66
Ilustración 4-17: Vistas del ensayo de micrografía sobre una muestra de silicio-aluminio.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FRESA RECTA, HSS, LONGITUD TOTAL.

ANEXO B: FRESA FRONTAL 3 FILOS DE BOLA, MATERIAL DE CARBURO,
DIÁMETRO 3/8.

ANEXO C: ISOMÉTRICO DEL PISTÓN DE 100 CCG

ANEXO D: ISOMÉTRICO DEL ENSAMBLE DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100 CC

ANEXO E: ISOMÉTRICO DEL MOLDE BASE DEL PISTÓN DE 100 CC

ANEXO F: ISOMÉTRICO DEL SOPORTE DERECHO DEL PISTÓN DE 100 CC

ANEXO G: ISOMÉTRICO DEL SOPORTE IZQUIERDO DEL PISTÓN DE 100 CC

ANEXO H: ISOMÉTRICO DE LA TAPA INFERIOR DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100 CC

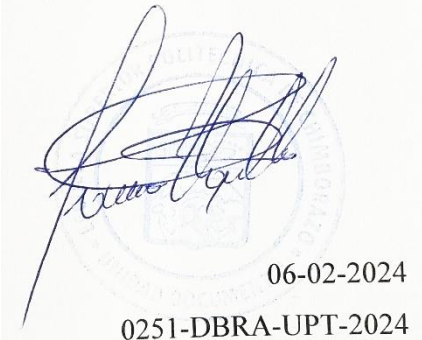
ANEXO I: ISOMÉTRICO DE LA TAPA SUPERIOR DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100 CC

ANEXO J: ISOMÉTRICO DEL BEBEDERO DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100 CC

RESUMEN

La fabricación de partes para motocicletas en Ecuador, ha presentado dificultades de dependencia internacional por parte de los fabricantes, especialmente, aquellas relacionadas con los motores de dos tiempos, lo cual dificulta un despacho uniforme y suficiente para el país, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación, estableció el desarrollo del diseño y construcción de un molde para la fabricación en serie para pistones de motor de motocicleta de cilindrada de 100cc. La metodología de investigación implementada tuvo enfoque de la investigación adoptó un modelo cualicuantitativo, nivel aplicativo o de acción, diseño experimental, tipo de estudio descriptivo, métodos deductivo, inductivo y experimental. La población y muestra, estuvo comprendida por el elemento único representativo, que comprendió el pistón de 100cc, sujeto a dimensiones específicas, según los anexos. En el mismo apartado metodológico, fueron expuestos los diseños, cálculos, dimensionamientos, medidas y aplicación de ensayos, la construcción del molde para fabricación del pistón y la aplicación de la colada de aluminio, estaño y cobre, cuyos ensayos tuvieron lugar en el laboratorio de materiales, mientras que la fundición se realizó en el taller de fundición de la facultad de mecánica de la Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Mediante esta metodología se logró determinar la aplicación de ingeniería inversa mediante el uso de los ensayos de micrografía, espectrofotometría y dureza de Brinell; moldeo del pistón de dos tiempos mediante SolidWorks y Siemens NX 12 y finalmente, la construcción del molde para fabricar los diferentes elementos. En este contexto, se logró concluir la viabilidad técnica descrita entre las etapas de desarrollo de la fabricación del pistón, a través del uso de máquinas para mecanización y precisión tales como fresadora, taladro de pedestal, prensa hidráulica y torno, para el desbaste de los diferentes cuerpos metálicos, dando como resultado un producto óptimo y funcional.

Palabras clave: <PISTÓN>, <MOTO>, <100CC>, <DISEÑO>, <FABRICACIÓN>, <FUNDICIÓN>, <MOLDE>, <MECANIZACIÓN>.



06-02-2024
0251-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

The manufacture of motorcycle parts in Ecuador has presented difficulties of international dependence by manufacturers, especially those related to two-stroke engines, which hinders a uniform distribution and sufficient dispatch for the country. Therefore, the objective of this research, established the development of the design and construction of a mold for the mass production of motorcycle engine pistons of 100cc displacement. The research methodology implemented had a qualitative-quantitative research approach, applied or action level, experimental design, descriptive type of study, deductive, inductive, and experimental methods. The population and sample consisted of a single representative element, which comprised the 100cc piston, subject to specific dimensions, according to the annexes. In the same methodological section, the designs, calculations, dimensioning, measurements and application of tests, the construction of the mold for piston manufacturing and the aluminum application, tin and copper casting, whose tests took place in the materials laboratory, while the casting was carried out in the foundry workshop of the mechanics faculty at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, were exposed. Through this methodology it was possible to determine the application of reverse engineering using micrography, spectrophotometry and Brinell hardness tests; molding of the two-stroke piston using SolidWorks and Siemens NX 12. Finally, the construction of the mold to manufacture the different elements. In this context, it was possible to conclude the technical feasibility described between the stages of development of the manufacture of the piston, with machines for machining and precision such as milling, pedestal drill, hydraulic press and lathe, for the roughing of the different metal bodies, resulting in an optimal and functional product.

Keywords: <PISTON>, <MOTION>, <100CC>, <DESIGN>, <FABRICATION>, <FOUNDRYING>, <MOLDING>, <MACHINING>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema MSc.

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Ecuador tiene una demanda de partes y piezas automotrices que crecen a grandes escalas, su abastecimiento se logra por medio de la importación ya que en el mercado nacional no posee la capacidad suficiente para satisfacer dicha demandada. Hasta mediados del año 2023 mediante un acuerdo ministerial N.º 14264, se busca minimizar el porcentaje de integración de partes y piezas de motocicletas ensambladas en el país. Por eso, se plantea el presente proyecto de construir un molde para la fabricación en serie para pistones de motocicleta de cilindrada 100cc, aplicando ingeniería inversa y con ayuda de las herramientas como el software SolidWorks y NX12 se permitirá automatizar el diseño mecánico del molde y analizar los fenómenos físicos que se aplican en el pistón.

La fundición se enmarca en la fabricación de un nuevo pistón a través de la selección del mejor material seleccionado con anterioridad aplicando ensayos de espectrometría a un pistón comercial en los laboratorios de Materiales de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, dando como resultado en mayor cantidad el aluminio y el silicio.

Con ayuda de una máquina Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno Cincinnati 1540, se buscó obtener el mejor resultado mediante el proceso de maquinado que se le dará al pistón de 100cc. El alcance del presente proyecto busca encontrar las mejores variables para el diseño y la fabricación del molde para obtener un producto que cumpla los estándares planteados en nuestro proyecto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad existen grandes inversiones de maquinarias e instalaciones para mejorar los procesos de manufactura, siendo uno de ellos el proceso de fabricación de pistones en la industria automotriz, los cuales muchas de las veces no resultan rentables y existen pérdidas de material por el diseño que se emplea en la construcción y los materiales empleados para su fabricación.

En el Ecuador se ve la falta de abastecimiento de repuestos en particular los pistones de 2 tiempos para motor de motocicletas, dado que la producción de este elemento solo se da en países tales como: Alemania, Argentina, España, Turquía, Gran Bretaña, Estados Unidos, Brasil, Japón, China e India, siendo estos los pioneros que abastecen el stock de recambio tanto a nivel mundial como en Latinoamérica.

1.2. Justificación

Ecuador es uno de los principales países en realizar importaciones de pistones de dos tiempos para motores de motocicleta, por lo tanto, se registra una gran demanda de repuestos para motores de dos tiempos, en los cuales se busca el mejor repuesto con una vida útil de mayor tiempo. Entre los países con mayor stock de recambio a nivel de Latinoamérica encontramos a Alemania, Argentina, España, Turquía, Gran Bretaña, Estados Unidos, Brasil, Japón, China e India. (Pérez *et al.* (2021).

El pistón es el elemento móvil principal en el funcionamiento de un motor de combustión interna, debido a que se desgasta característicamente reduciendo el diámetro de su perfil respecto a la fricción producida, de tal forma que aumentando la holgura en el alojamiento de los anillos; y tras haber cumplido la vida útil, se ve en la obligación de sustituirlo por un repuesto con características similares, garantizando de esta manera prolongar la vida útil de dicho motor, por lo tanto, el pistón se torna en un elemento de recambio frecuente (Crouse *et al.* 1992).

Hoy en día se busca mejorar los procesos de diseño, construcción y fabricación con nuevas herramientas tecnológicas que ayudan en el diseño, una de ellas es el software SolidWorks, el cual es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, un software con el cual se podrá diseñar un molde para la

fabricación en serie para pistones de motor de motocicleta de 100cc, y con ayuda de un proceso CAM, optimizar la productividad del mecanizado ayudando a garantizar las tolerancias del producto final.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar y construir un molde para la fabricación en serie para pistones de motor de motocicleta de cilindrada 100cc.

1.3.2. Objetivo Específicos

- Desarrollar ingeniería inversa a un pistón comercial de 100cc de dos tiempos, a través de ensayos de composición química (espectrometría), ensayo de dureza, ensayo de micrografía, de tal forma que permita determinar la aleación, propiedades mecánicas y tratamiento térmico del material a utilizarse en la manufactura del nuevo pistón.
- Modelar el pistón de dos tiempos de 100cc mediante un software CAD (SolidWorks), que permita posteriormente manufacturar en molde.
- Diseñar y construir el molde para la fabricación del Pistón teniendo en cuenta los diferentes insertos a emplearse.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

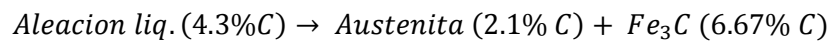
2.1. Definición de fundición

Respecto a la definición de fundición, destacada por Jiménez (2014), dice que, es el proceso de la obtención de una pieza a partir de la fusión del metal (posteriormente se colocará en un molde previamente preparado), donde se endurece y toma la representación deseada. La fundición se compone de hierro, carbono, silicio y elementos como magnesio, fósforo, azufre, etc. Las piezas fundidas no están sujetas al proceso de deformación plástica, porque no son flexibles.

2.1.1. Tipos de fundiciones

2.1.1.1. Fundiciones de aleaciones blancas

En términos generales, las fundiciones de aleaciones blancas son comúnmente aleaciones de hierro y carbono que, tras la transformación eutéctica, completan la solidificación a una temperatura de 1.148 °C:



En este relleno eutéctico de austenita y cementita, con el cual podría formar el componente de la matriz del hierro fundido blanco, se llama ledeburita. Una característica común de todas las fundiciones blancas es que el intervalo de solidificación finaliza en el eutéctico, por lo que todas tienen ledeburita.



Ilustración 2-1 Microestructura típica de las fundiciones blancas

Fuente: Rodríguez , Hermenegildo, 2013.

2.1.1.2. Fundiciones grises

En términos generales de fundiciones grises, según el autor Rodríguez (2013), estas fundiciones que se constituyen con un porcentaje mayor del 90%, son fundiciones en las que el carbono se presenta en una especie de grafito porque se solidifican respecto al diagrama de estabilidad, en otras palabras, la composición de equilibrio mediante la solidificación es austenítica y libre de grafito, por lo que no hay ledeburita de plomo.

Mientras más grandes son en volumen los elementos fabricados, más difícil será el enfriamiento de la colada resultante, el cual, es necesario para la obtención de las formas y constitución deseada de las piezas. Estas, pueden dividirse en fundición gris o blanca:



Ilustración 2-1: Fundiciones grises con estructura totalmente ferrítica.

Fuente: Rodríguez , Hermenegildo, 2013.



Ilustración 2-2: Fundiciones grises con estructura totalmente perlítica.

Fuente: Rodríguez , Hermenegildo, 2013.

2.1.1.3. Fundiciones dúctiles o nodulares

Según Rodríguez (2013), las fundiciones grises o nodulares, también conocidas como esferoidales, por lo regular, evidencian una estructura de grafito de pequeñas esferas. La morfología de esferas es capaz de ser obtenida tras añadir elementos inoculares, tales como: magnesio, el cual actúa

como agente cristizador radial: cuyas propiedades son comparables con gran resistencia mecánica, cuyos valores rondan los 70-80 kg/mm², a la de los aceros.

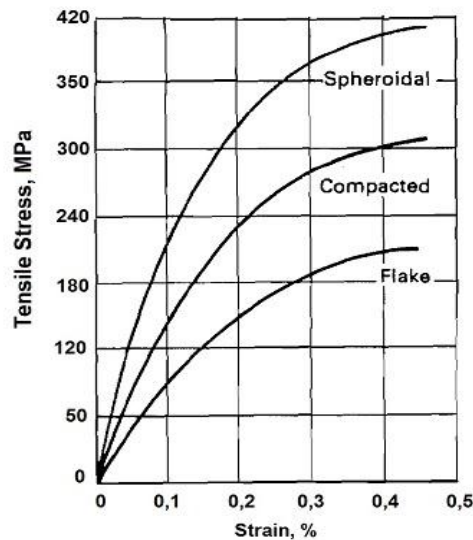


Ilustración 2-4 Transición de grafito.

Fuente: (Rodríguez), Hermenegildo, 2013.

2.1.1.4. Fundiciones atruchadas

Según describe Rodríguez (2013), este tipo de fundiciones se distinguen por tener una matriz de fundición blanca parcialmente mezclada con fundición gris, conocidos como hierros fundidos triturados porque contienen ambos como grafito y ledeburita al mismo tiempo, dándoles un extraño aspecto moteado que es en parte blanco y en parte gris. El hierro fundido es difícil de fabricar debido a que el carbono está parcialmente mezclado y disuelto.

2.1.1.5. Fundiciones maleables

El término "fundición maleable", según el autor Rodríguez (2013), refiere a las fundiciones que inicialmente eran blancas (microestructura a base de cementita y perlita) y luego se volvieron grises después de someterse a un tratamiento térmico. Esto hace que las fundiciones maleables sean diferentes de las otras fundiciones mencionadas en las secciones anteriores.

2.1.2. Ventajas del proceso de fundición

- Su proceso de mecanizado es más fácil que en el de los aceros.
- La complejidad al producir piezas de diferentes tamaños es mínima.
- En el proceso de fabricación se omiten equipos costosos.

- Tienen una fuerte resistencia al desgaste, choque térmico y resistencia a la corrosión.
- Las fundiciones pueden ser grises, blancas o atruchadas dependiendo de cómo se rompan, pero también pueden ser flexibles, nodulares, y especialmente aleadas (Brizuela, 2020).

2.1.3. Defectos en piezas de fundición

Respecto a los defectos en piezas de fundición, según Avendaño et al. (2017), establece que no son deseados y, frecuentemente difíciles de encontrar; algunos incluso incluyen fallas internas que solo pueden ser descubiertas con técnicas de examen especializadas. El origen de los defectos se puede dar por diferentes causas. Para determinar estas causas hay que llevar un análisis minucioso de dichos motivos que lo producen, sin duda alguna la experiencia del fundidor es clave para evitar ese efecto en la pieza y poner medidas preventivas para anular los defectos en la producción de piezas fundidas como son:

- Porosidad.
- Rechupe.
- Sopladura.
- Grietas.
- Llenado incompleto.
- Exposición de arena.

Existen muchas aleaciones de fundición ferrosas y no ferrosas, cada una con un conjunto único de cualidades y características de fundición empleadas para ensamblarse en otros componentes y estructuras mecánicas (subensambles). Muchos otros factores (como la soldabilidad, la maquinabilidad y las cualidades de la superficie) también son importantes, ya que muchas fundiciones están diseñadas y fabricadas para combinarse con otros componentes mecánicos y estructuras (subconjuntos).

2.1.4. Aleaciones no Ferrosas

Las aleaciones no ferrosas corresponden a la mezcla entre metales de gran frecuencia industrial, tales como, el cobre, aluminio y magnesio; además, integran elementos de gran resistencia a la temperatura: tantalio, tungsteno y molibdeno (Kalpakjian, 2014).

2.1.4.1. Aleaciones con base de aluminio.

Este tipo de aleaciones de aluminio según la investigación de Kalpakjian (2014), tienen una alta resistencia a la corrosión atmosférica y una gran conductividad eléctrica. Los numerosos métodos de endurecimiento y tratamientos térmicos que se pueden aplicar a las aleaciones a base de aluminio están presentes en una amplia gama de características mecánicas. La aplicación en piezas automotrices es una de ellas tales como: monobloques de motores, culatas, colectores de admisión, cajas de cambios, piezas de suspensión, ruedas y frenos, entre otros.

2.1.4.2. Aleaciones con base de magnesio.

El grupo de aleaciones a base de magnesio tiene la densidad más baja de todas para su uso en fundiciones comerciales, el método de tratamiento térmico empleado, tiene un grado moderado de resistencia a la corrosión, que por lo general este tipo de aleaciones se las utiliza en monobloques de motores enfriados por aire, y ruedas para automóviles (Kalpakjian, 2014).

2.1.4.3. Aleaciones con base de cobre.

Aunque son costosas, las aleaciones a base de cobre ofrecen una fuerte conductividad térmica y eléctrica, no son tóxicas y son resistentes a la corrosión, y tienen características de desgaste que las hacen ideales para materiales de soporte. Hay muchas otras aleaciones a base de cobre disponibles, incluidos latones y bronce hechos de aluminio, fósforo y estaño. (Kalpakjian, 2014).

2.1.4.4. Aleaciones de Aluminio y Silicio

Según la investigación de Echeverría y Orrego (2012), la aplicabilidad del silicio junto al aluminio es la optimización de la colada respecto de la eficiencia del proceso de colado.

Las aleaciones de silicio con aluminio son frecuentemente utilizadas en la industria mundial debido a las propiedades de resistencia a la corrosión, soldabilidad y moldeo, especialmente, sobre manufacturas para medios sumergidos en agua salada. El atributo destacado sobre la colada entre silicio y aluminio corresponde a que el primer metal, posee un retículo con forma de diamante, el cual no es denso, que posee mejor ocupación de la estructura de átomos en estado sólido respecto del estado líquido, lo que facilita una reducción sustancial de la contracción en comparación con otros tipos de aleaciones de metales.

De acuerdo con la ilustración 2-5, el conocido sistema binario Al-Si, demuestra el eutéctico cuya referencia es una temperatura de 577°C en conformidad con una composición de silicio del 11,7%; es decir, es la integración entre la dispersión de fase β, y la matriz de fase. En condiciones de equilibrio la solución sólida de aluminio o fase α tiene un contenido en silicio del 1.3 % a 550°C y baja hasta 0.05-0.008% a la temperatura de 250°C. En estas aleaciones el silicio existente puede aparecer en dos formas:

- Teniendo como punto de partida a la precipitación de la solución α.
- Cogenerada desde una forma directa comprendida en la solidificación (Gil & Bádenas, 2001).

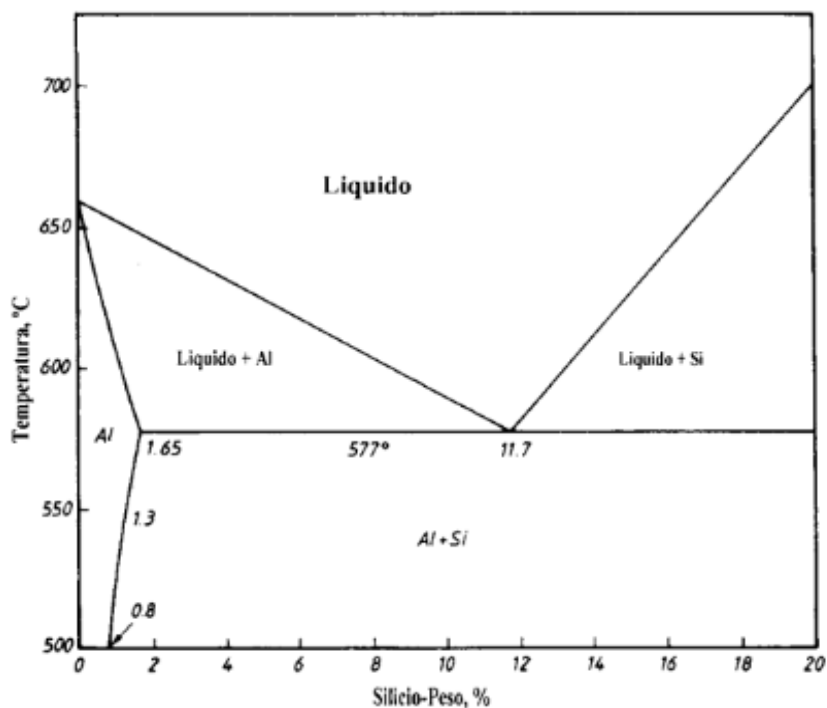


Ilustración 2-5: Diagrama de equilibrio binario aluminio-silicio

Fuente: Gil, Francisco; Bádenas, Conrado, 2001.

2.1.5. Aleaciones Ferrosas

Según la investigación realizada por Pazos (2006), estas denominadas aleaciones ferrosas contienen los elementos hierro y carbono, de los cuales el hierro es el elemento principal. El porcentaje de hierro de estas aleaciones oscila entre el 60 % y el 98 %. El hierro es una aleación que tiene entre 2,14% y 4,5% de carbono en peso, mientras que el acero es una aleación que contiene menos de 2,14% de carbono en peso.

2.1.6. Definición de moldeo

El método llamado fundición consiste en inyectar presión o gravedad en un molde utilizando materiales previamente fundidos y recalentados para crear piezas. Con esta técnica, se puede crear casi cualquier forma, con tal precisión y pulido de la superficie que no es necesario mecanizar más (Cubel & Torres, 1995).

2.1.7. Tipos de moldes para fundición

A continuación, se presentaron los tipos de moldes:

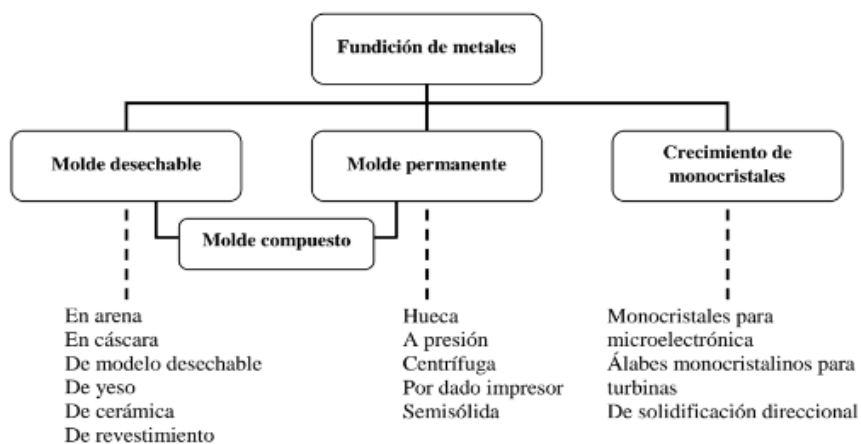


Ilustración 2-6: Tipos de moldes

Fuente: López, Alejandro; Gómez, Marta; Martínez, Juan; Sánchez, Silvia 2019 .

2.1.8. Molde Permanente

Los moldes permanentes pueden ser de cerámica o metálicos (coquillas). Los moldes diseñados para producir componentes de metales no ferrosos con temperaturas de fusión inferiores a 1.200 °C son el ejemplo más ilustrativo. El proceso de solidificación y enfriamiento se acelera mediante un sistema de enfriamiento integrado en las paredes del molde, ya que estos dispersan rápidamente el calor (Salán, 2005).

2.1.9. Procesos de fundición con molde permanente

En la ilustración 2-7 se representan las fases del fundido con moldes permanentes: 1) se precalienta y recubre el molde, 2) se implantan los núcleos (si los hay) y se taponan el molde, 3) se dispersa metal derretido en el molde y 4) se abre el molde. La pieza completa se presenta en 5).

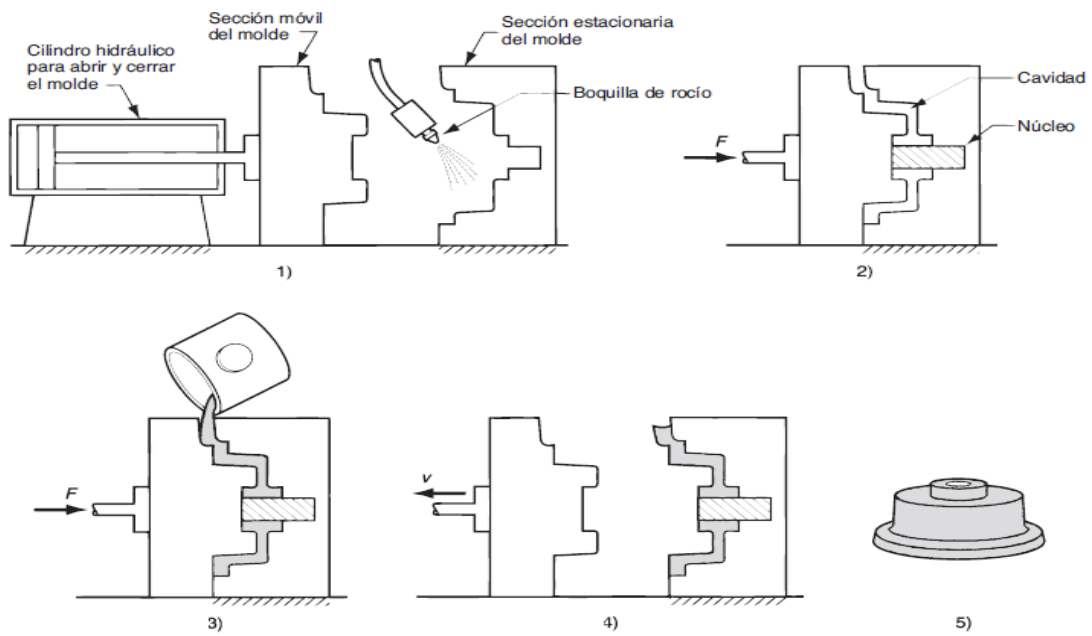


Ilustración 2-7: Etapas del fundido con moldes permanentes

Fuente: Groover, Mikell, (2007).

2.1.10. Componentes del molde permanente

A continuación, se presentaron los componentes del molde permanente:

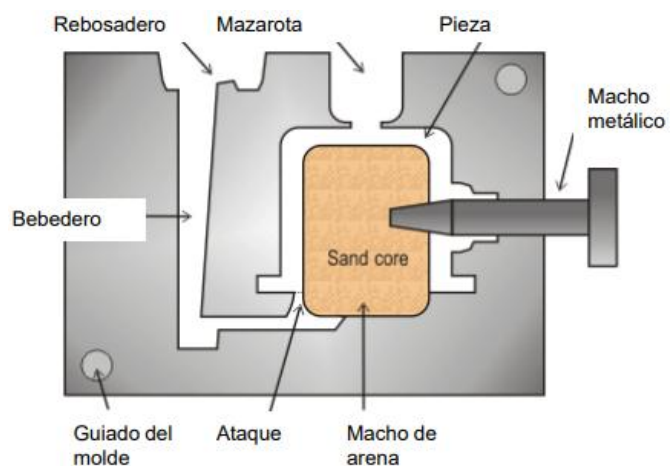


Ilustración 2-8: Componentes del molde

Fuente: (Herriko), EusKal, 2017.

2.2. Nuevas tecnologías para el diseño de moldes

Teniendo en cuenta el criterio de Botta (2018), el uso del software SolidWorks es una ventaja para el proceso de diseño y construcción de piezas en el ámbito automotriz, que no solo permite diseñar si no también realizar simulaciones para un mejor desarrollo técnico de la pieza.

2.3. El motor de combustión interna

Hernández y Rafael (2014), argumentan que, para hacer funcionar las distintas máquinas, se requiere de energía mecánica. Esta energía se puede producir utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. El tipo de energía más popular es la energía térmica, que se produce cuando se queman combustibles orgánicos como hidrocarburos. Los motores son un tipo de máquina que convierte la energía térmica en trabajo, estos motores utilizan el 80% de la energía mundial procedente de hidrocarburos.

Los motores de combustión interna son transformadores alternativos del movimiento mecánico, empleando para dicho proceso, fluidos inflamables que permiten la transferencia de energía útil. Desde el proceso de ignición, hasta el apagado del mismo, el dispositivo aporta potencia mediante la reacción química generada desde el comburente, combustible y el oxígeno. La explosión térmica es canalizada dentro de cada cilindro del motor para ser absorbida por las bielas y transferida hasta el cigüeñal de los elementos mecánicos a los que pertenece para atribuir movimiento.

2.3.1. Motor de dos tiempos

Los motores de dos tiempos son característicos de integrar las dos primeras fases del Ciclo Otto y las dos últimas, en una sola etapa para cada cual, es decir, admisión y compresión, en una etapa y explosión y escapa en otra, de forma simplificada. La carrera del pistón se mantiene en los puntos de referencia del punto muerto inferior al superior, logrando así una carrera del pistón, para transferir la energía útil al cigüeñal, y ésta a las ruedas, embrague o demás elementos de potencia para alimentar. Por lo general, son de preferencia motores más sencillos, al no poseer menos accesorios correspondientes al sistema de distribución. La desventaja principal de este tipo de motores es el gran grado de contaminación, y el gran consumo de combustible que estos implican (Hernández y Rafael, 2014).

2.3.2. Pistón

El pistón es aquel elemento dinámico del sistema de potencia, el cual transfiere movimiento al cigüeñal tras absorber la explosión realizada en el cilindro, a través de la biela y los cojinetes de esta. Corresponde a uno de los elementos de recambio más comunes en la industria, junto a los anillos que le integran. De forma preconcebida, la calidad, material y dimensión del pistón ha de afectar directamente el desempeño del motor, por lo que deben procurarse configuraciones adecuadas para un funcionamiento óptimo (Álvarez, 2005).

2.3.3. Materiales de un pistón

Los pistones suelen estar compuestos por una aleación de aluminio y silicio, con una concentración de silicio de al menos el 12 %; también se incluyen pequeñas cantidades de otros elementos, como cobre, hierro y níquel. Todos de estos materiales pueden ser creados por fundición o forja, y todos tienen el objetivo de aligerar el producto final según las investigaciones previamente realizadas (Álvarez, 2005).

Actualmente, los pistones se producen con aleaciones de aluminio y silicio (Al-Si), con mayor frecuencia AS-10 y AS-12 de aleaciones de aluminio-silicio (Al-Si). El silicio tiene un impacto significativo en la aleación; A medida que aumenta el contenido de silicio (de 9% a 20% Si), cambian las propiedades de la aleación y las características varían:

- Incrementar la resistencia a la ruptura y la dureza.
- Pueden influir en el aumento de las dificultades de mecanizado.
- Decrecimiento de la densidad.
- Impacto negativo sobre el coeficiente para generar la dilatación térmica.
- Mejora óptima de la calidad de conducción eléctrica.

La variabilidad de métodos de producción en serie de los pistones de aleación de silicio y aluminio, se establecen mediante forjado en caliente, aplicación de moldes de arena o en su defecto, coquilla, y finalmente, la variación de forjado líquido. Según la tabla 2-1, fueron sintetizados los principales procedimientos de fabricación de pistones bajo el concepto de aleación ligera, según el marco de producción en serie (Álvarez, 2005).

Tabla 2-1: Principales aleaciones y procedimientos de fabricación

Procedimiento	Familias	Elaboración	Series
Moldeo	Al - Cu _{8%}	Arena o coquilla	Cortas
Moldeo	Al - Cu ₄ - Ni _{2%}	Arena o coquilla	Cortas
Moldeo	Al - Cu ₄ - Ni _{0%}	Arena o coquilla	Cortas
Moldeo	Al - Si(<i>Clásica</i>)	Coquilla	Grandes
Moldeo	Al - Si(<i>hipersiliciada</i>)	Arena o coquilla	Medianas
Forjado	Al - Cu ₂ - Ni ₁₅		Cortas
Forjado	Al - Si(<i>Clásica</i>)		Cortas
Forjado	Mg	Excepcional	

Fuente: Álvarez , Jesús, 2005.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

Teniendo en cuenta las pautas de metodología de la investigación respecto a Arias y Covinos (2021), la cual consiste en un proceso sistemático a los métodos cuantitativos, cuantitativos o mixtos, de acuerdo con la naturaleza del estudio, es decir, adoptando la perspectiva de la recolección e interpretaciones de cifras o la perspectiva teórica. La presente investigación estipuló un enfoque cuali-cuantitativo o mixto, debido a la integración de ambas perspectivas, tanto de carácter cualitativo, respecto a la ilustración terminológica de aplicación en la selección del tipo de acero, tipos de ensayo, uso de términos y desarrollo aplicativo de estrategias de diseño para mecanización, entre otros. Mientras, por otro lado, resulta de tipo cuantitativo, debido a la parametrización específica para el diseño resultante del molde del pistón de 100cc asociados a esquemas lógicos.

3.1.1. Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo es diferente del cuantitativo, en el cual conlleva al investigador a adoptar un rol activo dentro del proceso de realización del estudio, debido a que apela mucho a las destrezas de la persona que realiza el análisis, considerando la aplicación de conocimientos, habilidades, experiencias y contextualización de fenómenos adquiridos por el investigador (Mucha *et al.* 2021).

3.1.2. Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo contempla la recolección y demostración estructurada de forma sistemática de la información del objeto de estudio, para realizar proyecciones realizadas en la realidad sobre procedimientos lógicos inherentes al fenómeno analizado. Por lo general, este tipo de enfoques adopta una perspectiva deductiva, asimilando hechos resultantes señalados mediante numeración o cuantificación previa hasta materializar los elementos analizados (Díaz, 2019).

3.2. Nivel de investigación

Considerando los lineamientos de investigación por parte de Díaz (2019), la investigación en el presente documento comprendió un nivel resultante de tipo aplicativo o de acción, debido a la

calidad de desarrollo de técnicas profundas respecto a las disciplinas de metalurgia, mecanizado y diseño, para resolver el enigma de estudio, el cual, comprende diseño y construcción de un molde para la fabricación en serie para pistones de motor de motocicleta de cilindrada 100cc, a través de la integración innovadora mediante el uso de tecnologías de software en 3D, a fin de generar un diseño funcional del elemento mecánico resultante.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *Diseño experimental*

Según las estipulaciones respecto de la manipulación de la variable independiente, Mucha et al. (2021), el cual establece que el diseño de una investigación corresponde a la planificación del desarrollo analítico del determinado tema de investigación, delimitando la calidad del rigor científico al ensamblar los elementos de: instrumentos de recolección de datos, técnicas de investigación y procedimientos específicos naturales e imprescindibles definiendo a la vez, los métodos de interpretación de estos, hasta alcanzar el procesamiento de la información para convertirlos en resultados legibles y aceptables.

Por tal razón, el diseño de la presente investigación, correspondió al modelo experimental respecto a la formulación de procesamientos planteados para el desarrollo en un elemento mecánico, con carácter metalúrgico, tal como se definió: molde para pistón de motocicleta de 100cc, a fin de ilustrar la parametrización correcta respecto de los factores de: selección del tipo de acero, así como la aplicación apropiada de las técnicas de espectrometría y dureza mediante la adquisición de un pistón convencional de 100cc para determinación y apreciación de dichos factores, mientras que el ensayo de micrografía se aplicó sobre el producto de fundición del pistón de aluminio resultante; diseño de isométricos y simulación del mecanizado del pistón para materialización a través de la creación de las piezas en Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno Cincinnati 1540, a través de del desarrollo de esquemas CAD/CAM.

3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

De acuerdo al enunciado de las intervenciones en el trabajo de campo realizado por Avello et al. (2019), el mismo correspondió a uno de tipo transversal, al asimilar la calidad observacional sobre el fenómeno de estudio, siendo este, el diseño del molde de pistón de motocicleta de 100cc a través del uso de herramientas de forma directa y en primera persona por los investigadores, tales como: Fresadora recta, HSS, longitud total 95mm, largo espiral 45mm, diámetro 10mm, 4 filos y

Fresadora frontal 4 filos de bola, material de carburo, diámetro 3/8", largo espiral 3/4", longitud total 2,5". Ver anexos 1 y 2.

3.4. Tipo de estudio

Respecto del tipo de estudio, el criterio proporcionado por Díaz (2019), permitió corresponder el análisis de acuerdo a uno de tipo descriptivo, siendo que la información fue desarrollada con el fin de describir los procedimientos para el desarrollo mecánico de un molde de pistón de 100cc, considerando los subprocesos desde la fase de diseño, hasta la creación mediante el devastado en la Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno Cincinnati 1540, para posteriormente, establecer y aplicar de forma descriptiva, los procedimientos sobre la comprobación desde la perspectiva de ensayos destructivos, como el de dureza y no destructivos como el de micrografía y espectrografía, a fin de garantizar la calidad del diseño mecánico de forma funcional desde las características físicas requeridas.

3.5. Métodos

El presente estudio, abarco la distribución de las siguientes perspectivas de métodos:

3.5.1. Método deductivo

Mediante el software CAD, siendo este SolidWorks, se diseñó el molde para la fabricación del pistón de 100cc, en donde el molde tuvo una cavidad de alimentación central en el cual se depositó el compuesto, estando el molde cerrado. Teniendo en cuenta que el émbolo de transferencia actuará de manera independiente al modelo de cierre del molde, a través de la presión se llegará a llenar las diferentes cavidades de la boquilla y los canales de alimentación (Mucha et al. (2021).

3.5.2. Método inductivo

Para la simulación y validación del presente proyecto técnico se utilizó el software de NX 12 para la simulación de la manufactura del molde del pistón de 100cc (Díaz, 2019).

3.5.3. Método experimental

El presente proyecto es de carácter experimental ya que se llevó a cabo el diseño del molde y la fabricación del pistón de 100cc para el motor de una motocicleta. Debido a que este es el producto

resultante desde la síntesis de un conjunto de ideas sistemáticas y que de forma aplicada al documento, fueron representadas por una serie de ámbitos fácticos de ingeniería, de forma tal, que se configuren las formas apropiadas de diferentes elementos, materiales, herramientas, procedimientos, entre otros, hasta alcanzar un diseño final del elemento mecánico, del molde de pistón de 100cc, entendiéndose, como la manipulación de las variables sobre estos (Cohen, 2019).

3.6. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.6.1. Población

Respecto de la población de estudio, Mucha et al. (2021), establece a la población como el grupo de elementos con características comunes que permiten el análisis del fenómeno. Tomando en cuenta el criterio del investigador, se indica que, para el presente estudio, la población se halló representada por un único elemento representativo, siendo este, el objetivo de estudio, determinado como un molde para la fabricación en serie para pistones de motor de combustión interna de motocicleta de cilindrada 100cc, sobre el cual se integraron los fundamentos posibles de las herramientas de los ámbitos de ingeniería, para materializar un diseño funcional.

3.6.2. Muestra

De acuerdo a las referencias destacadas en la población, la muestra es igual a la misma población de estudio, considerando el alcance de un único elemento de diseño, sobre el cual se aplicaron los esfuerzos de la investigación, hasta alcanzar el diseño funcional del molde de pistón de 100cc, a razón del carácter de muestreo de tipo no probabilístico y de conveniencia adoptado para las circunstancias del estudio a razón del juicio del investigador, así como la disponibilidad de recursos específicos en la materia (Arias y Covinos, 2021).

3.7. Diseño, cálculos, dimensionamiento, medidas y aplicación de ensayos

Para el desarrollo del presente documento se establecieron una serie de etapas sucesivas de forma sistemática, generando módulos específicos desde la captación y revisión de información inherente al tema hasta alcanzar la fabricación del molde de pistón de 100cc, junto al análisis de resultados correspondiente, tal cual, como se demostró a continuación:

3.7.1. Consideraciones para el desarrollo del proceso de maquinado del pistón

Posteriormente, para la etapa de diseño del molde de pistón de 100cc, se empleó el software SolidWorks para el levantamiento del esquema de isométricos, considerando como núcleo de las

medidas a desarrollar, a las mismas del producto resultante, es decir, las medidas del pistón, desde donde este es derivado; en esta etapa en particular, fueron definidas las medidas del elemento mecánico mediante esquematización de isométricos basados en cálculos específicos, demostrados a continuación, a partir de la selección del material:

3.7.1.1. Selección del material

Respecto de la selección del tipo de acero, fue considerada de forma técnica, la utilización de la aleación DIN 7020, de acuerdo con las características de la distribución de moléculas de la masa de metal, a parte de la técnica de espectrometría, las cuales son idóneas de forma normalizada y habitual, para el desarrollo específico de elementos de máquina tipo pistón para operaciones de combustión interna. A continuación, las características físicas del acero referido:

Tabla 3-1: Características físicas de la aleación DIN 7020

Composición química									
	Min: 0		Min: 0		Min:		Min:		Min:
Si	_____	Fe	_____	Cu	_____	Mn	_____	Mg	_____
	Máx:		Máx:		Máx:		Máx:		Máx:
	0,35		0,40		2,00		0,50		1,40
	Min:		Min:		Min:		Min:		
Cr	_____	Zn	_____	Otros:	_____	Al:	_____		
	0,1		4,00		0		0		
	Max:		Max:		Max:		Max:		
	0,35		5,00		0,15		resto		
Propiedades físicas									
Módulo Elástico	70.000	Módulo Elástico Transversal	26.400	Peso específico	2,78	Intervalo de fusión	605-645	Coefficiente de dilatación lineal	23,4
EN/mm2		GN/mm2		g/cm3		°C		µm / mK	
Conductividad térmica	139-140	Resistividad eléctrica	49	Conductividad eléctrica	35				
W/mK		µΩ m		% IACS					

Fuente: Alu-Stock (2021).

El ensayo de espectrofotometría por emisión óptica de chispa, permite la determinación cuantificada de los diferentes elementos integrados en un cuerpo ferroso, la cual es generada por

un par de electrodos en el equipo dispuesto, los cuales energizan la muestra de metal, y posteriormente la atomización e ionización mediante excitación (Pérez y Bravo, 2021).

Por otro lado, el ensayo de espectrometría realizado en las instalaciones del laboratorio aplicado a la aleación DIN 7020 obtenida, utilizando los lineamientos de la norma ASTM E415, los cuales arrojaron los siguientes resultados acordes con las características de comparación de la tabla 3-1:

Bruker Analysis Report



Sample:

Analysis Time: 16.03.2023 16:07:51

Method: Al100

	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]
∅	20,16	1,615	0,992	0,207	0,736
	Cr [%]	Ni [%]	Zn [%]	Ti [%]	Pb [%]
∅	0,139	0,102	0,490	0,093	0,146
	Sn [%]	V [%]	Sr [%]	Zr [%]	Cd [%]
∅	0,097	0,028	0,015	0,026	<0,0050
	Co [%]	B [%]	Ag [%]	Bi [%]	Ca [%]
∅	0,039	0,014	0,0032	0,047	>0,096
	Al [%]				
∅	74,69				

Ilustración 3-1: Análisis de espectrometría resultando a la aleación DIN 7020

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

El ensayo de espectrometría se realizó en las instalaciones del laboratorio de materiales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Facultad de Mecánica de la Carrera de Ingeniería Automotriz, de acuerdo con el siguiente dispositivo:



Ilustración 3-2: Análisis de espectrometría de aceros al carbono ASTM E415.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Por otro lado, de forma equivalente/semillante, para efectos de diseño y simulación respecto al software SolidWorks, se empleó la aleación EN AW 2024, debido a que la aleación DIN 7020 no se encuentra cargada en las librerías de información/base de datos del software de diseño.

La razón de la utilización de la aleación DIN 7020 sobre el molde de pistones de 100cc, no solo fue selección bajo el conjunto provechoso y ventajoso de propiedades físicas que éste presenta, sino también, debido al desempeño que este tiene a razón de: elementos mecánicos ligeros, estables, el cual posee apreciable brillo de superficie, alta fragmentación de viruta, aptado para recubrimientos de lacado, galvanizado y níquel químico, de gran resistencia a diferentes ambientes y con características de tracción de R_m (límite convencional de elasticidad) de N/mm^2 de 350, R_p (Esfuerzo bajo carga de prueba) $0,2 N/mm^2$ de 290 y A (Alargamiento después de la ruptura) 5,56% de 10.

De forma específica, los soportes laterales del molde fueron constituidos con acero ASTM A36, mientras que para obtener los ejes de 2" y 1" de dicho material, con una medida de 20 cm de longitud, se empleó el acero ASTM 1020; cuyas características fueron cargadas al software SolidWorks. A continuación, fueron presentadas las características físicas de los mismos:

Tabla 3-2: Características físicas del acero ASTM A 36

Composición química									
	Min:		Min:		Min:		Min:		Min:
	0,17		0		0		0,05		0
Si	Máx	P	Máx:	Cu	Máx	Mn	Max	S	Máx:
	:		0,03		:		:		0,03
	0,37		0		0,25		0,80		5
	Min:		Min:		Min:		Min:		
	0		0		0		0		
Cr	Max	As	Máx:	Ni	Max	C	Max		
	:		0,08		:		:		
	0,25				0,30		0,40		
Propiedades mecánicas									
Límite elástico o MPa	315	Resistencia a la tracción MPa	530	Alargamiento relativo %	20	Contracción relativa %	45		

Fuente: Metinvest (2022).

En cuanto a los usos más comunes de dicho tipo de acero de acuerdo con las razones de acceso económico y gran desempeño mecánico del acero. La clasificación A36 de los aceros, corresponde a la materia prima de predilección para la industria de la construcción de infraestructuras, fabricación en serie de elementos de máquinas. Por lo general, se utilizan para fabricar elementos de gran dimensión, por dicha razón, fue seleccionado para la mecanización del molde del pistón de 100cc.

Por otro lado, respecto del ASTM 1020, fueron resaltadas las siguientes características:

Tabla 3-3: Características físicas del acero ASTM 1020

Composición química									
	Min:		Min:		Min:		Min:		Min:
	0,43		0,15		0,60		0		0
C	Máx	Si	Máx	Mn	Máx	P	Max	S	Máx
	:		:		:		0,04		:
	0,50		0,35		0,90		0		0,50
Propiedades mecánicas									
Límite elástico o MPa	220	Resistencia a la tracción MPa	400	Alargamiento relativo %	25	Contracción relativa %	50		

Fuente: Ferrecortes, 2020 .

Cabe destacar que la selección de los metales para mecanizar, respecto de: DIN 7020, ASTM A 36 y ASTM 1020, fueron escogidos debido a las propiedades físicas que estos poseen como ventaja para las aplicaciones a las que fueron destinadas para el desarrollo del presente documento, considerando además el acceso al costo y la disponibilidad en el área; factores que

fueron hallados suficientes, compatibles y asequibles, siendo además, acuñados para los fines descritos, según la revisión de la literatura científica expuesta en el marco teórico.

Respecto de los ensayos y normas aplicadas el diseño del moldeo, las mismas fueron las siguientes:

3.7.1.2. Ensayos de dureza

El ensayo de dureza consiste en ejercer presión sobre el área de un determinado metal para buscar deformarlo mediante penetración constante y determinar cualidades físicas de este, tales como: resistencia al desgaste, fuerza y ductilidad (Pérez y Bravo, 2021).

La aplicación de la norma ASTM E10-18 o *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*; utilizando el ensayo de dureza de Brinell, por medio del cual se usó un microscopio de Marca Mitutoyo, modelo TM-100, el cual posee una tolerancia de 0,005 mm. La aplicación del ensayo de dureza consistió en el siguiente procedimiento:

- Selección de la probeta: para aplicación del ensayo de Brinell, se utilizó el fragmento extraído para el ensayo de espectrofotometría.
- Instalación del indentador: por tratarse de acero A 36, siendo este, un metal duro, se empleó un indentador de 10mm.
- Carga aplicada al ensayo: dado que la carga a aplicar depende del diámetro del indentador y el tipo de material a aplicar, la misma correspondió a un total de 29,42 kN.
- Aplicación del ensayo: posteriormente, luego de instalar el indentador, este se pone en contacto con la probeta para aplicar la fuerza inicial para fijación de la probeta por unos segundos, e inmediatamente se aplica la carga de profundidad de la huella, previamente definida, por un total de 10 segundos.
- Lectura de huella Brinell en micrómetro: la obtención de la lectura según la huella creada en el ensayo es determinada por la rotación del plato del micrómetro en diferentes ángulos, fijándose de esta manera, la distancia de la huella, la cual correlaciona a la configuración de factores de: diámetro de la huella creada, diámetro del indentador y la carga aplicada.

Finalmente, tras la aplicación del proceso descrito previamente, el resultado de la dureza Brinell, fue de: Resultado es: 171.98 kgf/mm², al aplicar la siguiente fórmula para la integración y asimilación de los diferentes factores:

$$HB = \frac{2P}{PI} * D * \left[D - \frac{(D-d)^1}{2} \right] \quad \text{Ec. 1}$$

$$HB = 171.98 \text{ kgf/mm}^2$$

3.7.2. Diseño del molde para la fabricación del pistón mediante software

A continuación, fueron desarrolladas las fases de aplicación de software CAD/CAM, a través de SolidWorks, empleando construcción y ensamblaje en 3D de las diferentes piezas que integraron el cuerpo del molde; la aplicación de la determinación calculada de la contracción del molde para control de las medidas y ensanchamiento correcto del producto metalúrgico, y finalmente, el cálculo del bebedero, para verter el flujo de acero fundido considerando las medidas correctas y la forma oportuna de verter el material.

3.7.2.1. Aplicación de softwares CAD/CAM:

Respecto a la etapa de diseño, los mismos fueron realizados a través de dos softwares elementales de calidad CAD/CAM, tales como SolidWorks y Siemens NX 12, a través de los cuales se determinó el levantamiento de las piezas que conformaron el molde de pistón 100cc, mediante perfiles en 3D, de la siguiente manera:

Desarrollo del isométrico del pistón de 100cc, para adaptación de la forma del molde del mismo. La recreación del pistón en forma de isométrico permitió el desarrollo del diseño presentado en la ilustración 3-3, mientras que en el Anexo 4, se evidenció el detalle técnico de las partes del molde de manera que permitiese la apreciación de la adaptación de este hasta alcanzar la forma deseada.

De la siguiente manera:

Desde la perspectiva isométrica, fue desarrollado el soporte inferior del molde del pistón, adjuntando la colocación del mismo, apreciándose este, como aquel el cual condicionó las medidas internas del molde, en función del detalle de simetría que este presenta, sobre las formas de la cabeza del pistón, falda, agujero del pasador, entre otros, como se evidenció a continuación en la ilustración 3-3.

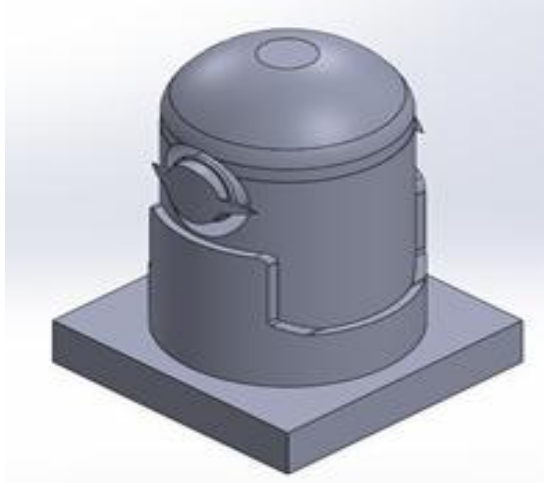


Ilustración 3-3: Molde base del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Inmediatamente, se procedió al desarrollo del soporte derecho del molde para pistón de 100cc, el cual, consistió en una plancha curva con 4 agujeros para apernado y aseguramiento. La curva recreada, fue diseñada con la intención del albergar el depósito del material de fundición de la aleación DIN 7020, para formación del pistón de 100cc. Ver ilustración 3-4:

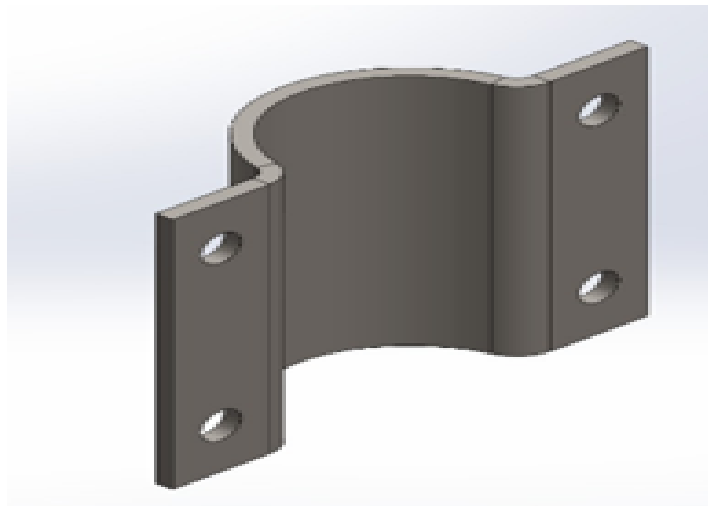


Ilustración 3-4: Soporte derecho del molde del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

De igual manera, respecto a la contraparte simétrica del molde del lado derecho, fue desarrollo el soporte izquierdo del molde para pistón de 100cc, con las mismas características de forma respecto al par referido, tal, como se evidenció a continuación, en la ilustración 3-5:

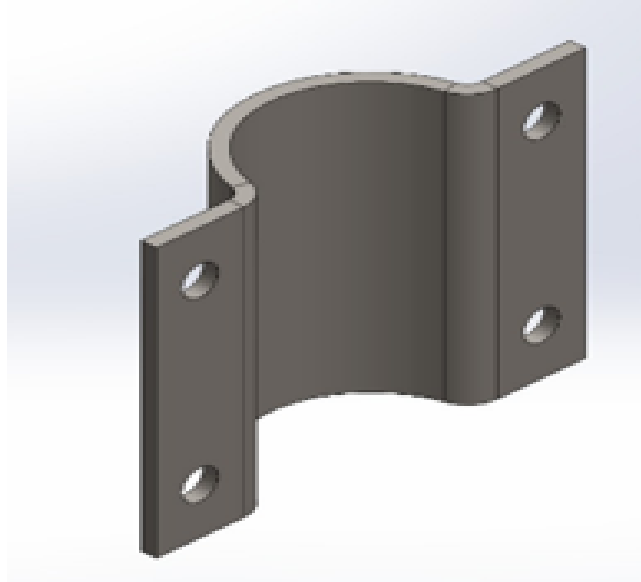


Ilustración 3-5: Soporte izquierdo del molde del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tal como sucedió con los soportes de los lados del molde, fue desarrollada la tapa superior del molde para pistón de 100cc, siendo esta, extraída de una plancha de 4 mm, siendo configurada con las siguientes medidas, y en el anexo 9, el detalle técnico:

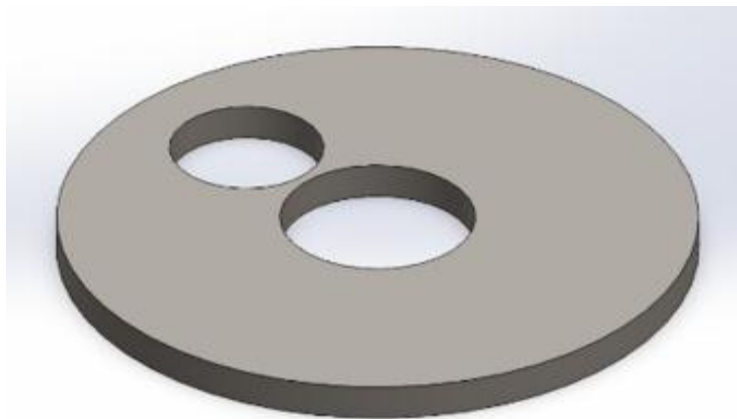


Ilustración 3-6: Tapa superior del molde del pistón de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Continuando con la configuración simétrica de las partes del molde respecto a las tapas, se desarrolló la tapa inferior del molde para pistón de 100cc, continuando con las mismas medidas respecto a la contra parte superior, tal como se evidenció a continuación, en la ilustración 3-7:

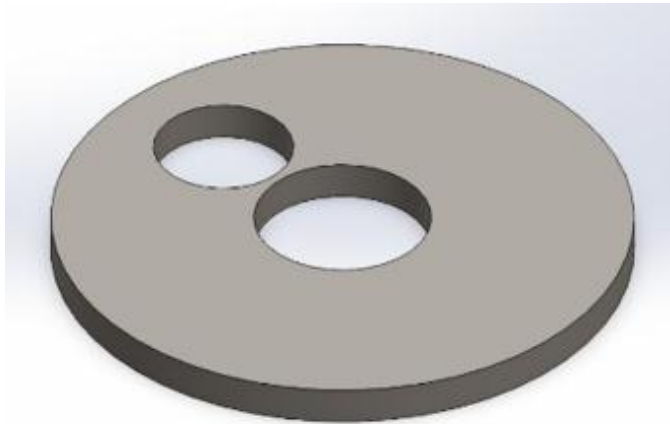


Ilustración 3-7: Tapa inferior del molde del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.7.3. Desarrollo y cálculos para el proceso de fundición

Inmediatamente, tras finalizar la etapa de diseño de isométricos, fueron realizados los cálculos correspondientes a la fase de fundición para la fabricación de las partes del molde de pistón de 100cc, considerando aspectos puntuales, tales como, la contracción del molde y el desarrollo del bebedero del molde. A continuación, se evidencian los cálculos respecto de la contracción del molde y bebedero, teniendo en cuenta, las medidas tomadas del pistón, descritas en la Ilustración 3-3, se consideraron nuevamente estas, para el cálculo de la contracción del pistón, para ajuste y precisión de las medidas del molde, a continuación:

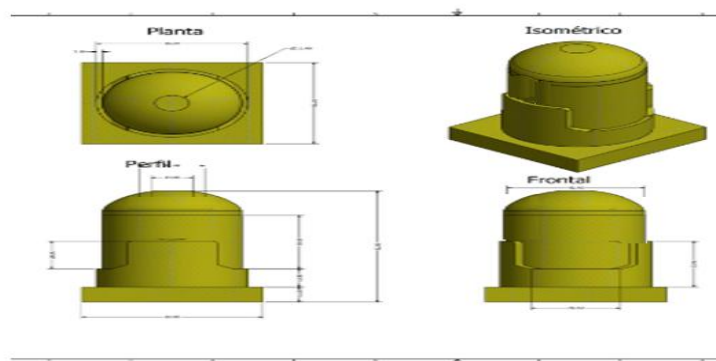


Ilustración 3-8: Vistas del isométrico de planta, perfil y frontal del pistón de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, tras finalizar el diseño de isométricos del conjunto de partes del molde del pistón, se procedió a continuar el cálculo de la contracción del pistón, a través de las siguientes fórmulas y sustitución de valores:

3.7.3.1. Contracción del molde:

De acuerdo con la aplicación del cálculo para el factor de elongación fe , el cual, es un indicador de la deformación plástica respecto la composición integral de este, temperatura a la que es sometido y la velocidad de deformación del mismo. El factor fe fue considerado para determinar la fuerza de contracción del molde al vaciarse la colada y generar la dilación térmica y deformación posterior sin que el bebedero perdiese integridad física y medidas originales para las que fue diseñado. Considerado las medidas determinadas, desde donde se procedió a calcular la contracción del aluminio, se obtuvo que:

$$C = (1 - \%s) \cdot (1 - \%st) \quad \text{Ec. 2}$$

$$fe = \sqrt[3]{C}$$

$$fe = \frac{1}{sL}$$

$$C = \left(1 - \frac{7}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{5,6}{100}\right)$$

$$C = 0,87792$$

$$fe = \sqrt[3]{C}$$

$$fe = \frac{1}{f1}$$

$$fe = \frac{1}{0,9575}$$

$$fe = 1,04438 \text{ mm}$$

Respecto a las medidas del pistón, se determinó para el volumen considerando el factor fe que:

$$Vt = V \times fe \quad \text{Ec. 3}$$

$$Vt = 3631395 \times 1,044$$

$$Vt = 3.791.176,38 \text{ m}^3$$

En referencia a las medidas del molde, se determinó que:

$$h = ha \times fe \quad \text{Ec. 4}$$

$$h = 695 \times 1,044$$

$$h = 725,58 \text{ mm}$$

Considerando al factor fe , también se determinó el diámetro interno del molde que:

$$\varnothing f = \varnothing n \times fe \quad \text{Ec. 5}$$

$$\varnothing f = 50,2 \times 1,044$$

$$\varnothing f = 50,40 \text{ mm}$$

Finalmente, la esquematización resultante de las medidas del molde respecto al diámetro interior, el cual, albergó a la pieza única del pistón de 100cc, con diámetro de 50,40 mm, permitió la visualización de este y las medidas que le acompañan:

Con los cálculos de contracción se realizaron dos de los moldes para la fundición, donde a través de los cálculos se pudo determinar cuál fue el ensanchamiento del material de fundición, siendo estos valores propios para el diseño de los soportes de los lados izquierdo y derecho, según las Ilustraciones 3-4 y 3-5.

3.7.3.2. Bebedero del molde:

Considerando que dicho elemento ha de servir como canalizador de la colada o inyección de la fundición, es necesario fijarse en los atributos de la ilustración 3-9; una vez determinadas las características, así como la configuración de los parámetros sobre dicho elemento, deben definirse las siguientes ecuaciones, para perfilar de forma óptima el diámetro del bebedero y la concavidad del mismo:

- $RD + 1 \leq RA$
- $dD + 1 \leq dA$

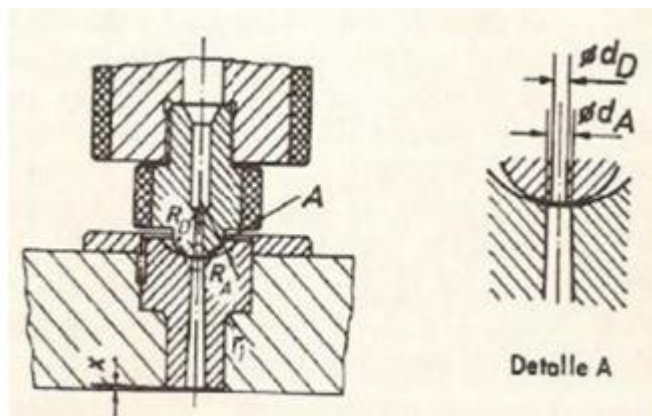


Ilustración 3-9: Corte transversal del bebedero.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Donde:

- RD = Curvatura según el radio determinado.
- RA = Concavidad radial asignada.
- dD = Diámetro de la boquilla.
- dA = Diámetro mínimo asignado.

El radio de curvatura de la boquilla es de $RD = 10$ mm y que el diámetro de la boquilla es de $dD = 3.5$ mm, teniendo en consideración estos valores se procede a ingresar estos en las ecuaciones descritas previamente, para poder estimar los valores faltantes:

$$RD + 1 \leq RA \quad \text{Ec. 6}$$

$$10 \text{ mm} + 1 \leq RA$$

$$11 \text{ mm} \leq RA$$

$$dD + 1 \leq dA \quad (14)$$

$$3.5 \text{ mm} + 1 \leq dA$$

$$20.9 \text{ mm} \leq dA$$

Una vez determinados estos valores se puede estimar el diámetro mayor que del bebedero, el mismo que debió tener de 1 a 1,5 veces el espesor máximo de la pieza que ya se estableció anteriormente en otros cálculos, para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$Smax + 1.5 = dF \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- dF = Diámetro mayor del bebedero.
- $Smax$ = Espesor máximo de la pieza a inyectar.
- $Smax + 1.5 = dF$.
- $25.4 \text{ mm} + 1.5 = dF$.
- $26,9 \text{ mm} = dF$.

De acuerdo con el radio evidenciado en la ilustración 3-9, fue definido un rango de 1 a 2 mm, esto con la intención pre calculada para facilitar el desmoldeo del pistón resultante, estipulando como valor referencial 2 mm del mismo. Posteriormente, es determinada la longitud del bebedero tomando en cuenta los diámetros puntualizados previamente, respecto de Df y dA . Finalmente, también es atribuido el ángulo de conicidad denotado con el símbolo α , considerando un rango de 1 a 2°. Tras asignado un valor definitivo de 2°, fueron concebidos los detalles del acabado de precisión y de brillo, empleando para si la siguiente formula:

$$L = dF - dA/2 * \tan \alpha \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

- L = Longitud determinada para el bebedero.
- α = Ángulo de conicidad.
- dF = Diámetro máximo \rightarrow 26.9 mm.
- dA = Diámetro mínimo \rightarrow 20.9 mm.

$$L = 26.9 \text{ mm} - 20.9 \text{ mm}/2 * \tan 2^\circ$$

$$L = 58.63$$

$$L = 59 \text{ mm}$$

La determinación del material de construcción, correspondió al acero A36 de tipo Bohler, considerando las características y propiedades requeridas para la construcción del bebedero, respecto de la gran resistencia a alta temperatura, fatiga y corrosión.



Ilustración 3-10: Ilustración de recreación

del bebedero del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Finalmente, al poseer dichos perfiles y valores de medición relevantes, se procedió a determinar la Ilustración capaz de generar la adaptación del pistón en las partes del molde, de los lados izquierdo y derecho, considerando el siguiente isométrico y medidas adjuntas:



Ilustración 3-11: Ilustración de recreación del molde con integración de piezas del pistón.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.7.4. Maquinado para la fabricación de los moldes

En la etapa inicial del maquinado y fabricación de las piezas del molde del pistón de 100cc, tras generar los isométricos del apartado 3.7.3. Mediante SolidWorks, el mismo archivo fue guardado con la extensión “. step”, para ser migrado y cargado en el software Siemens NX 12. Posterior a la carga del fichero en dicho software, se creó el cilindro delimitador en MCS_MILL_1, y se efectuó ajuste sobre el molde en los ejes X, Y, Z del software NX, previos al mecanizado sobre las piezas.



Ilustración 3-12: Ilustración de equipos Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Inmediatamente, se dispuso del acero ASTM A36 para realizar el eje de 20 cm, según las medidas previas descritas en el anexo 10, siendo procesado el acero en la Fresa CNC FANUC Series O-M y Torno Cincinnati 1540, como se ilustró a continuación, con la extrusión del elemento:

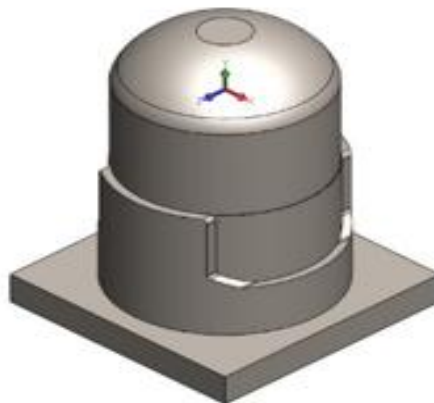


Ilustración 3-13: Ilustración migración de archivo desde SolidWorks a NX 12.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Al igual que con el diseño integral de las piezas del molde del cilindro propuesto, se configuraron las herramientas para el proceso de desbastado sobre el molde con el software NX 12, definiendo los siguientes parámetros para la fresa recta, tal como se evidenció a continuación en la ilustración 3-14:

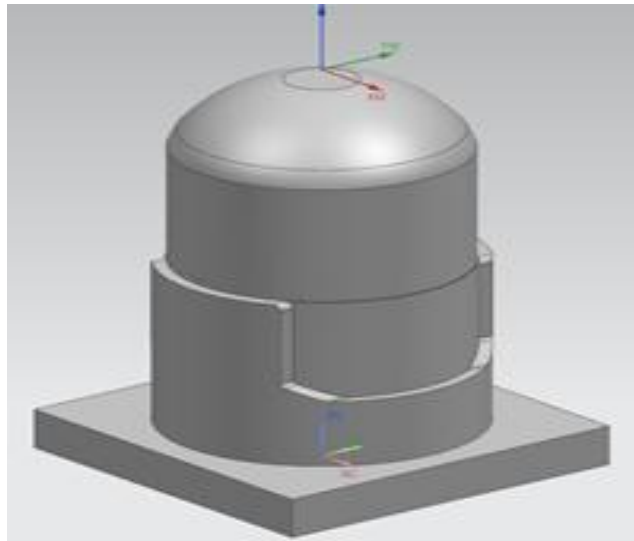


Ilustración 3-14: Ilustración de desarrollo de la fresa recta

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tabla 3-4: Configuración de fresa recta en Siemens NX 12

Primera fase de detección de puntos críticos	
Herramienta:	Fresa de bola.
Diámetro de la bola (D):	10,0000 mm.
Ángulo de desmoldeo (B):	0,0000 mm.
Longitud (L):	95,0000 mm.
Longitud de la acanaladura (FL):	45,0000.
Acanaladuras:	4

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Inmediatamente, a continuación, se procedió a realizar el desbastado mediante la fresa de bola, contemplando la configuración de propiedades del software NX 12, según la tabla 3-5, generando la extrusión correspondiente, de acuerdo con la descripción grafica de la ilustración 3-15:

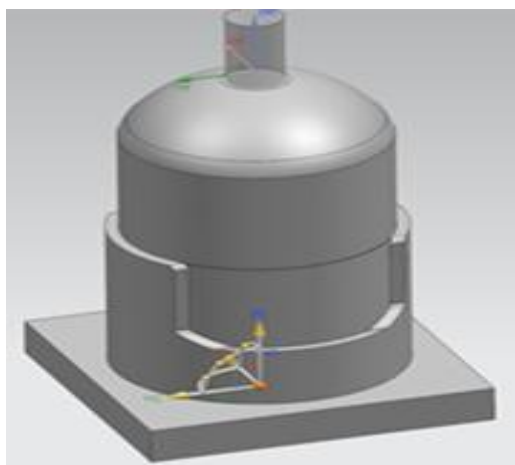


Ilustración 3-15: Ilustración de desarrollo de la fresa de bola

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tabla 3-5: Configuración de fresa de bola en Siemens NX 12

Primera fase de detección de puntos críticos	
Herramienta:	Fresa de bola.
Diámetro de la bola (D):	9,5250 mm.
Ángulo de desmoldeo (B):	0,0000 mm.
Longitud (L):	63,5000 mm.
Longitud de la acanaladura (FL):	19,50000.
Acanaladuras:	4

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, a continuación, se procedió a realizar el desbastado para cavidades de acuerdo con el fresado de las mismas, en el cual, se removió el material de forma contorneada, desplazando porciones excedentes sobre los niveles de corte plenarios normales a un eje de herramientas fijo, para definir correctamente el diseño según el molde, núcleo, troquele, fundición y forjado, tal como se evidenció en la ilustración 3-16, a continuación:

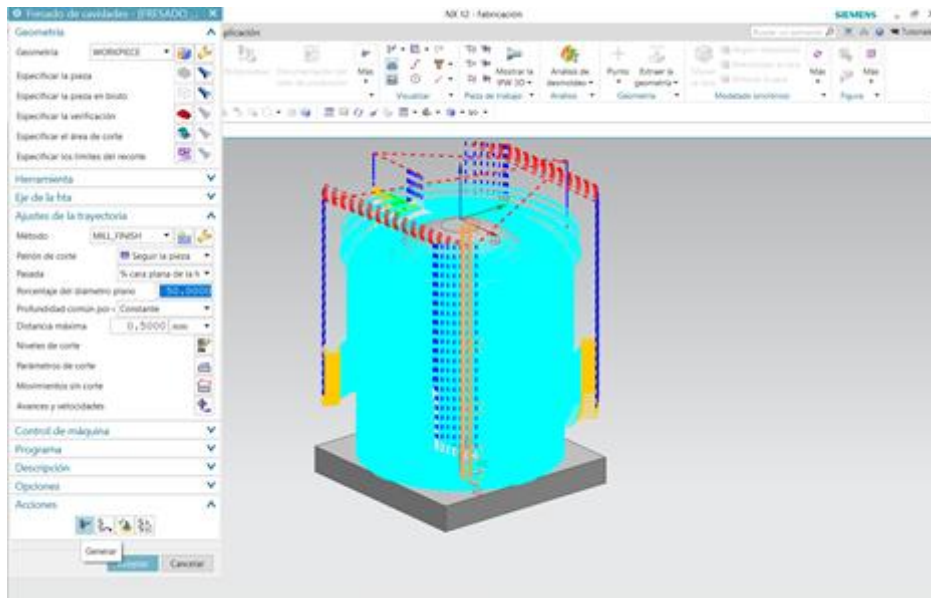


Ilustración 3-16: Ilustración del fresado de cavidades

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

A continuación, se configuró el software NX 12, para reproducir una simulación del proceso de fresado de cavidades del molde, para apreciación apropiada del procedimiento de remoción sobre el material a disposición, tal como se demostró en la ilustración 3-17:

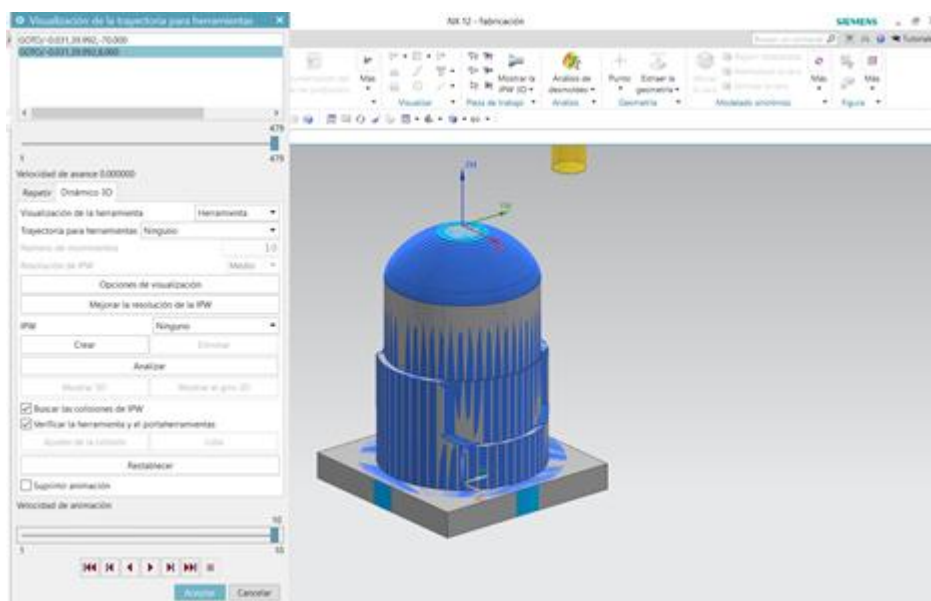


Ilustración 3-17: Simulación del proceso fresado de cavidades

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, se realizó el segundo proceso de desbastado a través del fresado, enfocándose en los restos, removiendo el material excedente de la operación anterior, considerando la demasía de la pieza, el tamaño de la herramienta o los niveles de corte. Dicho proceso, se llevó a cabo

mediante la definición de la geometría original del objeto, seleccionando aquellas regiones de interés para realizar la limpieza de excedentes. A continuación, la evidencia gráfica de la simulación del proceso, en las ilustraciones 3-18:

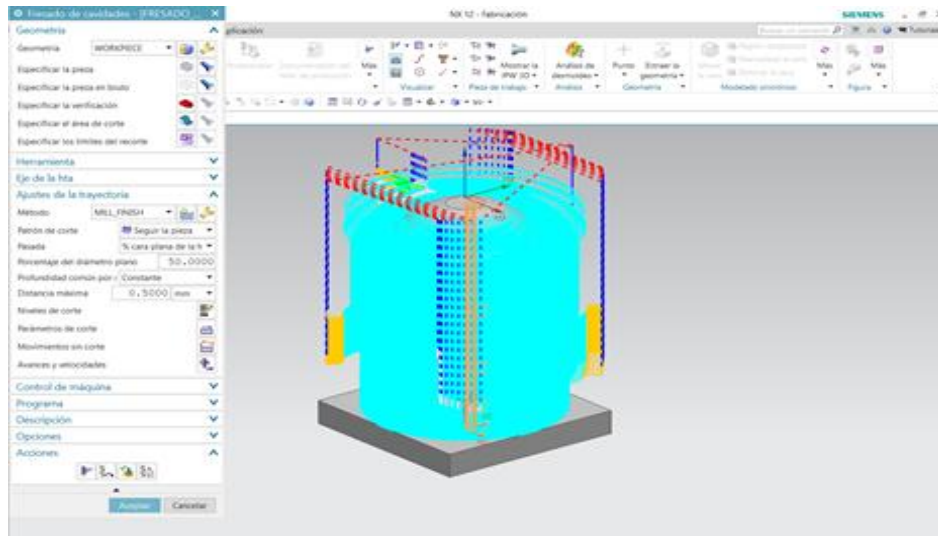


Ilustración 3-18: Proceso de fresado de restos.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, se realizó la simulación del proceso de fresado de restos en el molde, como se evidenció en la ilustración 3-19:

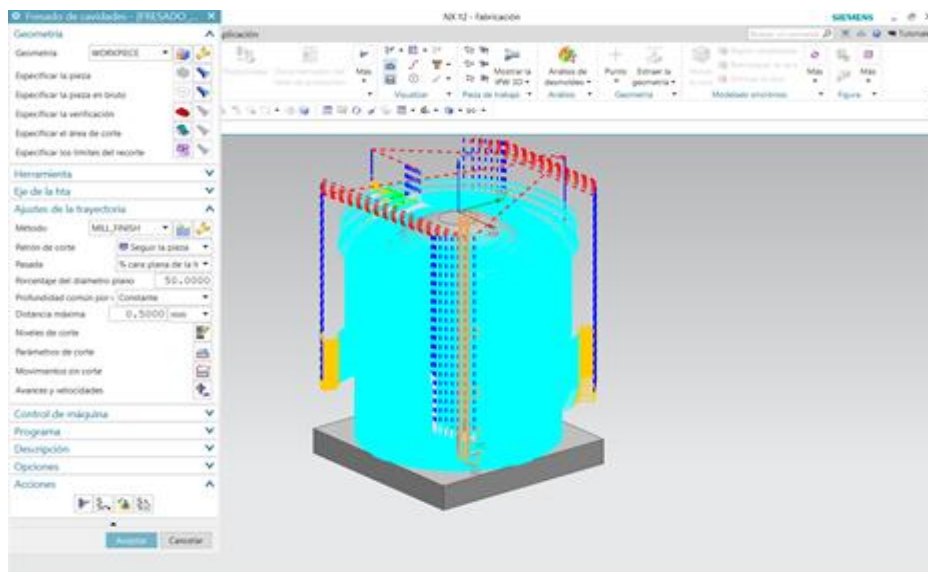


Ilustración 3-19: Proceso de fresado de restos a tercer nivel de proceso

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.7.4.1. Puntos críticos

Posteriormente, se realizó la fase de apreciación de puntos críticos para detectar en escalas mínimas, según la remoción del material en excedencia bajo una apreciación 3D del software NX 12, respecto del diseño original. A continuación, logró apreciarse una distancia mínima de: 0.0239 mm, en la parte superior del molde como referencia, la cual corresponde a la ilustración 3-20:

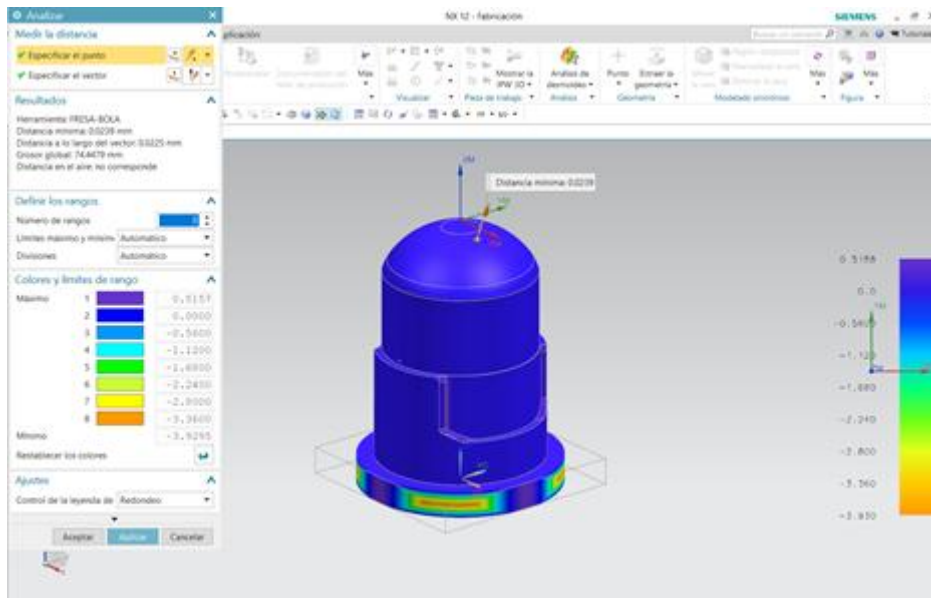


Ilustración 3-20: Ilustración de la primera fase de detección de puntos críticos

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Los valores arrojados por la primera fase de detección de puntos críticos sobre los ajustes de redondeo fueron los siguientes:

Tabla 3-6: Valores detectados en primera fase de detección de puntos críticos

Tercera fase de detección de puntos críticos	
Herramienta:	Fresa de bola
Distancia mínima:	0.0239 mm.
Distancia a lo largo del vector:	0.0225 mm.
Grosor global:	74,4479 mm.
Distancia en el aire:	No corresponde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

En la segunda fase correspondiente a la detección de puntos críticos, los valores comparados con el diseño original arrojaron la siguiente evidencia gráfica y valores de distancia mínima y grosor con una distancia de -0,058 mm, de acuerdo con la ilustración 3-21:

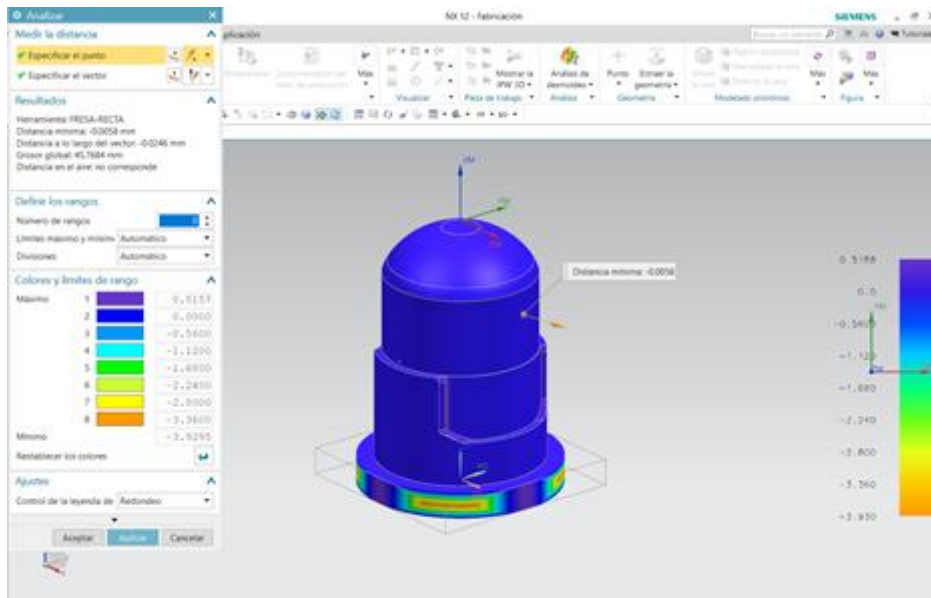


Ilustración 3-21: Ilustración de la segunda fase de detección de puntos críticos

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

De igual forma, fueron homologados y tabulados los valores arrojados de acuerdo a la segunda fase de detección, como se evidenció en la tabla 3-7:

Tabla 3-7: Valores detectados en segunda fase de detección de puntos críticos

Tercera fase de detección de puntos críticos	
Herramienta:	Fresa recta
Distancia mínima:	-0.0058 mm.
Distancia a lo largo del vector:	-0,0246 mm.
Grosor global:	45,7684 mm.
Distancia en el aire:	No corresponde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Como aspecto particular a destacar respecto de la distancia mínima y a lo largo del vector, los cuales establecen medidas negativas, corresponden a las coordenadas atribuidas a la pieza diseñada, respecto del cuadrante positivo y el punto 0, establecidas de forma diferencial entre el SolidWorks y el Siemens NX para el diseño final.

Por ultimo, se realizó una tercera fase de detección de puntos críticos y se obtuvieron los siguientes límites en la parte del mecanizado de los filos del pistón con una distancia de: 0.3285 mm, tal como se evidenció, a continuación, en la ilustración 3-22:

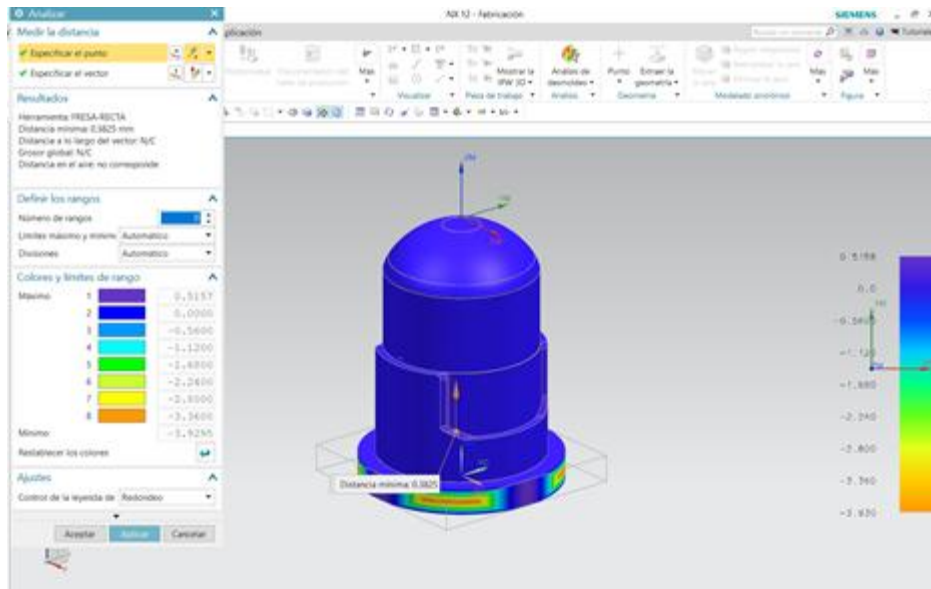


Ilustración 3-22: Ilustración de la tercera fase de detección de puntos críticos

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posterior a ello, también fueron tabulados los valores arrojados en la tercera y última fase de corrida de detección de puntos críticos, tal como se evidenció en la tabla 3-8, correspondiente a la distancia mínima de 0,13 mm:

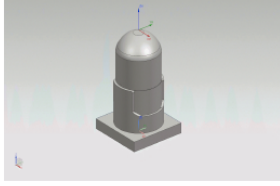
Tabla 3-8: Valores detectados en tercera fase de detección de puntos críticos

Tercera fase de detección de puntos críticos	
Herramienta:	Fresa recta
Distancia mínima:	-0,0058 mm.
Distancia a lo largo del vector:	-0,0246 mm.
Grosor global:	45,7684 mm.
Distancia en el aire:	No corresponde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Finalmente, para la culminación de la etapa de detección de puntos críticos respecto a residuos mínimos excedentes del material, tras cerrar el mismo, fueron arrojados los valores concernientes a los tiempos de mecanizado de las operaciones efectuadas, considerando la hoja de programa, habiendo adoptado el modo de programa como tipo molino, tanto para la fresa recta, como para la fresa de bola, constando estas series en minutos, de: 220,54 y 21,88; tal como se evidenció en la ilustración 3-23:

Hoja de herramientas

Nombre de la pieza: e1v1_x_1	Nombre del dibujo: -
Unidad: milimetro	Número de pieza: -
Fotos : 	Descripción :

Número de herramienta	Nombre de la herramienta	Descripción de la herramienta	Diámetro de la herramienta	Ajustar registro	Registro Cutcom	Longitud de flauta	Herramienta Ext. Longitud	Descripción del titular	Tiempo de ruta de herramienta en minutos	Nombre de la operación
1	FRESA-RECTA	Herramienta fresadora - 5 parámetros	10.0000	0	0	45.0000	95.0000		220.54	FRESADO_DE_CAVIDADES
2	FRESA-BOLA	Herramienta fresadora - Fresa de bola	9.5250	0	0	19.5000	63.5000		21.88	FRESADO_DE_RESTOS

Ilustración 3-23: Ilustración de la tercera fase de detección de puntos críticos

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.7.4.2. Diseño y fabricación del molde

Respecto al diseño y fabricación del molde, inicialmente fue realizado un croquis que sirviese de base a la medida para contener al pistón de 100cc, al que posteriormente serían sumadas las longitudes verticales para la transformación de la figura geométrica a una con volumen propio a través de la extrusión, tal como se evidenció en la ilustración 3-24:

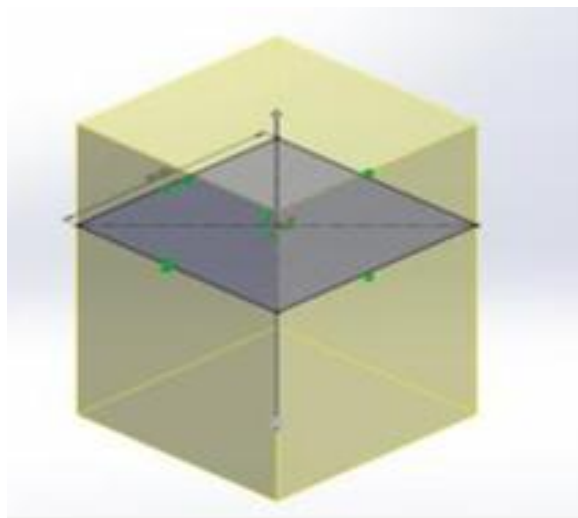


Ilustración 3-24: Diseño del croquis del molde para fabricación del pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras la conformación del paralelepípedo partiendo del croquis, se determinó finalmente la figura que fuese capaz de contener al pistón, mediante un nuevo ensamble, siendo superpuesto de perfil uno contra otro, en vista superior, como se demostró en la ilustración 3-25:

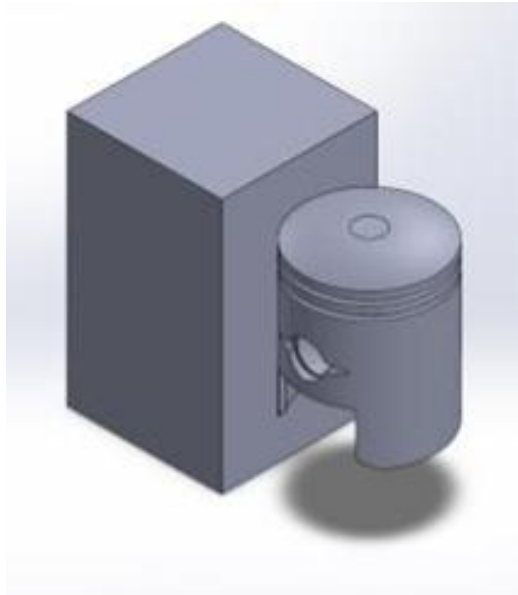


Ilustración 3-25: Diseño de paralelepípedo de molde y pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Mediante relaciones de posición, se posicionó al pistón dentro del cuerpo del paralelepípedo para editar la pieza junto a la comparación de forma del pistón mediante extrusión, seleccionando la opción de editar forma. La configuración de la edición de forma se realizó a través del menú: insertar/ operaciones/ cavidad, sobre componentes de diseño, como se describió gráficamente, en las ilustraciones 3-26 y 3-27, a continuación:

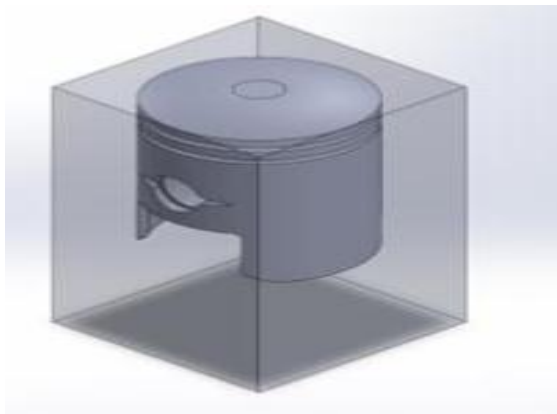


Ilustración 3-26: Relación de posición entre paralelepípedo de molde y pistón de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

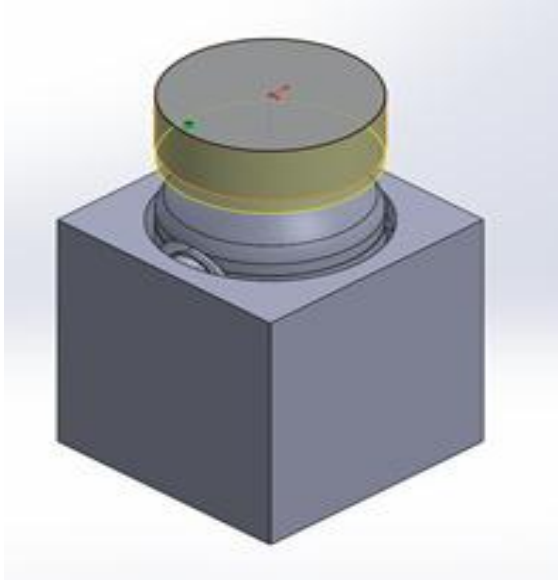


Ilustración 3-27: Extrusión del molde de paralelepípedo
junto a pistón de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Finalmente, al transferir los detalles de la contraposición de la forma y medidas del pistón al molde mediante extrusión, se obtuvo la vista interna del mismo, como se evidenció en la ilustración 3-28:

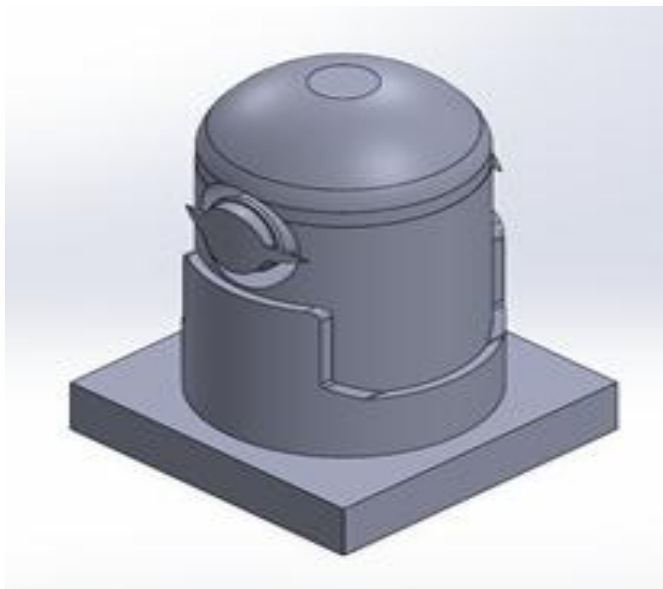


Ilustración 3-28: Extrusión del molde de paralelepípedo
junto a pistón de 100cc

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

De forma específica, el detalle de la base rectangular del molde contempló la siguiente apreciación con una longitud de 8 mm:

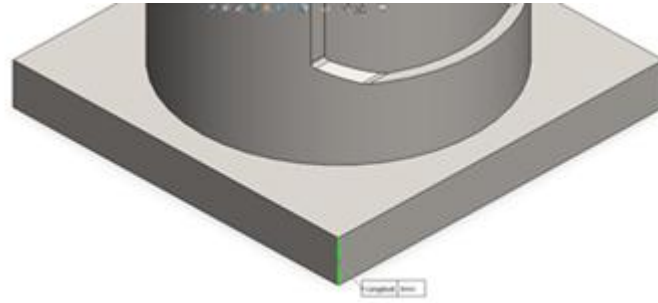


Ilustración 3-29: Apreciación de la base del molde del pistón.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.7.5. Análisis de los resultados obtenidos

La etapa de cierre del estudio, correspondió al análisis de los resultados obtenidos, efectuando un contraste entre el propósito, funciones planteadas y características del diseño principal, el cual ha sido desarrollado a la largo de la evolución del proyecto en todas las fases comprendidas, respecto de los resultados obtenidos en comparación con una pieza de pistón de 100cc del mismo dispositivo de combustión interna de calidad de pieza fabricada con carácter técnico sin implicaciones de calidad de fábrica, respecto a una pieza convencional.

3.8. Preparación de la colada del pistón de 100cc

De acuerdo con las propiedades fisicoquímicas propias de la aleación 7020 seleccionada para la fundición y construcción metalúrgica del pistón de 100cc, fueron seleccionados los siguientes parámetros a fin de establecer la ecuación capaz de determinar la cantidad de energía necesaria para fundir la aleación señalada, tal como se evidenció en la tabla 3-9, a continuación:

Tabla 3-9: propiedades físicas de la aleación 7020 y condiciones iniciales de la fundición

Propiedades - condiciones	Datos
Densidad (ρ)	2687 Kg/m ³
Calor específico en estado sólido (C_s)	0.897 KJ/Kg-°C
Temperatura de fusión (T_m)	645 °C
Temperatura inicial del metal (T_o)	27°C
Temperatura de sobrecalentamiento (T_p)	691°C
Calor latente de fusión (H_f)	382 KJ/Kg
Calor específico en estado líquido (C_l)	1.16 KJ/Kg-°C
Gravedad (g)	9.81 m/s ²
Viscosidad dinámica (μ)	1.195 x 10 ⁻³

Fuente: (Broncesval, 2023).

Usando la siguiente ecuación, fueron reemplazados los parámetros físicoquímicos, incluyendo la gravedad por defecto, para obtener la energía requerida para fundir el aluminio y ser usado, según la siguiente ecuación:

$$H = (2710) * (6.3031 * 10^{-5}) [(0.897) * (659 - 30) + 394 + (1.28) * (700 - 659)]$$

Ec. 9

$$H = 172.641 \text{ Kj}$$

En la tabla 3-10, se presentaron las dimensiones del pistón original las cuales facilitan las referencias necesarias para diseñar el sistema de fundición, basándose en el volumen y el área superficial del pistón que se utilizaron para los cálculos posteriores, cuyos valores fueron extraídos del software NX.

Tabla 3-10: Datos del pistón de moto de 100cc

Parámetros	Valor
Volumen del pistón (V)	42.154,33 mm ³
Área superficial total del pistón (At)	6.099,83 mm ²

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Para calcular la velocidad con la que la aleación fue fundida, se tomó en cuenta el punto desde donde cae, como la parte superior, se emplea la ecuación 10, donde la altura del vertido fue de 63 mm, considerando el espacio necesario para la mazarota de la fundición. Por medio de la ecuación 2, se obtuvo la velocidad de vaciado, que, para el sistema en cuestión, es el siguiente:

$$V = \sqrt{2 \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2}} * 0,063 \text{ m} \quad \text{Ec.10}$$

$$V = 1,11 \text{ m/s}$$

Para determinar el caudal de la fundición, se aplicó la ecuación 11, a continuación:

$$Q = A * V \quad \text{Ec. 11}$$

Para obtener el diámetro para el área se aplicó la ecuación 12, considerando el número de Reynolds del flujo:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad \text{Ec. 12}$$

Para evitar dificultades en el proceso de fundición debido a la constricción del diámetro, capaz de acarrear solidificación prematura, se consideró un escenario con régimen de transición de fluidos, respecto al número de Reynolds, tras despejar la ecuación 13:

$$d = \frac{(20.000)(1.195 \times 10^{-3})}{(2687 \text{ Kg/m}^3)(1.16 \text{ KJ/Kg}^{-\circ}\text{C})} \quad \text{Ec. 13}$$

$$d = 0,007667 = 7,67 \text{ mm}$$

Se utilizó el diámetro de la corredera para determinar el caudal; siendo este diámetro mayor que el diámetro anteriormente calculado de acuerdo con la relación de 3:1, a continuación, para extracción del gasto volumétrico:

$$A = \frac{(\pi)d^2}{4} \quad \text{Ec. 14}$$

$$A = \frac{\pi 0,03^2}{4}$$

$$A = 0,000706858 \text{ m}^2$$

$$Q = A * V$$

$$Q = 0,000706858 \text{ m}^2 * 1,11 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,000784612 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para calcular el tiempo de llenado se aplicó la ecuación 5, considerando el volumen del pistón y el gasto volumétrico correspondiente a la aleación:

$$Tmf = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 15}$$

$$Tmf = \frac{0,4215433 * 10^{-3} \text{ m}^3}{0,003364 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Tmf = 0,045 \text{ s}$$

Finalmente, el tiempo de llenado, comprendió un total de 0,05 s, esto, considerando que la fabricación del molde fue estipulada según el boceto homologado del pistón original, añadiendo un sobredimensionamiento ligeramente significativo debido al fenómeno de contracción volumétrica. Además, para generar un proceso óptimo de mecanizado, es necesario configurar el molde permanente teniendo en cuenta una relación 3:1 en concordancia con la pieza original.

3.9. Diseño y construcción del molde para fabricación del pistón de 100cc

3.9.2. Dimensionamiento de factores de diseño

3.9.2.1. Dimensionamiento y ubicación de la mazarota dentro del sistema de colado para el pistón de 100cc

A continuación, fueron dispuestas las diferentes variables a fin de definir el dimensionamiento de la mazarota en el sistema de colado, así como el despeje de las fórmulas correspondientes, así como la velocidad de llenado del sistema, por el cálculo del módulo de enfriamiento de la mazarota:

$$M_{pieza} = \frac{V_{pieza}}{pieza} \quad \text{Ec. 16}$$

$$M_{pieza} = \frac{84.308,65 \text{ mm}^2}{12.199,65 \text{ mm}^2}$$

$$M_{pieza} = 6,91 \text{ mm}^2$$

$$V_{\min \text{ mazarota}} = V_{pieza} \cdot C \cdot k \quad \text{Ec. 17}$$

Donde C es coeficiente de contracción volumétrica y es del 5 al 7 % para el aluminio y k es el factor de seguridad.

$$V_{\min \text{ mazarota}} = 84.308,65 \text{ mm}^2 \cdot 0,07 \cdot 2$$

$$V_{\min \text{ mazarota}} = 11.807,21 \text{ mm}^2$$

Se establece la relación entre módulo de la pieza y la mazarota.

$$M_{mazarota} = 1,2 M_{pieza}$$

$$M_{mazarota} = 1,2 \cdot 6,91 \text{ mm}$$

$$M_{mazarota} = 8,29 \text{ mm}$$

Con el módulo de la mazarota y considerando una relación de la altura respecto de la misma, igual a 1,5; el diámetro correspondiente a la definición cilíndrica fue rigido por la siguiente ecuación:

$$M_{mazarota} = \frac{V_{mazarota}}{S_{mazarota}}$$

$$= \frac{\pi \left(\frac{D_{mazarota}}{2}\right)^2 1,5 D_{mazarota}}{2\pi \left(\frac{D_{mazarota}}{2}\right)^2 + 2\pi \left(\frac{D_{mazarota}}{2}\right)} (1,5 D_{mazarota})$$

$$\frac{\pi \left(\frac{13.2 \text{ mm}}{2}\right)^2 \cdot 1,5 (13.2 \text{ mm})}{2\pi \left(\frac{13.2 \text{ mm}}{2}\right)^2 + 2\pi \left(\frac{13.2 \text{ mm}}{2}\right)} (1,5 \cdot 13.2 \text{ mm})$$

$$M_{mazarota} = 19,65 \text{ mm}$$

3.9.2.2. Cálculo del avance por minuto de la fresa

El cálculo del avance por minuto de la fresa se puede determinar a partir del conocimiento de la velocidad del husillo, mediante la fórmula siguiente, con la ayuda de algunos parámetros que se detallan a continuación:

$$V_f = f_z * n * Z \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

- V_f = Avance por minuto de la fresa
- N = Velocidad del husillo
- f_z = Avance por diente
- Z = Número de filos de la fresa

Par determinar el valor del avance por minuto sobre la mecanización del eje de 1" y 2", los cálculos fueron basados tomando en cuenta un valor de 0.2 mm para el avance por diente, obteniendo el siguiente despliegue de la ecuación:

$$V_f = f_z * n * Z$$

$$V_f = 0,2 * 480 \text{ rpm} * 3$$

$$V_f = 288 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Considerando la reducción del 75% del proceso de desbaste, se aplica la siguiente formula, para la reducción de dificultades en el proceso, la cual beneficia al cuidado de las herramientas y materiales:

$$V_f = 288 \frac{\text{mm}}{\text{min}} * 0,75$$

$$Vf = 216 \frac{mm}{min}$$

3.9.2.3. Cálculo de la profundidad de corte de la fresa

Para acceder a la estimación del valor de la profundidad de corte de la fresa, es necesario conocer los valores que afectan al proceso, siendo estos, el volumen máximo de la viruta y la potencia de la fresa, para aplicarse de la siguiente manera:

$$P = \frac{V * I}{1000} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

- V = Voltaje de la máquina
- I = Intensidad (amperios)

$$P = \frac{120V * 36A}{1.000}$$

$$P = \frac{V * I}{1000}$$

$$P = 4,32 \text{ kW}$$

3.9.2.4. Cálculo de la potencia efectiva

Para el cálculo de la potencia efectiva, se efectuó el mismo utilizando la ecuación a continuación y el valor ya determinado de la potencia:

$$Pe = \frac{P * 70}{100} \quad \text{Ec. 20}$$

$$Pe = \frac{4,32 * 70}{100}$$

$$P = 3,02 \text{ kW}$$

3.9.2.5. Cálculo del volumen máximo de viruta

Para poder determinar el valor del volumen máximo de la viruta, se utilizó la siguiente:

$$Cm = Ca * Pe \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

- Cm = Volumen máximo.

- C_a = Volumen admisible.
- P_e = Potencia efectiva.

Para el cálculo, se empleó el volumen admisible con valor de $9 \text{ cm}^3/\text{kW}$, el cual se estimó de acuerdo con el material a mecanizar, relacionando los parámetros de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C_m = 3 \frac{\text{cm}^3}{\text{kW}} * 3,02 \text{kW}$$

$$C_m = 9,06 \frac{\text{cm}^3}{\text{kWmin}}$$

3.9.2.6. Cálculo de la profundidad de corte de la fresa

Mediante la aplicación de la siguiente ecuación, se puede determinar el valor de la profundidad de corte que tuvo el mecanizado:

$$a = \frac{\text{cm} * 100}{b * V_f} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

- C_m = Volumen máximo.
- b = Ancho de corte de la herramienta $\rightarrow b = 3 \text{ mm}$ (valor aproximado).
- V_f = Avance por minuto de la fresa.

$$a = \frac{\text{cm} * 100}{b * V_f}$$

$$a = \frac{9,06 \frac{\text{cm}^3}{\text{kWmin}} * 100}{2 \text{ mm} * 216 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}$$

$$a = 2,10 \text{ mm}$$

$$a = 2,1 \text{ mm}$$

Nota: para dar la profundidad de corte en la máquina, se adoptó el 80% de la profundidad obtenida por el cálculo:

$$a = 2,1 \text{ mm} * 0,8$$

$$a = 1,68 \text{ mm}$$

Finalmente, para realizar los acabados de las cavidades internas del molde, se utilizaron la fresa recta y de bola, en tres etapas de maquinado, previamente descritas, con el fin de garantizar las correctas dimensiones, así como la geometría deseada. Como resultado, la perspectiva de la unión de la placa base con el del molde base del pistón, siendo fijado mediante aplicación de soldadura con el electrodo E6011, fue dispuesta en la ilustración 3-30, a continuación:



Ilustración 3-30: Unión de placa base con el molde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3. *Proceso de construcción del molde*

La etapa de diseño y construcción del molde para la fabricación del pistón abarcó las fases de mecanizado, perforación, corte, unión, soldadura, ensamblaje, y demás subprocesos hasta obtener el molde conforme a las especificaciones de diseño desarrolladas en la metodología, Para tal fin, se emplearon los siguientes elementos descritos a continuación, en la tabla 3-11:

Tabla 3-11: Elementos materiales para la fabricación del molde del pistón de 100cc

Lista de elementos materiales			
Elemento	Medida	Características	Número de elementos
Broca	3/8"		
Broca	14 mm.		
Broca	20 mm.		
Buril	3/8"	HSS	3
Perno	3/8"		4
Arandela de presión	3/8"		8
Arandela plana	3/8	Pasador m14	1
Tuerca	3/8	Pasador m14	1
Tuerca	3/8"		4
Electrodo		E-6011	1

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.1. Mecanizado del eje de 2 pulgadas

Para el mecanizado del eje de 2 pulgadas, inicialmente se procedió a realizar el montaje y a colocar el contrapunto para que el eje no genere perturbaciones radiales. Inmediatamente, se procedió a realizar un desbaste con un buril HSS 3/8"x3, acorde a los diámetros aproximados, a través del torno CNC a 480 rpm.



Ilustración 3-31: Mecanizado del eje de 2" del pistón de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras el desbaste de aproximación, fueron programadas las coordenadas de las cotas de las piezas geoméricamente para acción de precisión del torno CNC. La configuración de las medidas se realizó a través del posicionamiento de los puntos de “cero maquina” y “cero pieza”, otorgando instrucciones precisas sobre el ataque del eje de 2”.

Dado que el punto de referencia confiere la sincronización de fábrica respecto al sistema de referencia, el cual define la dirección del carro portaherramientas. Fueron programados los siguientes dos puntos relevantes, otorgando el "cero máquina", el cual establece las coordenadas iniciales de la máquina de cara frontal al plato de garras, sobre el eje x-0. Inmediatamente fue configurado el punto "cero pieza", para atacar el eje de 2", considerando las cotas del diseño previo en el SolidWorks, sobre la coordenada X-O, atribuyendo correctamente los puntos sobre las cotas con el valor de Z desde el display del equipo FANUC O-M, como se evidenció en la ilustración 3-32:



Ilustración 3-32: Configuración de los puntos cero máquinas y cero pieza.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras la introducción de los parámetros, se dio inicio al mecanizado del eje de 2”, desarrollando el fresado de las cavidades con fresa recta, con un máximo de 1.000 rpm sobre el usillo, y una velocidad de avance de 250 mmpm y con una distancia máxima de 0.5 mm. Por otro lado, respecto al agente refrigerante sobre el proceso, se empleó taladrina, como se demostró en la ilustración 3-33.

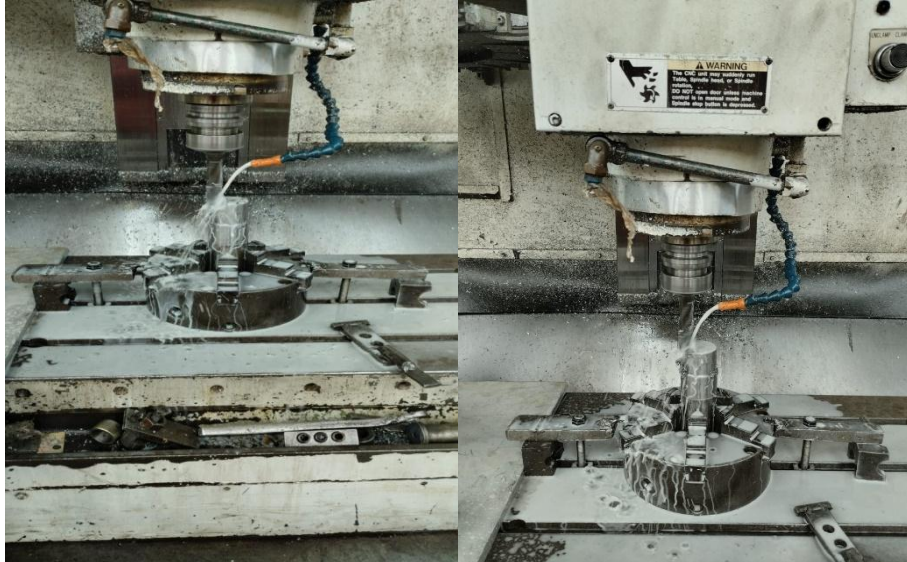


Ilustración 3-33: Proceso de mecanizado del eje de 2" con fresa recta.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras culminar el fresado, fue realizada una inspección visual sencilla a fin de detectar imperfecciones y comprobar la continuidad del proceso. Inmediatamente, el proceso prosiguió a la fase de fresado de restos, mediante la herramienta de fresa frontal de 4 filos de bola, estableciendo como parámetros de operación una velocidad del usillo de 1.000 rpm y una velocidad de avance de 300 mmpm (milímetros por minuto), con una distancia máxima de 0.5 mm, tal como se evidenció en la ilustración 3-34:

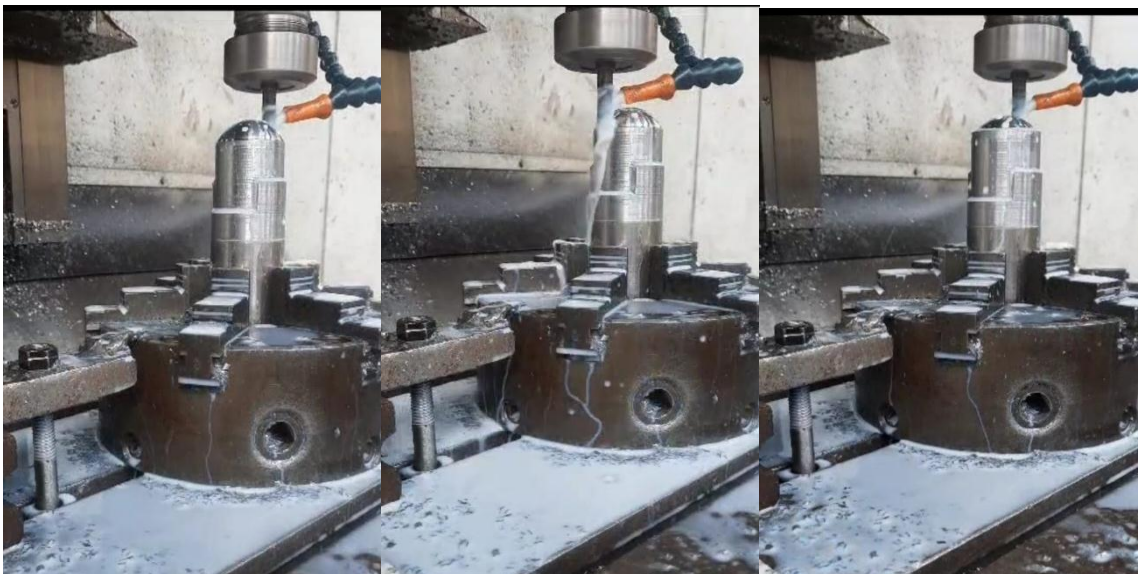


Ilustración 3-34: Proceso de fresado de restos.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.2. Corte del eje sobrante del molde

Tras el proceso de perforación del pasador, se realizó el corte del fragmento de material del eje sobrante del molde, mediante una moladora, sujetando la pieza a una prensa de banco, realizando el procedimiento manualmente, como se evidenció en la ilustración 3-35:



Ilustración 3-35: Proceso de corte del eje sobrante del molde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Para ajustar el corte del material excedente al diseño original según los isométricos del SolidWorks, se procedió a mecanizar la parte posterior del molde mediante el uso de un buril HSS de 3/8", empleando una velocidad angular de 700 rpm. El proceso fue enfriado con la ayuda de la taladrina, según descripción completa referida, en la ilustración 3-36:



Ilustración 3-36: Proceso de corte del eje sobrante del molde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.3. *Proceso de doblado de los soportes laterales*

Respecto del proceso de doblado sobre los soportes laterales haciendo uso de las placas principales, el mismo requirió de una dobladora manual con accionamiento hidráulico para un máximo de 40 toneladas. El doblado se ejecutó utilizando una placa guía de base en conjunto con otra placa de medio eje de 2", la cual fuese capaz de crear la concavidad arraiga al diseño, mediante un ángulo de 90°, que complementase el diámetro del molde del pistón, tal como se describió en la ilustración 3-37:



Ilustración 3-37: Proceso de doblado de los soportes laterales.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.4. *Perforación de los soportes laterales*

Tras haber generado la concavidad de las placas laterales, se procedió a abrir los agujeros de las correspondientes sobre cada una, estableciendo cuatro de ellos en total, sujetos al diseño original de los isométricos, para generar el respectivo apertado y sujeción del molde. El proceso inició tras marcar manualmente la posición de estos utilizando un marcador negro. Los agujeros de marca fueron realizados acorde a los principios simétricos integrados en el diseño original del SolidWorks, como se evidenció en la ilustración 3-38:



Ilustración 3-38: Marcado de los agujeros de los soportes laterales.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, para reforzar el marcado y ajustar la precisión de los agujeros, fueron realizados el mismo número de muescas mediante puntos de soldadura con electrodos E-6011, mediante SMAW. Inmediatamente para generar los agujeros se utilizó un taladro de pedestal con una broca de 9 mm, a una velocidad angular de 95 rpm, siendo enfriados con taladrina, como se describió gráficamente en la ilustración 3-39:



Ilustración 3-39: Perforación de las placas laterales con taladro de pedestal.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.5. Perforación de la placa del soporte base

La perforación de la placa del soporte base, se realizó a través de una broca HSS de 20 mm, cuya cavidad posteriormente serviría para el posicionamiento del eje sobre la placa y rellenar mediante soldadura SMAW, empleando el mismo tipo de electrodo E-6011, para ajuste del eje, arraigado al encaje ideal del diseño original. A continuación, demostración del proceso de perforación del soporte base, según la ilustración 3-40:



Ilustración 3-40: Perforación de las placas del soporte base con taladro de pedestal.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.6. Unión de la placa con el soporte base

A continuación, en la ilustración 3-41, se evidenció la unión entre las placas laterales, y la placa base del molde, de manera de crear el preensamblado del mismo, con el apertado del cuerpo completo:



Ilustración 3-41: Unión de la placa con el soporte base.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.7. Mecanizado del eje hueco de 1 pulgada para el bebedero

De acuerdo con los cálculos resultantes previamente desarrollados sobre el bebedero, se consideraron las siguientes dimensiones: 25,4 mm de diámetro interno: 3,5 de espesor y 59 mm de longitud, empleando un eje hueco de diámetro 1", para posteriormente realizar el desbaste de la parte superior y obtener finalmente, la medida del diámetro deseado.



Ilustración 3-42: Mecanizado del eje hueco de 1" para el bebedero.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.8. Perforación de los soportes superiores

La perforación de los soportes superiores conllevó a la creación de una marca de centro-punto del diámetro de la tapa haciendo uso de un vernier, marcando con un punto de soldadura SMAW y electrodo E-6011, y posteriormente, empleando un alicate de presión para crear sujeción a fuerza y colocando debajo una tabla para no causar daños al disco del taladro de pedestal, se efectuó el agujero mediante una broca de 10 mm, como se demostró en la ilustración 3-43:



Ilustración 3-43: Perforación de los soportes superiores.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.9. Soldadura de los soportes superiores con el bebedero

Posteriormente, tras haber definido la forma final de los soportes superiores creando los agujeros establecidos en los diseños, fueron fijadas las tapas sobre el bebedero, recurriendo a la soldadura SMAW, y el electrodo E-6011 a disposición. La pieza fue sujeta a una prensa de banco y soldada sobre la misma, empleando el vidrio oscuro del protector facial correspondiente, como se evidencio en la ilustración 3-44:

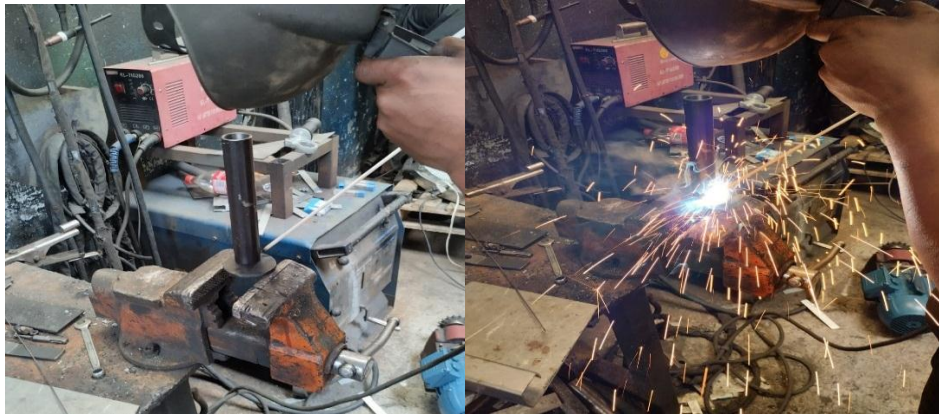


Ilustración 3-44: Soldadura de los soportes superiores con el bebedero.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.10. *Ensamblaje final del bebedero*

Para culminar el ensamblaje final acorde al diseño de los isométricos generados en SolidWorks respecto al bebedero, se procedió a la integración en una misma pieza de todas estas, como se evidenció a continuación, en la ilustración 3-45:

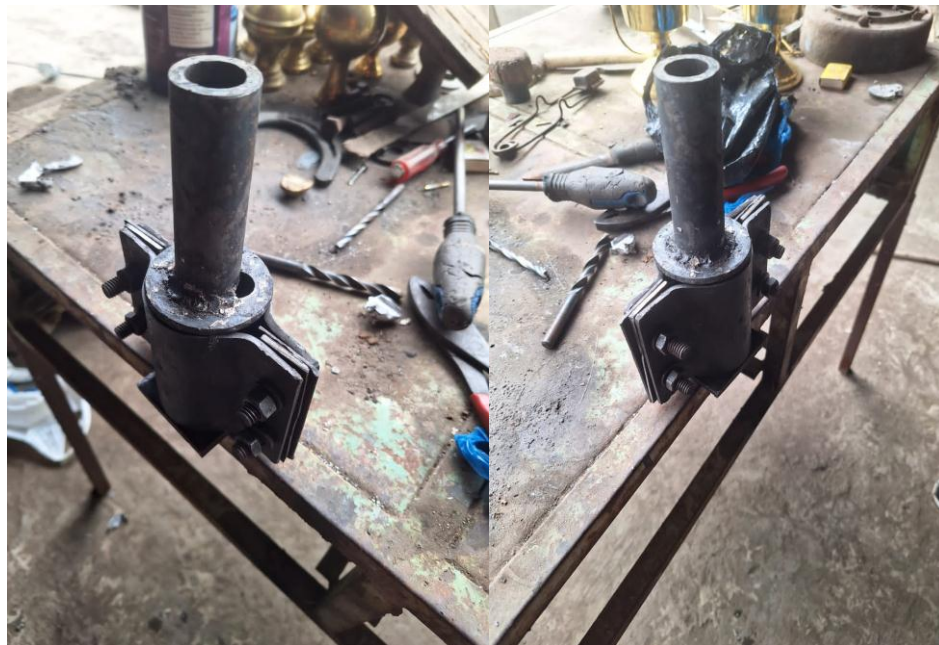


Ilustración 3-45: Ensamblaje final del bebedero.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.11. *Corte de los soportes superiores de la plancha de acero A36*

Respecto de los cortes de los soportes superiores de la plancha de acero A36, la misma comprendió un diámetro de 62.40 mm, para el soporte superior, mientras que el inferior de

diámetro 52.40 mm. Posterior y finalmente, los cortes de la plancha fueron realizados mediante laser, empleando un equipo ADH, como se evidenció en la ilustración 3-46:

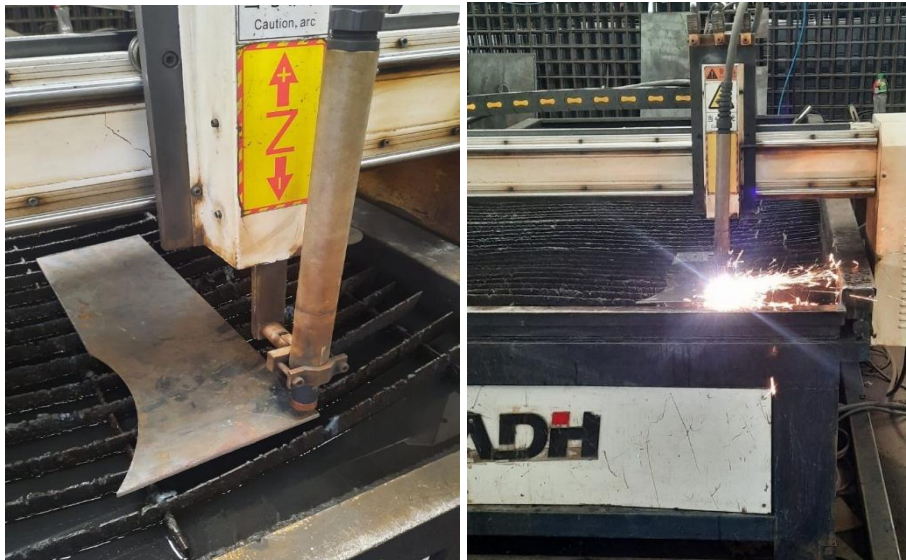


Ilustración 3-46: Corte de los soportes superiores de la plancha de acero A36.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

3.9.3.12. Proceso de corte de la placa base

Para el proceso de corte de la placa base, se utilizó un retazo de plancha de acero A36 de 8 mm de espesor con medidas de 60mmx60mm dispuesta por financiación de los investigadores, como se evidenció en la ilustración 3-47:



Ilustración 3-47: Proceso de corte de la placa base.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Finalmente, en la ilustración 3-48, a continuación, se evidenció en producto final de los diferentes elementos fabricados, junto a los accesorios de anclaje, fijación y apoyo, tanto para la completar el ensamblaje del molde del pistón, como para iniciar la fundición y creación del mismo:

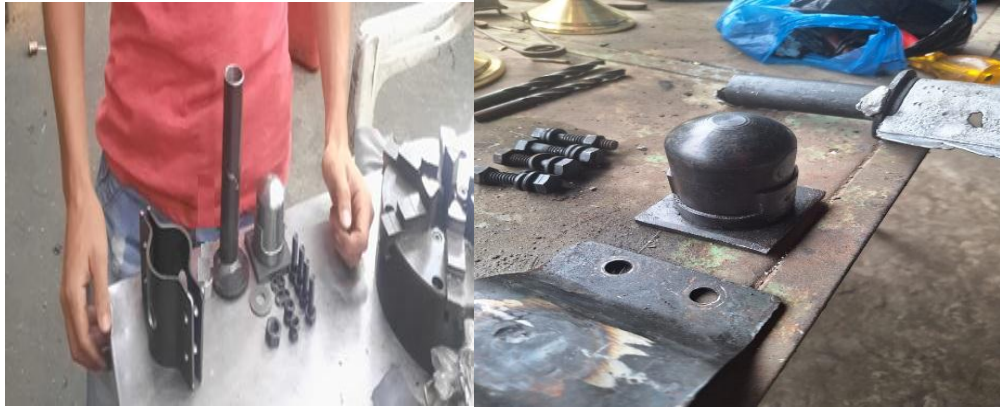


Ilustración 3-48: Ensamblaje y disposición de accesorios creación de los pistones de 100cc.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del capítulo IV, sobre los resultados y discusión de estos, comprendió las etapas de preparación de la colada, analizando las propiedades fisicoquímicas de la aleación, enfocándose en aspectos tales como: las medidas originales del pistón para determinar la velocidad de vaciado de la fundición junto al caudal de este, y la velocidad de llenado del molde, integrando aspectos relevantes del dimensionamiento final, tal como se explicó a continuación:

4.1. Comprobación del diseño final del pistón de 100cc

4.1.1. Medición de peso del pistón primario

Se determinó el peso del pistón para conocer las características del producto de la fundición resultante sobre la fabricación de la aleación de aluminio. Por lo que el peso fue de:

$$W_{\text{pistón}} = 99.79 \text{ g}$$

Finalmente, el peso resultante del pistón fundido fue de 99.79 g (0,220 lb). El peso resultante, comparado con el peso del pistón original, correspondiente a un pistón estándar de motocicleta Suzuki AX100, sin incorporación de los anillos y aparejos de ensamblaje de la biela, fue de 298 g, lo cual significa una disminución sustancial del peso del pistón original de referencia de diseño, del 66,51%.

4.1.2. Ensayo de micrografía sobre aluminio fundido

4.1.2.1. Preparación de la muestra

Para la determinación de la micrografía, se utilizó la normativa ASTM E112-96, del método de prueba estándar para calcular el tamaño promedio del grano, en el cual, se empleó la siguiente sucesión de etapas para la aplicación de este:

- Preparación de la muestra: se empleó un fragmento extraído del pistón de aluminio fundido resultante, mediante las adecuaciones indicadas en la norma ASTM E8, sobre el cual, se aplicó un corte transversal para mejor apreciación del estudio, estipulando por medidas a

las siguientes recomendaciones por norma: diámetro de 12 mm y una altura para la facilidad del pulido de hasta 12 mm.

- Preparación de la superficie de la muestra: posteriormente, mediante el uso de un trozo de papel lija, la superficie de la muestra es acondicionada mediante la aplicación del desbaste grosero, desbaste intermedio, desbaste final y pulido.
- Observación de la muestra: finalmente, se sitúa la muestra sobre la base del microscopio para a través del óptico, visualizar la microestructura que le compone sobre el aluminio resultante de la fundición y apreciar las características que le competen a 100x, como máximo.

4.1.2.2. Desarrollo del ensayo

Para la aplicación del ensayo de micrografía, se procedió al desbaste del fragmento extraído bajo las dimensiones de la norma ASTM E-112-96, empleando diferentes lijas, desde N° 80 hasta 2.000, previamente desbastado en el torno, para finiquitar una forma de paralelepípedo, a fin de facilitar la proporción adecuada de la información. Ver ilustración 4-14:



Ilustración 4-14: Proceso de desbaste con lija sobre probeta de pistón fundido.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras finalizar el desbaste sobre la pieza resultante, se procedió a crear brillo mediante la aplicación de pasta de aluminio sobre la misma, e inmediatamente limpiarla utilizando quita ácidos. Para la realización del ensayo micrográfico propiamente, se empleó además sobre la pieza el ácido Keller durante un lapso de 8 minutos. Finalmente, la pieza fue lavada y fue dispuesta sobre el microscopio, previamente lavado, secado y acondicionado a nivel de brillo a fin de determinar el tamaño de los granos de la fundición de aluminio resultante.



Ilustración 4-15: Proceso de ensayo de micrografía.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Cabe destacar que el ensayo de micrografía permitió conocer la calidad de la uniformidad estructural del cuerpo resultando como producto del pistón, y visualizar posibles defectos, así como el detalle de la geometría de la unión de la fundición (Pérez y Bravo, (2021).

4.1.2.3. Resultados

Finalmente, la apreciación del ensayo de micrografía sobre la probeta de la fundición resultante del pistón de 100cc, arrojó las siguientes apreciaciones del tamaño de la granulometría según las vistas a 5x, 10x, 20x y 50x, a continuación, en la ilustración 4-8:

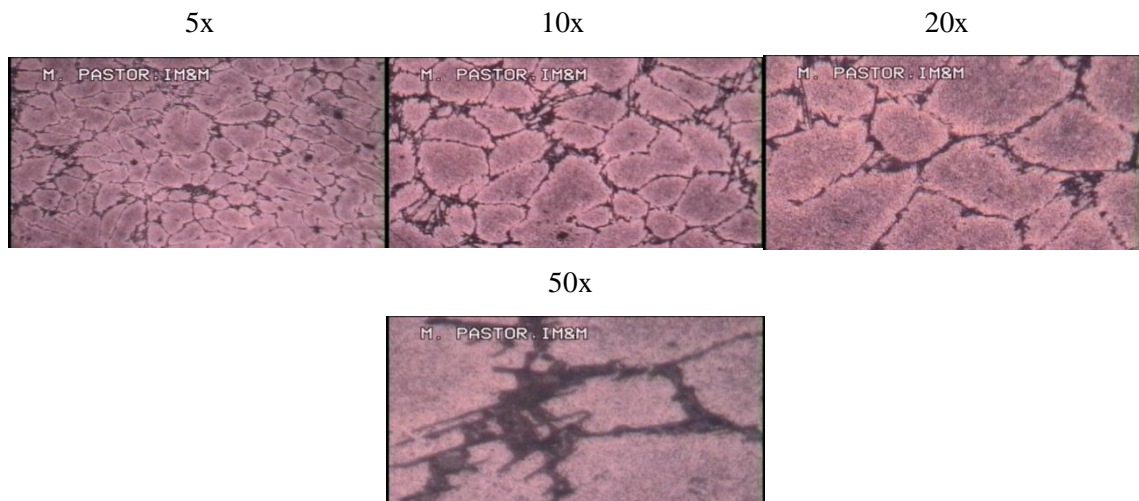


Ilustración 4-16: Vistas del ensayo de micrografía.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

4.2. Fundición del pistón de 100cc

4.2.1. Preparación de los materiales para la fundición del aluminio

A continuación, en la tabla 4-1, fueron descritos los diferentes elementos necesarios para la fundición y obtención del pistón de 100cc, utilizando el molde resultante previamente fabricado. Como principal objeto de estudio:

Tabla 4-1: Elementos para la fundición del pistón

Ítem	Descripción	Número de unidades	Unidad
1	Estaño	1	metro
2	Cobre	10	Centímetros
3	Aluminio	2	libras

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

La justificación respecto a la selección de los materiales dispuestos para la fundición consistió principalmente en el uso de aluminio del tendido eléctrico de baja tensión, respecto a la pureza del contenido para la conducción del campo magnético, estimada en un 99% de aluminio. Por otro lado, la aplicación del cobre y estaño, fueron contempladas respecto a la relación de unidad de medida en peso de contenido, junto a la proporción del aluminio, para concentrar adecuadamente los metales de composición de la colada, tomando en cuenta la espectrofotometría de la aleación de aluminio DIN 7020, de la ilustración 3-1.

Adicionalmente, también se dispuso de un trozo de pistón de calidad convencional para extracción e incorporación del elemento silicio hacia la fundición, a fin de equiparar la aleación de la mezcla original del pistón. Ver ilustración 4-1: “pureza del material y propiedades”.



Ilustración 4-1: Disposición de materiales para fundición del aluminio.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

4.2.2. Proceso de montaje del molde y fundición

Al igual que en el ensayo de espectrometría, la etapa correspondiente al proceso de montaje del molde y fundición, se lo realizó en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, específicamente en el laboratorio de mecánica, mediante el horno a diésel, bajo el protocolo interno que establece para el correcto desempeño y buenas prácticas de manufactura, como se demostró en la ilustración 4-2, a continuación:



Ilustración 4-2: Disposición del horno a diésel en el laboratorio de mecánica de la facultad.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

La preparación del molde para la fundición se realizó mediante el ajuste del apriete y torque suficiente sobre los pernos de diámetro de $3/8''$, generando el sellado absoluto y hermeticidad respecto de los soportes izquierdo y derecho, empleando masilla y arcilla con agua, evitando de esta forma, las posibles fugas del aluminio fundido a través de grietas. Ver ilustración 4-3.



Ilustración 4-3: Ajuste de hermeticidad del molde por torque y sellado con masilla y arcilla.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, fueron añadidos los elementos a fundir, según el análisis de espectrometría, indicando que los elementos necesarios para obtener el pistón fueron: aluminio, cobre, silicio y estaño, en los porcentajes indicados en la ilustración 3-1, para establecer los contenidos proporcionales necesarios sobre cada elemento.

Para generar la fundición correcta de los elementos depositados en el crisol, el horno fue cerrado herméticamente con la tapa correspondiente y se indujo hasta alcanzar 800 °C de temperatura, capaces de establecer la colada necesaria y homogénea de todos los elementos. Ver ilustración 4-4.



Ilustración 4-4: Inducción del horno a 800°C.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Para tomar ventaja de la temperatura alcanzada por el horno, encima de la parte superior del mismo, fue colocado el molde para generar precalentamiento de este, antes de vertérsele la colada, para mejorar el proceso de dilatación térmica, y albergar la fundición de aluminio, estableciendo 120° C.



Ilustración 4-5: Ajuste de hermeticidad del molde por torque y sellado con masilla y arcilla.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Tras haber cumplido 60 minutos la fundición, se dispuso de remover el recipiente de esta desde el horno, siendo vaciado en el mortero adecuadamente, empleando instrumentos e implementos de seguridad, utilizando pinzas y manejando cuidadosamente el traslado hasta verterlo desde el crisol hacia la cuchara, y de allí al molde a través del bebedero. La acción requirió de un tercer participante para asegurar la inamovilidad del bebedero y molde para poder surtir apropiadamente la colada en el mismo. Ver ilustración 4-6:



Ilustración 4-6: Ajuste de hermeticidad del molde por torque y sellado con masilla y arcilla.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Luego, fue vaciada cuidadosamente la colada en el molde enterrado en la caja de arcilla para evitar desperdicios peligrosos que pudiesen generar daños materiales o humanos, al mismo

tiempo que permitió el perímetro suficiente de maniobra para verter la colada en el molde. Posteriormente, se le propinó un lapso de dos horas para el enfriamiento del pistón hasta ser desmoldado.



Ilustración 4-7: Vertido de la colada en el molde dentro de la caja con arcilla.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

4.2.3. Proceso de desmontaje del pistón

Tras culminar el periodo de dos horas para el enfriamiento de la fundición, este fenómeno permitió la compactación del aluminio fundido y adherencia a la forma del molde, para establecer la forma definida del pistón, en el cual, se procedió al proceso de desmolde.

Para el proceso de desmoldeo, se tomó el molde enfriado a temperatura ambiente y seguro de manipular manualmente, y se aflojaron las tuercas de los tornillos de aseguramiento de las placas laterales, utilizando una llave combinada de número 14 mm. Como se evidencia en la ilustración 4-8:



Ilustración 4-8: Desmontaje del molde pistón.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Por último, para la extracción del pistón resultante de la fundición, fue removido cuidadosamente el bebedero del encaje sobre el molde, empleando pinzas y dejando al descubierto el producto fundido para la mecanización.



Ilustración 4-9: Remoción del bebedero del molde.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

4.2.4. Desbastado y forma del pistón resultante

La última etapa, sobre del devastado y forma del pistón de aluminio como producto de la fundición, correspondió a la mecanización del mismo, a través del proceso de cilindrado y refrentado con ayuda de un buril de 7 cm en la máquina de marca Pinacho Mod L-1/165 a una velocidad de 800rpm.



Ilustración 4-10: Mecanizado del pistón con cilindrado y refrentado.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Posteriormente, con el uso de la misma máquina destacada en la ilustración 4-11, se realizó el ranurado, utilizando una cuchilla a una velocidad de 500 rpm, para crear las ranuras de alojamiento de los anillos superior e inferior del pistón.



Ilustración 4-11: Mecanizado del pistón con ranurado de alojamiento para anillos.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Inmediatamente, se realizó el taladrado del agujero del pasador del pistón, empleando nuevamente la fresa Cincinnati, utilizando la broca número 8 a una velocidad de 600 rpm. El desarrollo de la abertura para el pasador estuvo sujeto al isométrico resultante del diseño a escala de dicho pistón, reflejado en el anexo 3.



Ilustración 4-12: Mecanizado del pistón con ranurado de alojamiento para anillos.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

Finalmente, en la ilustración 4-12, se evidenció el resultado de los mecanizados descritos, respecto del diseño original del pistón de 100cc, quedando en condiciones de operatividad respecto del prototipo homologado en el anexo 3, el cual es funcional.



Ilustración 4-13: Mecanizado del pistón con ranurado de alojamiento para anillos.

Realizado por: Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La realización del presente documento de carácter científico, sobre el diseño y construcción de un molde para la fabricación en serie para pistones de motor de motocicleta de cilindrada 100cc, comprendió los siguientes hallazgos sujetos a los objetivos específicos planteados:

- Respecto del objetivo específico N° 1, sobre la ingeniería inversa, realizando ensayos de espectrometría, dureza y micrografía determinar la aleación, propiedades mecánicas tratamiento térmico del material a manufacturar. Al realizar los procedimientos de ingeniería inversa sobre el pistón de 100cc, respecto a un modelo genérico de dos tiempos, estableciendo la estructura de diseño demostrada en el anexo 3, los diferentes ensayos aplicados, permitieron la detección y apreciación específica de diversas propiedades mecánicas y químicas, entre las cuales resaltaron las siguientes:

En cuanto al ensayo de espectrometría, en donde fueron comparados los resultados del ensayo realizado sobre el producto fundido del pistón manufacturado a efectos de estudio, empleando la norma ASTM E-112-96, utilizando como elemento de ataque químico, el ácido de Keller por 8 minutos, para luego dilucidar vistas en el equipo, sobre 5x, 10x,20x y 50x, las cuales fueron comparadas con un análisis realizado por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander Colombia Johana Gafaro, sobre una muestra semejante de aleación DIN 7020, atacado por 1 ml de HF y 200 ml de agua destilada, donde se establecieron características afines y favorables para el pistón producto, tales como la formación de dendritas definidas y glóbulos, siendo signo de una fundición regulada y aceptable, es decir, la microestructura del elemento confiere las características integrales de resistencia a la temperatura, resistencia mecánica, tenacidad y brillo En cuanto al ensayo de dureza Brinell, fue desarrollada bajo los lineamientos de la norma ASTM E10-18, utilizando un equipo Mitutoyo, modelo TM-100, en la cual el resultado fue de 171.98 kgf/mm². Respecto del ensayo de espectrofotometría, el mismo fue realizado bajo el formato de emisión de óptica de chispa, considerando la aplicación de la norma ASTM E415, el detalle del mismo derivó del análisis sobre un equipo Bruker, estableciendo principalmente, aluminio en una proporción de 74,69; silicio con 20,16, estaño con 0,097, hierro con 1,615, entre otros elementos varios en mínimas proporciones, necesarios para distinguir las porciones a fundir.

- Respecto del objetivo N°2, sobre modelar el pistón de dos tiempos de 100cc mediante un software CAD (SolidWorks), que permita posteriormente manufacturar en molde:

Para el diseño de los diferentes aparejos sobre formar un depósito de fundición para moldear el pistón de 100cc, se utilizaron los softwares de CAD/CAM de SolidWorks y Siemens NX 12, de donde derivaron los elementos de: molde base de 100cc, soportes por placa derecho e izquierdo, tapas inferior y superior, y finalmente el bebedero de la colada, para finalmente formar un cuerpo ensamblado entre los elementos descritos, los diseños emergidos fueron guardados con extensión de formato digital ".step", para ser cargados en el Siemens NX 12, para definir por mecanización a la pieza resultante, mediante la creación de un cilindro delimitador a través de las coordenadas x, y e z, para efectuarse mecánicamente a través de los equipos: CNC FANUC Series O-M y Torno Cincinnati 1540.

- Finalmente, en cuanto al objetivo específico N° 3, de diseñar y construir el molde para la fabricación del pistón teniendo en cuenta los diferentes insertos a emplearse, fue desarrollada la siguiente sucesión de etapas:

La construcción del molde fue basada inicialmente en los aparejos necesarios para complementar el diseño integral, los cuales fueron descritos en la tabla 3-10, entre elementos de aseguramiento, tales como, tornillos, tuercas y arandelas, además de elemento para la fabricación o desbastación, como brocas de 3/8", 14 mm y 20 mm y unión mediante soldadura, empleando electrodo de tipo E-6011. Posteriormente, la mecanización, se inició con efectuar el desbastado sobre un eje de 2", en el torno CNC a 480 rpm, y efectuó el fresado de la pieza con el equipo CNC Fanuc O-M, y se realizó la tarea determinada. Respecto del excedente del eje de 2", el mismo fue cortado mediante una moladora. Respecto a las perforaciones, lo propio se realizó sobre las tapas inferior y superior, considerando las medidas establecidas en los isométricos 8 y 9 de los anexos. Finalmente, mediante la soldadura SMAW, fueron soldados los soportes superiores junto al bebedero, donde el resultado final, consistió en la ilustración 3-45, sobre el ensamblaje de los elementos integradores del molde. Respecto del segmento 3.9.2. Fueron desglosados los diferentes términos de cálculo para el desarrollo del mecanizado de los elementos del molde, configuración de las máquinas de fresado y torno, y por menores de conocimiento técnico. Al llegar a la etapa de fundición, los elementos fundidos consistieron en estaño de 1 m, cobre de 10 cm y aluminio de dos libras, según la tabla 4-1 y la ilustración 4-1. La fundición se realizó calentando la colada hasta llegar a los 800° C, empleando pinzas para el crisol, y haciendo uso de cuchara para verter la fundición a través del bebedero en el molde enterrado en arcilla, dentro de una caja de madera. Por último, el molde fue desmontado mediante la remoción del bebedero, y el pistón resultante

fue mecanizado para crear los canales o ranuras de los anillos del pistón y el agujero del pasador, como se evidenció en la ilustración 4-13.

5.2. Recomendaciones

- Establecer el mismo protocolo metodológico experimental, para el desarrollo de los anillos del pistón y establecer un orden de manufactura completa sobre los accesorios que acompañan a dicho elemento.
- Desarrollar protocolos de simplificación de manufactura, a través de buenas prácticas, de forma que la línea de producción pueda ser sintetizada, optimizando el rendimiento del tiempo de labor y creando la refinación necesaria para los detalles de mecanización, sobre un marco de producción en serie.
- Considerar la propuesta de tecnología de automatización sobre elementos aplicables al proceso de manufactura, a través del modelo de industria 4.0, a fin de explotar el potencial de producción de pistones de 100cc.
- Desarrollar estudios homologados para pistones de motos de modelos diferentes de cubicación del pistón, así como extender la aplicabilidad sobre automóviles, compresores de aire, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALU-STOCK.** *Aleaciones de aluminio.* [en línea] [Consulta: 25 junio 2023] 2021. Disponible en: <https://www.alu-stock.es/multimedia/descargas/14/Cap11-Aleaciones-de-aluminio.pdf>
2. **Álvarez, J.** *Motores alternativos de combustión interna.* Edicions de la UPC, S.L. [en línea] [Consulta: 28 junio 2023] 2005. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Motores_alternativos_de_combusti%C3%B3n_inte/RLDuW6HWXA0C?hl=es-419&gbpv=0
3. **Arias, J. & Covinos, M.** *Diseño y metodología de la investigación.* Editorial Enfoques Consulting EIRL. [en línea] [Consulta: 3 julio 2023] 2021. Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
4. **Avello, R., Palmero, D., Sánchez, S., & Quintana, M.** Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(1), 441-450.. [en línea] [Consulta: 8 julio 2023] 2019. Disponible en: [doi:http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v48s1/1561-3046-mil-48-s1-e390.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v48s1/1561-3046-mil-48-s1-e390.pdf)
5. **Avendaño, H., De La Luz, H., Domínguez, L., Erika, S. & Ramos, F.** *Diseño y fabricación de moldes para fundición.* [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Instituto Politécnico Nacional, Azcapotzalco. Ciudad de México-México. 2017. págs. 01-75. 2017. [en línea] [Consulta: 15 julio 2023] 2021. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/421/avendanogarrido.pdf>
6. **Botta, M.** *LinkedIn.* [en línea] [Consulta: 10 julio 2023] 2018. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/solidworks-en-el-dise%C3%B1o-de-moldes-mauricio-botta>
7. **Brizuela, R.** *issuu.* [en línea] [Consulta: 10 julio 2023] 2020. Disponible en: https://issuu.com/robertbrizuela/docs/fundiciones_robert_brizuela_pdf/1
8. **Broncesval.** *Aluminio Aleación Zinc: EN AW-7020.* [en línea] [Consulta: 5 abril 2023] 2023. Disponible en: <https://www.broncesval.com/aluminio/aluminio-aleacion-zinc-en-aw-7020/>
9. **Cohen, N.** *Metodología de la investigación, ¿para qué?* Teseo. [en línea] [Consulta: 15 abril 2023] 2019. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf

10. **Crouse, W. y Anglin, D.** *Mecánica de la motocicleta*. (R. Pallisa, Trad.). [en línea] [Consulta: 25 abril 2023] 1992. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XWcbIUJUpKEC&oi=fnd&pg=PR19&dq=la+necesidad+de+fabricar+un+piston+de+motocicletas&ots=Q5LwEpTGMd&sig=UwBi-m8fUpwedKwpUXXDULcG7kc#v=onepage&q&f=false>
11. **Cubel, S. y Torres, E.** *Tecnología. Secundaria obligatoria 4º curso. Materiales didácticos 2*. Ministerio de educación y ciencia. [en línea] [Consulta: 7 abril 2023] 1995. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Tecnolog%C3%ADa_Secundaria_obligatoria_4%C2%BA_c/-eIIBgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
12. **Díaz, V.** *Metodología de la Investigación Científica y Bioestadística para Profesionales y Estudiantes de Ciencias de la Salud* (1 ed.). Editorial UEES. [en línea] [Consulta: 5 mayo 2023] 2019. Disponible en: <https://n9.cl/vcrfm>
13. **Echavarría, A. y Orrego, G.** Metalurgia básica de algunas aleaciones de aluminio extruidas o laminadas. *Revista Colombiana De Materiales, 02*. [en línea] [Consulta: 2 mayo 2023] 2012. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/11281>
14. **Ferrecortes.** *Acero 1020*. [en línea] [Consulta: 16 abril 2023] 2020. Disponible en: <https://www.ferrocortes.com.co/acero-sae-1020/>
15. **Gafaro, J.** *Metalografía, Fractografía y Analisis in Situ*. [en línea] [Consulta: 4 mayo 2023] 2023. Disponible en: <https://metalografiainsitu.blogspot.com/?m=0>
16. **Gil, F., & Bádenas, C.** *Aleaciones ligeras* (1 Ed ed.) [en línea] [Consulta: 15 abril 2023] 2001. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Aleaciones_ligeras/CxGiCgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=diagrama+de+fase+Al-Si&pg=PA33&printsec=frontcover
17. **Groover, M.** *Fundamentos de Manufactura Moderna*. (McGraw, Ed.) [en línea] [Consulta: 7 mayo 2023] 2007. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Fundamentos_de_Manufactura_Moderna/UyQzHQAACAAJ?hl=es-419
18. **Herriko, E.** *Ehu*. [en línea] [Consulta: 8 junio 2023] 2017. Disponible en: https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/709_ca.pdf

19. **Jimenez, C.** *ClubEnsayos*. [en línea] [Consulta: 11 julio 2023] 2014. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Psicolog%C3%ADa/Psicologia/2175153.html>
20. **Kalpakjian, S.** *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. [en línea] [Consulta: 21 junio 2023] 2014. Disponible en: [https://livespochedu-my.sharepoint.com/personal/esanchez_c_espoch_edu_ec/Documents/EDGAR%20SANCHEZ/TESIS/MOLDE_FUNDICION/Manufactura,%20ingenier%C3%ADa%20y%20tecnolog%C3%ADa%20\(Vol%C3%BAmenes%20I%20y%20II\)%20\(Steven%20Schmid,%20Serope%20Kalpakjian\)%20\(z-](https://livespochedu-my.sharepoint.com/personal/esanchez_c_espoch_edu_ec/Documents/EDGAR%20SANCHEZ/TESIS/MOLDE_FUNDICION/Manufactura,%20ingenier%C3%ADa%20y%20tecnolog%C3%ADa%20(Vol%C3%BAmenes%20I%20y%20II)%20(Steven%20Schmid,%20Serope%20Kalpakjian)%20(z-)
21. **López, A., Gómez, M., Martínez, J. y Sánchez, S.** *Tecnología de la fabricación*. Universidad de Almería. [en línea] [Consulta: 5 abril 2023] 2019. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Tecnolog%C3%ADa_de_la_fabricaci%C3%B3n/U2GUDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
22. **Mackay, R.** Cuantificación de hierro en aleaciones de fundición de aluminio y silicio mediante análisis térmico. *10(3)*, 131-145. London. [en línea] [Consulta: 9 abril 2023] 2016. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13640461.1997.11819228>
23. **Metalografiainsitu.** *Metalografía, fractografía y Análisis in Situ*. [en línea] [Consulta: 10 abril 2023] 2012. Disponible en: ¿Cuando se utiliza la Metalografía In Situ?: <http://metalografiainsitu.blogspot.com/2012/>
24. **Metinvest.** *Aceros A 35*. [en línea] [Consulta: 5 agosto 2023] 2022. Disponible en: <https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/35>
25. **Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., y Alania, R.** Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Revista Desafíos*, *12(1)*, 44-51. [en línea] [Consulta: 5 junio 2023] 2021. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
26. **Pazos, n.** *Tecnología de los metales y procesos de manufactura* (1 Ed ed.). [en línea] [Consulta: 3 julio 2023] 2006. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Tecnologia_de_los_metales_y_procesos_de/Sx3GrOhecS4C?hl=es-419&gbpv=0
27. **Pérez, A. y Bravo, D.** Desarrollo de un proceso de obtención de un pistón de 100 cc de dos tiempos mediante ingeniería inversa. *3(3)*, 78-97. Alpha publicaciones. [en línea] [Consulta: 5 abril 2023] 2021. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.70>

28. **Rafael, M; Hernández, A** *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. [en línea] [Consulta: 13 mayo 2023] 2014. Disponible en:<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
29. **Rodríguez, H.** *Estudio y Clasificación de las Fundiciones*. [en línea] [Consulta: 17 junio 2023] 2013. Disponible en:<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn108.html>
30. **Salán, N.** *Tecnología de procesos y transformación de materiales* (1 Ed ed.). UPC. [en línea] [Consulta: 28 julio 2023] 2005. Disponible en:
https://www.google.com.ec/books/edition/Tecnolog%C3%ADa_de_proceso_y_transformaci%C3%B3n/RzDy96-vUckC?hl=es-419&gbpv=1&dq=moldes+permanentes&pg=PA91&printsec=frontcover

ANEXOS

ANEXO A: FRESA RECTA, HSS, LONGITUD TOTAL.



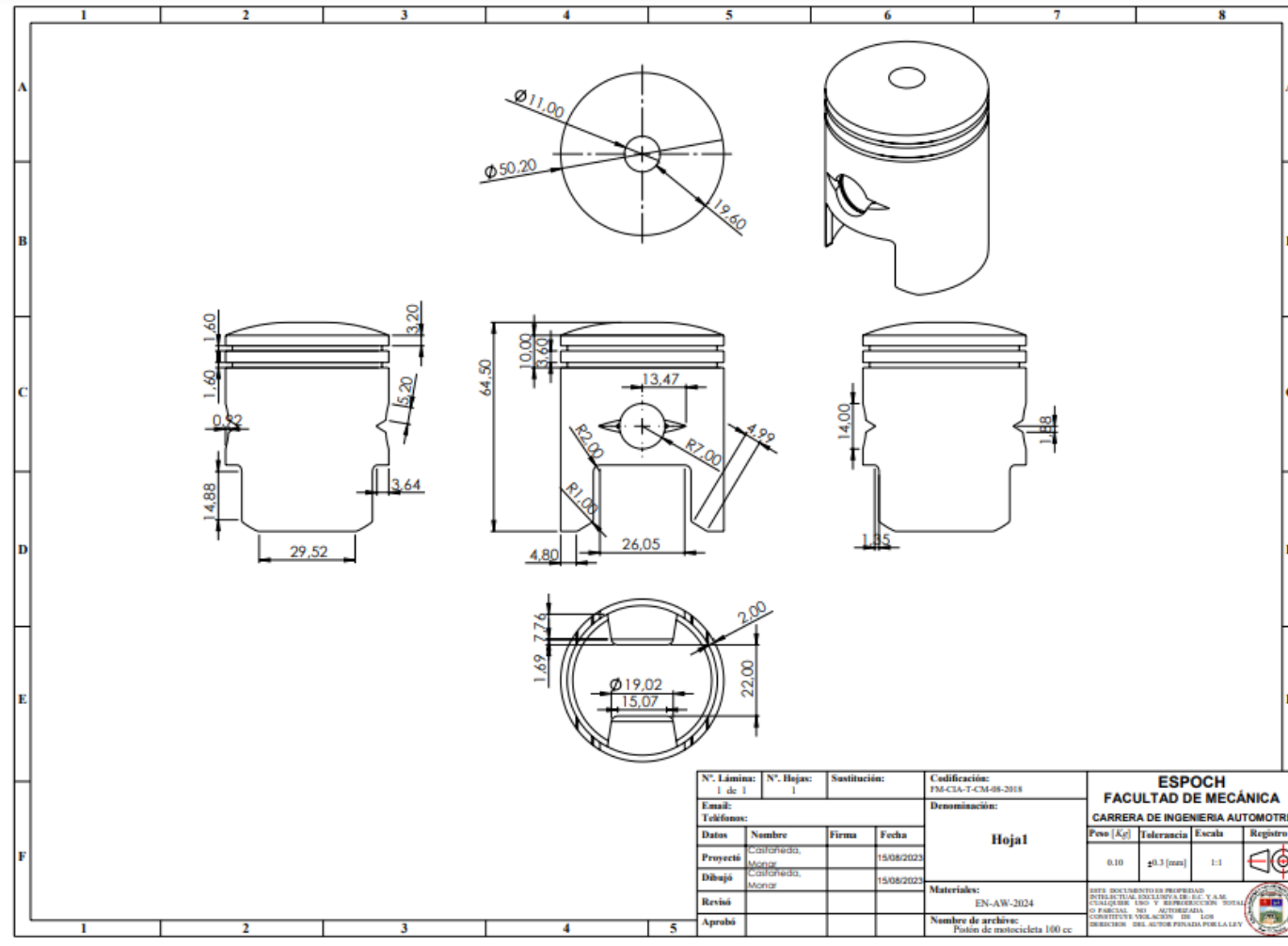
Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO B: FRESA FRONTAL 3 FILOS DE BOLA, MATERIAL DE CARBURO, DIÁMETRO 3/8.



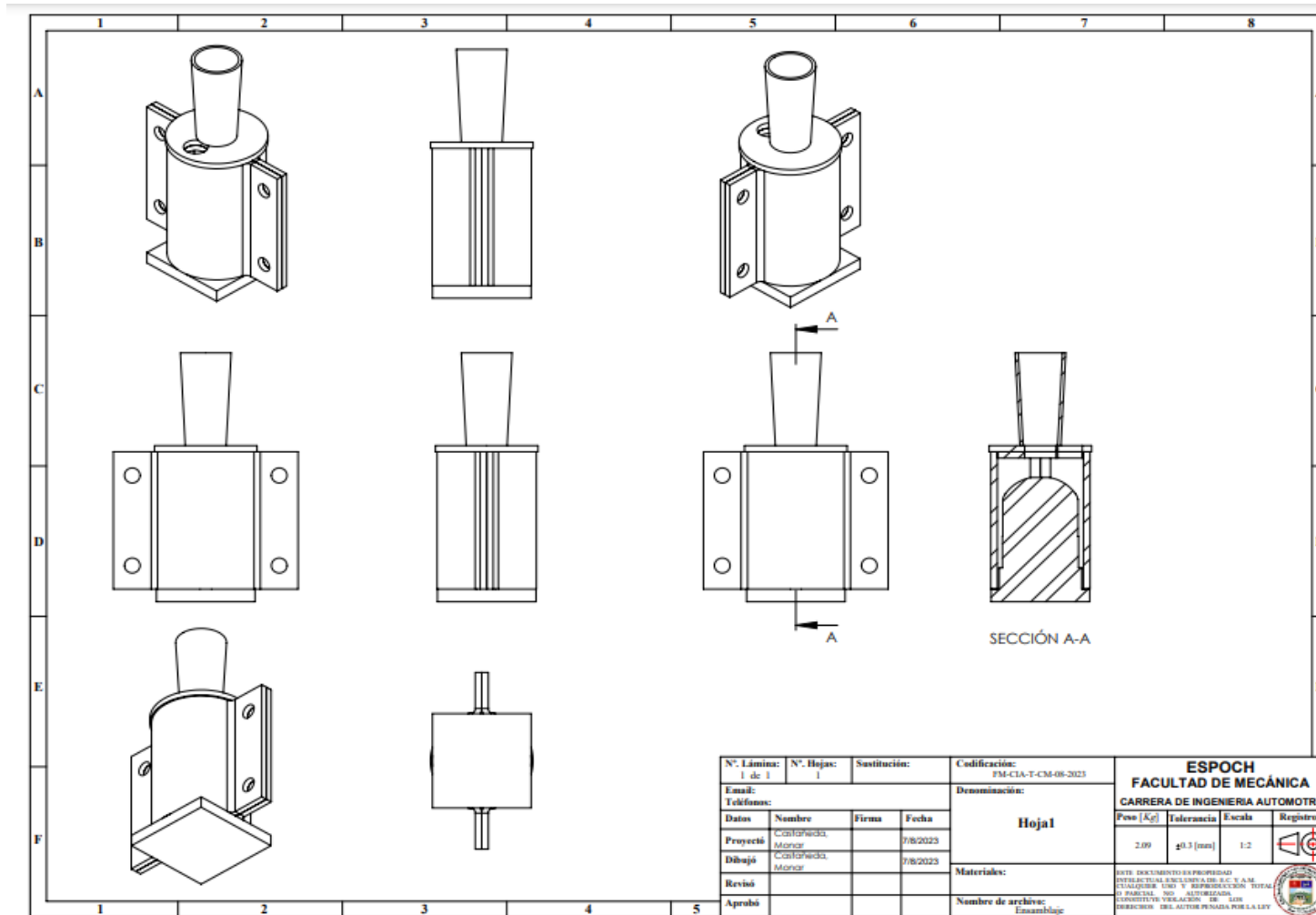
Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO C: ISOMÉTRICO DEL PISTÓN DE 100CC



Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

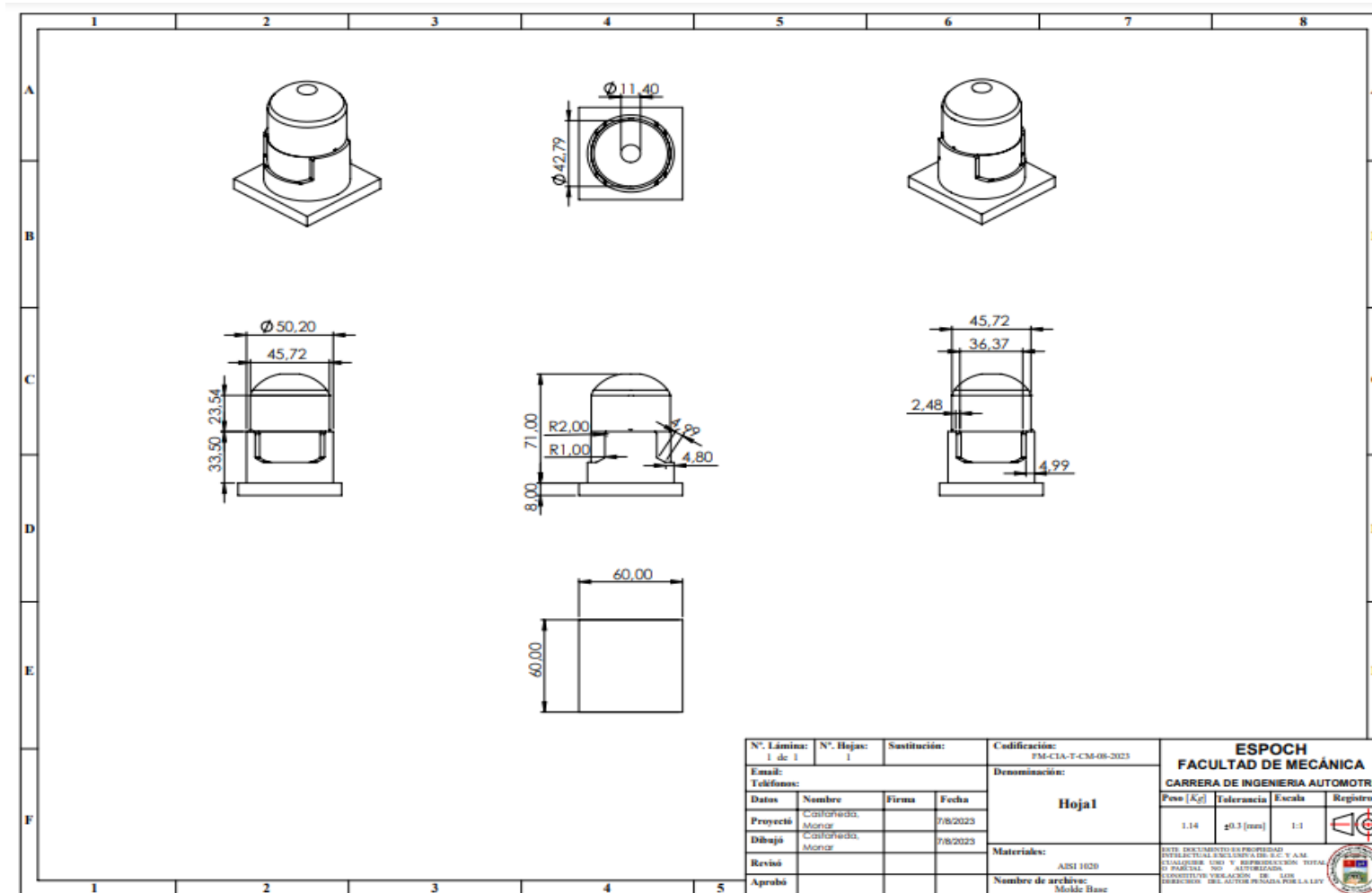
ANEXO D: ISOMÉTRICO DEL ENSAMBLE DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100CC



N°. Lámina: 1 de 1		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CLA-T-CM-08-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
Email:		Teléfonos:		Denominación:		Hoja 1					
Datos		Nombre	Firma	Fecha		Materiales:		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó		Castañeda, Monar		7/8/2023				2.09	±0.3 [mm]	1:2	
Dibujó		Castañeda, Monar		7/8/2023				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE C.A.M. (CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZACIÓN EXPRESITA O IMPLÍCITA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y PODRÁ SER PERSEGUIDA POR LA LEY.</small>			
Revisó											
Aprobó						Nombre de archivo: Ensamblaje					

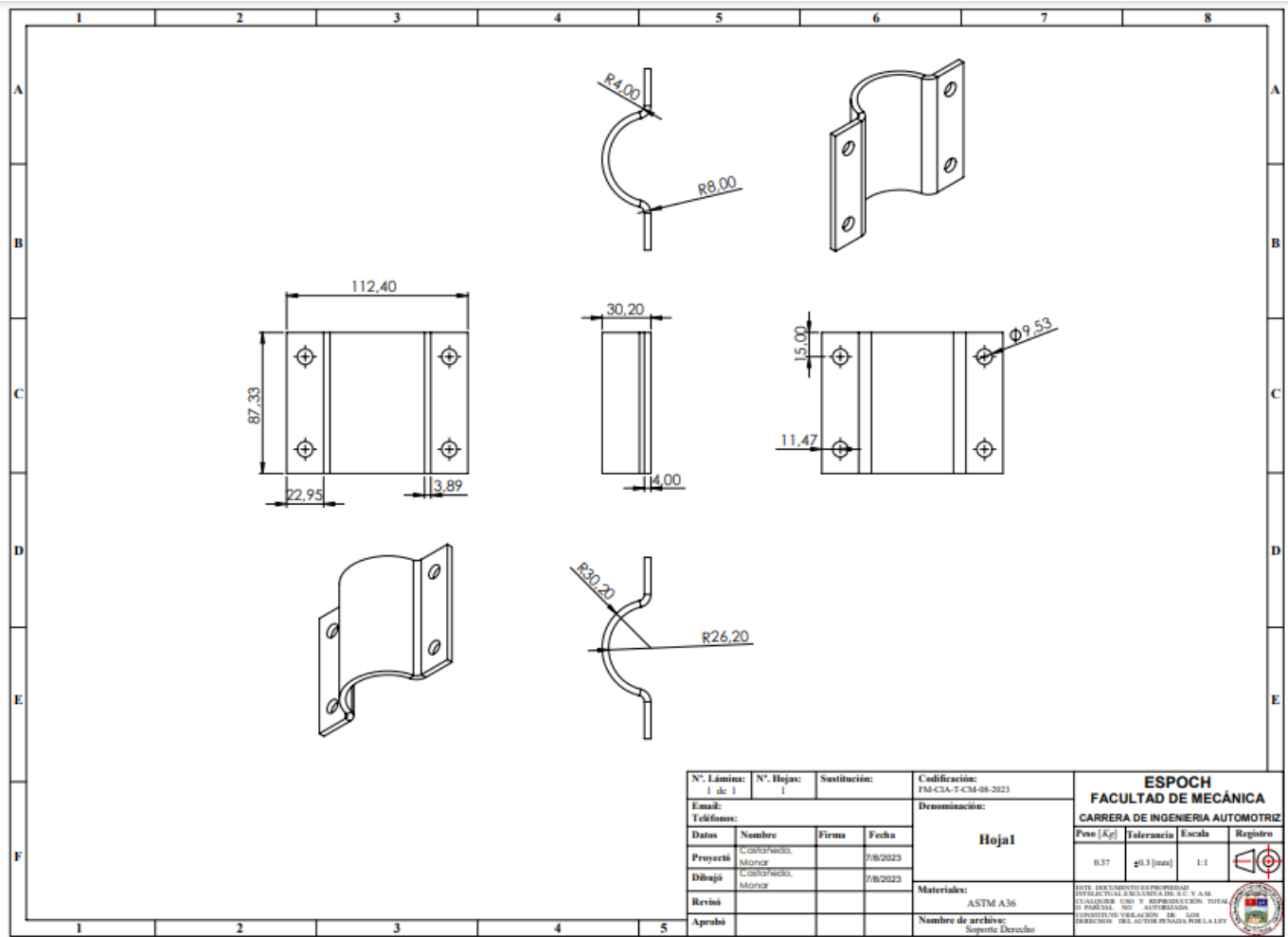
Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO D: ISOMÉTRICO DEL MOLDE BASE DEL PISTÓN DE 100CC



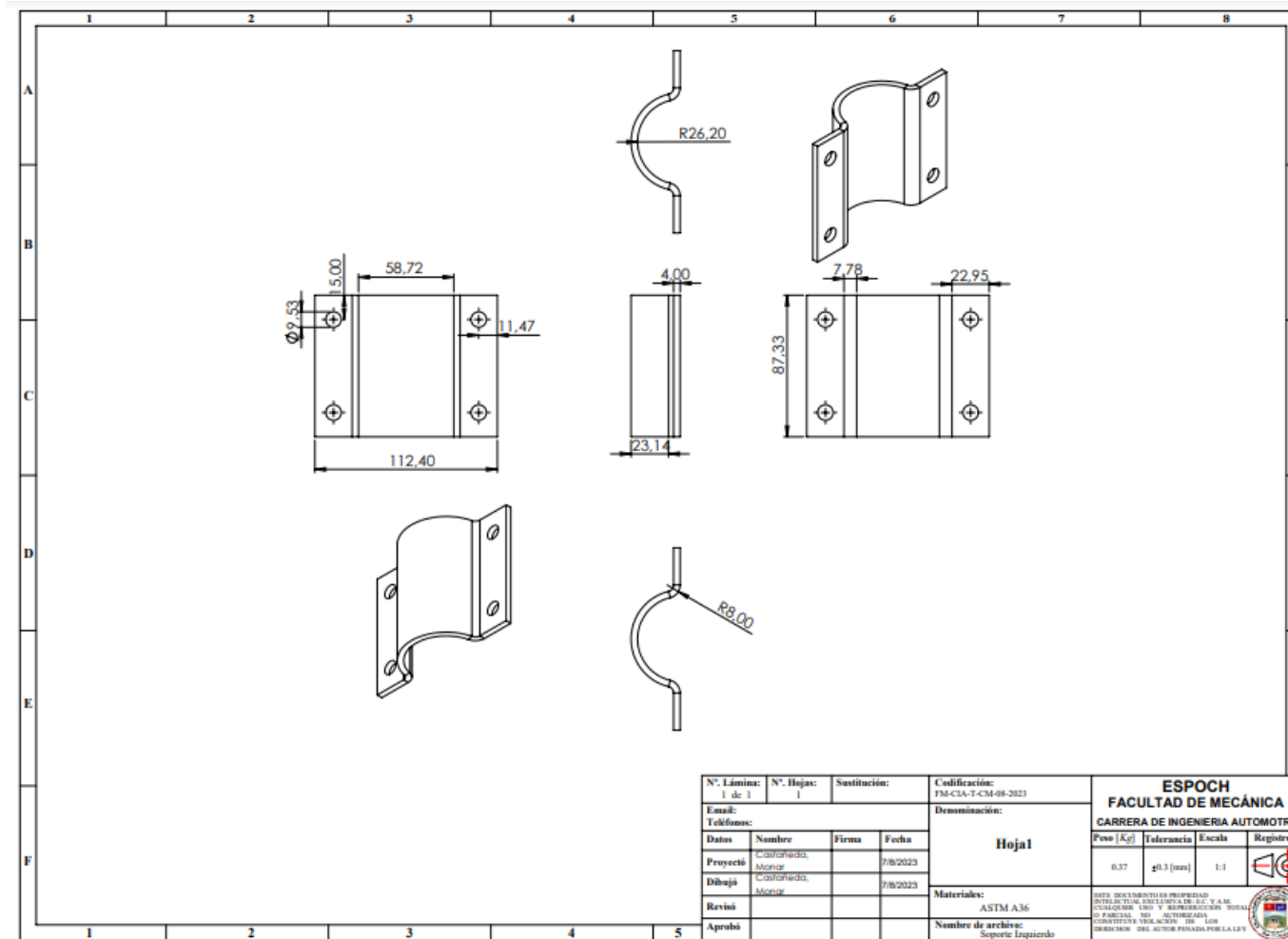
Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO E: ISOMÉTRICO DEL SOPORTE DERECHO DEL PISTÓN DE 100CC



Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

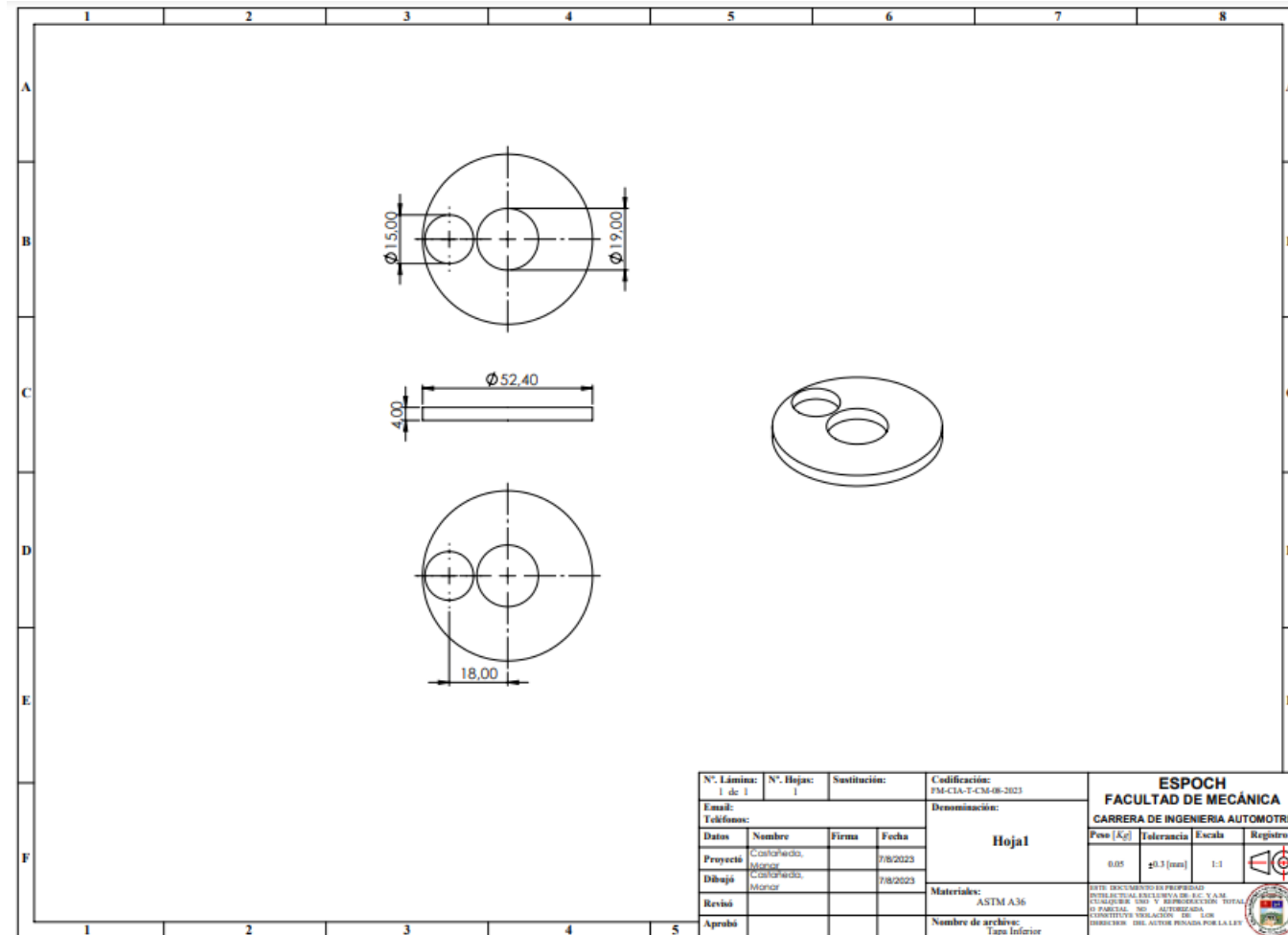
ANEXO F: ISOMÉTRICO DEL SOPORTE IZQUIERDO DEL PISTÓN DE 100CC



N° Lámina: 1 de 1	N° Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-7-CM-08-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA			
Email: Teléfonos:			Denominación:	Hoja 1			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Castañeda, Monar		7/8/2023	0.37	±0.1 [mm]	1:1	
Dibujó	Castañeda, Monar		7/8/2023	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE C.U. Y SU CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			
Revisó							
Aprobó				Materiales: ASTM A36 Nombre de archivo: Soporte Izquierdo			

Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

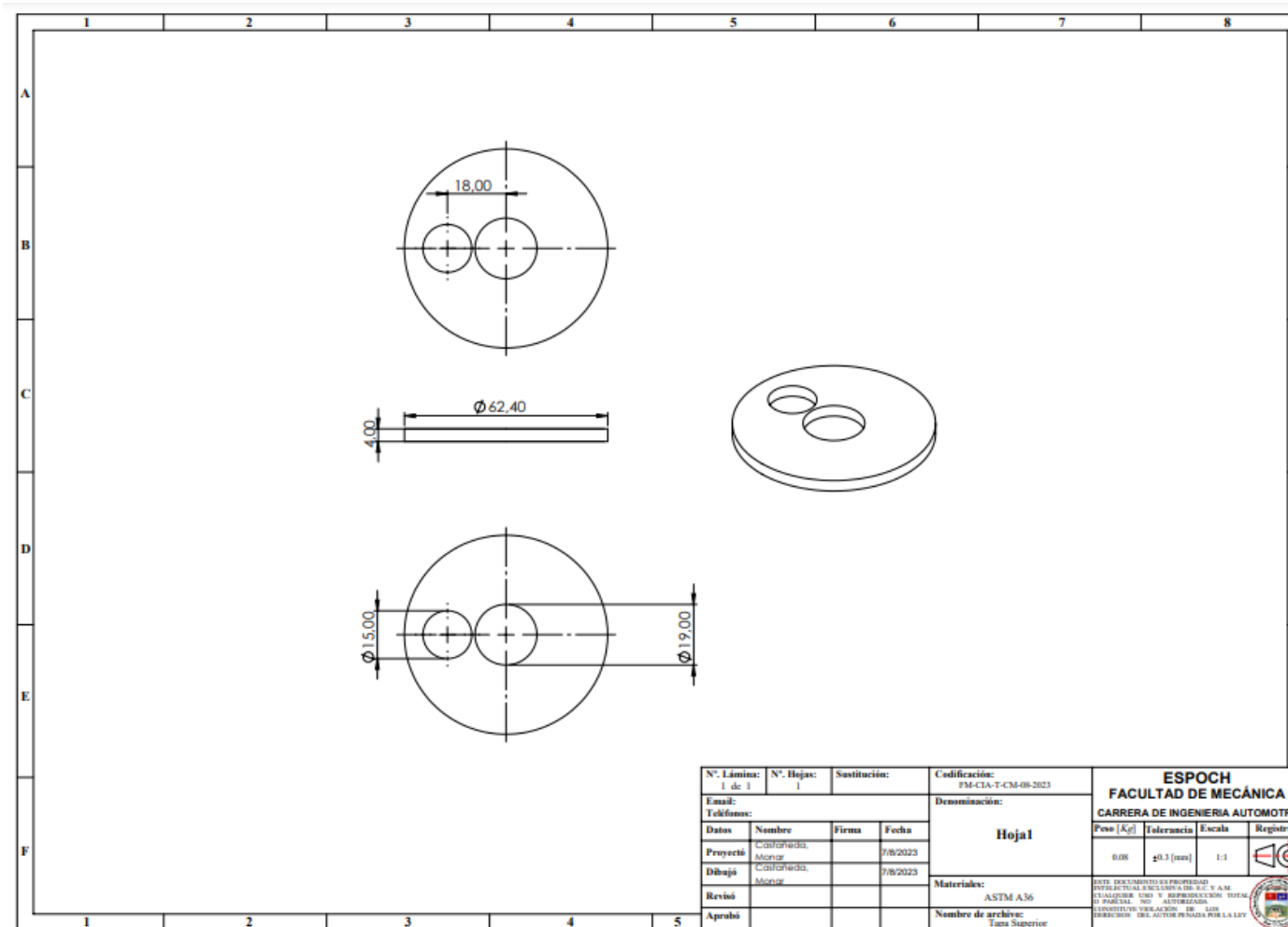
ANEXO G: ISOMÉTRICO DE LA TAPA INFERIOR DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100CC



N°. Lámina: 1 de 1	N°. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: PM-CLA-T-CM-06-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA				
Email:			Denominación:	CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ				
Teléfono:			Hojal	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
Datos	Nombre	Firma		Fecha	0.05	±0.1 [mm]	1:1	
Proyección	Caracterizado: Monar			7/8/2023				
Dibujo	Caracterizado: Monar			7/8/2023				
Revisó	Monar							
Aprobó				Materiales: ASTM A36	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.C. S.A.S. CUALQUIERA USO Y REPRODUCCIÓN SIN EL PERMISO DE AUTORIZACIÓN CONSTITUYE INFRACCIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA L.1711</small>			
				Nombre de archivo: Tapa Inferior				

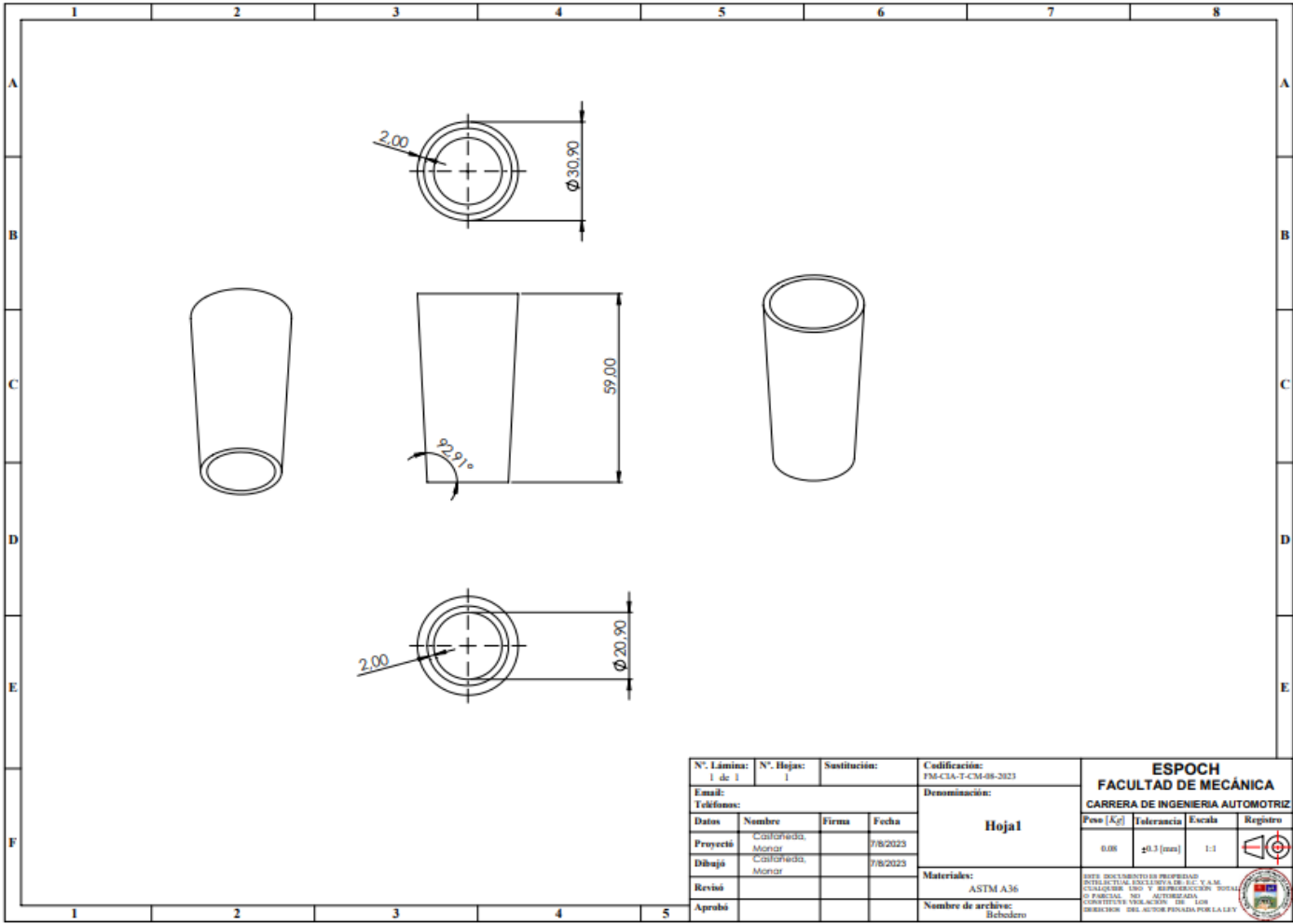
Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO I: ISOMÉTRICO DE LA TAPA SUPERIOR DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100CC



Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.

ANEXO J: ISOMÉTRICO DEL BEBEDERO DEL MOLDE DEL PISTÓN DE 100CC



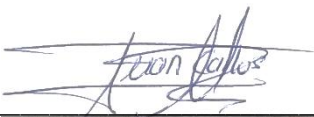
N°. Lámina: 1 de 1	N°. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CLA-T-CM-08-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
Email: Teléfono:			Denominación: Hoja1				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A36 Nombre de archivo: Bebedero			
Proyectó	Castañeda, Monar		7/8/2023				
Dibujó	Castañeda, Monar		7/8/2023				
Revisó							
Aprobó				Nota: Este documento es propiedad intelectual exclusiva de E.C. V.A.M. cualquier uso y reproducción total o parcial, no autorizada. Comite de Vigilancia de los Derechos del Autor Pensado por la Ley.			

Nota. Castañeda, Edy; Monar, Abel, 2023.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 07/02/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Edy Edgar Castañeda Castañeda Abel Armando Monar Tamami
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
 _____ Ing. Edgar Fabian Sánchez Carrión DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
 _____ Ing. Juan Carlos Quinchuela Paucar ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR