

**PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES DE INYECCIÓN
DE PLÁSTICO, PARA BAJAS PRODUCCIONES, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D**

SAMUEL CAMILO ESPINEL CAMARGO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Jorge Andrés García Barbosa

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

BOGOTA D.C.

2024

**PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES DE INYECCIÓN
DE PLÁSTICO, PARA BAJAS PRODUCCIONES, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D**

SAMUEL CAMILO ESPINEL CAMARGO

**Proyecto de trabajo de grado en la modalidad de solución a un problema
de ingeniería para optar por el título de Ingeniero Mecánico**

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Jorge Andrés García Barbosa

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

BOGOTÁ D.C.

2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo General	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1 Moldes de inyección de plástico industriales	10
3.1.1 Compuertas	10
3.1.2 Canales.....	10
3.1.3 Sistema de enfriamiento	11
3.2 Engranajes rectos	11
3.2.1 Tipos de engranaje.....	11
3.2.2 Engranajes cilíndricos de dientes rectos	11
3.2.3 Características del engranaje.....	13
3.2.4 Perfil de los dientes del engranaje	14
3.2.5 Curva de involuta	14
4. SELECCIÓN DE LA PIEZA A FABRICAR.....	16
4.1 Selección de la geometría	16
4.2 Selección del engranaje	16
4.2.1 Ecuación de la curva	16
4.3 Geometría del engranaje a fabricar	16
4.3.1 Curva de involuta	17
4.4 Diseño en software CAD	18
4.4.1 Selección de variables en Inventor.....	18
5. MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICOS.....	21
5.1 Selección del software de trabajo	21
5.2 Diseño del molde y portamoldes	21
5.3 Diseño del sistema de expulsión.....	22
5.4 Diseño final.....	23
5.5. Diseño de prototipo	24
5.5.1 Diseño de la base.....	24
5.5.2 Diseño de los patines	24
5.5.3 Diseño del anillo de retención	25
5.5.4 Diseño de la tapa	26
5.5.5 Diseño del expulsor.....	26

5.5.6 Molde final.....	27
5.6 Procedimiento para el diseño de moldes de inyección de plástico para bajas producciones en impresión 3D	28
5.6.1 Características de los moldes de inyección	29
5.6.2 Limitación de tamaño de las piezas.....	29
5.6.3 Diseño de los componentes del molde	29
6. PROCESO MANUFACTURA.....	32
6.1 Material de impresión	32
6.2 Manufactura y ensamble del molde.....	32
6.2.1 Manufactura de la base.....	32
6.2.2 Manufactura y ensamble de los patines.....	33
6.2.3 Ensamblaje del anillo de retención.....	33
6.2.4 Ensamblaje del expulsor	34
6.2.5 Manufactura de la tapa.....	34
6.2.6 Ensamble y sellado del molde	35
6.3 Verificación dimensional de los componentes	36
6.3.1 Medidas de la tapa.....	36
6.3.2 Medidas del anillo hexagonal.....	36
6.3.3 Medidas de la base.....	37
6.3.4 Medidas de los patines	38
6.3.5 Medidas del expulsor.....	38
6.4 Piezas inyectadas	39
6.4.1 Proceso de inyección.....	39
6.5 Verificación dimensional del engranaje.....	42
6.5.1 Montaje experimental.....	42
6.5.2 Caracterización utilizada	42
6.5.3 Medición por software CAD.....	44
6.5.4 Medición de diámetros.....	45
6.5.5 Desviación radial y gradual	47
7. RECOMENDACIONES	48
8. CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS.....	51
Anexo A Planos del molde industrial.....	52
Anexo B Planos del molde.....	53
Anexo C Procedimiento para la producción de moldes de bajas producciones en impresión 3D	57

TABLA DE FIGURAS

Figura 1	Compuertas del molde.....	10
Figura 2	Canales de inyección.....	10
Figura 3	Ciclo de enfriamiento	11
Figura 4	Engranajes cilíndricos rectos.....	12
Figura 5	Engranajes rectos en contacto	12
Figura 6	Adendum de un engranaje.....	13
Figura 7	Dedendum de un engranaje	13
Figura 8	Ángulo de presión.....	14
Figura 9	Curva de involuta del engranaje	18
Figura 10	Variables de diseño	18
Figura 11	Diseño final engranaje cilíndrico	19
Figura 12	Planos Engranaje	19
Figura 13	Diseño inicial del portamoldes	21
Figura 14	Molde del engranaje	22
Figura 15	Patín industrial	22
Figura 16	Ensamblaje de los patines.....	23
Figura 17	Portamoldes ensamblaje final.....	23
Figura 18	Base hexagonal del molde	24
Figura 19	Patines.....	25
Figura 20	Anillo de retención	25
Figura 21	Tapa del molde	26
Figura 22	Expulsor.....	27
Figura 23	Molde cerrado.....	27
Figura 24	Despiece del molde	28
Figura 25	tolerancia del molde.....	29
Figura 26	Base hexagonal manufacturada	32
Figura 27	Ensamblaje de los patines.....	33
Figura 28	Ensamblaje del anillo de retención	33
Figura 29	Expulsor manufacturado.....	34
Figura 30	Expulsor ensamblado	34
Figura 31	Tapa manufacturada	34
Figura 32	Sellado superior.....	35
Figura 33	Sellado inferior.....	35
Figura 34	Verificación del sellado	35
Figura 35	Medición de la tapa.....	36
Figura 36	Medición del anillo hexagonal.....	37
Figura 37	Medición de la base hexagonal	37
Figura 38	Medición de los patines	38
Figura 39	Medición del expulsor	39
Figura 40	Cera derretida para inyectar	39
Figura 41	Preparación del material para inyección.....	40
Figura 42	Inyección de material al molde mediante jeringa.....	40
Figura 43	Engranaje recién inyectado	40
Figura 44	Engranaje inyectado en cera	41
Figura 45	Inyección de múltiples engranajes.....	41
Figura 46	Engranajes inyectados sin rebaba.....	41
Figura 47	Calibración y ajuste del microscopio para el proceso de metrología.....	42
Figura 48	Montaje del engranaje en el microscopio para la metrología.....	43

Figura 49 Izquierda: Distancia entre dientes con calibrador. Derecha: Medida del calibrador 10 mm.....	44
Figura 50 Medición de diámetro en software	44
Figura 51 Montaje en CAD	45
Figura 52 Medición de los diámetros	46
Figura 53 Distancia entre diámetros	46
Figura 54 Desviación gradual de los dientes respecto al diseño	47
Figura 55 Desviación radial de los dientes respecto al diseño	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Dimensiones del engranaje	16
Tabla 2	Tolerancia dimensional del engranaje	17
Tabla 3	Datos del engranaje a diseñar.....	17
Tabla 4	Especificaciones de impresión Bambu P1S	32
Tabla 5	Medición de la tapa manufacturada.....	36
Tabla 6	Medidas del anillo hexagonal	37
Tabla 7	Medidas de la base	37
Tabla 8	Medidas de los patines.....	38
Tabla 9	Medidas del expulsor.....	38
Tabla 10	Datos para el proceso de inyección.....	39
Tabla 11	Datos de metrología de la pieza manufacturada	45
Tabla 12	Diámetros de los engranajes.....	46

1. INTRODUCCIÓN

La inyección de plásticos es un proceso de manufactura que implica llenar la cavidad de un molde con un polímero en estado líquido. Este proceso consta de tres etapas: fundición, inyección y solidificación. El polímero fundido se inyecta a alta presión a través de un sistema de alimentación y una vez que la cavidad está llena, se mantiene la presión constante hasta que el material se solidifica [1].

Para asegurar la calidad y eficiencia del proceso, el diseño de un molde industrial para inyección de plástico implica múltiples factores. La selección del material del molde debe ser adecuada para el tipo de polímero que se utilizará, garantizando la resistencia a la corrosión y a las cargas generadas por las presiones de cierre e inyección. En cuanto al diseño del herramental, es necesario incluir un sistema de enfriamiento eficiente para controlar la temperatura y minimizar la deformación por contracción del material. Además, se deben dimensionar adecuadamente los canales del sistema de inyección y diseñar un sistema de expulsión que no deforme la pieza al momento de la extracción [2]. El costo de un molde industrial puede variar entre miles a cientos de miles de dólares, debido a la complejidad del proceso de diseño, a los materiales, a los procesos de fabricación utilizados y a la mano de obra especializada [3].

El alto grado de especialización que se requiere en el diseño de moldes de inyección hace que el proceso solo sea rentable para altos volúmenes de producción. Pero es necesario implementar procesos de manufactura para cuando se requieren prototipos, partes de mantenimiento, productos personalizados o bajos volúmenes de producción de componentes plásticos.

La impresión 3D también conocida como manufactura aditiva, se utiliza para la creación de componentes a partir de un modelo CAD. Se realiza añadiendo material capa por capa para la fabricación de una pieza física. La impresión en 3D actualmente se utiliza en diferentes sectores de la vida cotidiana como la joyería, el calzado, el sector del entretenimiento y el sector sanitario. A nivel industrial la impresión 3D se aplica en ingeniería y fabricación para el sector aeroespacial, el sector automovilístico y la fabricación de piezas con alta demanda [4].

Se propone diseñar y fabricar un molde de inyección mediante impresión 3D para la producción de bajo volumen de una pieza mecánica. Este proyecto busca comprender los principios de diseño y manufactura de un molde de inyección, reduciendo costos y tiempos de desarrollo. Además, se pretende lograr flexibilidad en el proceso de diseño, permitiendo realizar mejoras y ajustes sin incurrir en altos costos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Implementar un procedimiento para la fabricación de moldes de inyección de plástico para bajas producciones utilizando tecnologías de impresión 3D.

2.2 Objetivos específicos

- Generar la geometría de la pieza para su fabricación por medio del proceso de inyección de plástico.
- Diseñar el molde de inyección de plástico, para bajas producciones, utilizando tecnologías de impresión 3D.
- Verificar el funcionamiento del molde desarrollado por medio de pruebas experimentales.

3. MARCO TEÓRICO

Dado que el enfoque del proyecto es la fabricación de moldes para baja producción se abordan temas afines.

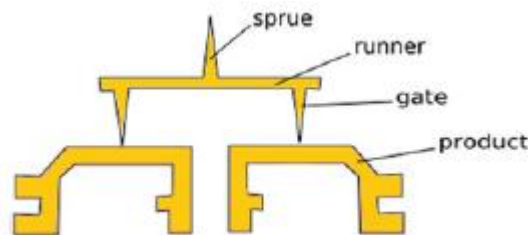
3.1 Moldes de inyección de plástico industriales

Los moldes de inyección de plásticos son una herramienta fundamental para la fabricación de muchos componentes, así mismo su diseño es muy importante para mejorar el proceso de manufactura y minimizar los posibles defectos de las piezas. Hay muchos parámetros de diseño del molde, como el tipo y la forma de la compuerta, el canal de salida y otras características de diseño de herramienta del molde [1].

3.1.1 Compuertas

La compuerta es la primera del diseño del molde, ya que es por donde fluye el plástico fundido y entra en la cavidad del molde. Por lo general se diseña la compuerta más delgada y angosta que la pieza a la que conecta [1].

Figura 1 Compuertas del molde

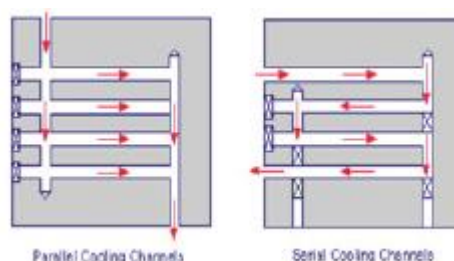


Adaptado de Moayyedian, M. (n.d.). *Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding*. <http://www.springer.com/series/8790>

3.1.2 Canales

Los canales del molde tienen la función de llevar el plástico fundido a las cavidades. La canaleta conectada a la boquilla de la máquina de inyección que es la que distribuye el plástico en canales, compuertas y cavidades [1].

Figura 2 Canales de inyección

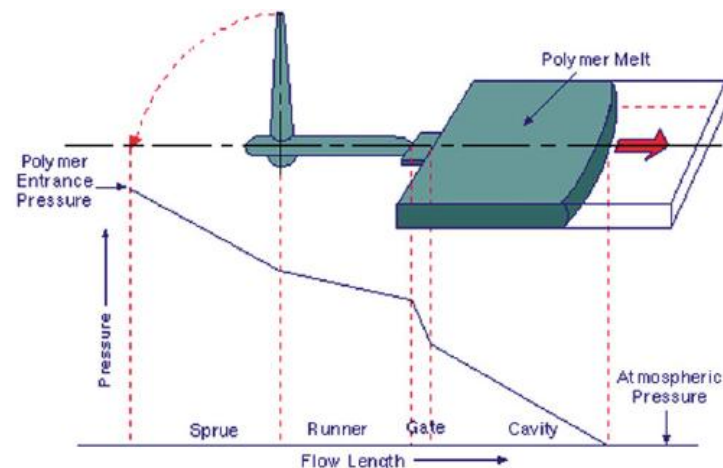


Adaptado de Moayyedian, M. (n.d.). *Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding*. <http://www.springer.com/series/8790>

3.1.3 Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento en el moldeo por inyección, la pieza debe enfriarse para facilitar la expulsión. En el caso de cavidades múltiples, todas deben enfriarse con la misma cantidad de refrigerante, de lo contrario, las piezas pierden precisión. El enfriamiento rápido conduce a un acortamiento del moldeo, mientras que el enfriamiento uniforme, es una prevención de la contracción diferencial y las tensiones internas, tiene un mejor efecto en la calidad del producto. El sistema de enfriamiento es una característica esencial del molde que requiere atención especial en el diseño del molde [1].

Figura 3 Ciclo de enfriamiento



Adaptado de Moayyedian, M. (n.d.). *Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding*. <http://www.springer.com/series/8790>

3.2 Engranajes rectos

3.2.1 Tipos de engranaje

Existen varios tipos de engranajes y cada uno tiene características diferentes que deben considerarse al diseñar [5].

- Engranajes cilíndricos de dientes rectos
- Engranajes cilíndricos de dientes helicoidales
- Engranajes cilíndricos de dentado doble helicoidal
- Engranajes cónicos de dentado en espiral
- Engranajes cónicos hipoides

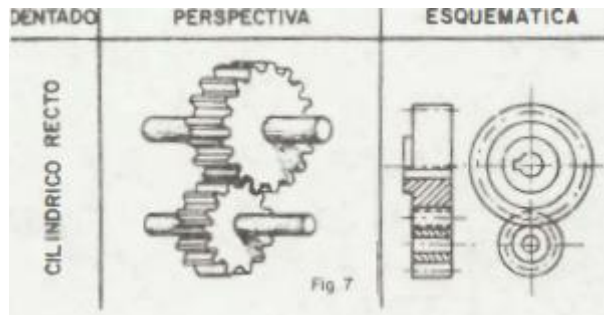
Teniendo en cuenta todos los tipos de engranajes, su geometría y la utilidad, se debe considerar la necesidad establecida al principio, para establecer cuál de todos cumple con lo necesario, en cuanto a facilidad de diseño y uso.

3.2.2 Engranajes cilíndricos de dientes rectos

Los engranajes cilíndricos rectos son utilizados en transmisiones de movimiento rotativo entre ejes paralelos.

Son usados en mecanismos de velocidad media, porque en mecanismos de alta velocidad producen ruido [5].

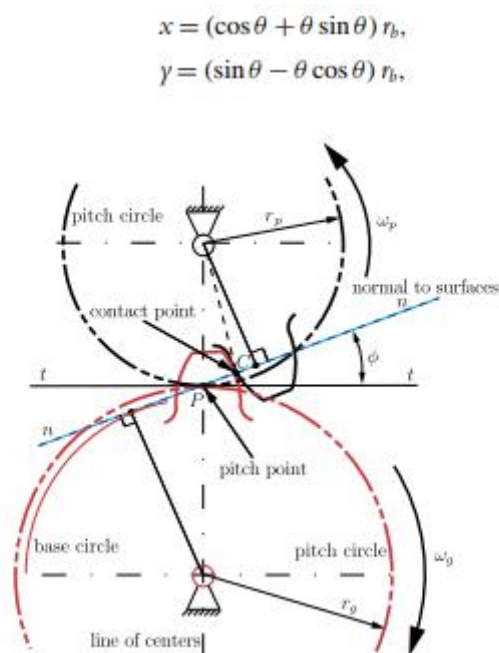
Figura 4 Engranajes cilíndricos rectos



Adaptado de SENA. (1981). *engranajes*.

Los engranajes rectos están regidos de acuerdo con la norma de la asociación estadounidense de fabricantes de engranajes (AGMA). Los engranajes son duraderos y tienen una eficiencia de hasta el 98%. Para los engranajes en contacto, la normal común a las superficies en el punto de contacto intersecta la línea de centros de engranajes en el mismo punto P, llamado punto de paso. Esto se define como la ley de acción conjugada de los dientes de engranaje y satisface la condición constante para las velocidades angulares. La curva involuta cumple con la ley básica de acción conjugada de los dientes de engranaje [6].

Figura 5 Engranajes rectos en contacto



Adaptado de Marghitu, D. B., & Dupac, M. (2019). *Machine component analysis with MATLAB®*

3.2.3 Características del engranaje

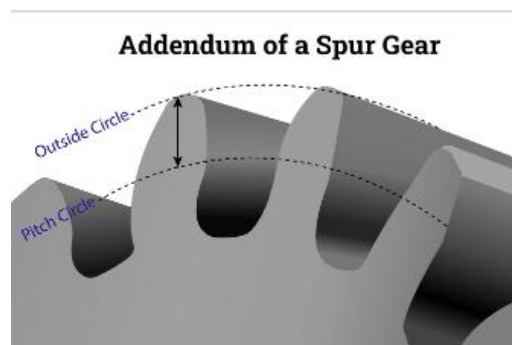
3.2.3.1 Paso diametral

El paso diametral es una función del círculo primitivo de un engranaje. Se utiliza para determinar qué tamaño y tipo de engranaje se necesitan para engranar entre si [7].

3.2.3.2 Adendum del engranaje

El adendum del engranaje es la altura desde el círculo primitivo hasta la parte superior del diente [7].

Figura 6 Adendum de un engranaje

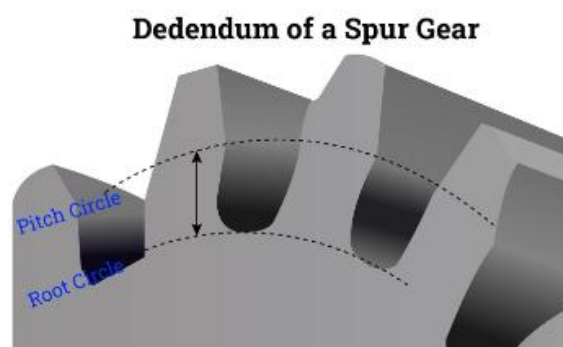


Adaptado de (<https://www.iqsdirectory.com/articles/gear/spur-gears/addendum-of-a-spur-gear.jpg>)

3.2.3.3 Dedendum del engranaje

El dedendum es la profundidad de un diente por debajo del círculo primitivo y es mayor que el adendum [7].

Figura 7 Dedendum de un engranaje

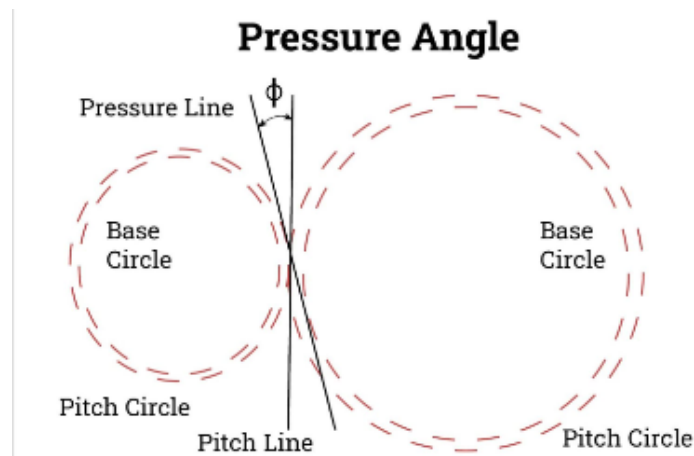


Adaptado de (<https://www.iqsdirectory.com/articles/gear/spur-gears/dedendum-of-a-spur-gear.jpg>)

3.2.3.4 Ángulo de presión

Es el ángulo que existe entre la línea de paso y la línea de presión, donde la línea de presión es tangente al punto de paso y es normal a la superficie del diente [7].

Figura 8 *Ángulo de presión*



Adaptado de (<https://www.iqsdirectory.com/articles/gear/spur-gears/pressure-angle.jpg>)

3.2.3.5 Módulo del engranaje

El módulo es la unidad de medida que indica que tan grande es el engranaje. El valor del módulo se calcula dividiendo el paso de referencia por pi [8].

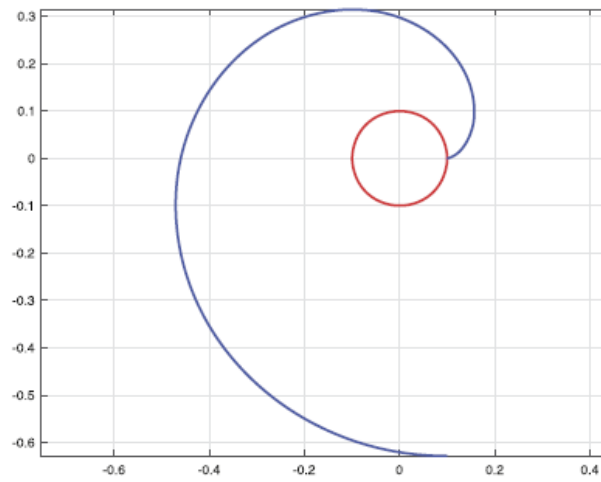
3.2.4 Perfil de los dientes del engranaje

El perfil de los dientes de un engranaje debe cumplir con un requisito básico, el cual es garantizar una relación de transmisión constante. Cabe destacar que una transmisión mecánica con engranajes también puede fabricarse con una relación de transmisión variable especificada. Este requisito se satisface mediante dos perfiles acoplados que realizan una acción conjugada. La ley básica de la acción conjugada entre dos perfiles acoplados establece que, a medida que los perfiles giran, la normal común a los perfiles en el punto de contacto siempre debe intersectar la línea de centros en el mismo punto de paso. Esta ley básica se conoce como la primera ley del engranaje [8].

3.2.5 Curva de involuta

La curva de involuta es la curva trazada por un punto de una recta que rueda sin resbalar sobre un círculo. La curva se usa para determinar la forma más eficiente para diseñar los dientes del engranaje [7].

Figura 9 *Curva de involuta*



Adaptado de Marghitu, D. B., & Dupac, M. (2019). *Machine component analysis with MATLAB®*.

4. SELECCIÓN DE LA PIEZA A FABRICAR

4.1 Selección de la geometría

La geometría es la primera etapa del diseño del molde y la más importante ya que es la base fundamental para definir el tipo de funcionamiento y las piezas con las que debe contar el diseño final del molde.

La selección de la geometría se realizó considerando estos factores, utilidad de la pieza, tanto a nivel académico como industrial, y la complejidad de la pieza, ya que el diseño del molde deberá tener piezas complejas para que funcione correctamente. Teniendo en cuenta lo anterior la geometría seleccionada fue un engranaje.

4.2 Selección del engranaje

La selección de la geometría se realizó teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente, por esto el engranaje seleccionado es un engranaje cilíndrico de dientes rectos, debido a que es una geometría compleja a la hora de diseñar así mismo es una pieza que puede ser producida mediante microinyección.

4.2.1 Ecuación de la curva

La curva de involuta cuenta con dos ecuaciones para cada eje en específico.

$$x = (\cos \theta + \theta \sin \theta) r_b,$$
$$y = (\sin \theta - \theta \cos \theta) r_b,$$

La ecuación de la curva tiene dos variables muy importantes, que son las que definen el ancho y el largo de la curva, estas son el ángulo de presión (θ) y el radio base (r_b).

El radio base esta dado por la siguiente ecuación

$$r_b = r * \cos(\theta)$$

Donde:

r = radio del círculo primitivo

θ = angulo de presion en radianes

4.3 Geometría del engranaje a fabricar

En el diseño del engranaje de dientes rectos, se utilizaron los siguientes valores para lograr una pieza funcional. En la tabla 1 se muestras las dimensiones del engranaje.

Tabla 1 Dimensiones del engranaje

Dimensiones	Valor
Modulo (mm)	2
Numero de dientes	12
Agujero central (mm)	8
Anchura de la cara (mm)	5
Angulo de presión (°)	20

También se tuvieron en cuenta las tolerancias del engranaje dadas por el software inventor después de realizar el diseño con los datos anteriores.

Tabla 2 Tolerancia dimensional del engranaje

Tolerancias dimensionales del engranaje	
Dientes del engranaje	0.004 mm

La tolerancia de los dientes del engranaje debe ser lo más mínima posible, debido a que esta es la característica más importante de la pieza y así mismo se asegura un funcionamiento eficiente con la menor probabilidad de fallo posible.

Se definieron las variables a utilizar y las ecuaciones necesarias.

4.3.1 Curva de involuta

Tabla 3 Datos del engranaje a diseñar

Datos	
Modulo (mm)	2
Dientes	12
Angulo (°)	20
Angulo (rad)	0,34906585
Diámetro (mm)	24
radio	12
Radio Base (rb)	11,27631145
Diámetro Externo (mm)	27,486
Diámetro Interior (mm)	19

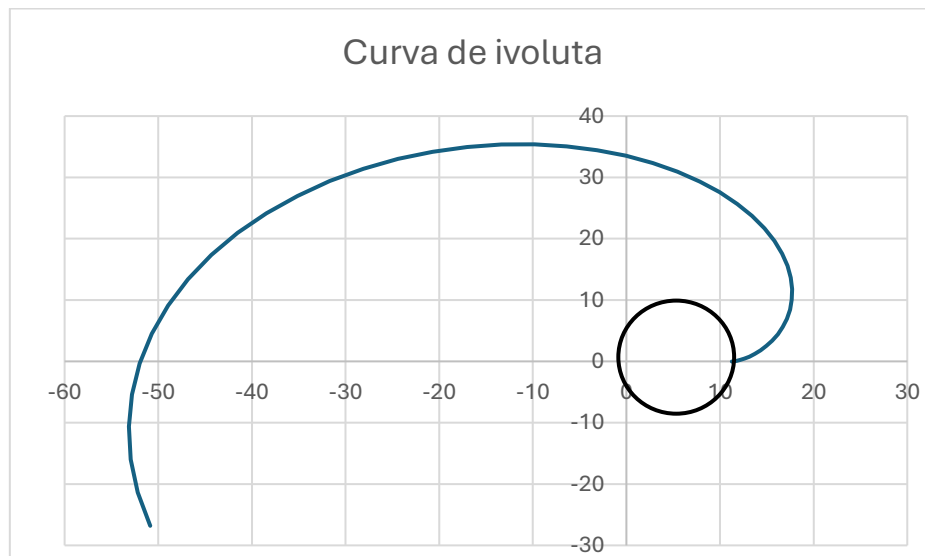
Con los datos de la tabla se calcularon las ecuaciones necesarias para graficar la curva, el valor de los ángulos está en radianes

$$X = (\cos \theta + \theta * \sin \theta) * rb$$

$$Y = (\sin \theta - \theta * \cos \theta) * rb$$

$X = 11.9425$
$Y = 0.15793$

Figura 9 *Curva de involuta del engranaje*



Fuente: Autor

4.4 Diseño en software CAD

El diseño CAD se realizó usando el software Autodesk Inventor. Este software cuenta con una variedad de herramientas para diseño de engranajes, así como la modificación de sus variables de ser necesario.

Para el diseño se tuvieron en cuenta todos los factores principales que componen a un engranaje cilíndrico de dientes rectos, como lo son el diámetro primitivo, el adendum, el dedendum y la curva de involuta para el diseño de los dientes del engranaje.

4.4.1 Selección de variables en Inventor

El software inventor cuenta con una herramienta específica para el diseño de engranajes rectos.



Adaptado de Autor

En esta sección el software nos permite ingresar los valores de las variables necesarias para el diseño exacto del engranaje.

Figura 10 *Variables de diseño*

Diseño		Cálculo	
Atributos comunes			
Salida de diseño			
Distancia al centro			
Coef. de engranaje deseado			
1,0000 su		☐ Interno	
Módulo	Distancia al centro		
2,000 mm	22,857 mm		
Engranaje 1			
Componente	 Cara cilíndrica		
Número de dientes	 Plano inicial		
12 su			
Anchura de cara	Corrección unitaria		
5 mm	0,0000 su		

Fuente: Autor

En esta tabla se ingresaron los valores principales con los que debía contar el engranaje para funcionar correctamente, los cuales son:

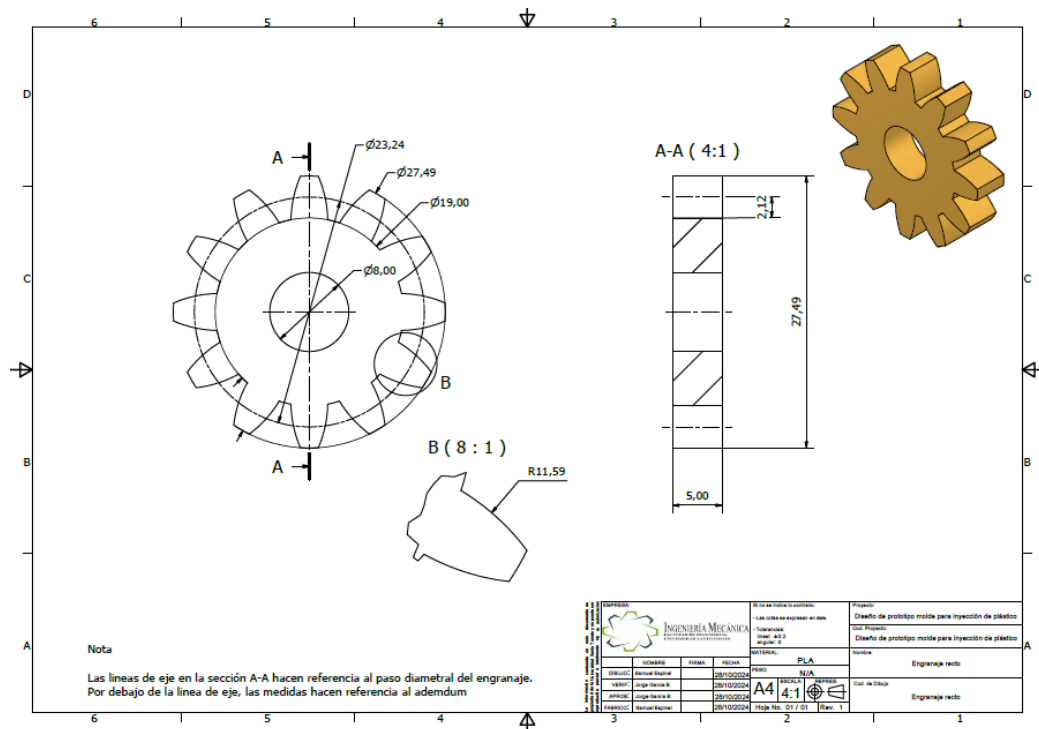
El módulo del engranaje, el número de dientes y la anchura de la cara, en cuanto a la distancia entre centros es el valor calculado por el software teniendo en cuenta las variables anteriores. En la siguiente imagen se muestra el resultado final

Figura 11 Diseño final engranaje cilíndrico



Fuente: Autor

Figura 12 Planos Engranaje



Fuente: Autor

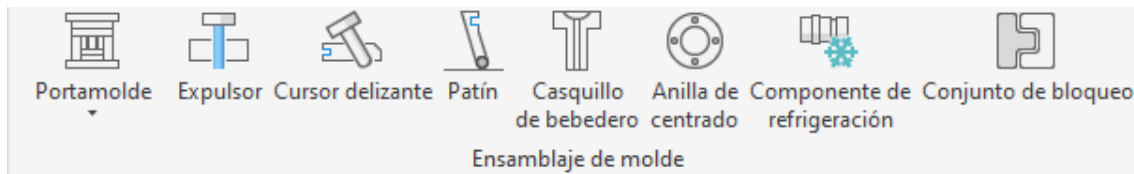
5. MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICOS

El diseño principal del molde se pensó para uso industrial, por lo que debe contar con todas las piezas necesarias, para realizar una producción industrial de engranajes.

5.1 Selección del software de trabajo

El software seleccionado para diseñar el molde fue Autodesk Inventor, ya que tiene una herramienta especializada para el diseño de moldes, facilita el trabajo de diseño y adaptando los modelos estandarizados del programa a las necesidades que se puedan presentar durante el proceso de diseño.

Barra de opciones de la herramienta Mold Design Inventor

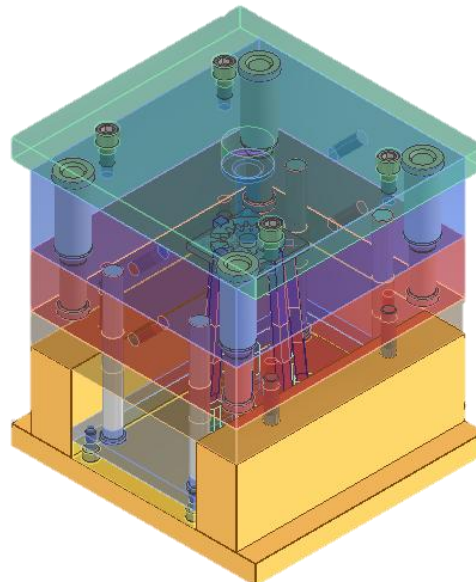


Fuente: Autor

Esta herramienta permite variar las dimensiones del portamoldes que es la base principal de toda la estructural. Para este caso se utilizaron las dimensiones mínimas que permitía el software para la generación del portamoldes.

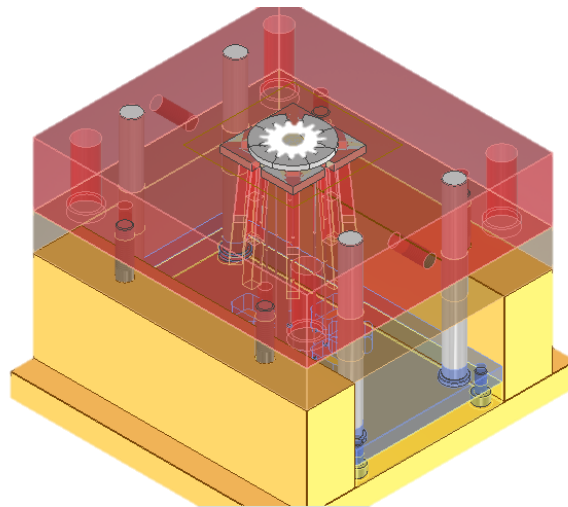
5.2 Diseño del molde y portamoldes

Figura 13 *Diseño inicial del portamoldes*



Fuente: Autor

Figura 14 Molde del engranaje



Fuente: Autor

5.3 Diseño del sistema de expulsión

Teniendo la base de la estructura se diseñaron los sistemas de expulsión del portamoldes. Para este diseño se usaron patines en lugar de cursores deslizantes, debido a que requerían modificar las dimensiones iniciales del portamoldes y del molde en general.

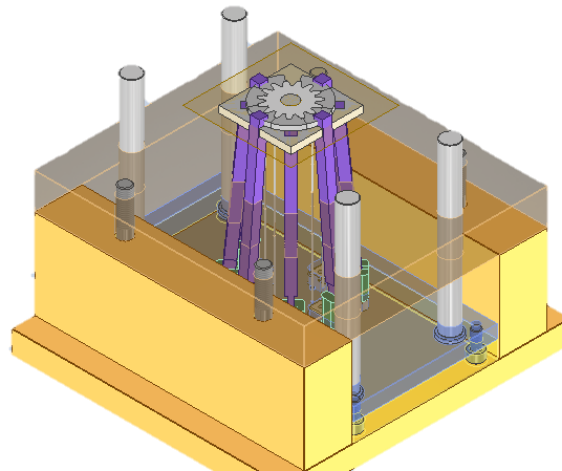
Estos patines se diseñaron usando la herramienta patín de inventor, el cual nos da unas medidas estándar para los mismos. El largo total tuvo que ser reducido para que se el ensamble no presentara fallas.

Figura 15 Patín industrial



Fuente: Autor

Figura 16 Ensamblaje de los patines

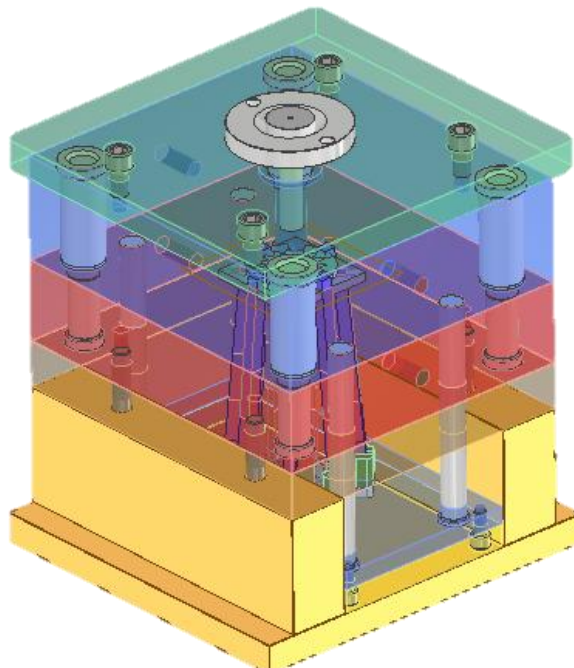


Fuente: Autor

5.4 Diseño final

Para la parte final del diseño y del ensamble de todo el portamoldes, se agregaron los últimos tres componentes que son, el casquillo para la inyección del material, el anillo de retención para evitar fugas y el canal de refrigeración para hacer más eficiente el proceso de obtención de la pieza, como se observa en los planos del portamoldes (anexo A).

Figura 17 Portamoldes ensamblaje final



Fuente: Autor

5.5. Diseño de prototipo

El diseño del prototipo se realizó considerando dos factores fundamentales. El primero el molde industrial inicial y todos sus componentes. El segundo es un molde más práctico para una producción de piezas bajas.

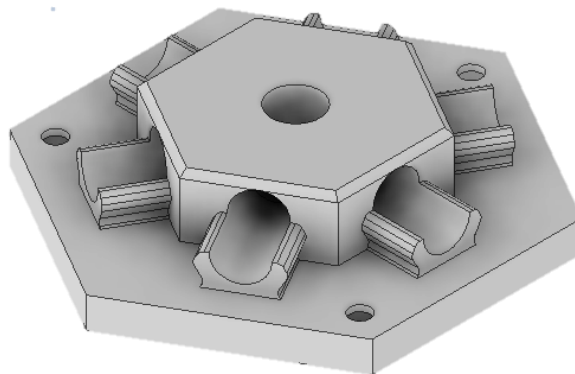
En esto se consideró el diseño de componente por componente sin perder o dificultar la funcionalidad del molde en ningún momento y tomando como base el proceso de manufactura por el que se harían cada pieza del diseño final.

5.5.1 Diseño de la base

La base del molde es el componente fundamental para el funcionamiento general del molde, debido a que es una pieza que ensambla con otras piezas de este.

Para el diseño de la base se realizó una forma hexagonal, que facilitó el funcionamiento de todo el molde haciendo que todas las piezas tengan un uso específico. En la base hexagonal está una superficie central donde se posicionará la pieza final, también tiene seis conductos a lo largo del hexágono, donde se ensamblan los deslizadores que forman el engranaje, y el agujero central es la guía para que el engranaje final quede con el agujero de ensamble y evita que se modifique la geometría durante el proceso de inyección.

Figura 18 Base hexagonal del molde



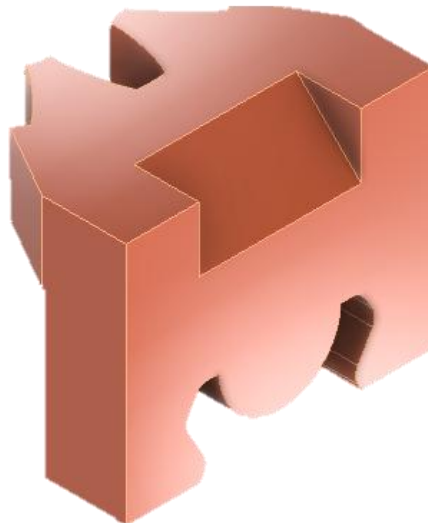
Fuente: Autor

Se hizo así porque otro tipo de geometría dificultaba el diseño de otras piezas como los patines, porque al ser un engranaje de doce dientes debía tener un ajuste exacto, con una geometría cuadrada o circular no se garantizaba esto y significaba un rediseño de varias piezas. Con la geometría hexagonal no solo se aseguró un funcionamiento correcto, sino que se facilitó el proceso de diseño de otros componentes del molde y facilidad de uso para el usuario.

5.5.2 Diseño de los patines

Los patines o deslizadores se diseñaron con dos características principales. La primera es la parte superior que cuenta con la forma de los dientes del engranaje y una zona donde ajusta para evitar algún posible movimiento durante el proceso de inyección. La segunda es la parte inferior ya que esta cuenta con las mismas medidas que los conductos de la base y una pared circular que funciona como tope para los resortes que generan el movimiento de estos patines.

Figura 19 Patines



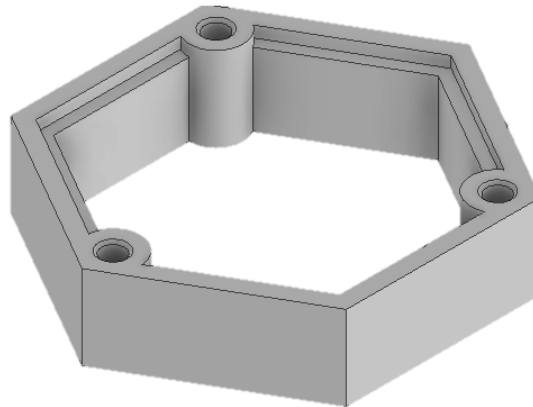
Fuente: Autor

5.5.3 Diseño del anillo de retención

El diseño del anillo de retención se hizo considerando las medidas de la base, este anillo de retención sirve como pared para evitar que los patines se salgan de la base al expulsar la pieza, y funciona como ajuste para la base y la tapa del molde porque tiene los agujeros de los tornillos de ajuste principales del molde.

El anillo de retención es igual que los patines y tiene un ajuste en la parte superior para un ensamble exacto con la tapa del molde, que sirve de guía para que la tapa no se coloque mal para la inyección.

Figura 20 Anillo de retención



Fuente: Autor

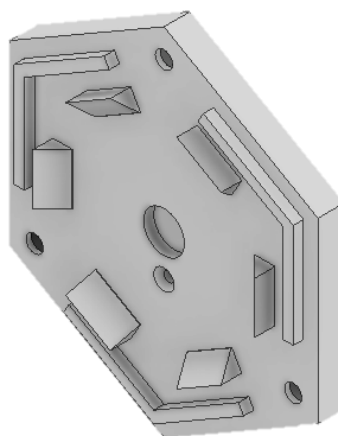
5.5.4 Diseño de la tapa

El diseño de la tapa se realizó considerando dos partes del molde, el anillo de retención y los patines, porque esta pieza se encarga de ajustar a las dos anteriores.

Los insertos diagonales son los encargados de mantener los patines ajustados en la misma posición durante el proceso de inyección y evitar posibles fallas en la pieza final.

Los labios externos son los encargados de que la tapa tenga un ajuste completo con el anillo de retención y evitar movimientos de esta al momento de atornillar o si el molde es movido durante el proceso de inyección o expulsión de la pieza final.

Figura 21 Tapa del molde



Fuente: Autor

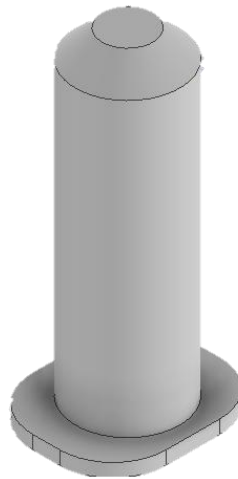
5.5.5 Diseño del expulsor

El diseño del expulsor se realizó pensando en un sistema de expulsión para la tapa sin tener que moverla de su posición inicial, este expulsor va por el centro de la base hasta el centro de la tapa y empuja la tapa verticalmente desde la

base, permite el movimiento de las piezas y retirar la pieza final sin mover otro componente para que el molde funcione bien.

El diseño del expulsor se realizó de esta forma debido a que hacer un sistema de expulsión más elaborado implicaba un rediseño en la tapa o en la base del molde, se optó por un diseño sencillo y funcional aprovechando el agujero central en la base del molde.

Figura 22 Expulsor



Fuente: Autor

5.5.6 Molde final

El diseño final del molde se realizó con los componentes anteriores y se ensambla pieza por pieza, con la tornillería establecida que fue M3, los agujeros de la base, el anillo hexagonal y la tapa se diseñaron especialmente para este tipo de tornillería, solo tiene seis tornillos. Tres tornillos para la base y tres para la tapa, estos están ubicados en forma de triángulo para que el molde tenga un ajuste exacto.

La disposición de la tornillería se hizo de esa forma para que el ajuste y desensamble de las piezas sea lo más sencillo posible para el usuario. Se observa el molde y la ubicación de cada uno de los componentes en su respectivo orden para su correcto funcionamiento

Figura 23 Molde cerrado

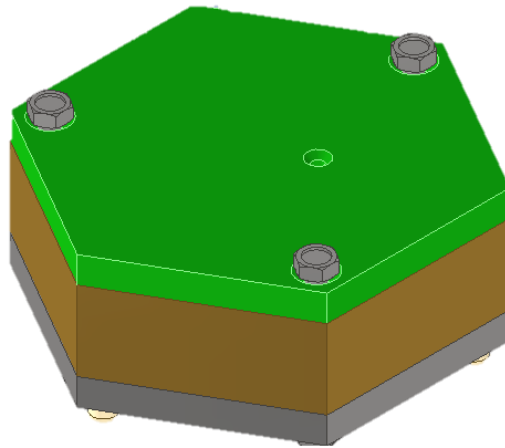
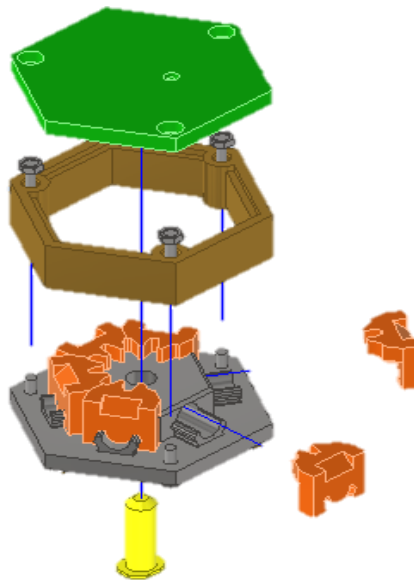


Figura 24 Despiece del molde



Fuente: Autor

Molde completamente cerrado y ajustado, preparado para el proceso de inyección de material y despiece como se observa en la figura 30, la lista de piezas y los planos (Anexo B)

5.6 Procedimiento para el diseño de moldes de inyección de plástico para bajas producciones en impresión 3D

El proceso de diseño de un molde de inyección de plásticos tiene varias etapas fundamentales, son aquellas que aseguran un buen funcionamiento, optimo y que cumpla con lo esperado. Para obtener una pieza precisa, el diseño incluye la selección de la geometría y las variables necesarias para el resto del proceso, como el módulo, el número de dientes y el espesor.

El desarrollo de este molde de inyección para bajas producciones se realizó teniendo en cuenta factores como, el tamaño de la pieza, la practicidad del molde con base a los diseños tradicionales, la calidad de la pieza y uso.

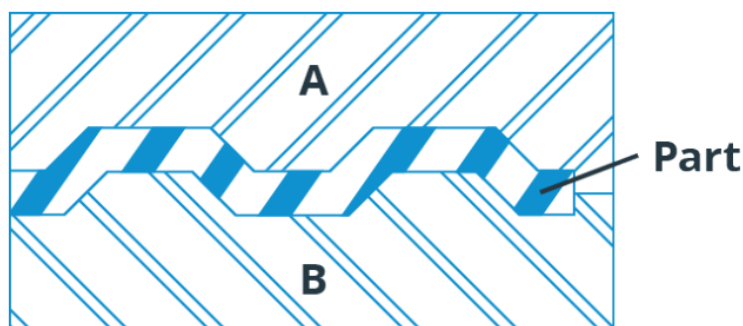
5.6.1 Características de los moldes de inyección

La primera etapa en el desarrollo del molde, después de tener todas las características de la geometría, es identificar las partes principales de un molde de inyección de plásticos, debido a que al ser una herramienta que cumple exactamente la misma función, pero con una menor exigencia cuenta con algunos de sus componentes principales. Esto ayuda a seleccionar las piezas más comunes para ser adaptas al diseño del molde de baja producción y de la misma forma descarta componentes que pueden no ser esenciales en el funcionamiento y reducir tiempo de producción y costos.

5.6.2 Limitación de tamaño de las piezas

En moldes de inyección de plástico el material se enfría y se encoge. Cada molde se mecaniza teniendo en cuenta esta contracción del material, aunque este factor de contracción es muy predecible, alguna variación en el material llega a afectar la tolerancia final de la pieza. La tolerancia a la contracción es ± 0.05 mm, la tolerancia puede variar según el tipo de material utilizado y el tamaño de la pieza. Otras consideraciones que afectan la tolerancia de la pieza incluyen el registro de las dos mitades del molde y el cierre de las dos mitades del molde. Estas variables afectarán las características formadas por las superficies de separación o las superficies de cierre [9].

Figura 25 tolerancia del molde



Adaptado de *Design Guide: Injection Molding*. (n.d.).

5.6.3 Diseño de los componentes del molde

El diseño de los componentes del molde se toma como base los componentes fundamentales para su funcionamiento, como lo son las compuertas, deslizadores, los patines y los expulsos. Con estos componentes y con la geometría exacta y definida se empiezan a elaborar cada pieza para el molde.

5.6.3.1 Diseño de la compuerta base

Las compuertas son piezas fundamentales ya que aseguran el sellado del molde durante el proceso de inyección y tienen que ser exactas entre sí para evitar fallas de algún tipo. Para un molde de baja producción se empieza con el diseño una de las compuertas, la base del molde, esta base es la que va a contener la geometría a inyectar. la geometría puede estar incrustada directamente en la base, como en un molde industrial, pero en este caso no es obligatorio.

El diseño de la base este molde para bajas producciones se realizó de la siguiente forma. Para definir una forma eficaz de diseño, como la geometría tiene doce dientes, se decidió darle una figura hexagonal, ya que con piezas se podía darle la forma exacta al engranaje. La forma hexagonal de la base permitió utilizar ángulos de forma más practica y aprovechar espacios, esto haría que la compuerta que sella el molde desde arriba fuese igualmente hexagonal.

5.6.3.2 Diseño de los patines

Los patines se diseñaron teniendo en cuenta además de la geometría inicial, la forma de la compuerta base. Para un engranaje se tuvo en cuenta la cantidad de dientes, para esto se diseñaron unos patines con la forma de los dientes del engranaje, en el centro del patín la forma completa del diente y a los costados solo una parte del siguiente diente para que al juntarse con los siguientes se forme el siguiente diente completo, con base en esto y a la forma hexagonal de la base, se realizaron seis patines

5.6.3.3 Diseño de los deslizadores

El diseño de los deslizadores se hizo con base en la cantidad de patines y su disposición a lo largo de la base, ya que unos deslizadores convencionales no eran prácticos ni funcionales para el funcionamiento de las piezas, pero eran necesarios para brindarles el movimiento necesario.

Se realizó el diseño de los deslizadores en forma de canales, que van directamente a la base, por los que se desplazaran los patines de forma axial, es decir, los patines se colocan encima de los canales y se mueven hasta quedar juntos y formar la geometría del engranaje sin incongruencia.

5.6.3.4 Diseño del sistema de expulsión

El sistema de expulsión del molde se realizó con base los patines y los canales deslizadores, ya que estos dos componentes forman la geometría necesaria inyectada. Se ideó un sistema de expulsión sencillo aprovechando los canales, a estas deslizadoras se les hizo un agujero circular para que dentro se insertara un resorte. Este resorte era generar un movimiento que separaba los patines una vez empujen, se diseñó un anillo de retención hexagonal, más alto que los patines y lo suficientemente ancho para limitar con los bordes de los canales.

5.6.3.5 Diseño del anillo hexagonal de ajuste

El anillo hexagonal permite que los patines permanezcan en los canales una vez terminado el proceso de inyección, también cuenta con una sección de ajuste para la tapa superior, ya que este anillo permite conectar la base con la parte

superior del molde mediante tres tornillos repartidos en los extremos del hexágono de la base.

5.6.3.6 Diseño de la compuerta superior

El diseño de la compuerta superior se realizó teniendo en cuenta el sellado del molde y el movimiento de los patines. Para esto se realizó en la tapa una serie de insertos que cumplieran la función de empujar los patines hacia el fondo del molde para formar la geometría del engranaje. En los extremos se diseñó una sección para encajar la tapa al anillo de ajuste hexagonal y sirve de guía para colocar la tapa correctamente, ya que permite que los agujeros de los tornillos queden alineados.

El procedimiento para la producción de moldes de bajas producciones en impresión 3D esta descrito en el diagrama de flujo de forma detallada (Anexo C).

6. PROCESO MANUFACTURA

La manufactura se realizó con impresión 3D, la impresión se realizó pieza por pieza, considerando las tolerancias que se deben considerar para que los componentes no cambien sus medidas durante el proceso.

Para el proceso de impresión se utilizó una impresora Bambu P1S, debido a que cuenta con el herramental necesario para manejar los tipos de geometría que tienen algunos componentes específicos del molde, así mismo esta impresora maneja el filamento PLA que es el que se utilizó para la impresión de las piezas.

Tabla 4 Especificaciones de impresión Bambu P1S

Especificaciones de impresión Bambu P1S	
Boquilla	0.4 mm
Material	Ácido polilactico (PLA)
Altura de capa	0.2 mm
Altura de capa inicial	0.2 mm
Capas de pared	3
Capas de superficie superior	5
Capas de superficie inferior	5
Patrón de relleno	Gyroid
Porcentaje de relleno	15%
Soportes	Sin soportes
Temperatura de la cama	55 °C
Temperatura de la boquilla	220 °C

6.1 Material de impresión

El ácido polilactico (PLA) es polímero biodegradable, sostenible, es el filamento más usado en impresión 3D por facilidad de uso y su variedad de aplicaciones, especialmente en las que no requieren carga mecánica o térmica [10].

Las características que lo hacen el material más usado en impresión son:

- Superficie de gran calidad
- Resistencia a la tracción
- Funcionamiento hasta temperaturas de 50°C
- Resistencia a la baja humedad

6.2 Manufactura y ensamble del molde

La manufactura del molde de inyección se realizó de por piezas y cada uno de estos componentes se ensambló individualmente, para identificar posibles fallas y verificar su correcto funcionamiento.

6.2.1 Manufactura de la base

La manufactura de la base fue la primera que se realizó debido a que los demás componentes van sobre esta pieza y es el eje principal del molde.

Figura 26 Base hexagonal manufacturada



Fuente: Autor

La base cuenta con las canales deslizadores repartidos a lo largo del hexágono, estos canales donde se colocan seis resortes de tres milímetros de diámetro y diecisiete milímetros de largo. Estos resortes proporcionan un movimiento lineal a los patines que van sobre las canales de forma lineal.

6.2.2 Manufactura y ensamble de los patines

La manufactura y ensamble de los patines se realizó en cada una de las canales deslizadoras de la base y juntaron hasta que los dientes de cada una formaran la geometría del engranaje.

Figura 27 *Ensamblaje de los patines*

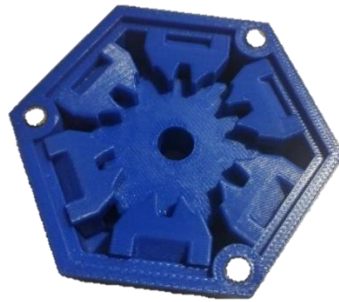


Fuente: Autor

6.2.3 Ensamblaje del anillo de retención

La manufactura y el ensamble del anillo de retención se realizó después de que los seis patines estuvieran al fondo, así se verificó que el anillo de retención limitara con el borde de las canales deslizadoras, permitiendo un movimiento mínimo de los patines hacia afuera.

Figura 28 *Ensamblaje del anillo de retención*



Fuente: Autor

6.2.4 Ensamblaje del expulsor

El ensamblaje y la manufactura del expulsor fue simple, debido a que es la pieza más sencilla del molde y esta se ensambla o se une directamente a través del agujero central del molde.

Figura 29 *Expulsor manufacturado*



Fuente: Autor

Figura 30 *Expulsor ensamblado*

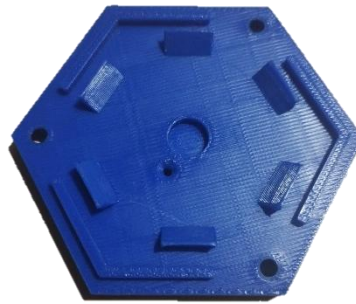


Fuente: Autor

6.2.5 Manufactura de la tapa

Al final de la manufactura y el ensamblaje de la tapa se realizó, ya que posee varios componentes que ensamblan con otras partes de algunas piezas del molde y hay que verificar que no haya errores de diseño al momento del ensamble de la pieza.

Figura 31 *Tapa manufacturada*

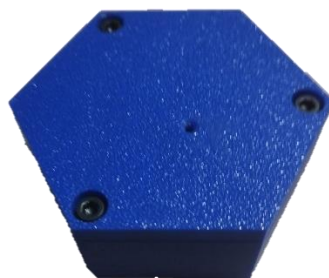


Fuente: Autor

6.2.6 Ensamble y sellado del molde

El ensamble final y el sellado del molde se realiza después de verificar que todos los componentes no tienen fallas de manufactura, el sellado del molde se hace con tornillos M3 en los agujeros dispuestos para este tipo de tornillería. El sellado se realiza en la base y en la tapa superior y se verifica que no haya ningún posible acceso después de ajustar y atornillar los componentes.

Figura 32 *Sellado superior*



Fuente: Autor

Figura 33 *Sellado inferior*



Fuente: Autor

Figura 34 *Verificación del sellado*



Fuente: Autor

6.3 Verificación dimensional de los componentes

La verificación dimensional de los componentes se realizó usando un calibrador digital, para saber que tan exactas son estas piezas respecto al diseño final en CAD.

6.3.1 Medidas de la tapa

Las medidas tomadas fueron en distintas partes, tanto en los insertos de la parte de atrás de la tapa (figura 32).

Tabla 5 *Medición de la tapa manufacturada*

Medidas de la tapa	
Ancho	68.45 mm
Largo	59.75 mm
Profundidad de los agujeros	3.40 mm
Ancho de los insertos pequeños	10 mm
Largo de los insertos externos	40.5 mm

Figura 35 *Medición de la tapa*



Fuente: autor

6.3.2 Medidas del anillo hexagonal

El anillo hexagonal se midió teniendo en cuenta las características tanto internas como externas del diseño.

Tabla 6 *Medidas del anillo hexagonal*

Medidas del anillo hexagonal	
Ancho	59.75 mm
Largo	68.45 mm
Ancho de pared	15.05 mm
Ancho de pared interna	50.30 mm
Largo de las columnas	15 mm

Figura 36 *Medición del anillo hexagonal*



Fuente: Autor

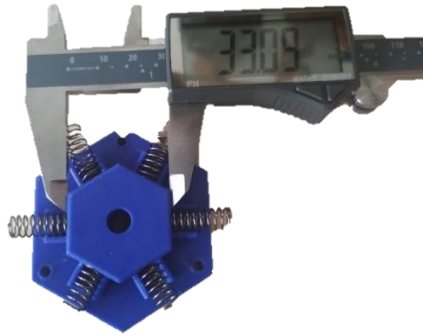
6.3.3 Medidas de la base

La base al contar con tantos detalles de diseño, como las canales y el hexágono centra, se midieron cada uno de estos componentes para tener las mediciones más exactas posibles.

Tabla 7 *Medidas de la base*

Medidas de la base	
Ancho	68.45 mm
Largo	59.75 mm
Hexágono interno	33.15 mm
Ancho de pared hexágono interno	5 mm
Ancho de las canales	9.50 mm
Diámetro interno de las canales	7.7 mm
Largo de las canales	17 mm

Figura 37 *Medición de la base hexagonal*



Fuente: Autor

6.3.4 Medidas de los patines

La medición de los patines se realizó teniendo en cuenta las características más significativas e importantes del componente, estas medidas se aplican a los seis.

Tabla 8 *Medidas de los patines*

Medidas de los patines	
Largo	14.87 mm
Ancho	18.90 mm
Separación inferior	11.48 mm
Diámetro	7.7 mm

Figura 38 *Medición de los patines*



Fuente: Autor

6.3.5 Medidas del expulsor

Tabla 9 *Medidas del expulsor*

Medidas del expulsor	
Largo total	24.92 mm
Ancho	7.69 mm
Largo desde la base	23.92 mm
Ancho de la base	9.98 mm

Figura 39 *Medición del expulsor*



Fuente: Autor

6.4 Piezas inyectadas

La inyección de las piezas se realizó con cera de inyección Prestige flexible, debido a que este tipo de cera no necesita alta temperatura para deshacerse. Esto hace que este material sea bastante bueno para el proceso ya que no requiere tratamiento térmico especial y tampoco daña ningún componente del molde.

6.4.1 Proceso de inyección

El proceso de inyección para este molde es sencillo ya que las piezas no son muy complejas. El proceso se divide en pasos para realizarlo de forma eficiente y no malgastar material.

Tabla 10 *Datos para el proceso de inyección*

Datos del proceso de inyección	
Material	Cera Prestige flexible
Temperatura	30-50°C
Herramientas de inyección	Jeringa
Herramientas de manejo de material	Baño de maría
Cantidad de material para la inyección	3.5 – 4 ml

Figura 40 *Cera derretida para inyectar*



Fuente: Autor

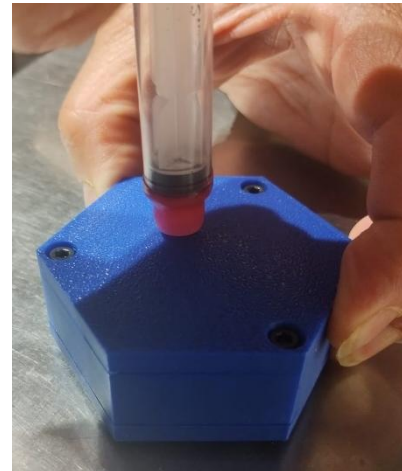
Se utilizo una jeringa para realizar la inyección del material porque esta permite tomar una medida exacta de cuanta cera se necesita para que el proceso de inyección se haga correctamente, se derrite la cera hasta que esta quede en estado líquido, este proceso se hace con agua hirviendo.

Figura 41 *Preparación del material para inyección*



Fuente: Autor

Figura 42 *Inyección de material al molde mediante jeringa*



Fuente: Autor

La inyección del material se debe realizar de inmediatamente debido a que la cera utilizada una vez extraída con la jeringa se solidifica rápidamente a una temperatura normal.

Figura 43 *Engranaje recién inyectado*



Fuente: Autor

Figura 44 *Engranaje inyectado en cera*



Fuente: Autor

Se realizo la inyección de varios engranajes y se puedo verificar el funcionamiento correcto del molde durante el proceso de inyección.

Figura 45 *Inyección de múltiples engranajes*



Fuente: Autor

Figura 46 *Engranajes inyectados sin rebaba*



Fuente: Autor

6.5 Verificación dimensional del engranaje

La verificación dimensional del engranaje inyectado a partir del molde se realizó de la siguiente forma.

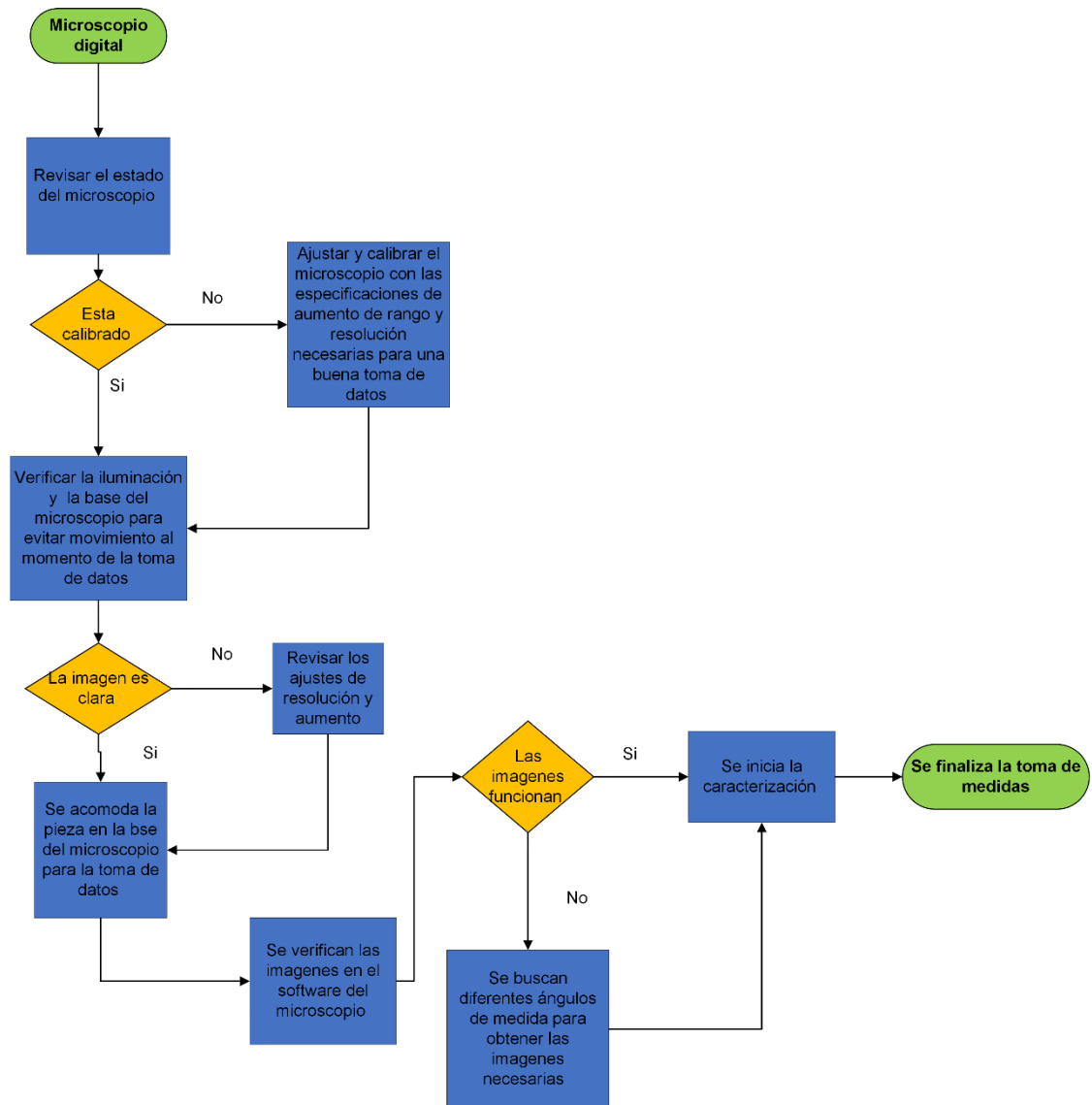
6.5.1 Montaje experimental

El montaje experimental se hizo con el engranaje manufacturado. El engranaje de módulo de 2 y doce dientes, de diámetro externo 27.48 mm y un diámetro interno de 19 mm. Se realizó una caracterización ya que es un proceso fundamental para verificar, la precisión de la pieza obtenida respecto a lo planteado en el software de diseño.

6.5.2 Caracterización utilizada

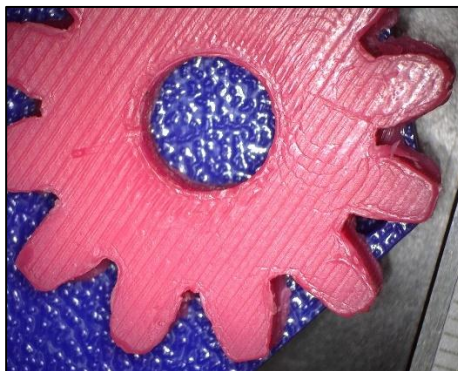
La caracterización del engranaje se hizo con un microscopio digital Dino-Lite Edge, con un rango de aumento entre 29.6x - 33.2x y una resolución de 1280 x 1024 pixeles, ubicado en un ángulo de noventa grados.

Figura 47 *Calibración y ajuste del microscopio para el proceso de metrología*



Fuente: Autor

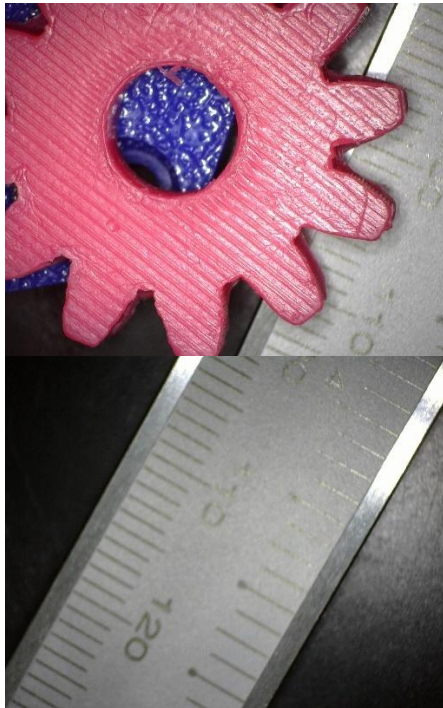
Figura 48 Montaje del engranaje en el microscopio para la metrología



Fuente: Autor

La caracterización del engranaje se enfocó únicamente en los dientes, esto debido a que es la parte fundamental del funcionamiento del engranaje y se necesita verificar que tan preciso es esta sección de la pieza, respecto al diseño planteado en software CAD

Figura 49 *Izquierda: Distancia entre dientes con calibrador. Derecha: Medida del calibrador 10 mm*

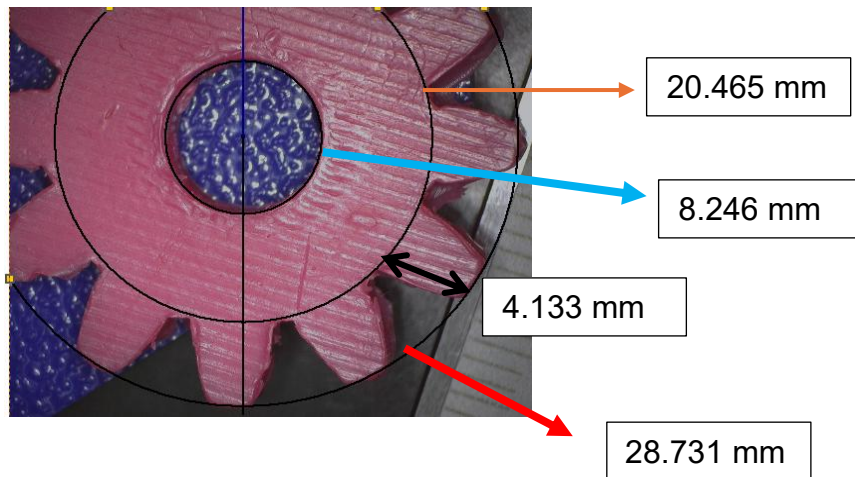


Fuente: Autor

6.5.3 Medición por software CAD

La medición por software CAD se realizó en Inventor, este permite agregar las imágenes obtenidas en el microscopio y hacer la comparación con la pieza diseñada.

Figura 50 *Medición de diámetro en software*



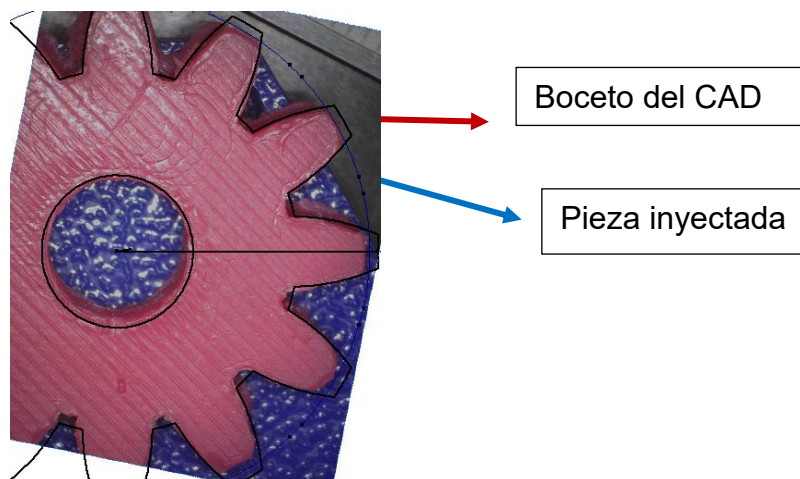
Fuente: Autor

Se realizó la medición del engranaje inyectado en el software inventor, de varias formas distintas para comprobar la diferencia entre la pieza final y la propuesta en CAD. Considerando que el engranaje CAD tiene estas medidas.

Tabla 11 Datos de metrología de la pieza manufacturada

Diámetro externo	28.731 mm
Diámetro Interno	8.246 mm
Distancia entre diámetros	4.133 mm

Figura 51 Montaje en CAD



Fuente: Autor

6.5.4 Medición de diámetros

Se tomaron medidas para verificar la exactitud de la pieza final, con respecto al CAD. Lo primero fue el diámetro exterior y se colocó el boceto del diseño sobre

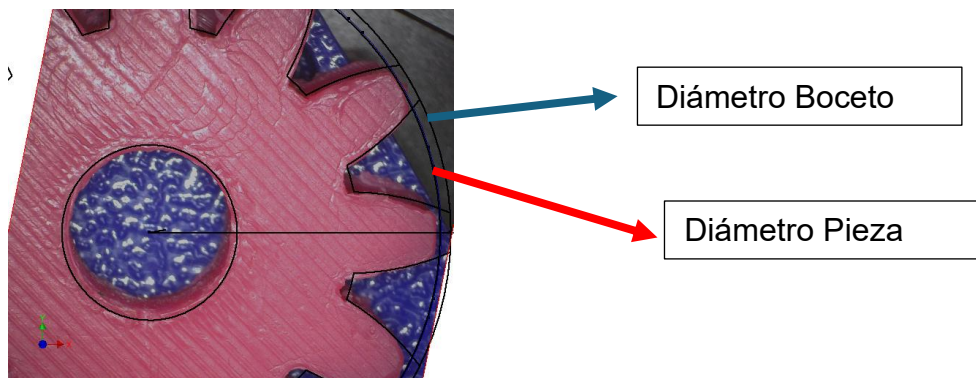
las imágenes del engranaje tomadas en el microscopio. Se tomo una sección del engranaje para la medición.

Tabla 12 *Diámetros de los engranajes*

Diámetro Exterior Boceto	27.456 mm
Diámetro Exterior Pieza	26.51 mm

Para tener la escala se divide el diámetro del engranaje real sobre el engranaje diseñado. Lo que da una escala de medida de 0.965 mm

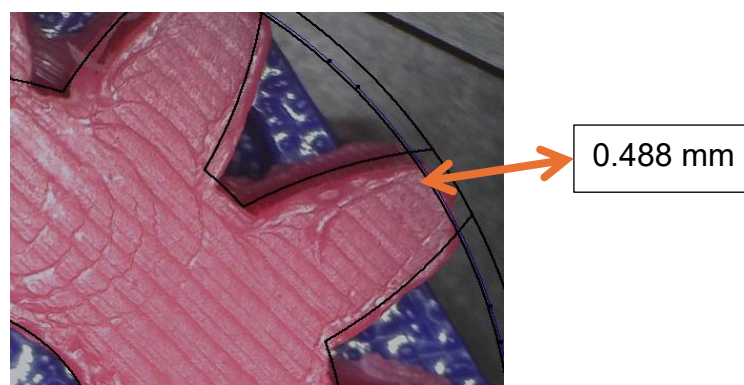
Figura 52 *Medición de los diámetros*



Fuente: Autor

La diferencia de distancia entre los diámetros externos de los dos engranajes del CAD y la pieza final es de 0.488 mm. Esto sugiere que está dentro de la escala sugerida anteriormente.

Figura 53 *Distancia entre diámetros*

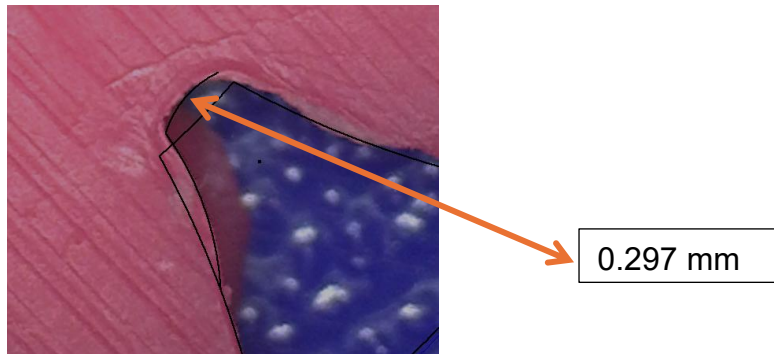


Fuente: Autor

6.5.5 Desviación radial y gradual

La desviación de la pieza frente al CAD se realizó considerando que en engranaje no es del todo redondo y presenta imperfecciones en su superficie. Debido a esto se tomó la medida desde el valle del diente del boceto, al valle del diente de la pieza.

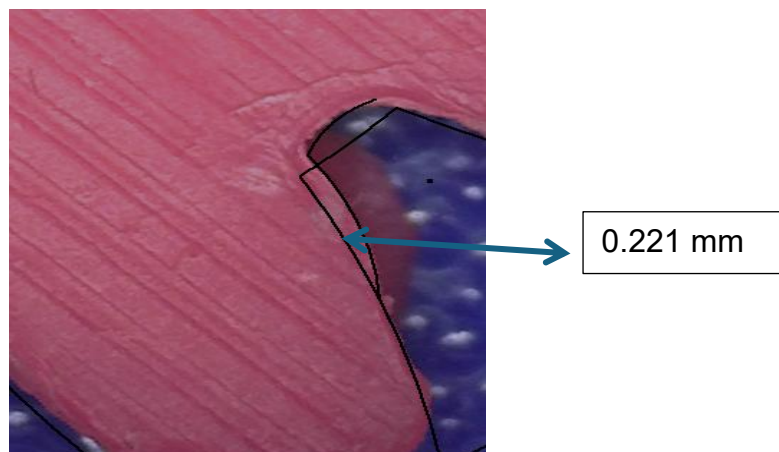
Figura 54 *Desviación gradual de los dientes respecto al diseño*



Fuente: Autor

La desviación gradual de los dientes se realizó teniendo en cuenta el radio de curvatura de uno de los dientes del CAD, el otro es el radio de uno de los dientes de la pieza

Figura 55 *Desviación radial de los dientes respecto al diseño*



Fuente: Autor

La diferencia radial entre los dos modelos es de 0.357 mm.

7. RECOMENDACIONES

El diseño del molde para el molde de inyección al ser un prototipo está sujeta a muchos cambios y mejoras.

El diseño de la base al ser un componente principal, se recomienda hacer un análisis de contracción para verificar los comportamientos de la pieza final y evitar posibles fallas, ya que este proceso es un método para asegurar que tanto la pieza final como la pieza diseñada en CAD sean lo más acordes dimensionalmente posible. Esto también sirve como una verificación del funcionamiento general del molde.

El proceso de diseño en CAD permitió ajustar un diseño predeterminado de un molde industrial y diseñar desde cero un molde mucho más sencillo que cumpla con la misma función haciendo uso de componentes más sencillos.

La impresión 3D al ser un proceso de manufactura mucho más simple a los convencionales permite realizar piezas de alta complejidad, por esto se recomienda usar este proceso cuando se necesiten componentes de geometría compleja, ya que es fácil manufacturarlas y verificar de manera más sencillas posibles defectos de funcionamiento, lo que permite un proceso de mejora más rápido.

El procedimiento de diseño es una herramienta muy eficiente que ayuda a hacer el proceso más sencillo, este mismo procedimiento se puede adaptar según las necesidades, pero tienen las mismas bases para el diseño de un molde independiente de sus usos. Esto se puede aplicar para usos académicos, que permitan desarrollar diferentes métodos de manufactura para todo tipo de diseño de componentes así mismo investigar como estas tecnología de impresión 3D pueden complementar a los procesos de manufactura convencionales que se aplican y enseñan a nivel académico y de industria.

8. CONCLUSIONES

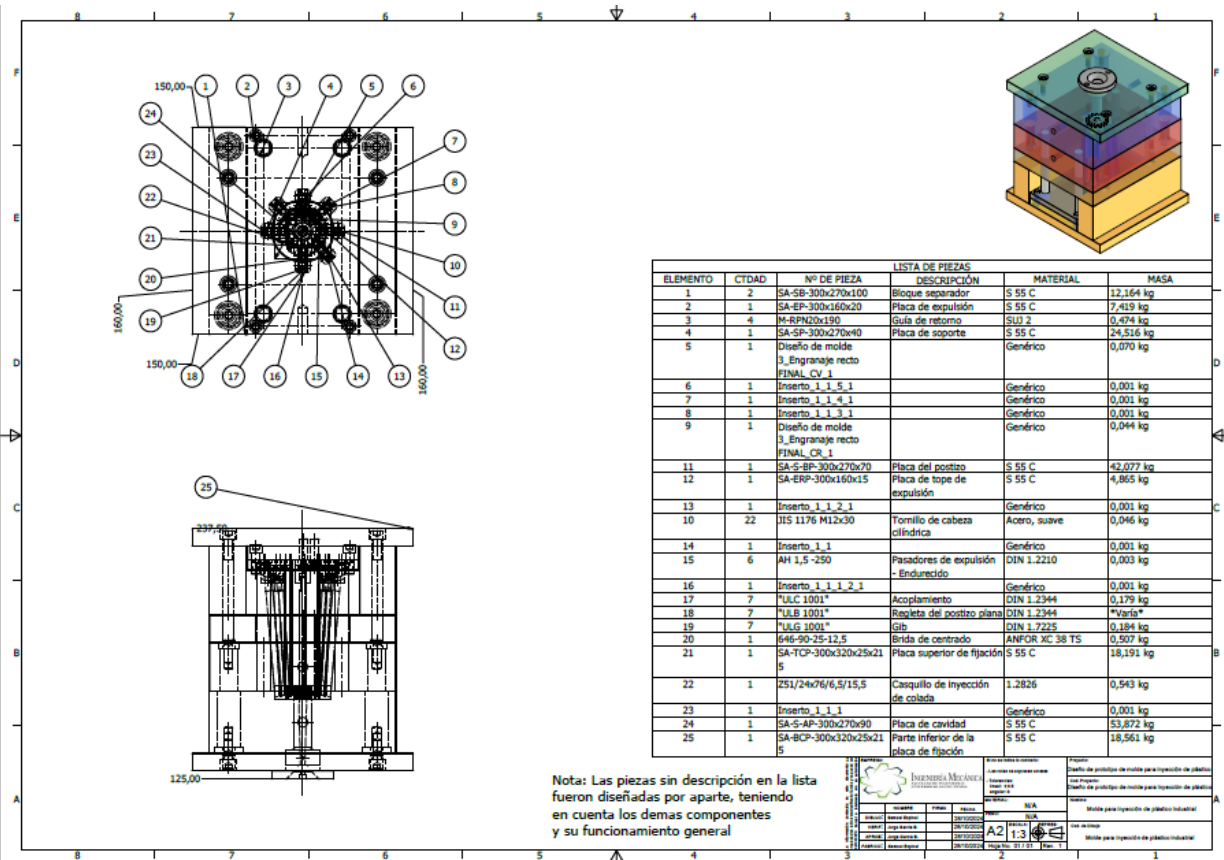
- Se realizó e implemento un procedimiento de diseño para moldes de inyección, para identificar su viabilidad, y se verifico la utilidad del proceso de diseño propuesto y como ayuda en la producción de moldes de inyección para bajas producciones.
- Se identifico una geometría para inyectar, con base en esta pieza se realizó un análisis completo paso a paso del procedimiento de diseño, para determinar la forma de diseño más eficaz considerando las restricciones en algunas zonas de la geometría para no comprometer su funcionamiento.
- El contracción es un paso muy importante en el diseño de un molde, ya que ayuda a realizar un diseño final más acorde a lo esperado, al ser un prototipo inicial no se tuvo en cuenta debido a que se priorizo un funcionamiento correcto y no una exactitud dimensional, pero este análisis de contracción da una oportunidad de mejora si se quiere mejorar el diseño del molde en un futuro.
- Se diseño un molde de inyección funcional usando un procedimiento que contempla el funcionamiento principal de un molde industrial, sus componentes y se adaptó considerando las dimensiones y el proceso de manufactura mediante impresión 3D.
- La impresión 3D es un proceso de manufactura práctico para estos moldes, ya que este método permite realizar piezas de alta complejidad, lo que hace que el diseño no se vea limitado por restricciones en los componentes de manufactura o el material.
- El diseño de este molde de inyección demostró que es posible seguir un procedimiento de diseño y adaptarlo según las necesidades y a la geometría a utilizar. Así mismo el molde cumple su función y sigue siendo igual de funcional si se respetan las bases del diseño para moldes, también se demostró que un molde hecho mediante impresión 3D es completamente funcional y se puede seguir utilizando este método de manufactura para llevar a la práctica diseños, sin importar que sean de componentes complejos o sencillos.
- Un procedimiento de diseño y el diseño de uno o más componentes mecánicos mediante impresión 3D, es una tecnología que abarca muchos aspectos y por eso es importante tener una guía, ya que esto permite explorar un poco más allá e investigar otras metodologías también se podrían adaptar los métodos ya establecidos para que se puedan hacer con este tipo de tecnologías emergentes.
- La innovación de este proyecto se puede ver en diferentes aspectos como el uso de nuevas tecnologías para la manufactura de componentes complejos, también ayuda como una guía para trabajos futuros que pueden usar este procedimiento y hacerlo mas eficiente para hacer un

proceso de manufactura o un diseño de mejora que se podría aplicar en diferentes sectores de la ingeniería aplicando métodos de investigación que permitan no solo usar estas nuevas tecnologías, sino combinar con los métodos convencionales de manufactura y diseño.

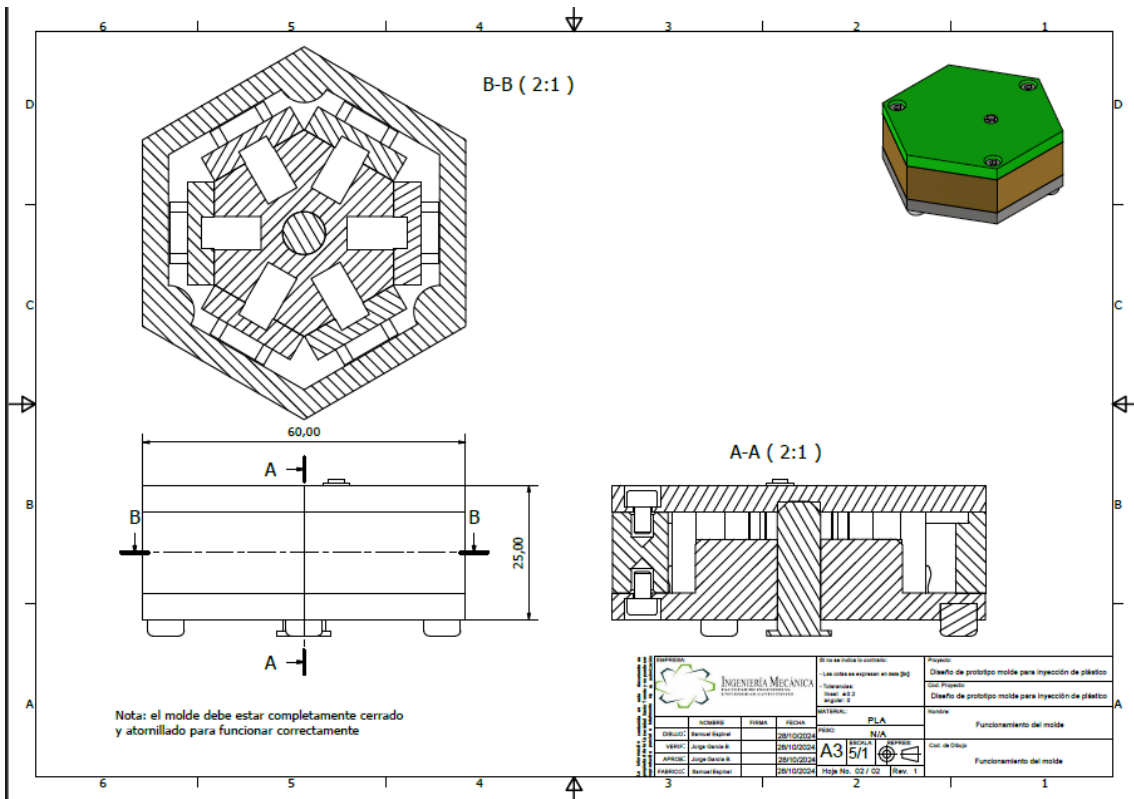
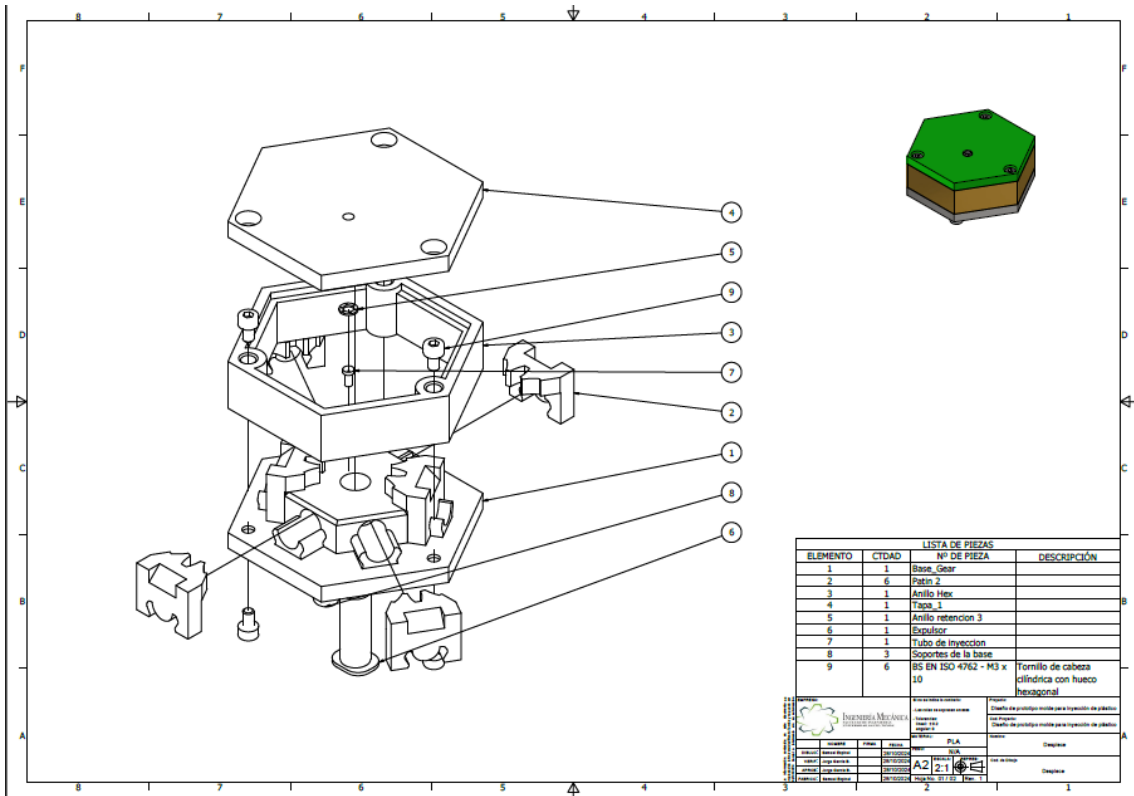
REFERENCIAS

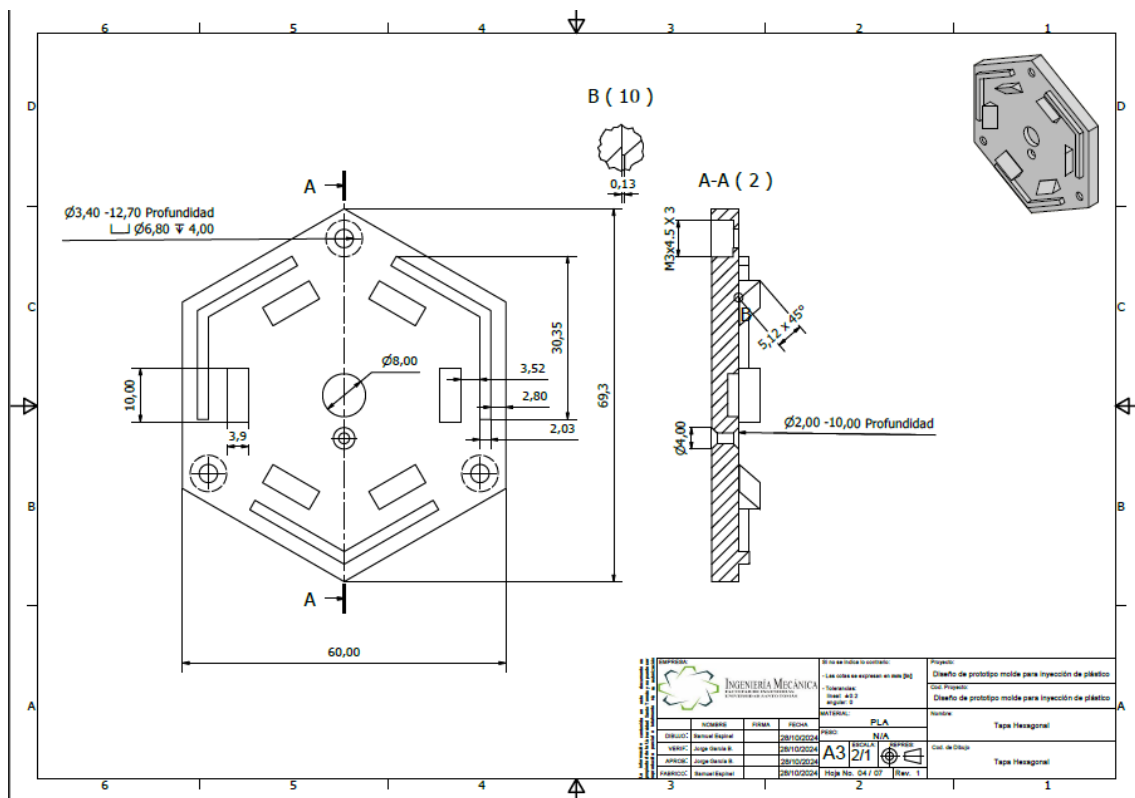
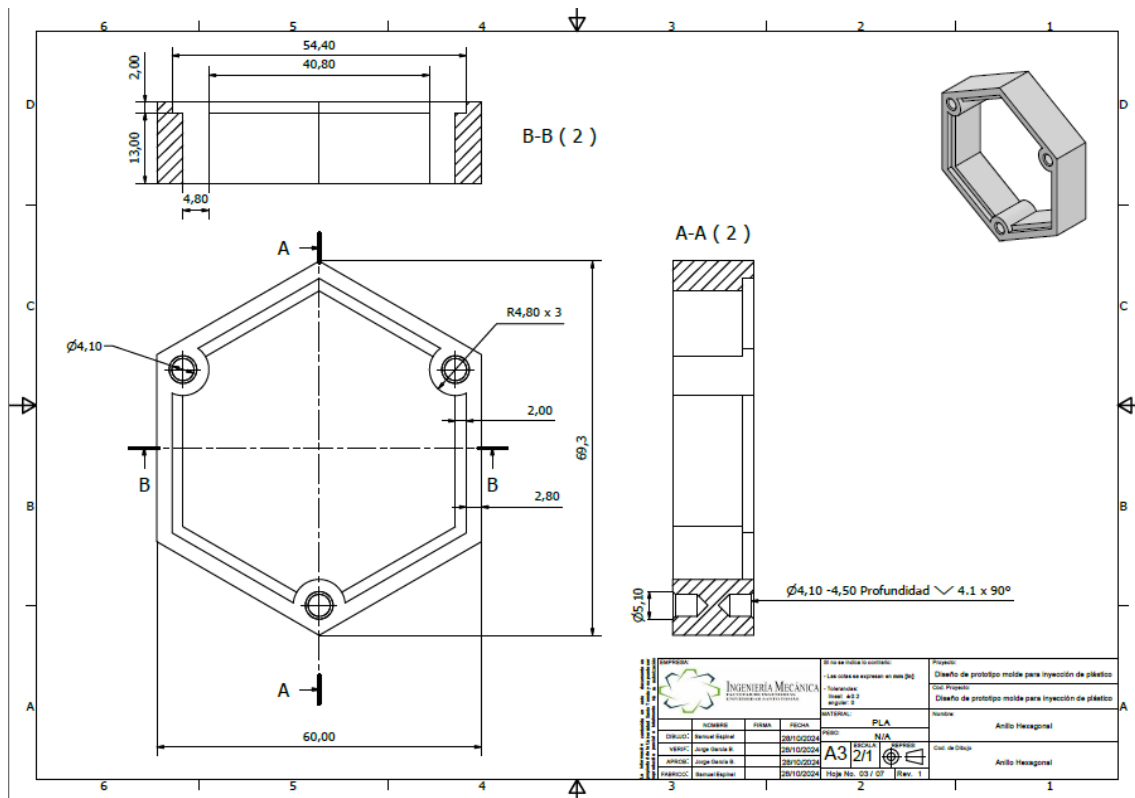
- [1] Moayyedian, M. (n.d.). *Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding*. <http://www.springer.com/series/8790>
- [2] Malloy, R. (1994). *Plastic Part Design for Injection Molding*. Hanser Publishers, Munich.
- [3] Menges, G (2001). *How to Make Injections Molds*. Hanser Publishers, Munich.
- [4] “25 ejemplos de uso de la impresión 3D (que te sorprenderán).” <https://formlabs.com/es/blog/25-usos-inesperados-de-impresion-3d/> (accessed Sep. 27, 2022).
- [5] SENA. (1981). *engranajes*.
- [6] Marghitu, D. B., & Dupac, M. (2019). *Machine component analysis with MATLAB®*.
- [7] IQS Directory. (n.d.). *Spur Gears*. <https://www.iqsdirectory.com/articles/gear/spur-gears.html>.
- [8] Vullo, V. (n.d.). *Springer Series in Solid and Structural Mechanics 10 Gears Volume 1: Geometric and Kinematic Design*. <http://www.springer.com/series/10616>
- [9] *Design Guide: Injection Molding*. (n.d.).
- [10] *BCN3D_FILAMENTS_TechnicalDataSheet_PLA_EN*. (n.d.).

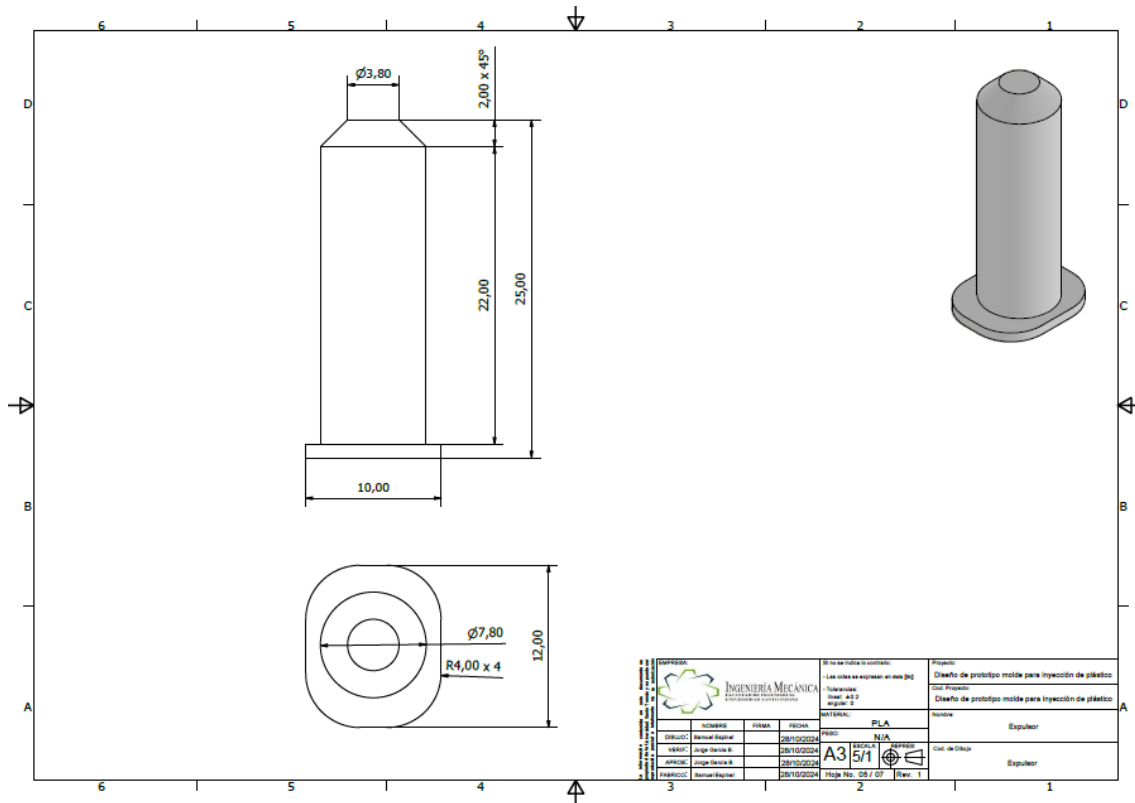
Anexo A Planos del molde industrial



Anexo B Planos del molde







Anexo C Procedimiento para la producción de moldes de bajas producciones en impresión 3D

