



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DEL SISTEMA DE  
REGULACIÓN DE UN FARO  
DE AUTOMÓVIL UTILIZANDO  
TÉCNICAS CAD/CAM  
(CATIA V.5)**

**Alumno:** María Garrido Aldarias

**Tutor:** Bartolomé Carrasco Hurtado

**Depto.:** Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

**Octubre, 2019**

# DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE UN FARO DE AUTOMÓVIL UTILIZANDO TÉCNICAS CAD/CAM (CATIA V.5)

D. Bartolomé Carrasco Hurtado, como tutor del Trabajo Final de Grado “*DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE UN FARO DE AUTOMÓVIL UTILIZANDO TÉCNICAS CAD/CAM (CATIA V.5)*” presentado por la alumna MARIA GARRIDO ALDARIAS, da su consentimiento para la defensa y posterior evaluación del mencionado Trabajo Fin de Grado en la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Linares, Octubre 2019

---

Bartolomé Carrasco Hurtado  
Tutor

# ÍNDICE

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Resumen.....                                                | 9  |
| 2     | Introducción .....                                          | 10 |
| 2.1   | Antecedentes .....                                          | 11 |
| 2.2   | Funciones de un faro .....                                  | 14 |
| 2.2.1 | Luz de cruce .....                                          | 14 |
| 2.2.2 | Luz de largo alcance .....                                  | 15 |
| 2.2.3 | Luz de posición .....                                       | 16 |
| 2.2.4 | Luz de circulación diurna .....                             | 16 |
| 2.2.5 | Luz antiniebla delantera .....                              | 17 |
| 2.2.6 | Luz de intermitente .....                                   | 17 |
| 2.3   | Regulación Faro.....                                        | 17 |
| 2.4   | Partes de una regulación .....                              | 19 |
| 3     | Objetivo.....                                               | 23 |
| 4     | Datos de partida para el diseño.....                        | 24 |
| 5     | Modelado y ensamblaje en CATIA V.5.....                     | 25 |
| 5.1   | Ejes de Coordinadas Principales .....                       | 25 |
| 5.2   | Metodología de trabajo .....                                | 26 |
| 5.3   | Publicaciones.....                                          | 30 |
| 6     | Cálculo de los Movimientos de regulación.....               | 31 |
| 7     | Diseño de los engranajes a partir de CATIA V.5 .....        | 39 |
| 7.1   | Definición Engranaje y tipos .....                          | 39 |
| 7.2   | Diseño engranajes .....                                     | 40 |
| 7.2.1 | Engranaje Cilíndrico Recto.....                             | 40 |
| 7.2.2 | Engranaje Cónico .....                                      | 59 |
| 8     | Diseño de las piezas en CATIA V.5.....                      | 72 |
| 8.1   | Fabricación de piezas plásticas con molde de inyección..... | 72 |
| 8.2   | Análisis desmoldeo con comando DRAFT ANALYSIS .....         | 74 |
| 8.3   | Piezas diseñadas en CATIA V.5 .....                         | 76 |

|       |                                          |     |
|-------|------------------------------------------|-----|
| 8.3.1 | Tulipa.....                              | 76  |
| 8.3.2 | Carcasa .....                            | 81  |
| 8.3.3 | Módulo BI-LED.....                       | 84  |
| 8.3.4 | Bracket.....                             | 84  |
| 8.3.5 | Mecanismo transmisión de movimiento..... | 88  |
| 9     | Conclusión .....                         | 107 |
| 10    | Planos .....                             | 108 |
| 11    | Anexos .....                             | 109 |
| 11.1  | Cálculo Engranaje recto .....            | 109 |
| 11.2  | Cálculo Engranaje cónico .....           | 114 |
| 12    | Referencias bibliográficas.....          | 119 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Seat León 2011. [21] .....                                                | 10 |
| Figura 2. Seat León 2017. [20] .....                                                | 10 |
| Figura 3. Primer vehículo gasolina Benz & Co (1886). [11].....                      | 11 |
| Figura 4. BMW Serie 7, Primeros faros Xenón, 1991. [19].....                        | 12 |
| Figura 5. DS Croosback, pilotos con sistema LED. [22].....                          | 13 |
| Figura 6. BMW i8 con faros láser [23].....                                          | 13 |
| Figura 7. Pilotos BMW Pantallas OLED [24].....                                      | 14 |
| Figura 8. Alcance luz de cruce [12].....                                            | 14 |
| Figura 9. Distribución frontal luz cruce. [12].....                                 | 15 |
| Figura 10. Distribución frontal luz largo alcance [12].....                         | 16 |
| Figura 11. Motor eléctrico con acceso manual de regulación de faro. [25].....       | 18 |
| Figura 12. Control regulación vertical desde la consola del coche. [26] .....       | 18 |
| Figura 13. Croquis regulación vertical. [ Elaboración propia] .....                 | 19 |
| Figura 14. Croquis accionamiento regulación horizontal. [ Elaboración propia] ....  | 19 |
| Figura 15. Módulo Bi-LED de Hella. [12].....                                        | 20 |
| Figura 16. Bracket (pieza azul). [ Elaboración Propia] .....                        | 21 |
| Figura 17. Capsula. [25] .....                                                      | 21 |
| Figura 18. Leveler. [ Elaboración propia] .....                                     | 22 |
| Figura 19. Entorno coche. [27] .....                                                | 24 |
| Figura 20. Módulo Bi-LED diseñado. [ Elaboración Propia] .....                      | 24 |
| Figura 21. Ejes principales en el diseño. [ Elaboración propia] .....               | 25 |
| Figura 22. Módulo Bi-LED según ejes principales. [ Elaboración propia] .....        | 26 |
| Figura 23. Carpetas piezas diseño. [ Elaboración propia].....                       | 27 |
| Figura 24. Carpetas Memoria. [ Elaboración propia].....                             | 28 |
| Figura 25. Organización archivos CATIA V.5. [ Elaboración propia] .....             | 28 |
| Figura 26. Ejemplo Body. [ Elaboración propia].....                                 | 29 |
| Figura 27. Ruta para acceder a Publicaciones. [Elaboración propia] .....            | 30 |
| Figura 28. Centro de gravedad [Elaboración propia].....                             | 32 |
| Figura 29. Puntas movimiento. [Elaboración propia].....                             | 32 |
| Figura 30. Distribución de los puntos y ejes de regulación. [Elaboración propia] .. | 33 |
| Figura 31. Movimiento horizontal +2.5°. [Elaboración propia] .....                  | 34 |
| Figura 32. Movimiento horizontal -2.5°. [Elaboración propia] .....                  | 35 |
| Figura 33. Movimiento vertical +3°. [Elaboración propia] .....                      | 35 |
| Figura 34. Movimiento vertical -3°. [Elaboración propia] .....                      | 36 |
| Figura 35. Movimiento vertical +3° y horizontal +2.5°. [Elaboración propia] .....   | 36 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 36. Movimiento vertical $+3^\circ$ y horizontal $-2.5^\circ$ . [Elaboración propia]..... | 37 |
| Figura 37. Movimiento vertical $-3^\circ$ y horizontal $+2.5$ . [Elaboración propia] .....      | 37 |
| Figura 38. Movimiento vertical $-3^\circ$ y horizontal $-2.5^\circ$ . Elaboración propia.....   | 38 |
| Figura 39. Engranajes con ejes paralelos y ejes perpendiculares. [28].....                      | 40 |
| Figura 40. Entorno comando “Formula”. [Elaboración propia].....                                 | 41 |
| Figura 41. Lista módulos según la norma UNE 18-005-84. [5].....                                 | 42 |
| Figura 42. Parámetro módulo en Catia V.5. [Elaboración propia] .....                            | 42 |
| Figura 43. Parámetro número de dientes en Catia V.5. [Elaboración propia].....                  | 43 |
| Figura 44. Ejemplo parámetro con formula asignada. [Elaboración propia] .....                   | 44 |
| Figura 45. Formula Diámetro primitivo Catia. [Elaboración propia] .....                         | 44 |
| Figura 46. Formula Diámetro base Catia. [Elaboración propia].....                               | 45 |
| Figura 47. Formula Diámetro exterior. [Elaboración propia].....                                 | 45 |
| Figura 48. Formula addendum. [Elaboración propia] .....                                         | 46 |
| Figura 49. Formula dedendum. [Elaboración propia] .....                                         | 46 |
| Figura 50. Formula espacio libre fondo. [Elaboración propia] .....                              | 47 |
| Figura 51. Formula Diámetro de fondo Catia. [Elaboración propia].....                           | 47 |
| Figura 52. Formula Profundidad diente. [Elaboración propia] .....                               | 48 |
| Figura 53. Formula paso normal Catia. [Elaboración propia] .....                                | 48 |
| Figura 54. Formula ancho diente Catia. [Elaboración propia] .....                               | 49 |
| Figura 55. Comando circulo CATIA. [Elaboración propia].....                                     | 50 |
| Figura 56. Asignar formula diámetro circunferencia CATIA. [Elaboración propia] .                | 50 |
| Figura 57. Representación circunferencias CATIA. [Elaboración propia] .....                     | 51 |
| Figura 58. Comando Pad 3D de circunferencia De. [Elaboración propia] .....                      | 51 |
| Figura 59. Comando Pocket para eliminar material. [Elaboración propia].....                     | 52 |
| Figura 60. Solido GEAR 01 sin el dentado definido. [Elaboración propia].....                    | 52 |
| Figura 61. Paleta entorno KNOWLEDGE ADVIDOR. [Elaboración propia].....                          | 53 |
| Figura 62. Definición involuta y. [Elaboración propia] .....                                    | 54 |
| Figura 63. Definición involuta z. [Elaboración propia] .....                                    | 54 |
| Figura 64. Puntos involuta. [Elaboración propia].....                                           | 55 |
| Figura 65. Definición eje simetría. [Elaboración propia] .....                                  | 56 |
| Figura 66. Geometría para eliminar material. [Elaboración propia] .....                         | 56 |
| Figura 67. Eliminación material cilindro. [Elaboración propia] .....                            | 57 |
| Figura 68. Diseño Engranaje 01. [Elaboración propia].....                                       | 58 |
| Figura 69. Engranajes rectos para transmisión de movimiento. [Elaboración propia] .....         | 58 |
| Figura 70. Parámetro número de dientes en Catia V.5. [Elaboración propia].....                  | 60 |
| Figura 71. Parámetro ángulo entre ejes en Catia V.5. [Elaboración propia].....                  | 60 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 72. Parámetro paso en Catia V.5. [Elaboración propia] .....                        | 61 |
| Figura 73. Parámetro Diámetro primitivo rueda en Catia V.5. [Elaboración propia] .....    | 61 |
| Figura 74. Parámetro Diámetro primitivo piñón en Catia V.5. [Elaboración propia] .....    | 62 |
| Figura 75. Parámetro ángulo cono primitivo rueda en Catia V.5. [Elaboración propia] ..... | 62 |
| Figura 76. Parámetro ángulo cono primitivo piñón en Catia V.5. [Elaboración propia] ..... | 63 |
| Figura 77. Parámetro de addendum en Catia V.5. [Elaboración propia] .....                 | 63 |
| Figura 78. Parámetro de dedendum en Catia V.5. [Elaboración propia] .....                 | 64 |
| Figura 79. Parámetro de altura diente en Catia V.5. [Elaboración propia] .....            | 64 |
| Figura 80. Parámetro de ángulo addendum en Catia V.5. [Elaboración propia] .....          | 65 |
| Figura 81. . Parámetro de ángulo dedendum en Catia V.5. [Elaboración propia] ..           | 65 |
| Figura 82. Parámetro de Generatriz en Catia V.5 [Elaboración propia] .....                | 66 |
| Figura 83. Parámetro de longitud diente en Catia V.5 [Elaboración propia] .....           | 66 |
| Figura 84. Parámetro de diámetro exterior en Catia V.5 [Elaboración propia] .....         | 67 |
| Figura 85. Boceto generatriz y diámetro cono primitivo. [Elaboración propia] .....        | 68 |
| Figura 86. Perfil cono engranaje cónico. [10] .....                                       | 68 |
| Figura 87. Boceto perfil cónico. [Elaboración propia] .....                               | 69 |
| Figura 88. Bocetos engranajes cónicos. [Elaboración propia] .....                         | 69 |
| Figura 89. Previo 3D engranajes cónicos acoplados. [Elaboración propia] .....             | 70 |
| Figura 90. Perfil diente. [Elaboración propia] .....                                      | 70 |
| Figura 91. Patrón circular dientes. [Elaboración propia] .....                            | 71 |
| Figura 92. 3D Engranajes cónicos acoplados. [Elaboración propia] .....                    | 71 |
| Figura 93. Proceso molde de inyección piezas plásticas. [29] .....                        | 72 |
| Figura 94. Eje de desmoldeo para proceso de fabricación. [30] .....                       | 73 |
| Figura 95. Pieza con ángulo de desmoldeo. [2] .....                                       | 74 |
| Figura 96. . Cuadro del comando DRAFT ANALYSIS. [Elaboración propia] .....                | 74 |
| Figura 97. Rangos de ángulos de desmoldeo por colores. [Elaboración propia] ...           | 75 |
| Figura 98. Análisis desmoldeo pieza. [Elaboración propia] .....                           | 75 |
| Figura 99. Árbol de carpetas del archivo LENS en CATIA V.5. [Elaboración propia] .....    | 76 |
| Figura 100. Superficies que forman el STRAK. [Elaboración propia] .....                   | 76 |
| Figura 101. Sólido LENS con 3 mm de espesor. [Elaboración propia] .....                   | 77 |
| Figura 102. Dimensiones canal-nervio de cola. [Elaboración propia] .....                  | 77 |
| Figura 103. Comando TRIM para dos sólidos. [Elaboración propia] .....                     | 78 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 104. LENS con el nervio añadido. [Elaboración propia] .....                        | 79 |
| Figura 105. Árbol de operaciones del solido LENS en CATIA V.5. [Elaboración propia] ..... | 79 |
| Figura 106. Rango ángulos de desmoldeo. [Elaboración propia] .....                        | 80 |
| Figura 107. Análisis de desmoldeo LENS. [Elaboración propia] .....                        | 80 |
| Figura 108. Canal de cola y la pared interior de la carcasa. [Elaboración propia] ..      | 81 |
| Figura 109. Operación TRIM entre pared y fondo de la carcasa. [Elaboración propia] .....  | 82 |
| Figura 110. Volumen principal de la carcasa. [Elaboración propia] .....                   | 82 |
| Figura 111. Análisis de desmoldeo zona interior carcasa. [Elaboración propia] ....        | 83 |
| Figura 112. Análisis de desmoldeo zona trasera carcasa. [Elaboración propia] ....         | 83 |
| Figura 113. Módulo BI-LED posicionado. [Elaboración propia] .....                         | 84 |
| Figura 114. Forma previa BRACKET. [Elaboración propia] .....                              | 85 |
| Figura 115. Bracket. [Elaboración propia] .....                                           | 85 |
| Figura 116. Cápsula. [Elaboración propia] .....                                           | 86 |
| Figura 117. Sección Bracket con capsula y perno de rotula. [Elaboración propia] ..        | 86 |
| Figura 118. Línea de desmoldeo y línea de partición. [Elaboración propia] .....           | 87 |
| Figura 119. Valores para el análisis de desmoldeo. [Elaboración propia] .....             | 87 |
| Figura 120. Análisis desmoldeo BRACKET. [Elaboración propia] .....                        | 88 |
| Figura 121. Esquema puntos reguladores. [Elaboración propia] .....                        | 89 |
| Figura 122. Elemento que conforman el punto fijo. [Elaboración propia] .....              | 89 |
| Figura 123. Separación entre capsula y leveler. [Elaboración propia] .....                | 90 |
| Figura 124. Conexión mediante Slider block. [Elaboración propia] .....                    | 90 |
| Figura 125. Conexión entre el LEVELER y BRACKET. [Elaboración propia] .....               | 91 |
| Figura 126. Rail en carcasa para SLIDER BLOCK. [Elaboración propia] .....                 | 91 |
| Figura 127. Valores para análisis de desmoldeo. [Elaboración propia] .....                | 92 |
| Figura 128. Análisis desmoldeo SLIDER BLOCK. [Elaboración propia] .....                   | 92 |
| Figura 129. Punto de accesibilidad regulación horizontal. [Elaboración propia] ....       | 93 |
| Figura 130. Tornillo regulación horizontal. [Elaboración propia] .....                    | 94 |
| Figura 131. Mecanismo de envío del movimiento. [Elaboración propia] .....                 | 94 |
| Figura 132. Engranaje cónico y punto regulador con útil. [Elaboración propia] ....        | 95 |
| Figura 133. Ejes molde. [Elaboración propia] .....                                        | 95 |
| Figura 134. Análisis desmoldeo eje principal. [Elaboración propia] .....                  | 96 |
| Figura 135. Análisis de corredera 02. [Elaboración propia] .....                          | 96 |
| Figura 136. Análisis de corredera 01. [Elaboración propia] .....                          | 97 |
| Figura 137. Pieza con engranaje cónico y recto. [Elaboración propia] .....                | 97 |
| Figura 138. Análisis desmoldeo eje principal. [Elaboración Propia] .....                  | 98 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 139. Análisis de corredera 02. [Elaboración propia].....                  | 98  |
| Figura 140. Análisis de corredera 01. [Elaboración propia].....                  | 98  |
| Figura 141. Eje principal desmoldeo. [Elaboración propia] .....                  | 99  |
| Figura 142. Análisis de desmoldeo engranaje recto. [Elaboración propia] .....    | 100 |
| Figura 143. Montaje engranaje recto. [Elaboración propia].....                   | 100 |
| Figura 144. Engranaje recto posicionado. [Elaboración propia] .....              | 101 |
| Figura 145. Montaje pieza intermedia. [Elaboración propia] .....                 | 101 |
| Figura 146. Pieza engranaje cónico y recto posicionada. [Elaboración propia]...  | 102 |
| Figura 147. Tapa fijada a carcasa. [Elaboración propia] .....                    | 102 |
| Figura 148. Sección tapa y engranaje recto. [Elaboración propia] .....           | 103 |
| Figura 149. Sección tapa y pieza engranajes. [Elaboración propia] .....          | 103 |
| Figura 150. Eje principal y partaje de tapa. [Elaboración propia] .....          | 104 |
| Figura 151. Análisis de desmoldeo de tapa. [Elaboración propia] .....            | 104 |
| Figura 152. Montaje en carcasa. [Elaboración propia] .....                       | 104 |
| Figura 153. Tope para evitar desplazamiento en x. [Elaboración propia].....      | 105 |
| Figura 154. Sección carcasa y pieza engranaje cónico. [Elaboración propia] ..... | 105 |
| Figura 155. Eje de desmoldeo y partaje. [Elaboración propia] .....               | 106 |
| Figura 156. Análisis de desmoldeo. [Elaboración propia] .....                    | 106 |
| Figura 157. Ángulo de presión. [16] .....                                        | 109 |
| Figura 158. Engranaje helicoidal. [17] .....                                     | 110 |
| Figura 159. Parámetros del engranaje. [15].....                                  | 110 |
| Figura 160. Circunferencias primitivas. [15].....                                | 111 |
| Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. [18] .....              | 113 |
| Figura 162. Ángulo entre ejes de dos engranajes cónicos. [28] .....              | 114 |
| Figura 163. Representación gráfica parámetros engranaje cónico. [28] .....       | 117 |
| Figura 164. Adedum y dededum. [28] .....                                         | 118 |

## 1 RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado plantea como objetivo principal el diseño del conjunto encargado de la regulación de las luces de corto y largo alcance del faro de un automóvil. Se centra en el campo del diseño 3D con la herramienta CATIA V.5, un programa CAD/CAE/CAM del sector de la automoción.

Esta herramienta de diseño facilita que un sector como es el de la automoción, que está en continuo movimiento, se adapte lo más rápido posible a las necesidades de cada época. Los diseños cada vez requieren ser más personalizados, con tiempos de diseño y producción reducidos, ya que es importante ajustar los costes.

En primer lugar, se plantean las piezas de partida, que en nuestro caso será el módulo Bi-LED, encargado de proporcionar la luz de corto y largo alcance. Al igual que el 3D del automóvil desde el que partiremos. También se diseña la tulipa y la carcasa, ya que nuestro módulo estará en su interior.

La problemática de la regulación de un faro es la poca accesibilidad desde el vano motor por la situación de muchas piezas alrededor. Nuestro propósito es diseñar un tren de engranajes para enviar el movimiento desde un punto accesible en el vano motor hacia el módulo Bi-LED. Se expone la información de cada pieza que se ha diseñado con CATIA V.5 y los cálculos necesarios.

Finalmente se ha diseñado un entorno de trabajo en 3D y el diseño de las piezas necesarias para la regulación del faro buscando la simplificación de cada una para su fabricación y tamaño, así como una respuesta rápida de cambio.

## 2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concepto de diseño de las marcas de los automóviles es un aspecto muy importante y al que se le da mucha importancia ya que marca la diferencia entre ellas y al mismo tiempo es la identidad de la marca.

Uno de los componentes del automóvil que se ve más afectado en la innovación del diseño son los faros y pilotos. En los últimos años el continuo avance de estos componentes se aprecia a simple vista.



*Figura 1. Seat León 2011. [21]*



*Figura 2. Seat León 2017. [20]*

Se puede observar que la evolución de los faros en 6 años es considerable, pasándose de utilizar bombillas con reflectores para conseguir la luz necesaria a incorporar diferentes formas y recorridos de luz con la utilización de los sistemas LED que están en pleno auge y crecimiento.

## 2.1 Antecedentes

Los primeros sistemas de desplazamiento como los carruajes llevados por animales ya tenían incorporados sistemas de iluminación. En este caso eran velas o lámparas de aceite, gas, etc... Eran suficientes para ver en la noche ya que no podían superar mucha velocidad.

En 1886 se patentó el primer coche con motor de combustión interna por Benz & Co, estos llevaban unos candiles que no ofrecían luz suficiente.



*Figura 3. Primer vehículo gasolina Benz & Co (1886). [11] Muy interesante. Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades-motor/fotos/inventos-que-cambiaron-la-historia-del-automovil/1>*

Con la evolución del automóvil también fueron evolucionando los sistemas de iluminación exteriores de los vehículos, no solo eran imprescindibles para iluminar el camino si no para ser visto por otros conductores.

En 1908 salió el primer coche eléctrico con luz de ruta, es decir, similar a la luz de largo alcance ya que no se controla la trayectoria de la luz para evitar deslumbramientos.

En 1915 incorporaron la primera luz de cruce que en el faro en el que se preocupaban por la trayectoria de la luz.

Más adelante, en 1924 añadieron al faro la luz de cruce y ruta en el mismo reflector, un avance que se sigue utilizando en algunos faros actuales.

Los faros Halógenos entraron en el año 1969 a España, la diferencia está en la bombilla utilizada ya que esta tiene una mayor duración. Las bombillas anteriores se iluminaban a partir de un filamento, pero este estaba al vacío, en cambio en las halógenas le añadían un gas en su interior que mejoraba su rendimiento.

Otro gran avance fue la introducción de faros de Xenón en 1991, que funciona a través de descargas de gas y que mejora mucho la calidad y visión que proporciona en la carretera. Estos faros llevan el lavafaros instalado obligatoriamente ya que la temperatura que alcanza es menos que la halógena y esto provoca que se pueda acumular hielo y nieve encima de ellos, dificultando la visión.



*Figura 4. BMW Serie 7, Primeros faros Xenón, 1991. [19]*

En la actualidad se están integrando sistemas LED en las diferentes funciones. Estos faros tienen una duración más alta ya que la vida del LED es superior a las de las bombillas. Los sistemas LED permiten jugar más con el diseño del coche.



*Figura 5. DS Croosback, pilotos con sistema LED. [22]*

Algunos de los sistemas que se están estudiando para incorporar a los faros y pilotos del automóvil son los diodos láser y las superficies OLED.

Un faro laser se compone de diodos LED 10 veces más pequeños que los LED actuales, con un brillo 4 veces mayor y 30 % de consumo menos. El tema del espacio es uno de los factores más importantes en el diseño de faros y pilotos para conseguir mejores diseños sin problemática de espacio o térmico. Ya se ha implantado en algunos coches de gama alta de las marcas BMW o Audi.



*Figura 6. BMW i8 con faros láser [23]*

Otro sistema de iluminación en pleno auge son las pantallas OLED, a diferencia del láser, este método solo está indicado para señalizar no para iluminar por lo está orientado a los pilotos del automóvil.

OLED, la luz LED orgánica que a diferencia de los LED que iluminan de manera puntual esta tecnología ilumina superficies. Están aun mejorando esta tecnología para aguantar la temperatura indicada para estos fines. Su ventaja es que no necesitan de reflectores y ocupan muy poco espacio evitando también sombras y proporcionando una visualización de formas complejas homogénea.



Figura 7. Pilotos BMW Pantallas OLED [24]

## 2.2 Funciones de un faro

### 2.2.1 Luz de cruce

La luz de cruce es obligatoria para todos los vehículos y nos permite ver la zona más próxima de la calzada, pero sin deslumbrar al vehículo contrario.

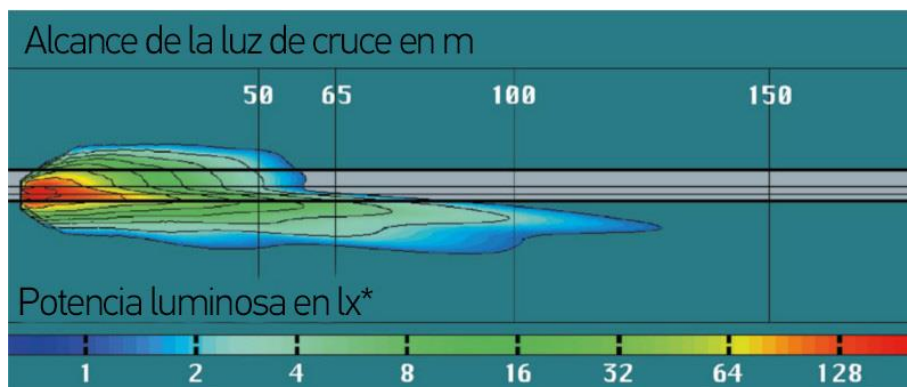


Figura 8. Alcance luz de cruce [12]

Se puede observar en la Figura 8. Alcance luz de cruce que en la parte derecha del conductor el alcance en metros es mayor que en la izquierda para que al cruzarse otro vehículo en sentido contrario (por su izquierda) no sea deslumbrado.

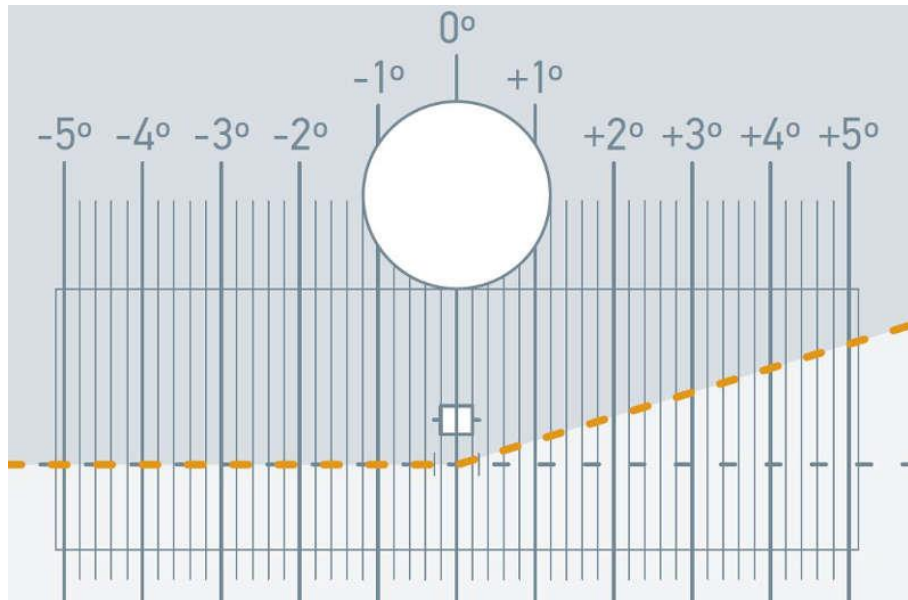


Figura 9. Distribución frontal luz cruce. [12]

Se observa en la Figura 9. Distribución frontal luz cruce. que la luz proyectada al frente empieza a ascender de grados en el lado derecho, al igual que el alcance para que no deslumbre en el lado izquierdo.

### 2.2.2 Luz de largo alcance

La luz de largo alcance también es obligatoria y su función es alumbrar lo máximo posible la calzada. Se utilizará en zonas con baja visibilidad, fuera del núcleo urbano y cuando no haya coches en sentido contrario y delante del vehículo para evitar el deslumbramiento.

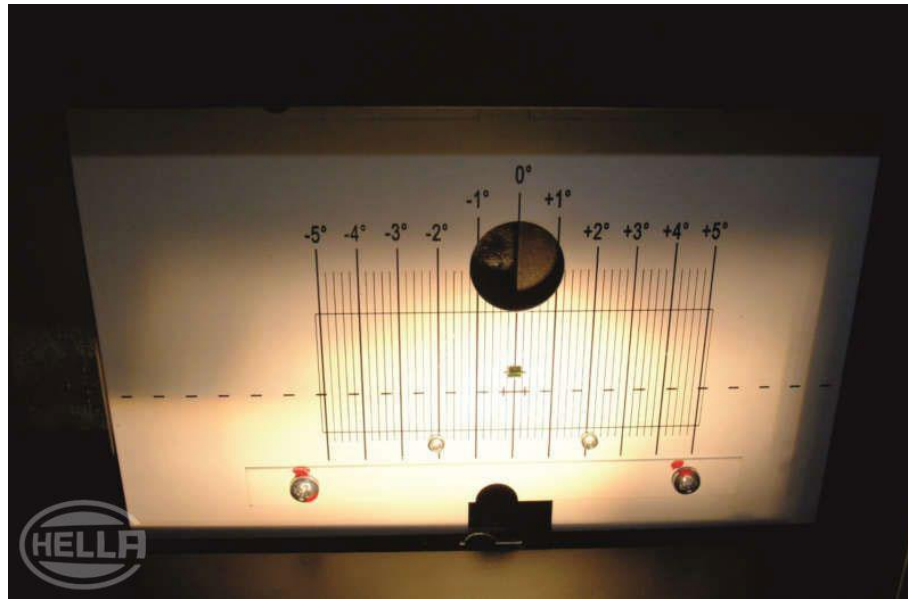


Figura 10. Distribución frontal luz largo alcance [12]

Se observa en la Figura 10. Distribución frontal luz largo alcance que la distribución frontal de la luz de largo alcance es amplia y sobrepasa la zona del vehículo contrario, por eso solo se utilizará cuando el carril contrario este vacío.

### 2.2.3 Luz de posición

Las luces de posición son las encargadas de marcar las dimensiones del vehículo y también su posición. Van siempre acompañadas de la luz de corto alcance y de la de largo alcance.

### 2.2.4 Luz de circulación diurna

Son también denominadas DRL (Dayligh Running Lamp) y fueron impuestas en los coches fabricados a partir del 2011. Estas luces están encendidas entre la salida del sol hasta la puesta, cuando hay suficientemente luz y sirven para que los automóviles sean más visibles durante el día.

Actualmente son un atractivo para los diseños de los coches, ya que consiguen pueden tener diferentes formar y hacen que la marca del coche tenga una identidad.

### 2.2.5 Luz antiniebla delantera

Estas luces son opcionales, y pueden ir incorporadas al faro, o de forma independiente en el parachoques. Son las encargadas de mejorar la visión con condiciones meteorológicas adversas, como niebla o nieve.

### 2.2.6 Luz de intermitente

Esta función también se denomina "indicador de dirección", sirve para avisar a los coches de alrededor de nuestro cambio de dirección.

## 2.3 Regulación Faro

Una parte importante del faro es el sistema de regulación de la luz de cruce y la de largo alcance. La necesidad de un sistema de regulación se debe a los siguientes factores:

- **Factores de ensamblaje:** El ensamblaje de los componentes del faro tienen una tolerancia que afecta a los valores de visibilidad calculados según la norma ECE R48 y que con la regulación se podrán reajustar.
- **Factores externos:** La diferencia de carga en el vehículo afectará a la posición del faro y esto a la visibilidad y necesitará ser reajustada. Esto hace que pueda llegar a deslumbra al conductor contrario o que no nos proporcione la visibilidad requerida.

El sistema de regulación se encargará de posicionar correctamente horizontalmente y verticalmente la luz de cruce, y verticalmente la luz de largo alcance.

Para ello el sistema contará con dos ejes que rotarán el módulo o reflectores horizontal y verticalmente. Esto se consigue a través de una pieza unida al módulo, llamada Bracket y que tendrá controlados 3 puntos que se posicionaran más adelante.

El mecanismo consiste en un eje que gira el módulo de tal manera que se pueda regular la posición. Cada punto es accionado linealmente y hace girar un eje. La regulación vertical es accionada linealmente por un motor y en la horizontal se regula manualmente.



Figura 11. Motor eléctrico con acceso manual de regulación de faro. [25]



Figura 12. Control regulación vertical desde la consola del coche. [26]

El acceso de la regulación debe situarse en el vano motor para facilitar su maniobra si fuese necesaria mediante un tren de engranajes que transmiten el movimiento de un punto a otro.

- **Regulación vertical**

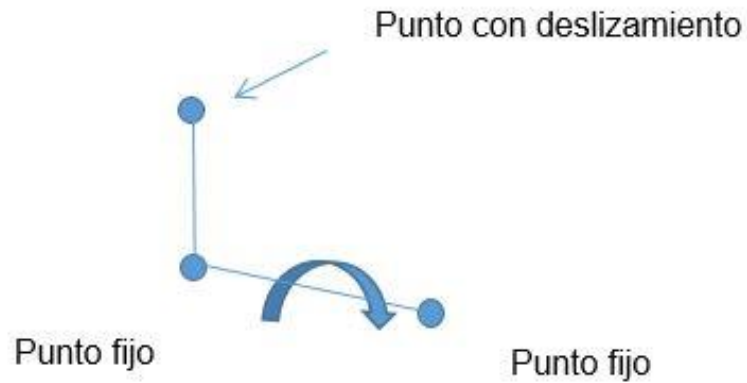


Figura 13. Croquis regulación vertical. [Elaboración propia]

- **Regulación horizontal**

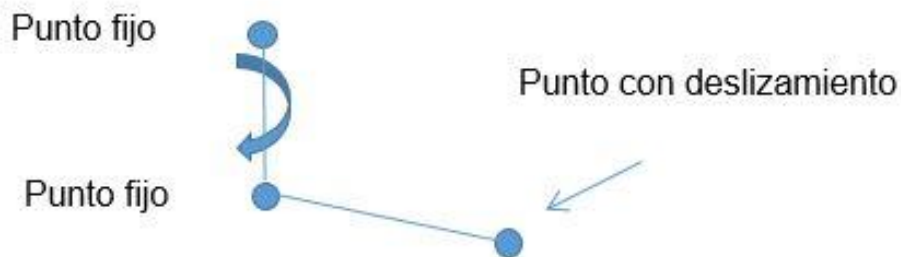


Figura 14. Croquis accionamiento regulación horizontal. [Elaboración propia]

## 2.4 Partes de una regulación

A continuación, se van a exponer las piezas principales que conforman una regulación y las que se van a utilizar en este diseño:

- **Módulo LED:** esta opción es muy utilizada en los últimos años, ya que el mismo dispositivo se encarga de la luz de corto y luz de largo alcance. Para los diseñadores es mucho más sencillo ya que no tienen que diseñar unas superficies ópticas que cumplan con la visibilidad requerida. Este dispositivo es comercializado por diferentes empresas como HELLA u OSRAM.



*Figura 15. Módulo Bi-LED de Hella. [12]*

- **Bracket:** es una de las piezas de plástico que vamos a diseñar. Es la pieza más importante del diseño de este mecanismo porque tiene que seguir unas reglas de diseño que se expondrán en el apartado 6. Cálculo de los Movimientos de regulación.

El bracket sujetará el módulo mediante 4 tornillos y será la pieza que permitirá el libre movimiento de nuestro mecanismo para regular la luz.

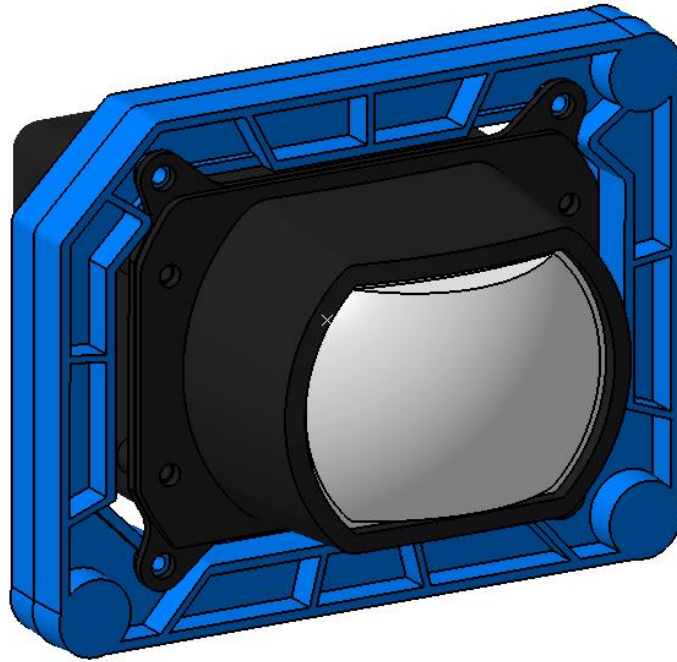


Figura 16. Bracket (pieza azul). [Elaboración Propia]

- **Slider block:** es la pieza intermedia entre la pieza que accionara el movimiento y el bracket. Esta pieza solo se diseña si se necesita llevar el punto de accionamiento del movimiento a una zona que se pueda acceder por el vano motor y no molesta otra pieza del entorno.

**Capsulas:** Estas piezas van fijadas al Bracket y son la contraparte de una rotula. Permiten el giro del Bracket en un plano principal teniendo 2 puntos fijos. Suelen ser piezas que se compran a empresas específicas, junto con la rótula.

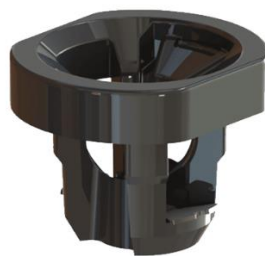
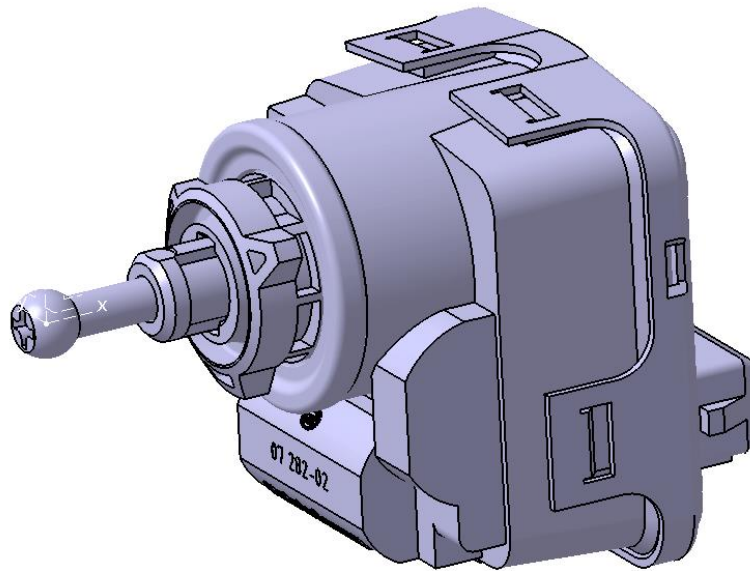


Figura 17. Capsula. [25]

- **Gears:** Estas piezas conformarán un tren de transmisión, pero con la cualidad de que solo serán para la transmisión del movimiento, no se quiere variar velocidad o potencia. Serán piezas de plástico que tendrán unos engranajes que se diseñarán en CATIA V5.
- **Leveler:** Esta pieza no será diseñada por la empresa que diseñe el faro, será comprada en una empresa específica para ello. Es el motor que se encarga de accionar la regulación Horizontal. Su terminación será una rotula que se fijará a la capsula anteriormente explicada.



*Figura 18. Leveler. [Elaboración propia]*

### 3 OBJETIVO

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un mecanismo capaz de regular las funciones de corto y largo alcance del faro de un automóvil según la normativa europea ECE 324 [3].

Para diseñar este mecanismo se tendrán como objetivos:

- Crear una metodología de trabajo para un diseño eficiente.
- Definir el entorno desde el que partirá el diseño del mecanismo
- Detallar cada una de las piezas necesarias.
- Diseñar cada una de las piezas en CATIA V.5 cumpliendo los requisitos necesarios para su fabricación mediante molde de inyección de plásticos.
- Diseñar las piezas plásticas lo más simples posibles, teniendo así el menor número de correderas en molde.
- Realizar el ensamblaje del conjunto.
- Utilizar CATIA V5 de forma óptima en la materia del diseño 3D.
- Realizar planos de cada pieza y su conjunto como soporte para su fabricación.

## 4 DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO

Para la realización del diseño de un regulador para la luz de corto y largo alcance es necesario partir del diseño/3D del coche al que vamos a integrar este mecanismo.

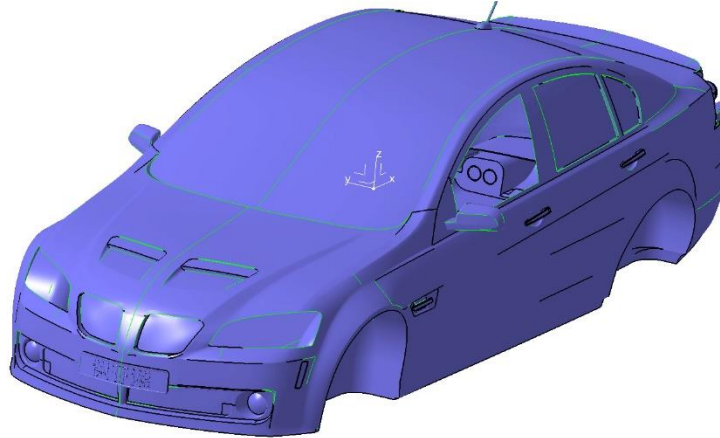


Figura 19. Entorno coche. [27]

También es necesario tener el conjunto que es capaz de proporcionar la luz de corto y largo alcance al coche. En nuestro caso hemos escogido un Módulo Bi-LED que normalmente es comercializado y comprado por el cliente, pero en nuestro caso hemos diseñado uno a partir de CATIA V.5.



Figura 20. Módulo Bi-LED diseñado. [Elaboración Propia]

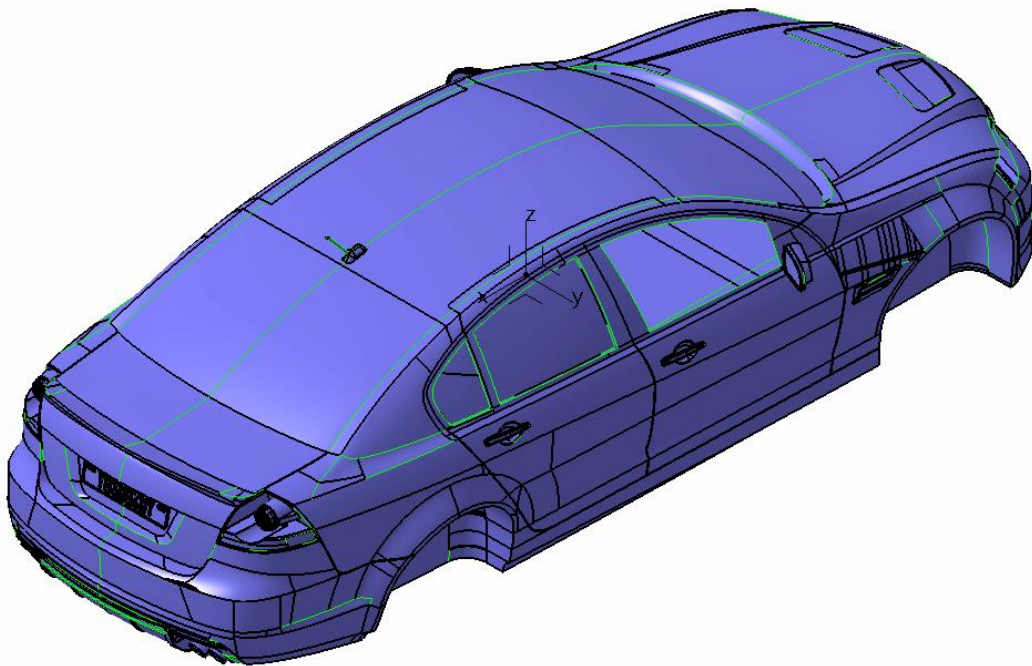
## 5 MODELADO Y EMSAMBLAJE EN CATIA V.5

Una fase muy importante en el diseño mecánico en 3D es seguir una metodología de trabajo y organización. En este apartado vamos a explicar los pasos que se han llevado a cabo para el diseño de la regulación de un faro tanto a nivel de organización como los pasos a seguir en Catia V.5.

### 5.1 Ejes de Coordenadas Principales

En el siguiente punto, se va a exponer la manera en la que se ha trabajado en CATIA V.5 para realizar el siguiente proyecto.

Se va a diseñar un mecanismo formado por un conjunto de piezas ensambladas entre sí. En este caso, se va a trabajar cada pieza en un archivo independiente. Es importante definir un centro de coordenadas (0,0,0) y los ejes principales en el entorno del coche. En la automoción se suele utilizar el centro geométrico del coche.



*Figura 21. Ejes principales en el diseño. [Elaboración propia]*

Se puede observar que el eje principal Z es el eje vertical. El eje principal X tiene la dirección con la que el vehículo circula en línea recta con sentido hacia la circulación en marcha atrás. El eje principal Y es el que se sitúa en dirección transversal del coche.

En la forma de trabajo anteriormente expuesta, cada pieza estará en un archivo independiente llamado “Part” que tendrá un axis principal común al coche y al resto de los archivos. Se diseñará la pieza en la posición que tendrá en el coche.



*Figura 22. Módulo Bi-LED según ejes principales. [Elaboración propia]*

Las piezas que no sean diseñadas, que vienen predeterminadas por otros fabricantes, se colocaran asociadas a un punto en el espacio relacionado al axis principal y este se puede mover por el espacio colocando así la pieza en el lugar que requiera.

Para las piezas de diseño propio, se partirá de las superficies del entorno ya posicionadas para así saber la posición de esta. Es muy importante ir revisando el conjunto de las piezas para comprobar que no hay colisiones entre ellas y así adaptar nuestro diseño.

## 5.2 Metodología de trabajo

En este apartado se va a exponer la metodología que se ha seguido para realizar el diseño de nuestro mecanismo.

Es importante tener un entorno de carpetas creado en Windows para una buena organización de la información y del trabajo. En nuestro caso hemos creado las siguientes carpetas de partida:

- 00\_INFORMACIÓN: en esta carpeta se reflejará toda la información que se haya recopilado y que nos pueda valer de consulta a la hora de realizar el informe

- 01\_EJEMPLOS\_3D: el contenido de esta carpeta agrupa todos los archivos de 3D que se han encontrado de apoyo a nuestro diseño, tanto el diseño de partida del coche como motores eléctricos que son piezas ya fabricadas pero que son relevantes para saber el lugar que ocupan.
- 02\_CAD: Esta carpeta contiene todas las carpetas de cada pieza diseñada y posicionada para nuestro diseño. También guardaremos un archivo “Product” de CATIA V.5 en el que aparecerán todas las piezas del diseño para poder visualizarlas y estudiar las distancias entre ellas. Una vez vinculados los archivos de CATIA V.5 no es conveniente modificar la estructuración de carpetas. En nuestro caso estas son las piezas distribuidas cada una en su carpeta:

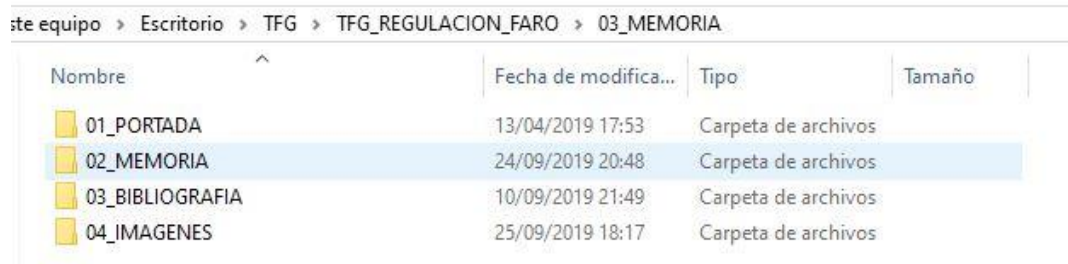


| e equipo > Escritorio > TFG > TFG_REGULACION_FARO > 02_CAD |                      |                     |        |  |
|------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|--------|--|
| Nombre                                                     | Fecha de modifica... | Tipo                | Tamaño |  |
| 00_SKELETON                                                | 13/07/2019 18:11     | Carpeta de archivos |        |  |
| 01_HOUSING                                                 | 07/08/2019 21:54     | Carpeta de archivos |        |  |
| 02_LENS                                                    | 07/08/2019 21:54     | Carpeta de archivos |        |  |
| 03_MODULO_BILED                                            | 27/07/2019 20:11     | Carpeta de archivos |        |  |
| 04_BRACKET                                                 | 13/07/2019 20:39     | Carpeta de archivos |        |  |
| 05_LEVELER                                                 | 23/07/2019 20:26     | Carpeta de archivos |        |  |
| 06_SLIDER_BLOCK_VERTICAL                                   | 27/07/2019 20:17     | Carpeta de archivos |        |  |
| 07_GEAR_01                                                 | 27/07/2019 17:50     | Carpeta de archivos |        |  |
| 08_GEAR_02                                                 | 27/07/2019 17:50     | Carpeta de archivos |        |  |
| 09_GEAR_03                                                 | 27/07/2019 18:51     | Carpeta de archivos |        |  |
| 90_EQUIPMENT                                               | 27/07/2019 19:54     | Carpeta de archivos |        |  |
| 91_ENVIROMENT                                              | 08/07/2019 20:33     | Carpeta de archivos |        |  |
| 92_3D_MASTER                                               | 10/09/2019 22:04     | Carpeta de archivos |        |  |
| PRODUCT_TRABAJO_HEADLIGHT                                  | 27/07/2019 17:53     | CATIA Product       | 36 KB  |  |

Figura 23. Carpetas piezas diseño. [Elaboración propia]

Más adelante explicaremos el diseño de cada pieza y su definición.

- 03\_MEMORIA: Esta carpeta contendrá la información necesaria para realizar el informe del proyecto. Se va a subdividir en los siguientes apartados:



ste equipo > Escritorio > TFG > TFG\_REGULACION\_FARO > 03\_MEMORIA

| Nombre          | Fecha de modifica... | Tipo                | Tamaño |
|-----------------|----------------------|---------------------|--------|
| 01_PORTADA      | 13/04/2019 17:53     | Carpeta de archivos |        |
| 02_MEMORIA      | 24/09/2019 20:48     | Carpeta de archivos |        |
| 03_BIBLIOGRAFIA | 10/09/2019 21:49     | Carpeta de archivos |        |
| 04_IMAGENES     | 25/09/2019 18:17     | Carpeta de archivos |        |

Figura 24. Carpetas Memoria. [Elaboración propia]

- 04\_OUT: Esta carpeta va destinada a los envíos que se realizan al cliente para mostrar un status del diseño. Es importante tener un control de las salidas y saber que se mandó en cada momento.

En segundo lugar, se va a mostrar la metodología de trabajo dentro del entorno de CATIA V.5. La herramienta de CATIA V.5 es muy potente si se utiliza de manera correcta.

Uno de los principales objetivos del diseño de un producto con este programa es poder adaptar rápidamente la pieza diseñada a los cambios que van surgiendo de diseño.

Los archivos de las piezas están fragmentados en las siguientes carpetas de trabajo en el entorno de superficies:



Figura 25. Organización archivos CATIA V.5. [Elaboración propia]

La primera carpeta que crearemos tendrá el nombre “IN”, en ella guardaremos las superficies de partida de diseño llamadas “STRAK”. También se guardarán las superficies que afecten a nuestro diseño de otras piezas.

La siguiente será “REFERENCES GEO”, en esta carpeta crearemos un punto cercano a nuestra pieza a diseñar y 3 líneas con las direcciones principales (X, Y, Z). En algunos casos también se creará una línea para a dirección de desmoldeo de fabricación y otra para la línea de montaje. El diseño estará vinculado a estas direcciones y si se cambian el diseño se adaptará a ellas.

La que más se utilizará será la carpeta de “WORK”, esta carpeta estará formada por subcarpetas que crearemos con todas las superficies que diseñemos para crear nuestra pieza. Será nuestro entorno de trabajo.

Por último, se tendrá un “Body” único con el nombre de nuestra pieza y en el que estarán todos los “Bodys” que creemos y trabajemos para formar nuestra pieza.

Dentro del “Body” tendremos las operaciones booleanas que se utilicen con cada body y por último los radios de la pieza ya que esto evita que aparezcan errores al cambiar y actualizar la pieza.



Figura 26. Ejemplo Body. [Elaboración propia]

## 5.3 Publicaciones

Una herramienta indispensable en el diseño con esta metodología que separa a cada pieza en un archivo son las publicaciones.

Una publicación en CATIA V.5, permite vincular superficies o solidos de un archivo a otro. Si en el archivo de origen hay algún cambio de la publicación, se muestra en el archivo de destino y se actualiza la pieza.

Esto permite evitar colisiones entre piezas, también vincular una posición de los puntos de fijación etc.

Para crear una publicación en CATIA V.5 vamos a seguir la ruta que aparece en la Figura 27. Ruta para acceder a Publicaciones. [Elaboración propia]. Una vez seleccionado, pincharemos sobre la superficie o solido que deseamos crear una publicación. Para copiarla al archivo destinatario, copiaremos el componente y pulsaremos el botón derecho del rato- Paste Special- Paste with link.

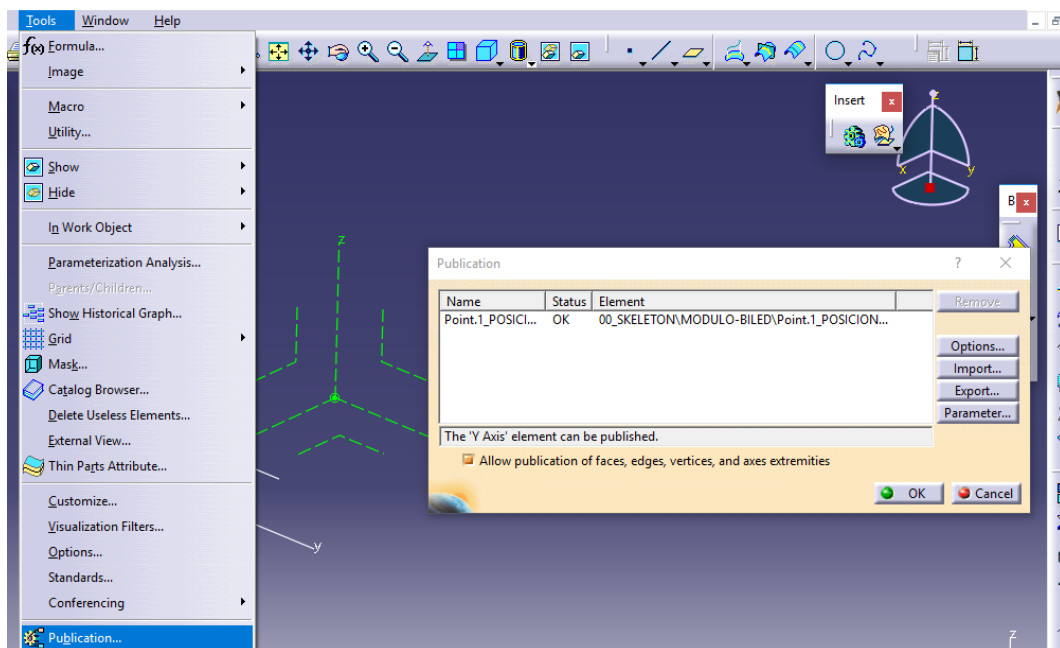


Figura 27. Ruta para acceder a Publicaciones. [Elaboración propia]

## 6 CÁLCULO DE LOS MOVIMIENTOS DE REGULACIÓN

Este es el punto más importante para que una regulación sea óptima. Las posiciones de los puntos de accionamiento del movimiento deben de tener una serie de requisitos para que el esfuerzo que hace el motor y los esfuerzos que soportan el bracket sean los mínimos.

Todo cuerpo que realiza un giro alrededor de un eje tiene una resistencia, que es proporcional al **momento de inercia**. Dependiendo del eje de giro que escojamos, la resistencia será mayor o menor.

Lo ideal es que el eje de giro pase por el **Centro de gravedad** de la pieza que va a girar. En nuestro caso es imposible por lo que escogeremos los ejes más cercanos a este para intentar que el momento de inercia sea lo más pequeño posible:

$$I = \int x^2 \cdot dm \quad (1)$$

, donde dm es un cuerpo de masa y x la distancia de la masa al eje de giro.

Es importante situar el centro de gravedad del módulo ya que los 3 puntos de nuestro movimiento estarán contenidos en el mismo plano que el centro de gravedad para así tener basculado el peso del conjunto que soportara el bracket.

Los pasos seguidos para el cálculo de los puntos de movimiento son los siguientes:

1. Cálculo mediante CATIA del centro de gravedad de nuestro módulo



Figura 28. Centro de gravedad [Elaboración propia]

2. Posicionamiento de los 3 puntos del movimiento en un plano contenido en centro de gravedad. Estos puntos tendrán que estar fuera del área del módulo para que este pueda montarse en el bracket.

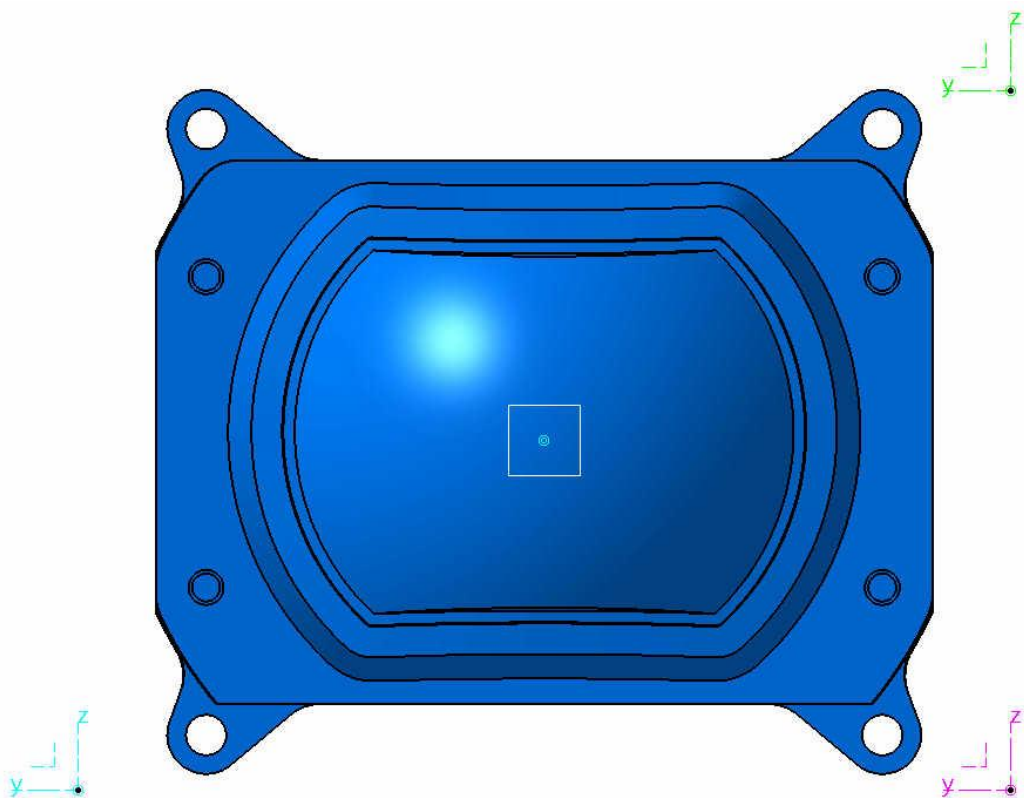


Figura 29. Puntas movimiento. [Elaboración propia]

3. Para Elegir el **punto fijo**, observaremos cual es el que está más cerca del centro de gravedad, y los ejes estarán más cerca del centro de gravedad (en nuestro caso al ser un módulo simétrico todos los puntos los hemos puesto a la misma distancia). El punto fijo debe estar ser el intermedio para hacer ejes de movimiento puro.

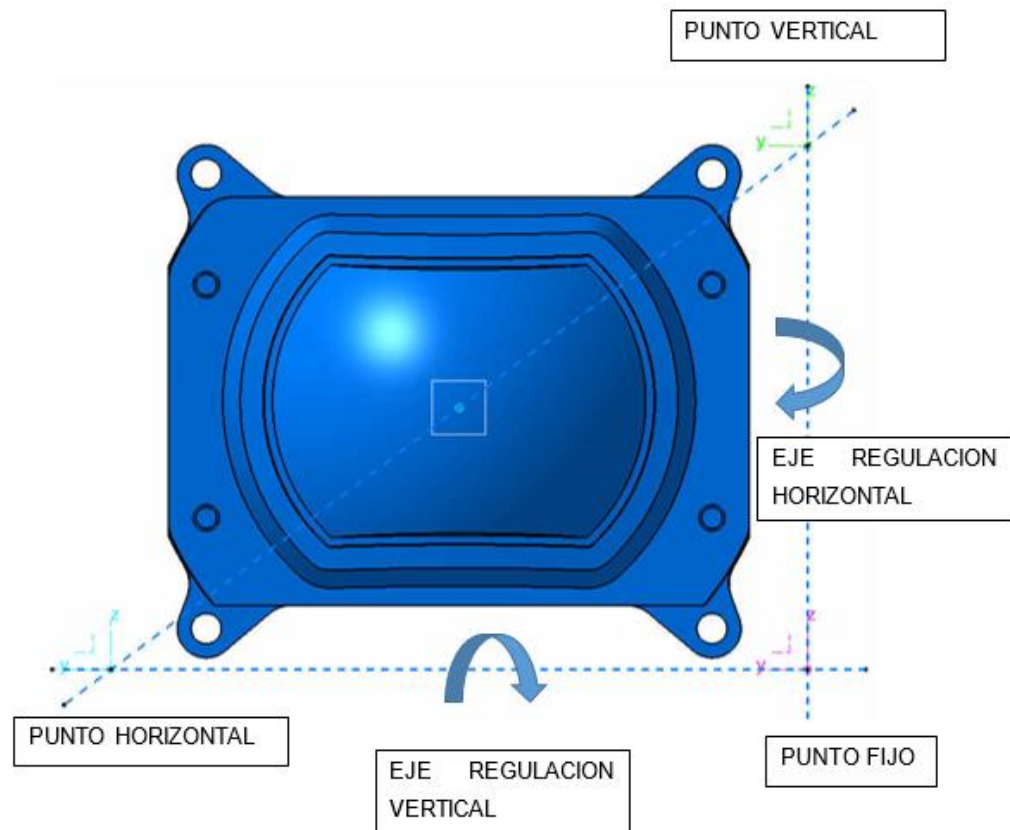


Figura 30. Distribución de los puntos y ejes de regulación. [Elaboración propia]

Para mayor eficacia, el centro de gravedad tendría que estar contenido en el triángulo que forman los tres puntos.

Una vez definidos los puntos de accionamientos, pasamos a calcular en 3D a partir de CATIA V.5 los movimientos que realizara el módulo y así poder asegurarnos que tendrá un **espacio de 2mm con el resto de las piezas** de alrededor para salvar las tolerancias que se puedan ocasionar.

El cliente será el encargado de definir el Angulo de giro que se necesitará para la regulación optima del módulo, en nuestro caso utilizaremos:

- Angulo regulación horizontal:  $\pm 2.5^\circ$
- Angulo regulación vertical:  $\pm 3^\circ$

Una vez definidos los ángulos, pasaremos a diseñar los movimientos máximos del módulo:

- **Movimiento horizontal + 2.5°:**

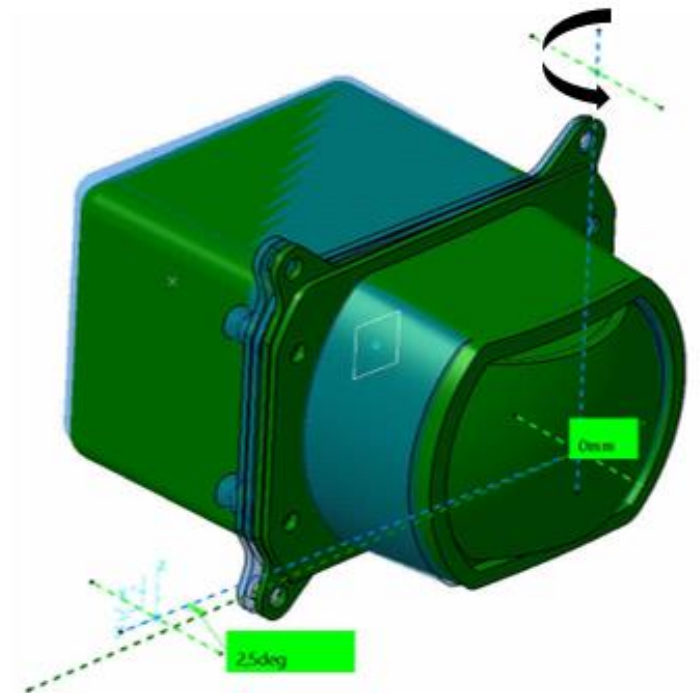


Figura 31. Movimiento horizontal +2.5°. [Elaboración propia]

- **Movimiento horizontal - 2.5°:**

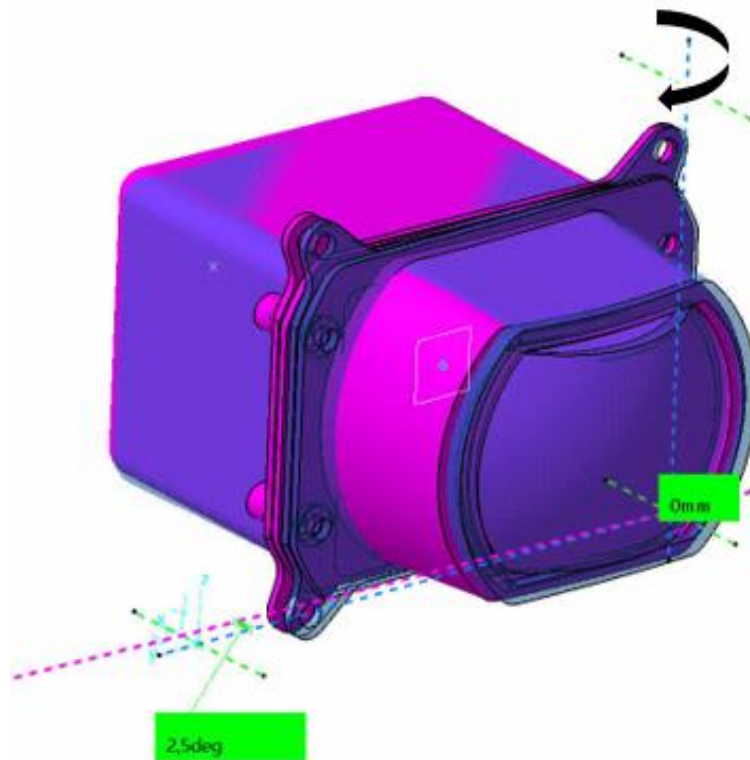


Figura 32. Movimiento horizontal -2.5°. [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical +3°:**

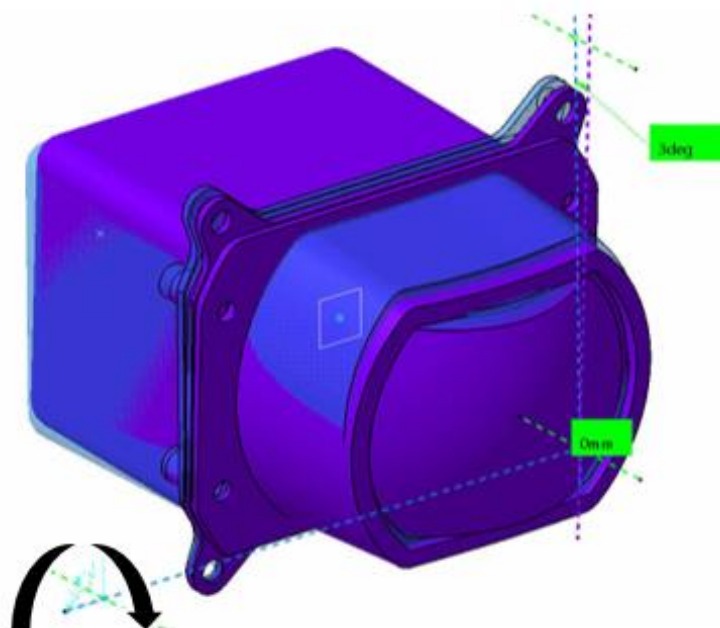


Figura 33. Movimiento vertical +3°. [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical  $-3^\circ$ :**

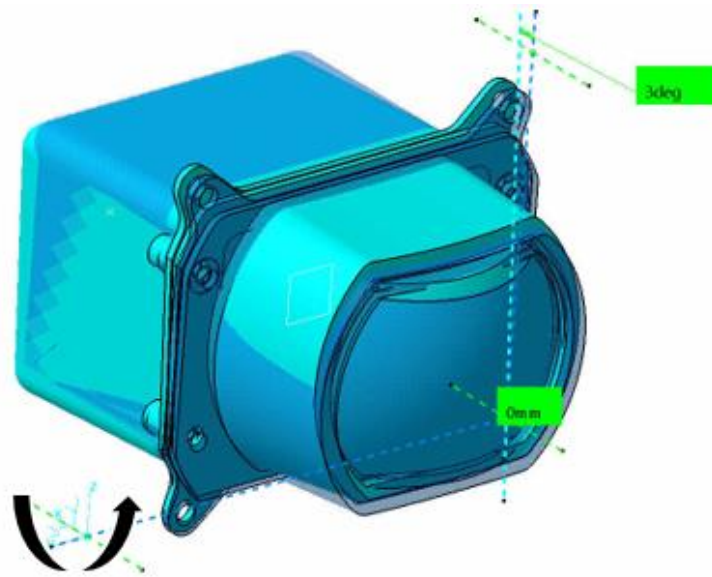


Figura 34. Movimiento vertical  $-3^\circ$ . [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical  $+3^\circ$  y movimiento horizontal  $+2.5^\circ$ :**

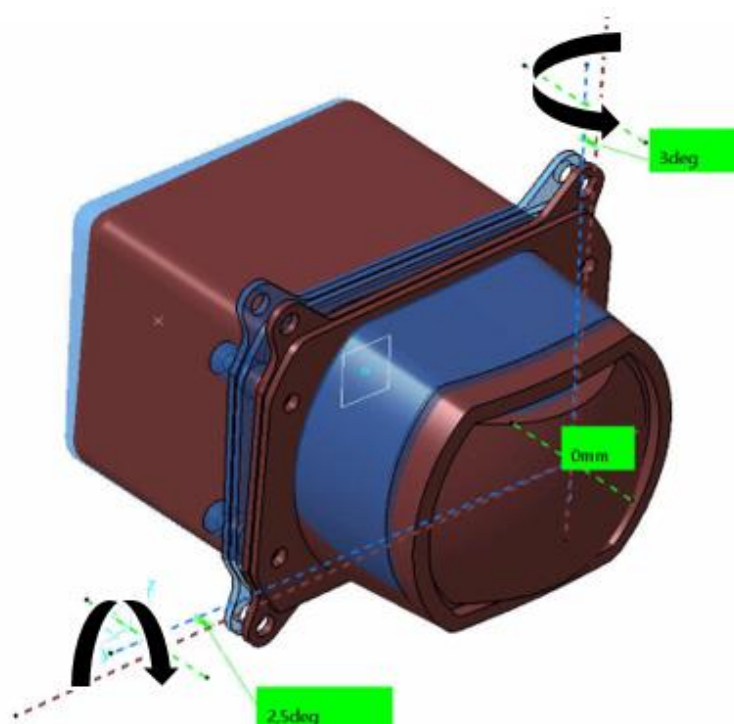


Figura 35. Movimiento vertical  $+3^\circ$  y horizontal  $+2.5^\circ$ . [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical +3° y movimiento horizontal - 2.5°:**

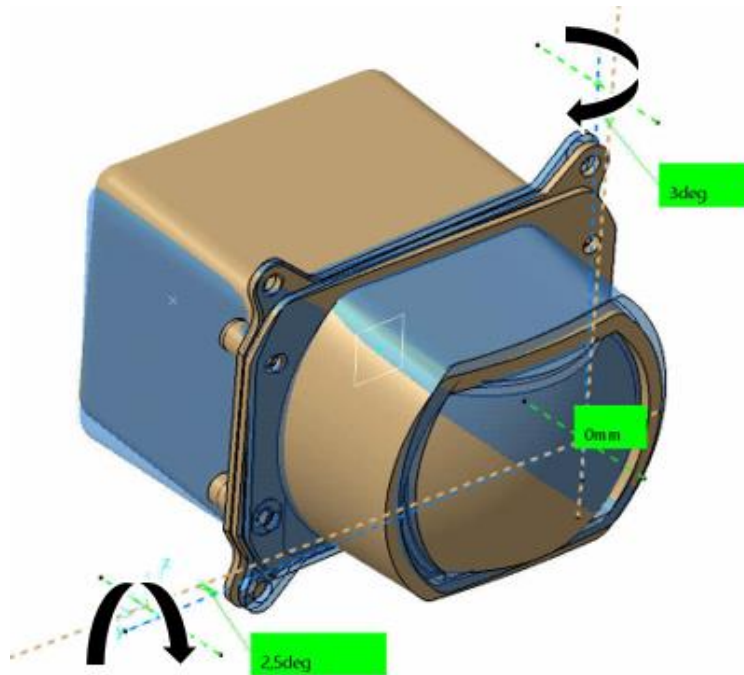


Figura 36. Movimiento vertical +3° y horizontal -2.5°. [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical -3° y movimiento horizontal + 2.5°:**

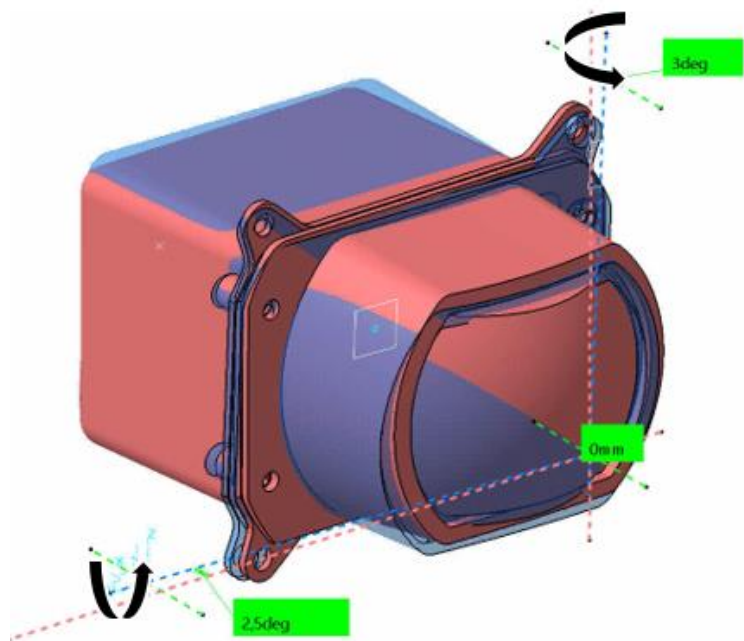


Figura 37. Movimiento vertical -3° y horizontal +2.5. [Elaboración propia]

- **Movimiento vertical -3° y movimiento horizontal - 2.5°:**

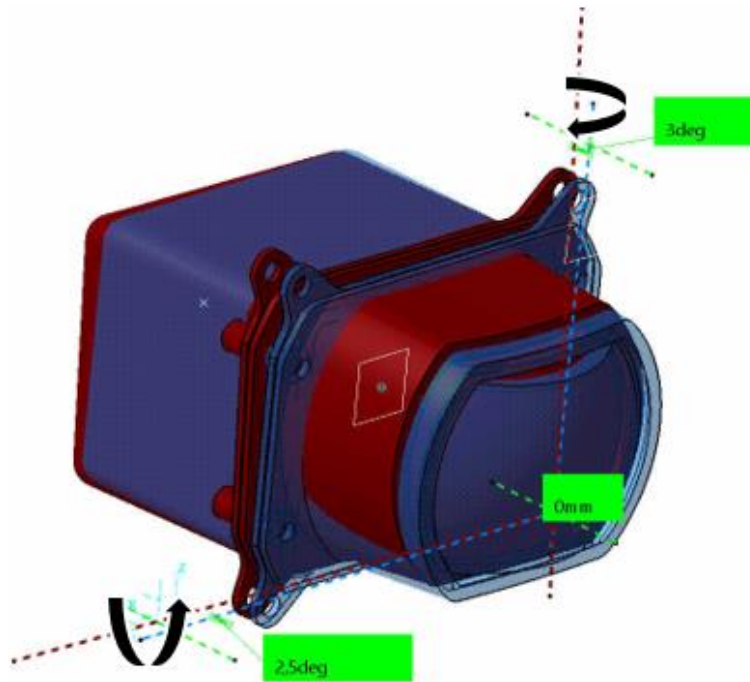


Figura 38. Movimiento vertical -3° y horizontal -2.5°. Elaboración propia

## 7 DISEÑO DE LOS ENGRANAJES A PARTIR DE CATIA V.5

### 7.1 Definición Engranaje y tipos

El engranaje es una pieza que sirve para transmitir un movimiento giratorio o alternativo de un punto a otro. Es una pieza dentada que se acopla a otro engranaje con unos parámetros adecuados que consiguen transmitir el movimiento y la potencia que se desean.

Cuando dos o más engranajes transmiten un movimiento se denomina tren de engranajes.

Estos son los principales tipos según su forma:

- Engranaje recto: tienen los dientes rectos y paralelos al eje giratorio. El engranaje acoplado debe ser recto y su eje paralelo al otro eje giratorio. Es el engranaje más simple.
- Engranaje helicoidal: Los dientes no son paralelos al eje giratorio, su utilidad es parecida a la del engranaje recto, pero es más silencioso. Al tener los dientes inclinados aparecen fuerzas y rozamientos que en el recto no. A veces se utiliza para ejes no paralelos.
- Engranaje cónico: tienen forma cónica y sus dientes pueden ser rectos o con un ángulo respecto a su eje giratorio. Los ejes de dos engranajes cónicos acoplados se intersectan, pudiendo ser perpendiculares.

Depende de hacia dónde queramos llevar nuestro movimiento utilizaremos engranajes con ejes paralelos o engranajes con ejes perpendiculares:

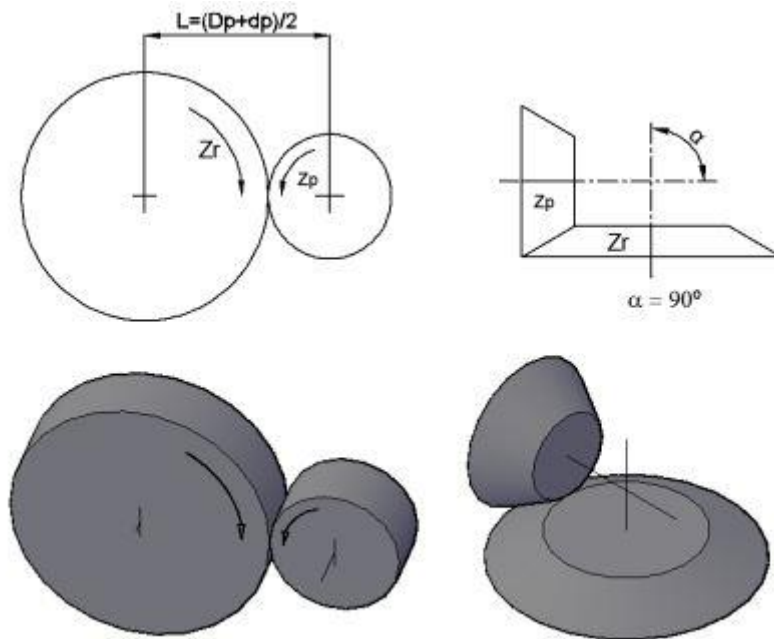


Figura 39. Engranajes con ejes paralelos y ejes perpendiculares. [28]

En este trabajo solo se busca llevar el movimiento de un punto a otro sin modificar la velocidad o la potencia de entrada y de salida. Por lo que la relación de velocidades  $i = (z_1/z_2) = (D_1/d_2) = 1$ , esto quiere decir que la velocidad es la misma y que  $D_1 = d_2$ , por lo que los engranajes que se van a acoplar serán iguales.

## 7.2 Diseño engranajes

Para el diseño de los engranajes nos vamos a apoyar en CATIA V.5. Vamos a crear un archivo en CATIA V.5 en el que introduciremos las fórmulas para calcular los datos necesarios para dibujar en 3D los engranajes. Partiremos de que los engranajes que acoplaremos serán iguales y lo reflejaremos en las formulas.

### 7.2.1 Engranaje Cilíndrico Recto.

Los parámetros que se van a utilizar para definir un engranaje cilíndrico van a ser:

**Módulo (m)**

**Numero de dientes (Z)**

**Ángulo de presión (alfa)**

**Ángulo de hélice (beta)**

Estos serán los parámetros que podremos elegir en CATIA v.5 para definir el engranaje que deseamos, aunque algunos de estos parámetros tienen unos valores determinados por la normativa UNE 18-005-84 ya que son los más utilizados.

Comenzaremos definiendo los parámetros anteriores en CATIA V.5, los demás parámetros dependerán de estos. Para añadir parámetros utilizaremos el comando

“formula” .

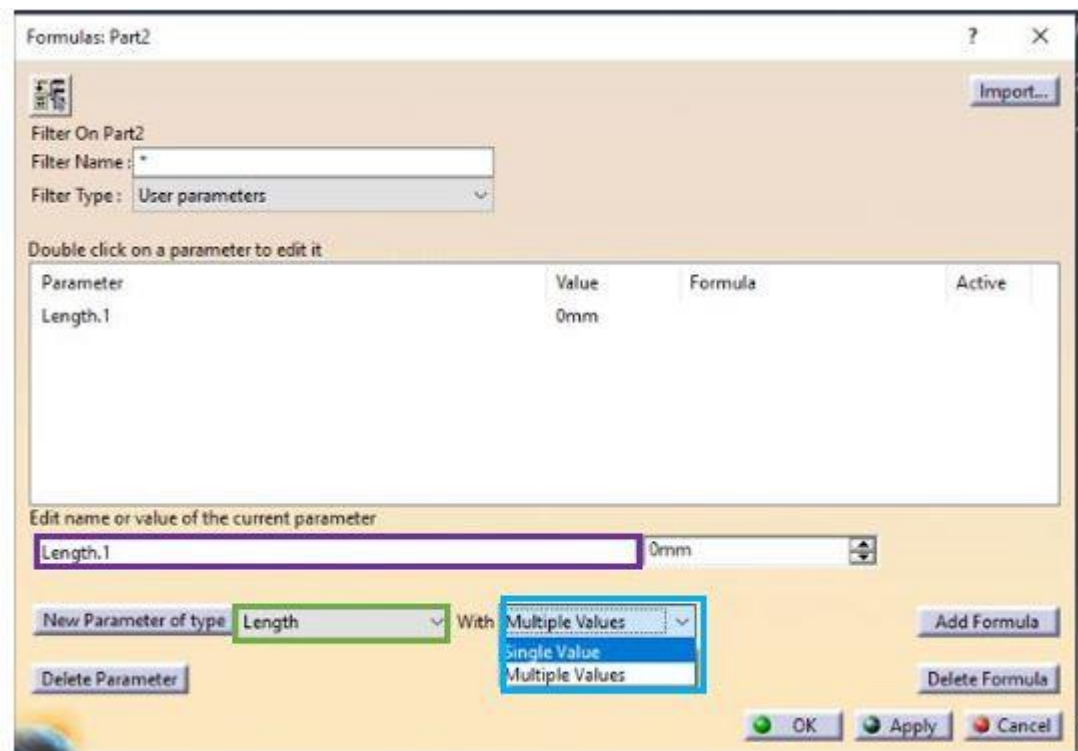


Figura 40. Entorno comando “Formula”. [Elaboración propia]

1. Tipo de parámetro: En primer lugar, se tendrá que definir el tipo de parámetro, ya sea una medida, un ángulo, un número real, etc...
2. Definición de los valores: En segundo lugar, se puede definir el parámetro como un valor que nosotros podremos cambiar manualmente o como un valor múltiple en el que añadiremos una lista y seleccionaremos nosotros uno de ellos.
3. Nombre: Por último, se asignará un nombre al parámetro.

Los parámetros utilizados en este apartado se encuentran definidos y con su fórmula adjunta en el “11.1 Cálculo Engranaje recto”

**Módulo (m):** Para este parámetro lo definiremos como tipo longitud, múltiple valor y nombre se le asignará “m”. Según la normativa los valores del módulo serán los siguientes:

*Módulos m*

| I    | II    |
|------|-------|
| 1    |       |
| 1,25 | 1,125 |
| 1,5  | 1,375 |
| 2    | 1,75  |
| 2,5  | 2,25  |
| 3    | 2,75  |
| 4    | 3,5   |
| 5    | 4,5   |
| 6    | 5,5   |
| 8    | (6,5) |
| 10   | 7     |
| 12   | 9     |
| 16   | 11    |
| 20   | 14    |
| 25   | 18    |
| 32   | 22    |
| 40   | 28    |
| 50   | 36    |
|      | 45    |

Figura 41. Lista módulos según la norma UNE 18-005-84. [5]

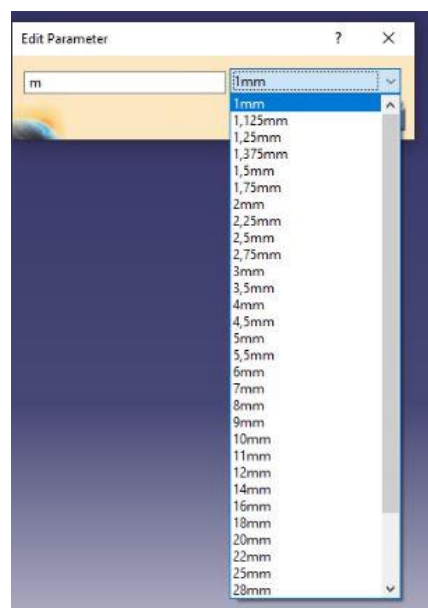


Figura 42. Parámetro módulo en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Numero de dientes (Z):** El tipo de parámetro será REAL, con valores múltiples del 23 al 90 en números enteros ya que son los más utilizados y evitamos que se le asignen números decimales. El nombre que se le asignará será “Z”.

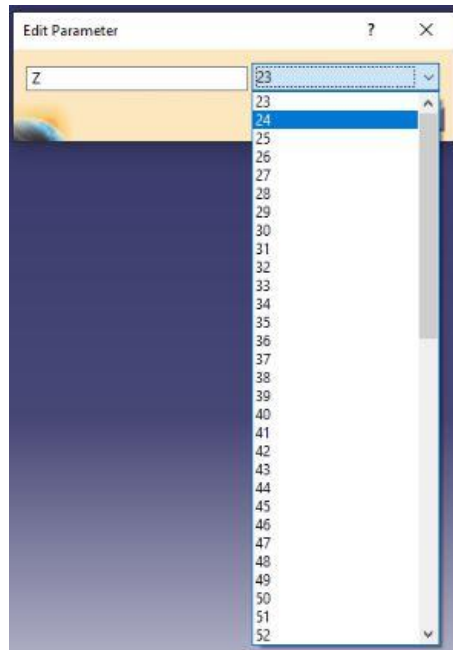


Figura 43. Parámetro número de dientes en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo de Presión (alfa):** el tipo de parámetro será ángulo, escogeremos parámetro de múltiple valor ya que los más utilizados son 14,5°; 20°; 22,5°; 25°. Se le asignará el nombre “alfa”

**Ángulo de Hélice (beta):** el tipo de parámetro será ángulo, escogeremos parámetro de múltiple valor ya que los más utilizados son 0°; 5°; 10°; 15°; 20°; 23°; 30°; 35°; 40°; 45°. Se le asignará el nombre “beta”

Una vez definidas los parámetros principales, se van a definir los parámetros secundarios que dependen de estos y que terminaran de definir el engranaje.

Para asignar una fórmula a los parámetros en CATIA se selecciona el comando “Formula”  de nuevo y se observa en la Figura 40. Entorno comando “Formula”. [Elaboración propia] el comando “Add Formula” y aparece la siguiente ventana para añadir la formula a partir de los parámetros anteriores.

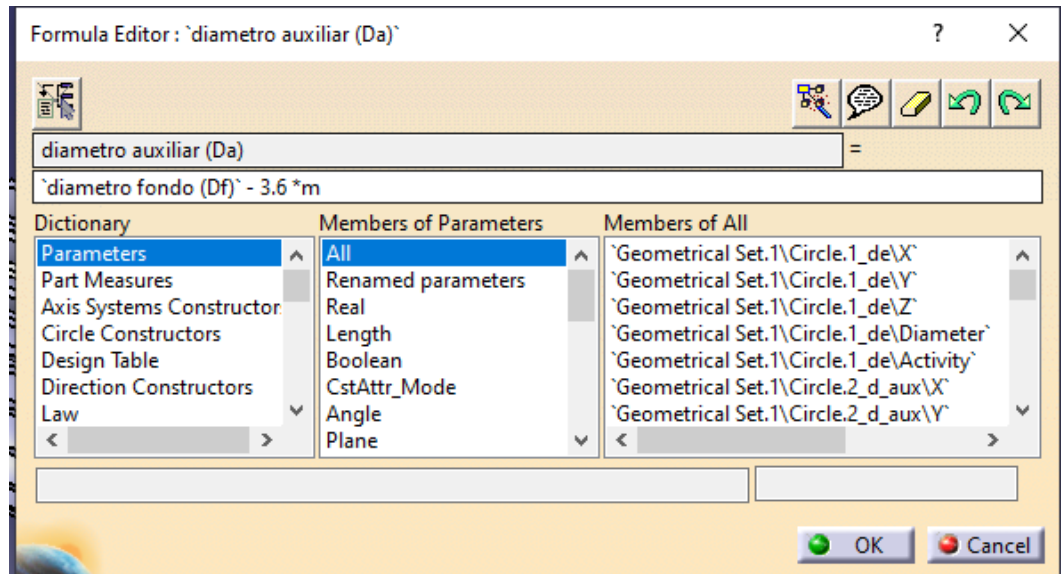


Figura 44. Ejemplo parámetro con formula asignada. [Elaboración propia]

**Diámetro Primitivo (Dp):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (5).

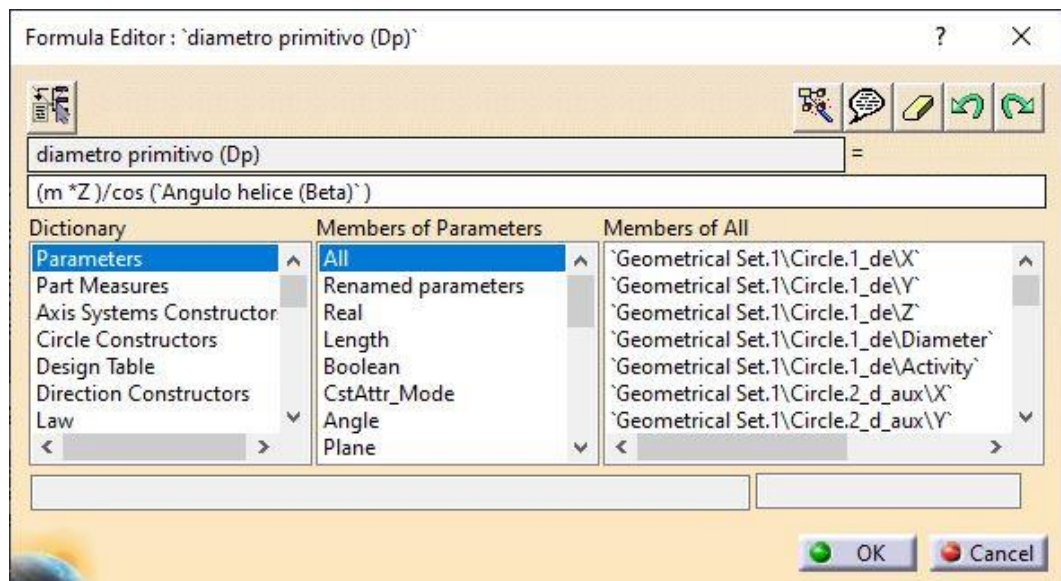


Figura 45. Formula Diámetro primitivo Catia. [Elaboración propia]

**Diámetro Base (Db):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (6).

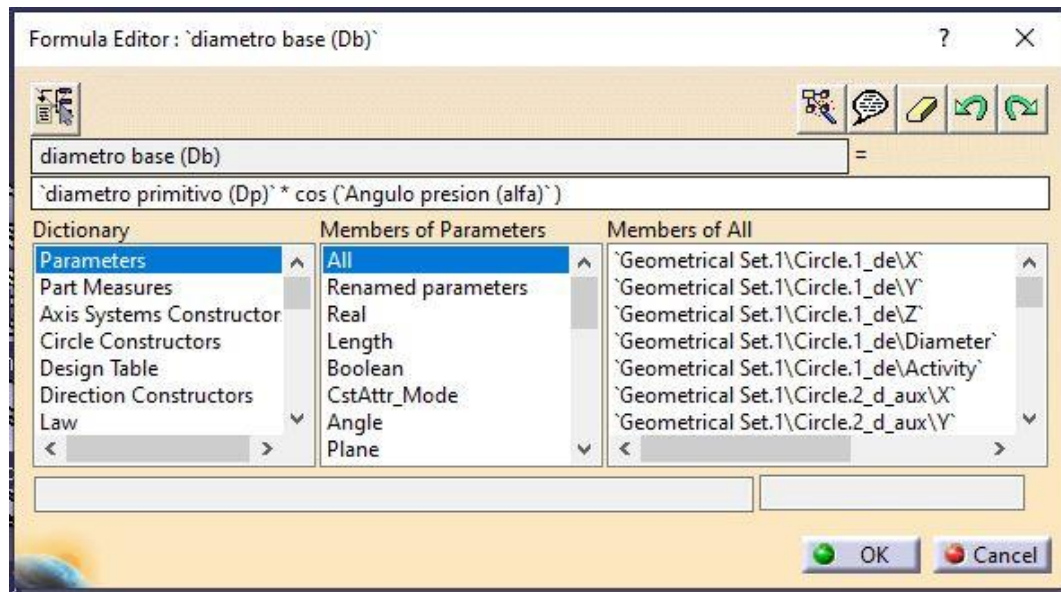


Figura 46. Formula Diámetro base Catia. [Elaboración propia]

**Diámetro exterior (De):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (7).

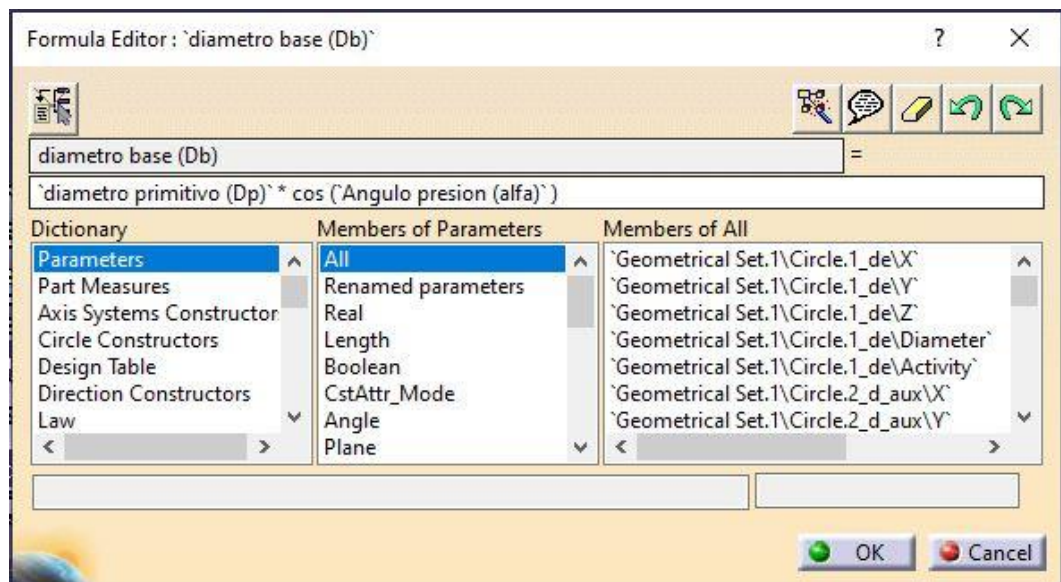


Figura 47. Formula Diámetro exterior. [Elaboración propia]

**Addendum (a):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (8).

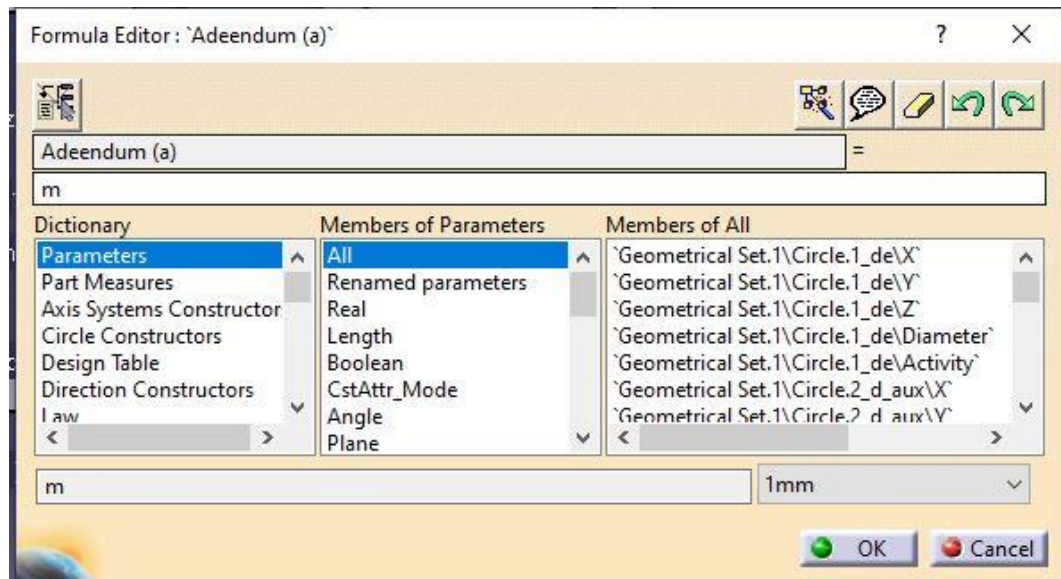


Figura 48. Formula addendum. [Elaboración propia]

**Dedendum (b):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (9).

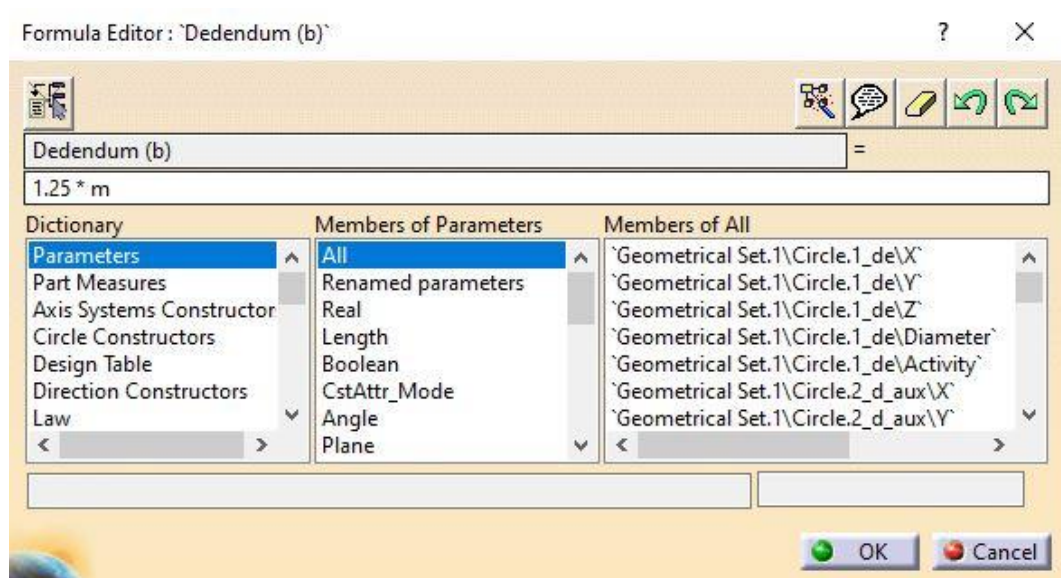


Figura 49. Formula dedendum. [Elaboración propia]

**Espacio libre fondo (c):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (10).

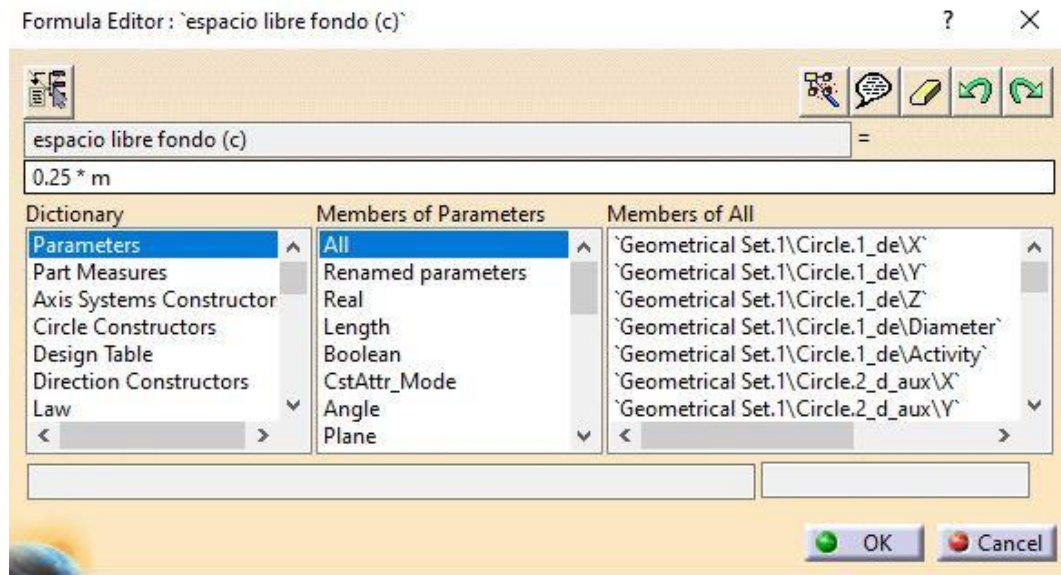


Figura 50. Formula espacio libre fondo. [Elaboración propia]

**Diámetro de fondo (Df):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (11).

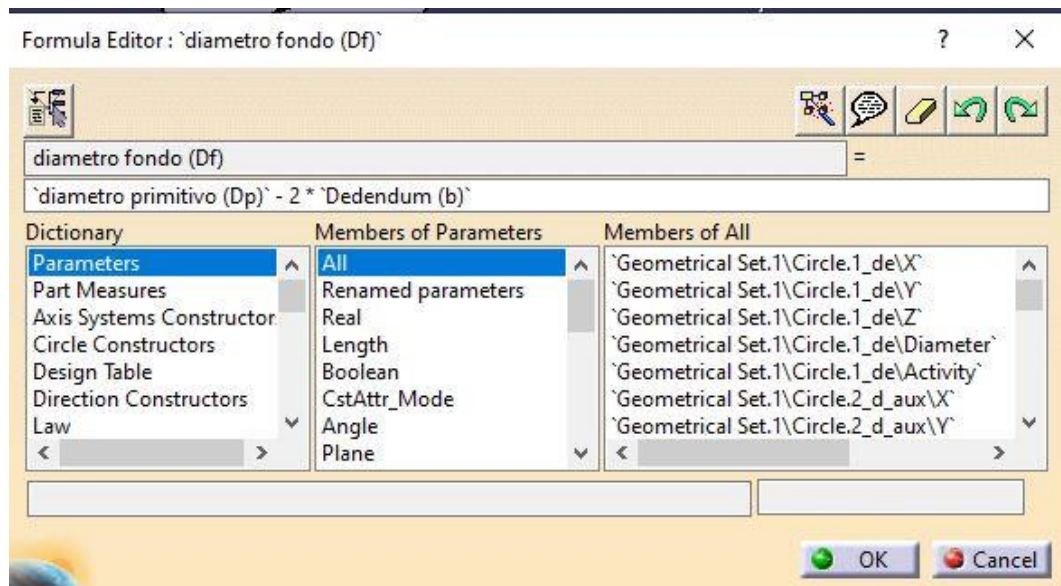


Figura 51. Formula Diámetro de fondo Catia. [Elaboración propia]

**Profundidad diente (H):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (12).

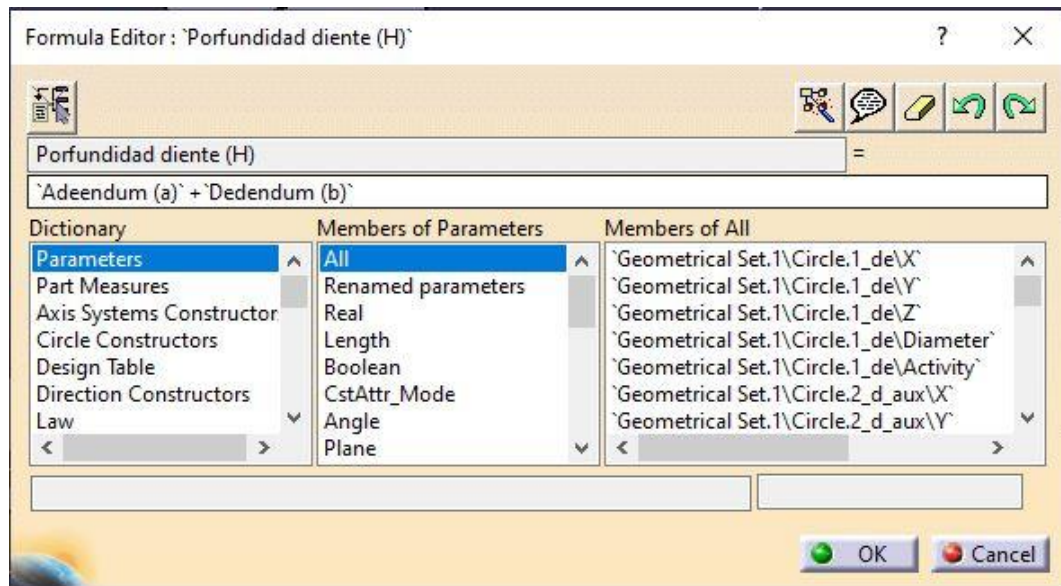


Figura 52. Formula Profundidad diente. [Elaboración propia]

**Paso nominal (pn):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (13).

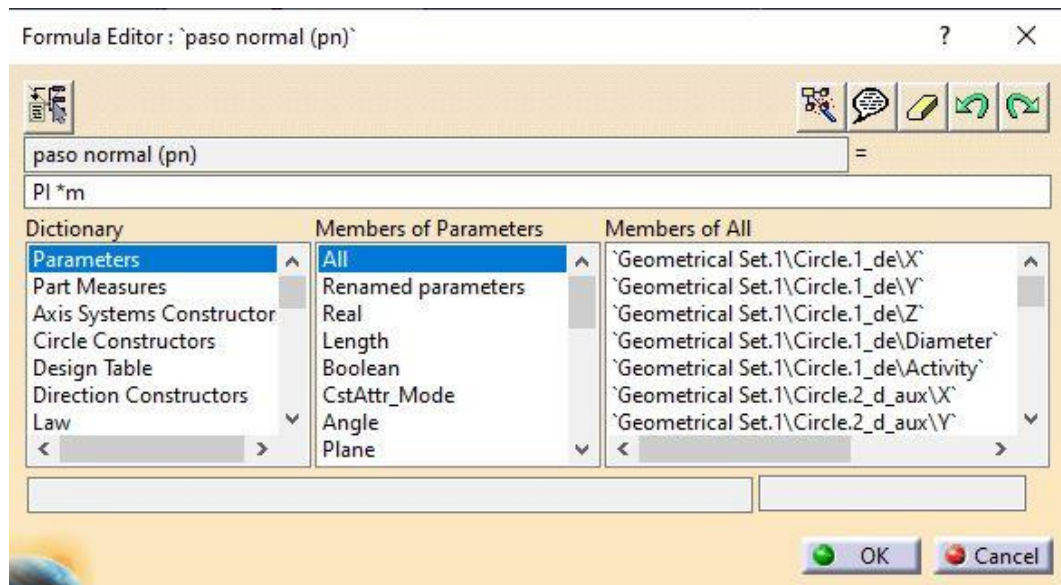


Figura 53. Formula paso normal Catia. [Elaboración propia]

**Ancho diente (B):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (14).

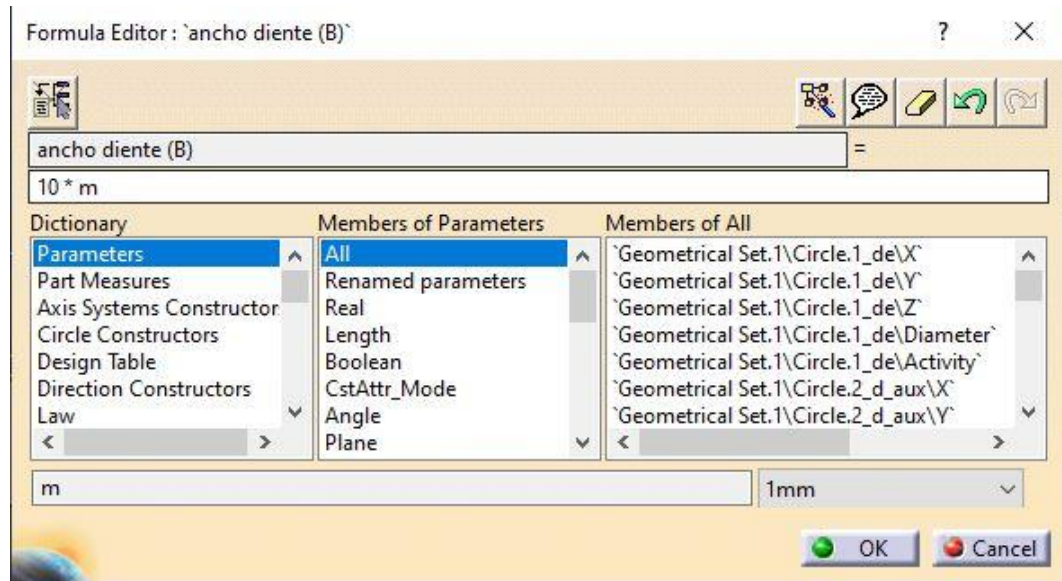


Figura 54. Formula ancho diente Catia. [Elaboración propia]

Una vez que tenemos todos los parámetros definidos en CATIA V.5 se va a comenzar a realizar el diseño en 3D del engranaje recto.

Para empezar el diseño en 3D se necesita un punto de partida para la situación de la pieza y los planos principales para apoyarse en ellos, en nuestro caso utilizaremos el punto de coordenadas (0,0,0) y los planos principales.

Se van a definir las circunferencias principales del engranaje con el comando "Circle Definition" . Los datos de partida son el punto que define el centro de la circunferencia, el plano en el que estará contenida y el valor del diametro que lo relacionaremos con los parametros que tenemos definidos en CATIA.

Para el diametro añadiremos una formula para asignar el parametro que corresponda como se puede ver en la Figura 56. Asignar formula diámetro circunferencia CATIA. [Elaboración propia] con el ejemplo del diámetro exterior.

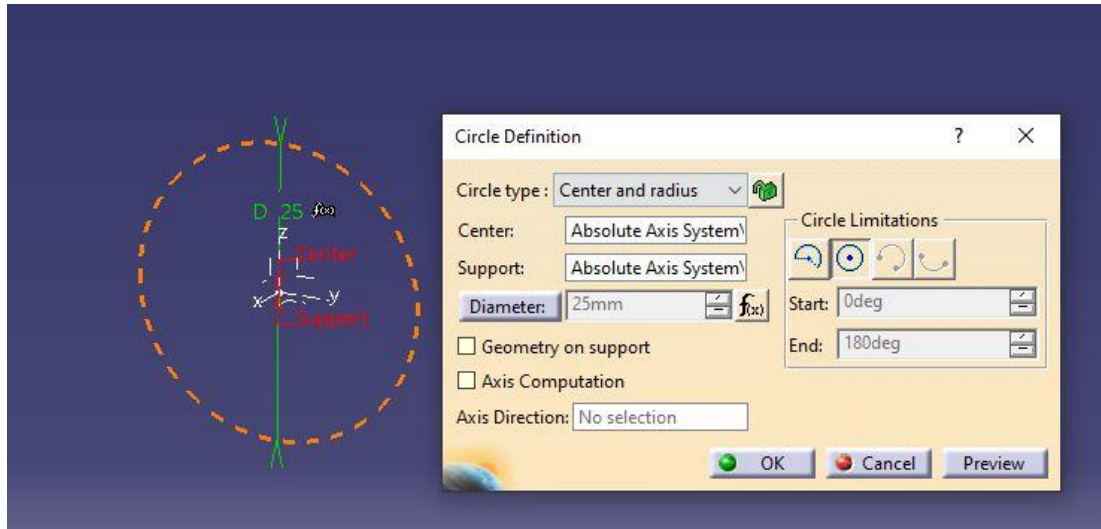


Figura 55. Comando círculo CATIA. [Elaboración propia]

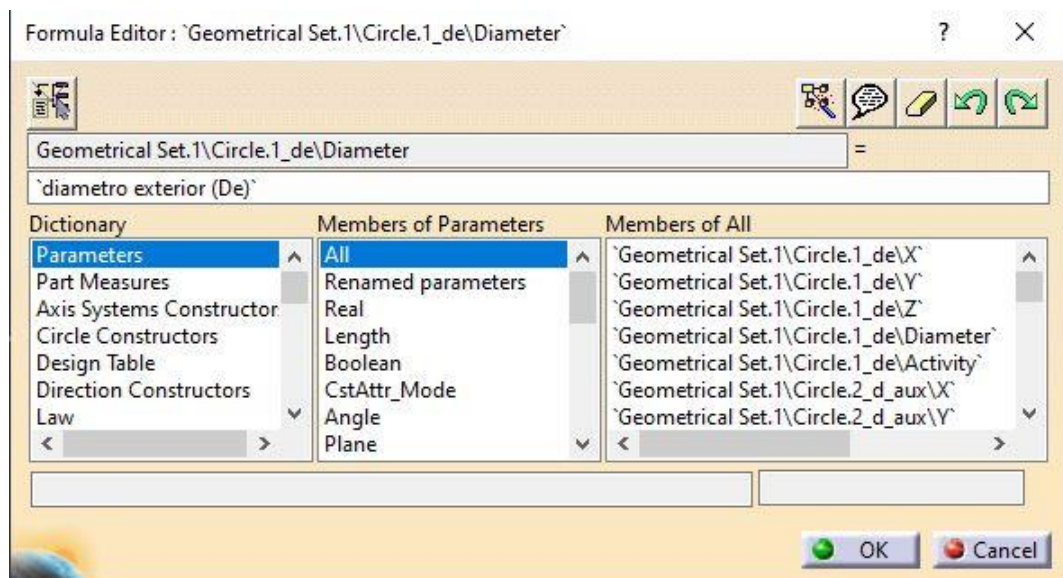


Figura 56. Asignar formula diámetro circunferencia CATIA. [Elaboración propia]

Realizamos estos pasos con las circunferencias que se necesitan definir:

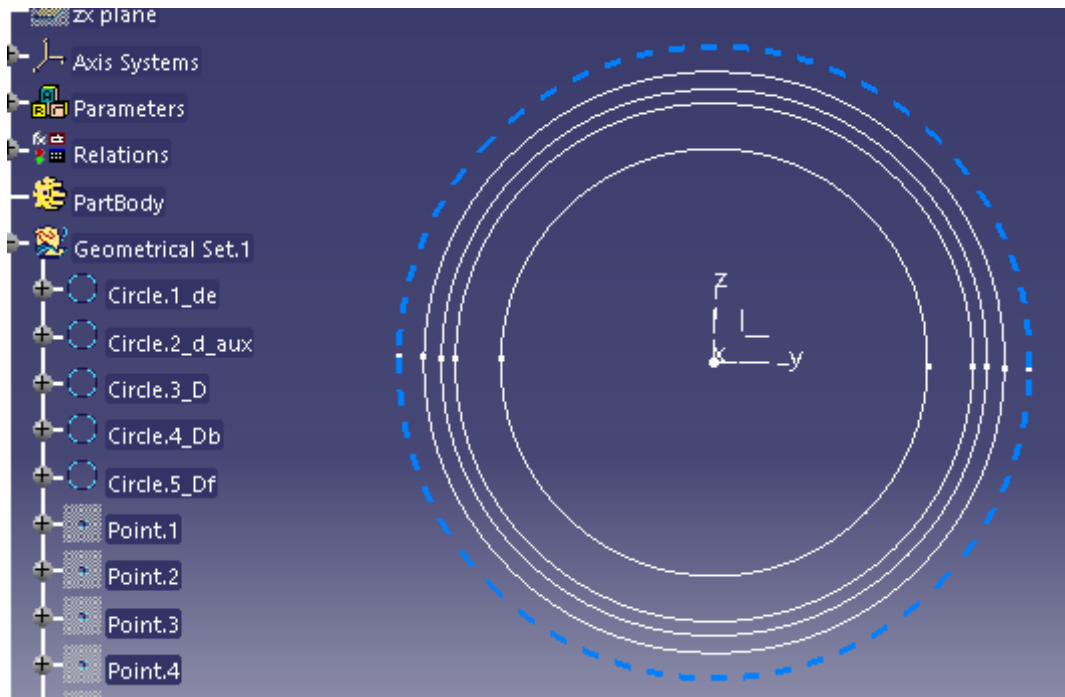


Figura 57. Representación circunferencias CATIA. [Elaboración propia]

Una vez que se han definido las circunferencias, se comienza a diseñar en 3D el engranaje. Para ello se construye un cilindro de circunferencia de Diámetro Exterior y un el ancho del diente (B) con el comando “Pad” .

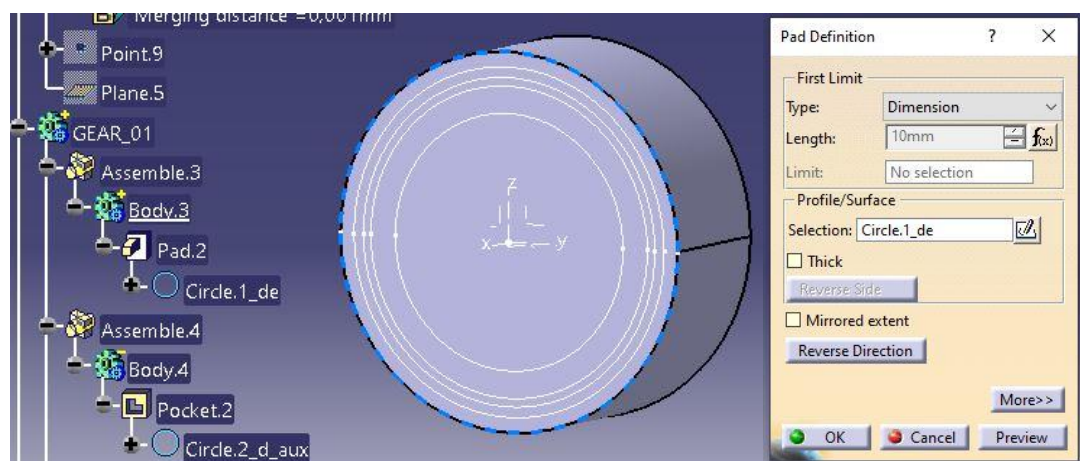


Figura 58. Comando Pad 3D de circunferencia De. [Elaboración propia]

Para quitar material y dejar un anillo utilizaremos el comando “Pocket” . Seleccionamos la circunferencia con diámetro auxiliar creando un cilindro con ese

diámetro que se le eliminara al cilindro anterior como se puede observar en la Figura 59. Comando Pocket para eliminar material. [Elaboración propia].

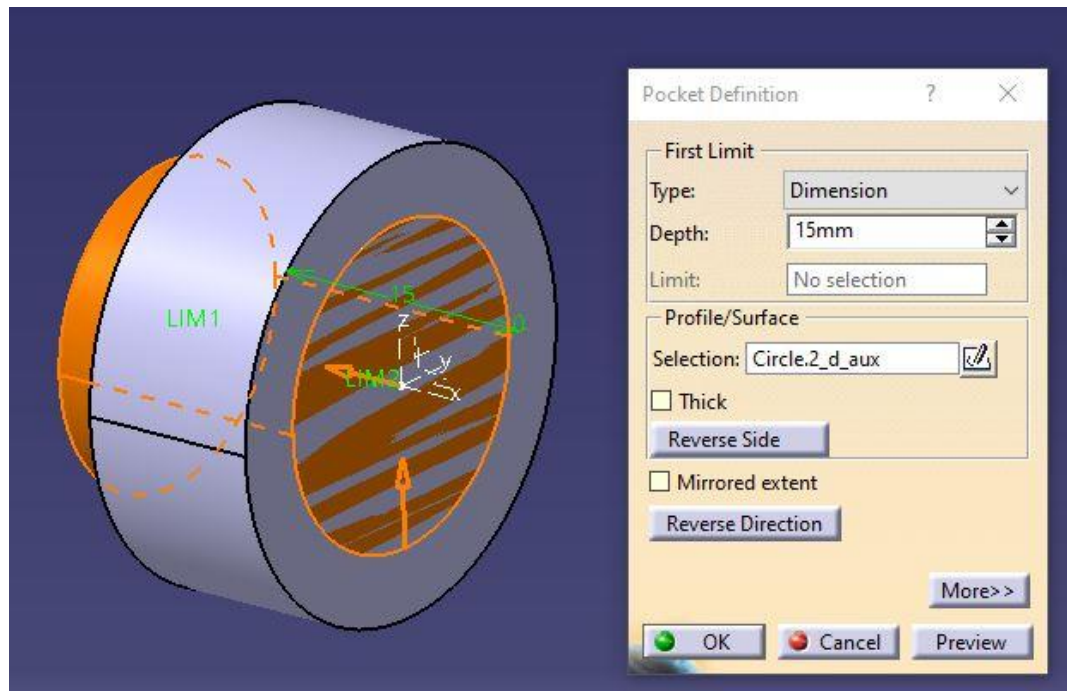


Figura 59. Comando Pocket para eliminar material. [Elaboración propia]

Una vez que tenemos el sólido definido, el siguiente paso será definir la forma de los dientes teniendo en cuenta los parámetros anteriores.

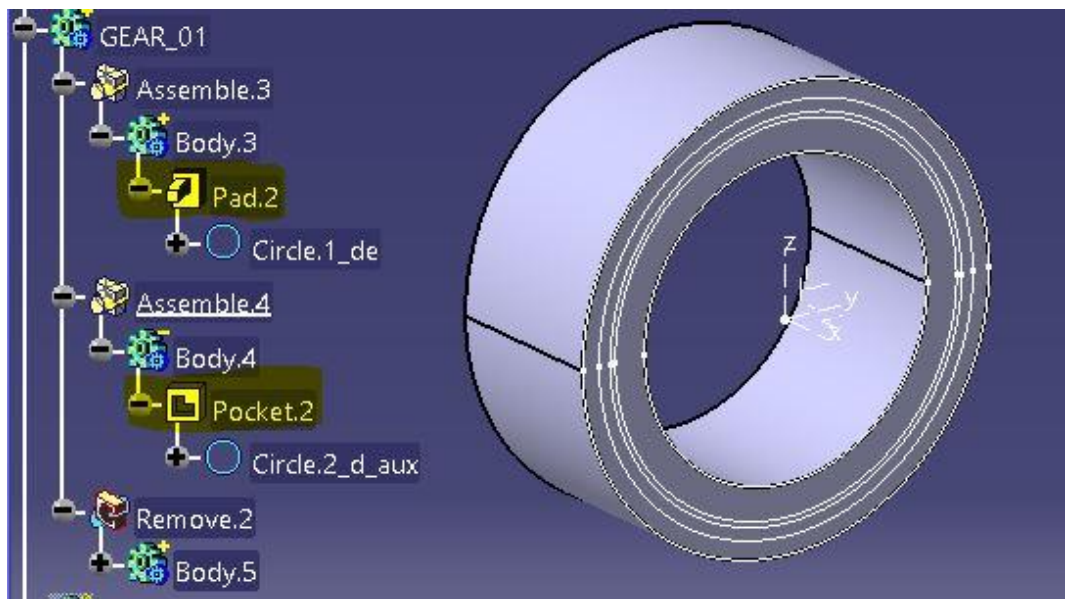


Figura 60. Sólido GEAR 01 sin el dentado definido. [Elaboración propia]

A continuación, se va a definir el diseño del dentado del engranaje. La curva que forma el diente de un engranaje recto es una involuta. Se utiliza esta curva ya que hace que la relación de transmisión sea constante.

Las fórmulas para crear una involuta son:

$$y = \frac{Db}{2} (\cos(t) + t \cdot \sin(t)) \quad (2)$$

$$z = \frac{Db}{2} (\sin(t) + t \cdot \cos(t)) \quad (3)$$

, siendo t un parámetro real y Db el diámetro base.

Para introducir las formulas en CATIA V.5 utilizaremos el entorno de **Knowledge Advisor**.

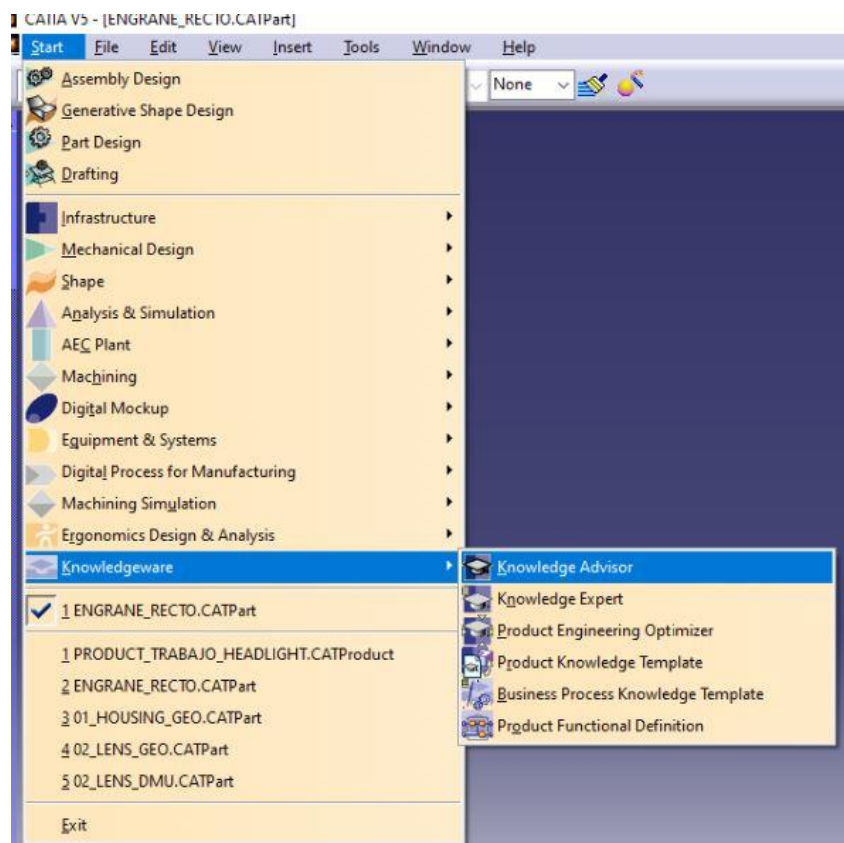


Figura 61. Paleta entorno KNOWLEDGE ADVIDOR. [Elaboración propia]

Utilizaremos el comando “Law Editor”  para definir la funciones de la involuta.

Para añadir la involuta en y se definen dos parámetros, “t” un parámetro real e “y” un parámetro length.

Para la involuta en z se definen dos parámetros, “t” un parámetro real y “z” un parámetro length.

Una vez definidos los parámetros, escribimos las ecuaciones (2) y (3) en el editor.

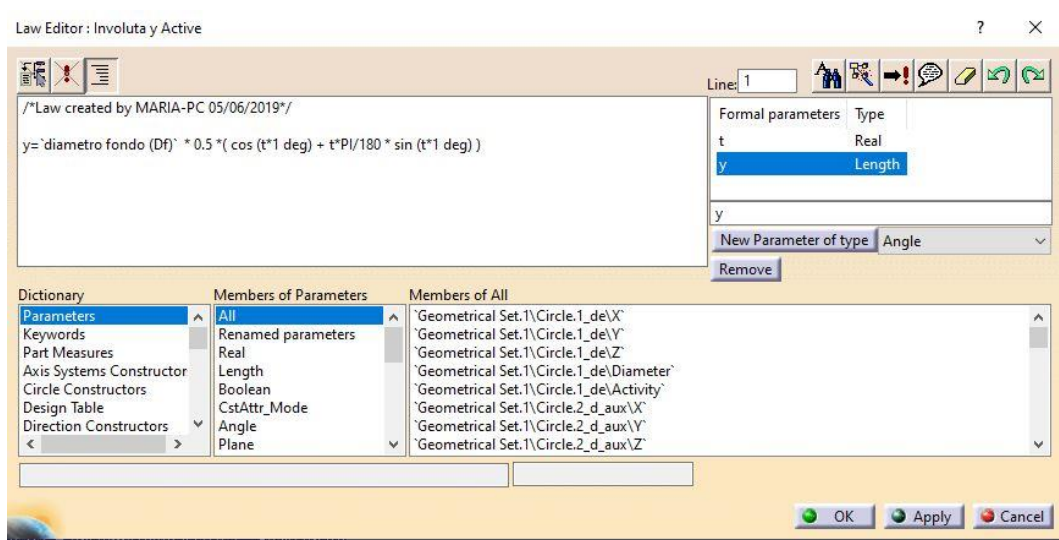


Figura 62. Definición involuta y. [Elaboración propia]

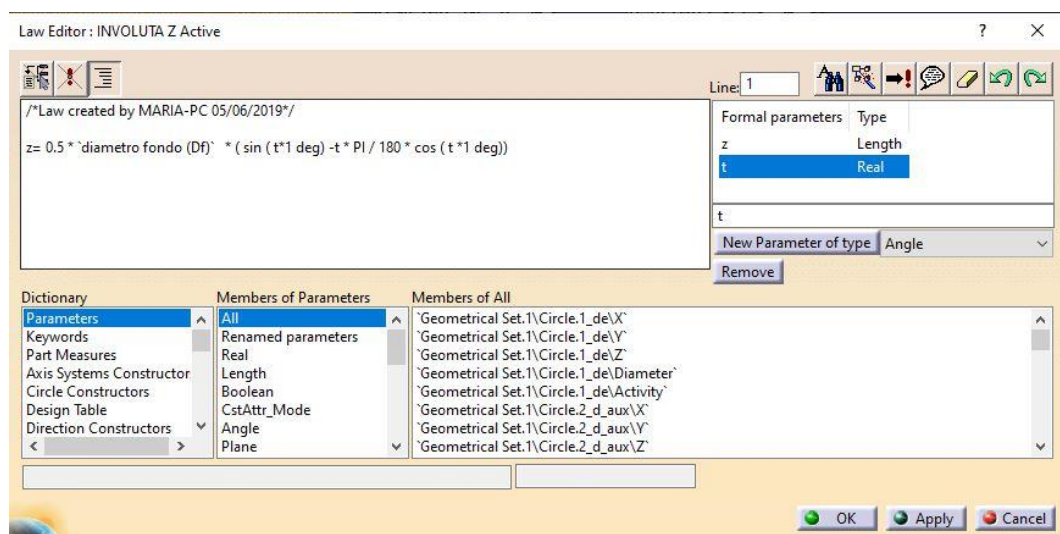


Figura 63. Definición involuta z. [Elaboración propia]

El siguiente paso es dibujar los puntos para t: (0,10,15,20,15) para definir la curva involuta. Para ello creamos puntos desde el entorno **Part Desing** y asociamos sus coordenadas (x,y,z) en (x = 0, y =involuta y, z=involuta z) .

Para definir el valor de la coordenada se debe asignar la siguiente formula a las coordenadas (x,y,z)

$$\begin{aligned}x &= 0 \\ y &= \text{'Relations\INVOLUTA Y'}. \text{Evaluate (t)} \\ z &= \text{'Relations\INVOLUTA Z'}. \text{Evaluate (t)}\end{aligned}$$

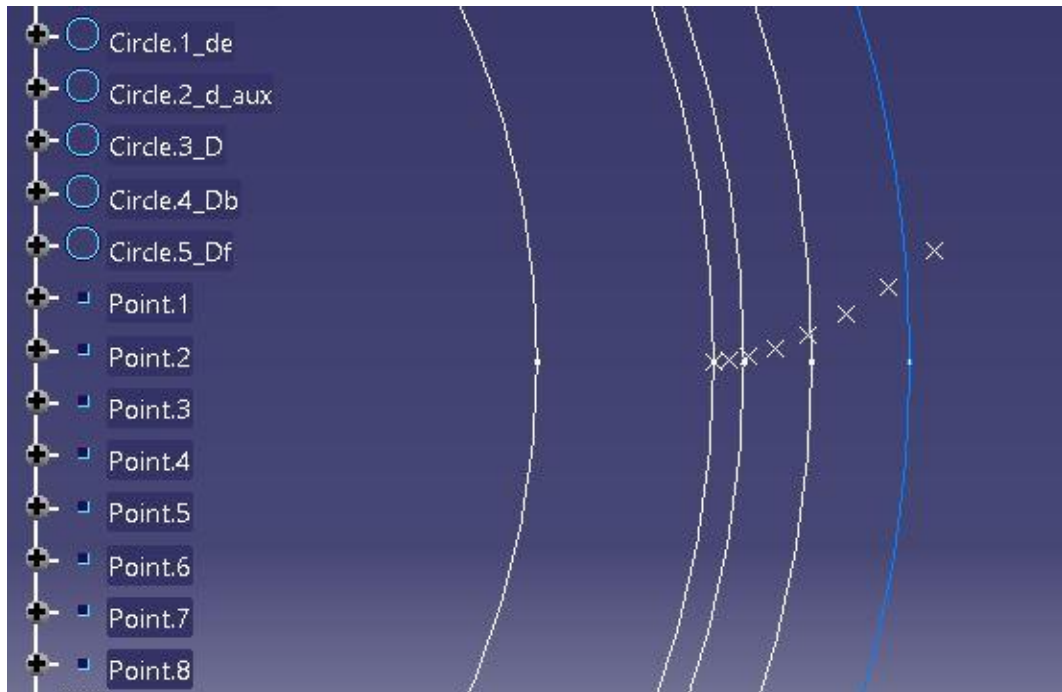


Figura 64. Puntos involuta. [Elaboración propia]

Una vez definidos los puntos que crearán la curva, vamos a definir el eje de simetría para crear la geometría de eliminación de material del engranaje.

Nos apoyaremos en un sketcher  para definir el boceto. Para ello nos apoyaremos en el plano ZY y proyectaremos en los puntos definidos anteriormente. Los uniremos con una Spline . Para definir el eje de simetría definiremos un arco con diámetro el valor de (Dp) .

Para crear el arco le indicaremos su centro en coordenadas (0, 0) que vaya desde la Spline y con un diámetro Dp (para parametrizar una circunferencia en Sketcher solo deja en radio). Una vez tenemos el arco crearemos unas líneas del centro cada punto del arco que tendrán un ángulo de  $((0,5 \cdot \pi) / (D_p \cdot 1 \text{deg} \cdot 180 / \pi))$ .



Figura 65. Definición eje simetría. [Elaboración propia]

Una vez definido el eje de simetría se dibujaría el resto de la geometría. Para definir el diámetro del engranaje en el hueco de los dientes, se definiría un arco con el valor de diámetro de fondo, y el resto sería una simetría como se puede observar en la Figura 66. Geometría para eliminar material. [Elaboración propia].

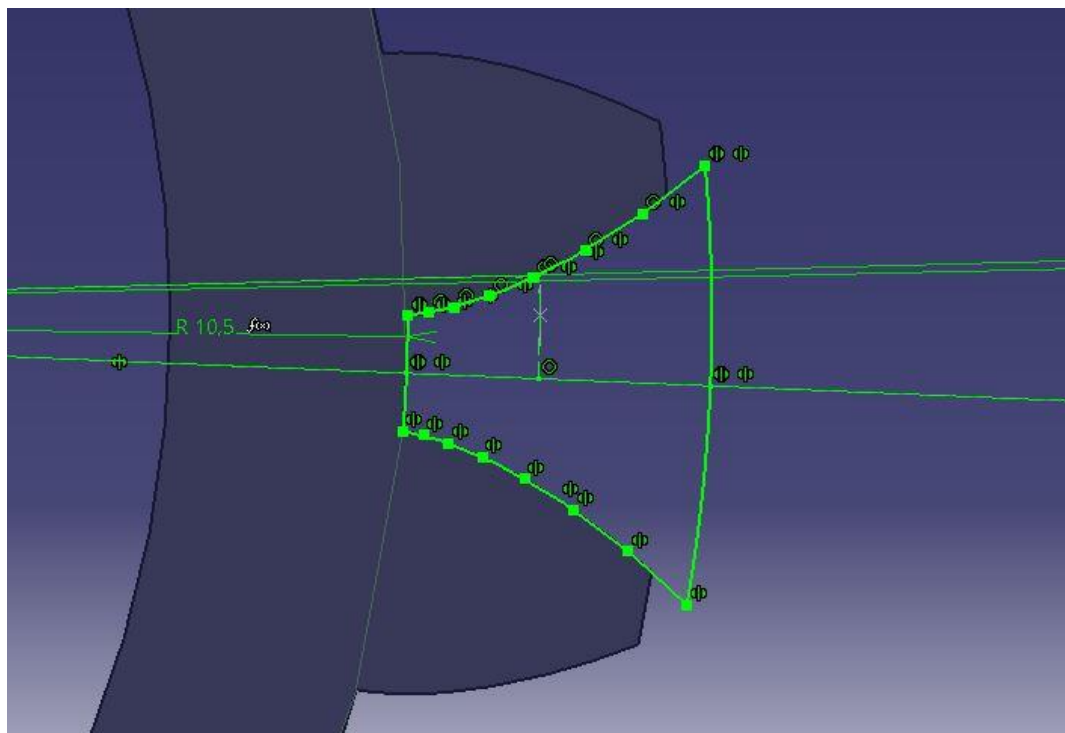


Figura 66. Geometría para eliminar material. [Elaboración propia]

Una vez definida la geometría, utilizaremos el comando Pocket para eliminar en el Body anterior.

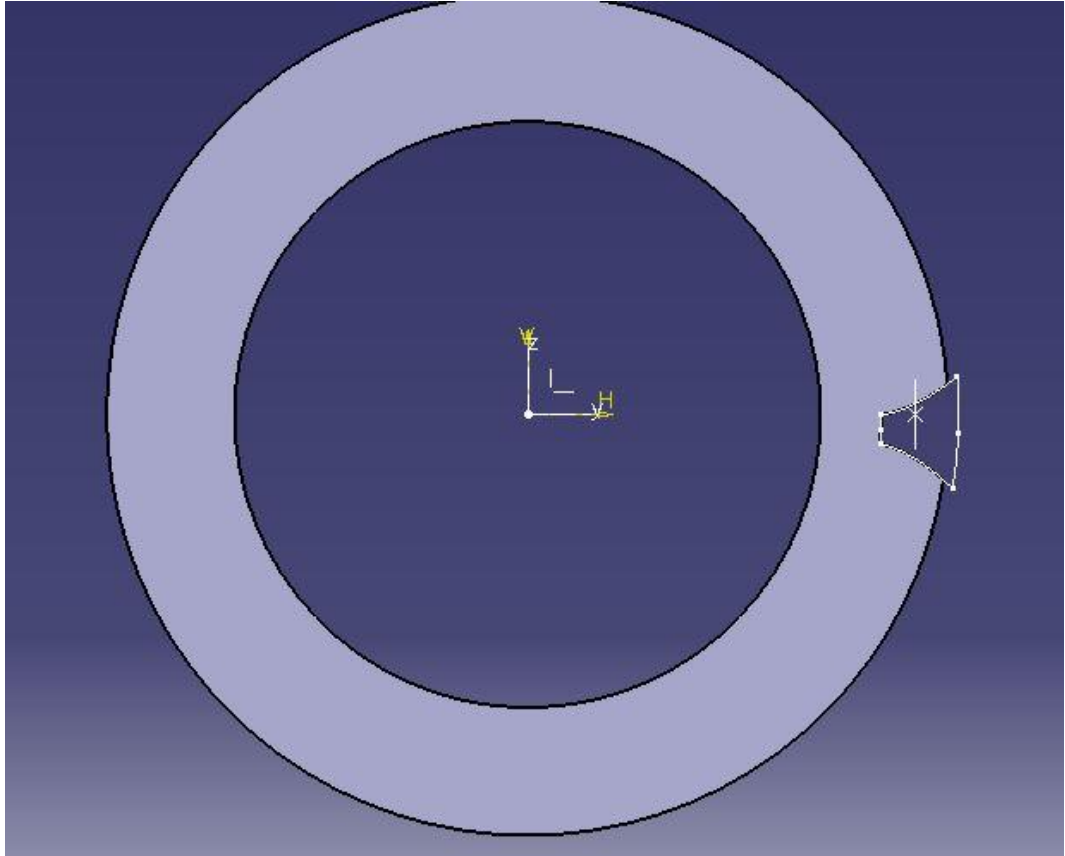


Figura 67. Eliminación material cilindro. [Elaboración propia]

El siguiente paso es hacer un patrón para eliminar el material alrededor del cilindro. Para ello utilizaremos el comando “Circular Pattern Definition”  que nos pedirá el ángulo que equidistara cada geometría y el número de geometrías a repetir que lo definiremos con el número de dientes.

El valor del ángulo sería  $(2 \cdot \text{paso aparente (pa)} \cdot \text{diámetro primitivo (Dp)}) \cdot 180 / \pi \cdot 1 \text{deg}$

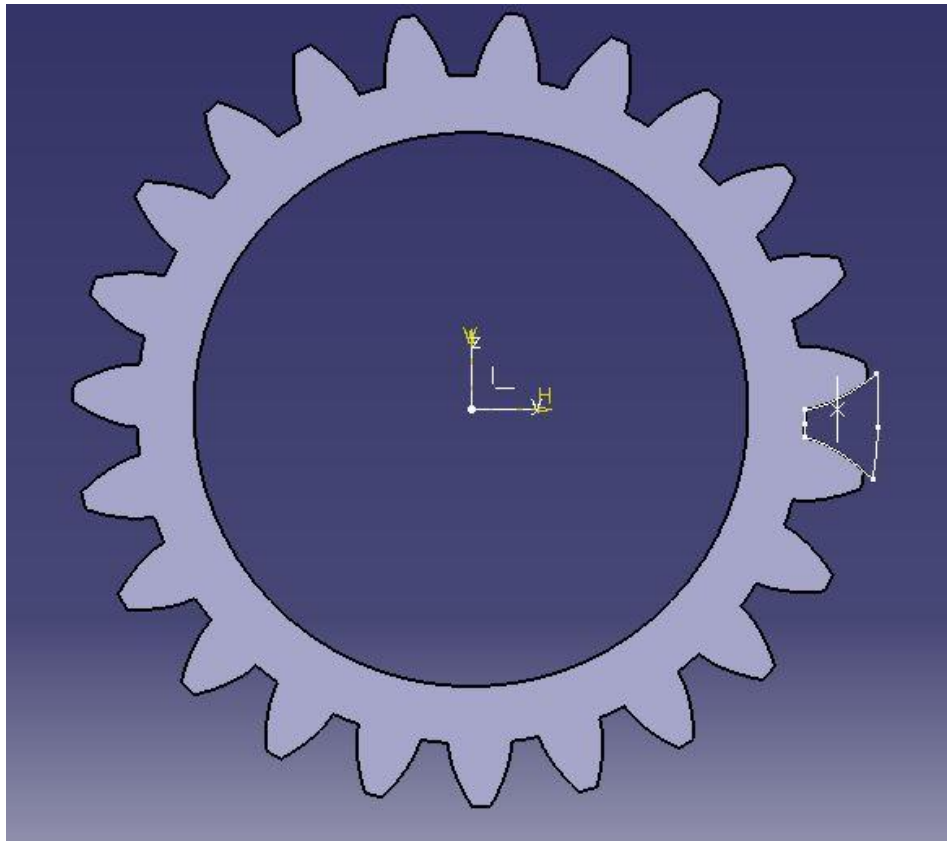


Figura 68. Diseño Engranaje 01. [Elaboración propia]

Lo que queda es el posicionamiento del engranaje 02 para la transmisión del movimiento. Crearemos un engranaje simétrico y lo giraremos un ángulo definido para que queden encajados entre sí. El valor del ángulo es  $((2 \cdot \text{paso aparente (pa)} \cdot \text{diámetro primitivo (Dp)}) / \pi) / 2$ .

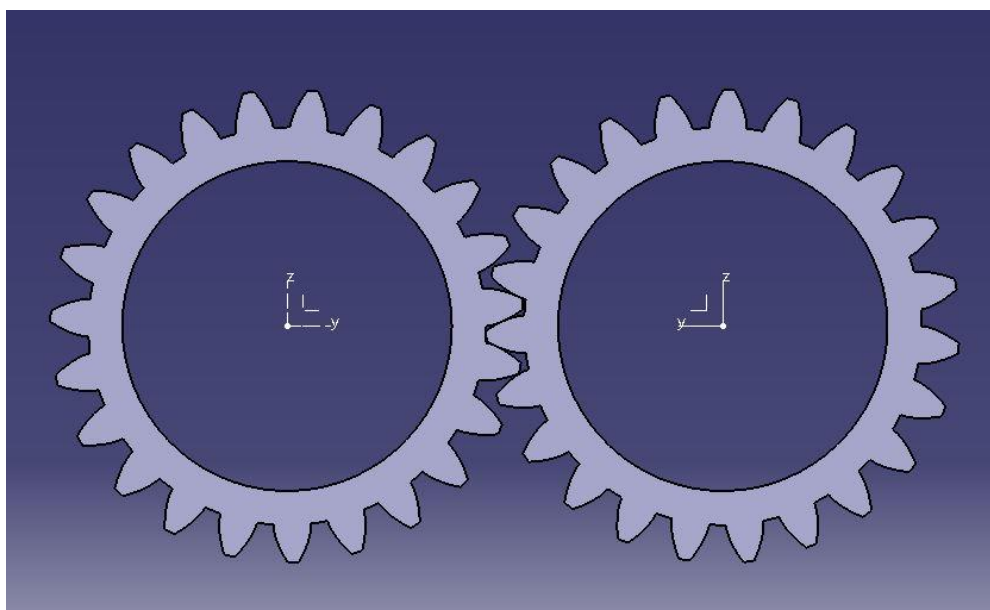


Figura 69. Engranajes rectos para transmisión de movimiento. [Elaboración propia]

Estos son los Engranajes que utilizaremos llevar un movimiento de un punto a otro en nuestro mecanismo de regulación de un faro. Cambiando los parámetros principales obtendremos automáticamente engranajes con diferentes medidas y elegiremos en que mejor se adapte a nuestro diseño.

### 7.2.2 Engranaje Cónico

Los parámetros que se van a utilizar para definir un engranaje cónico van a ser:

**Módulo (m)**

**Numero de dientes (Z)**

**Ángulo entre ejes (alfa)**

Estos serán los parámetros que podremos elegir en CATIA v.5 para definir el engranaje que deseamos, aunque algunos de estos parámetros tienen unos valores determinados por la normativa UNE 18-005-84 ya que son los más utilizados

Comenzaremos definiendo los parámetros anteriores en CATIA V.5, los demás parámetros dependerán de estos. Para añadir parámetros utilizaremos el comando

“formula” .

Los parámetros utilizados en este apartado se encuentran definidos y con su fórmula adjunta en “11.2 Cálculo Engranaje cónico”.

**Módulo (m):** Para este parámetro lo definiremos como tipo longitud, múltiple valor y nombre se le asignará “m”. Los valores utilizados serán iguales a la del apartado 7.2.1.

**Número de dientes (Z):** El tipo de parámetro será REAL, con valores múltiples del 23 al 90 en números enteros ya que son los más utilizados y evitamos que se le asignen números decimales. El nombre que se le asignará será “Z”. Se creará un parámetro la para la rueda y otro para el piñón.

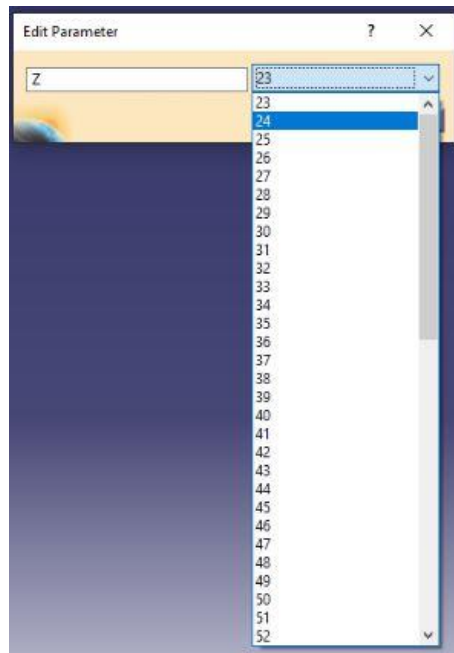


Figura 70. Parámetro número de dientes en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo entre ejes (alpha):** el tipo de parámetro será ángulo, escogeremos parámetro de valor simple. Se le asignará el nombre “alpha”. En nuestro caso necesitaremos para él envío del movimiento que el ángulo entre los ejes sea de 90°.

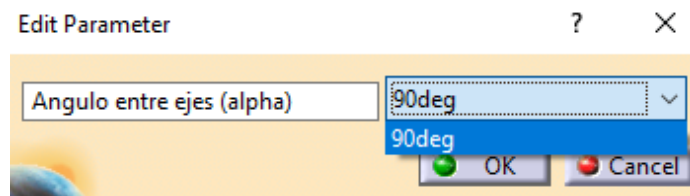


Figura 71. Parámetro ángulo entre ejes en Catia V.5. [Elaboración propia]

Una vez definidas los parámetros principales, se van a definir los parámetros secundarios que dependen de estos y que terminaran de definir el engranaje.

Para asignar una fórmula a los parámetros en CATIA se selecciona el comando “Formula” .

**Paso (p):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (16).

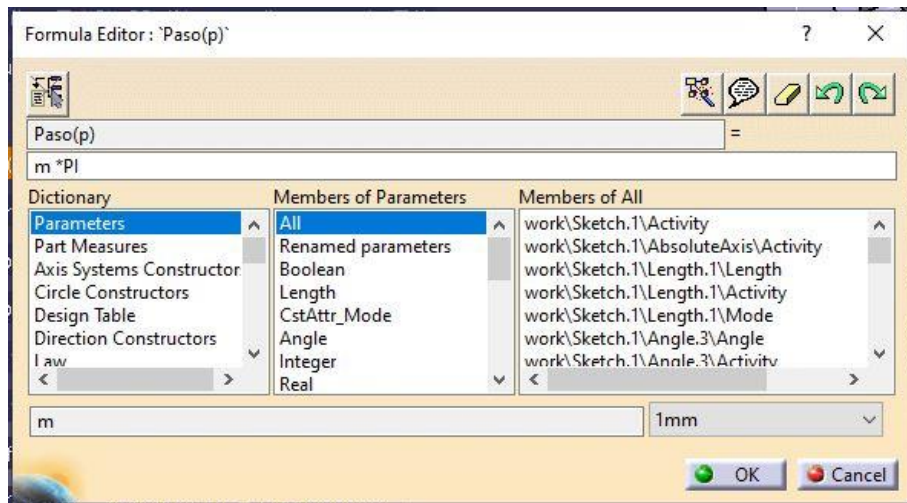


Figura 72. Parámetro paso en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Diámetro primitivo rueda (Dpr):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (17).

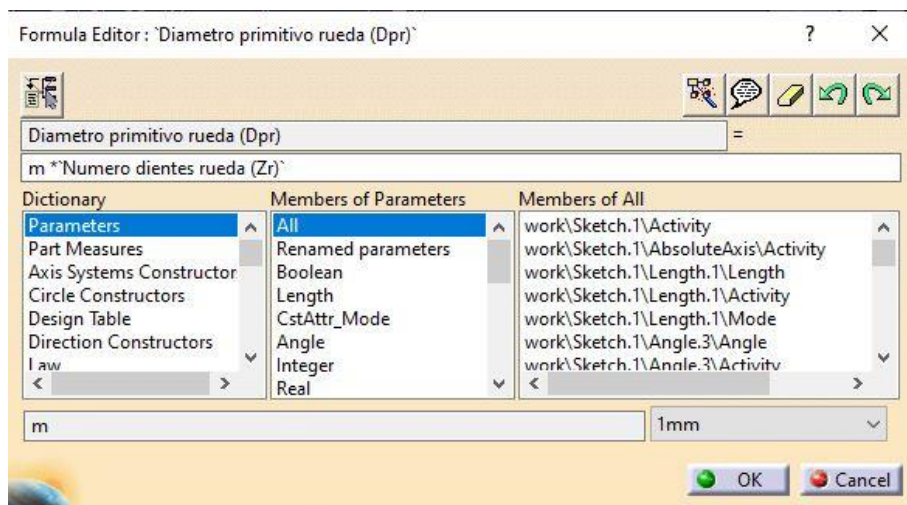


Figura 73. Parámetro Diámetro primitivo rueda en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Diámetro primitivo piñon (Dpp):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (17).

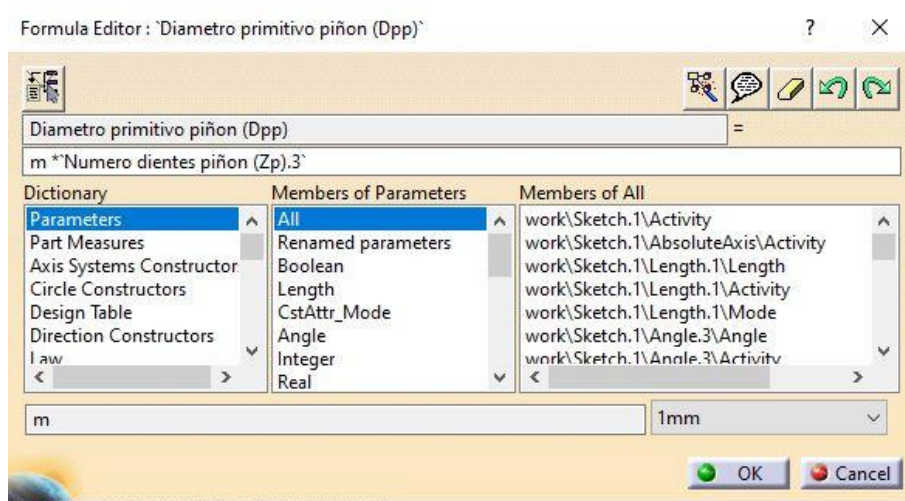


Figura 74. Parámetro Diámetro primitivo piñon en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo cono primitivo rueda ( $\delta_r$ ):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (18)

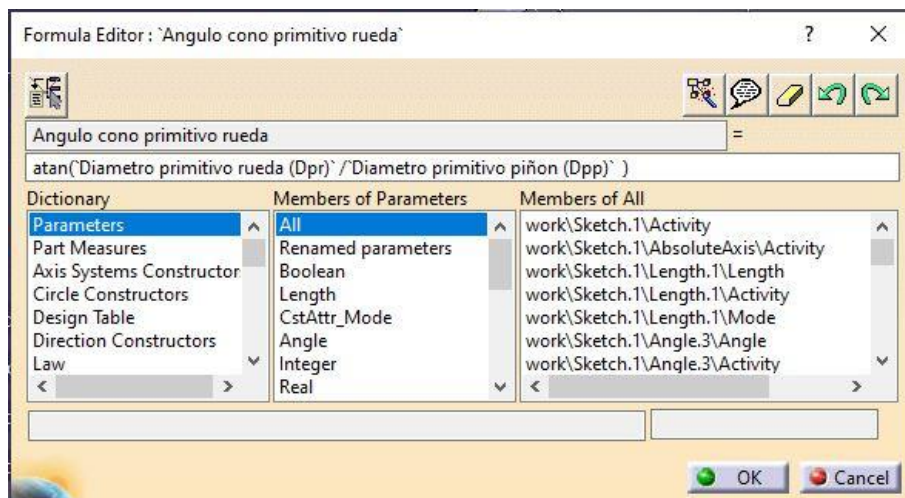


Figura 75. Parámetro ángulo cono primitivo rueda en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo como primitivo piñon (δr):** El tipo de parámetro será tipo ángulo, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (18)

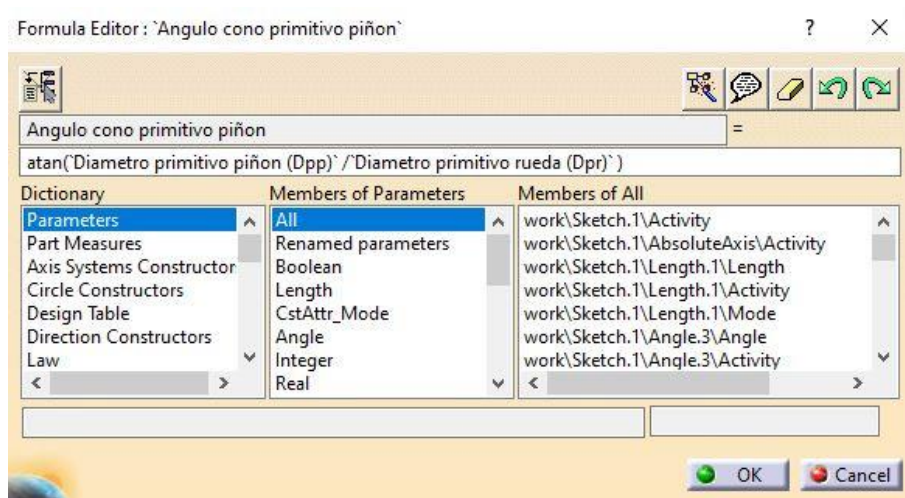


Figura 76. Parámetro ángulo como primitivo piñon en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Addendum (a):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (20).

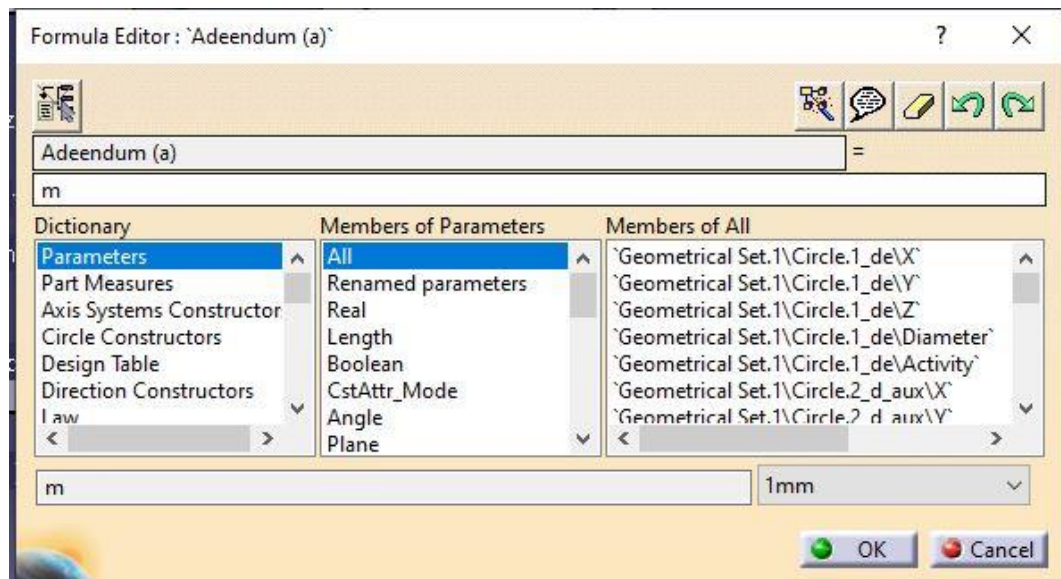


Figura 77. Parámetro de adendum en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Dedendum (b):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (21).

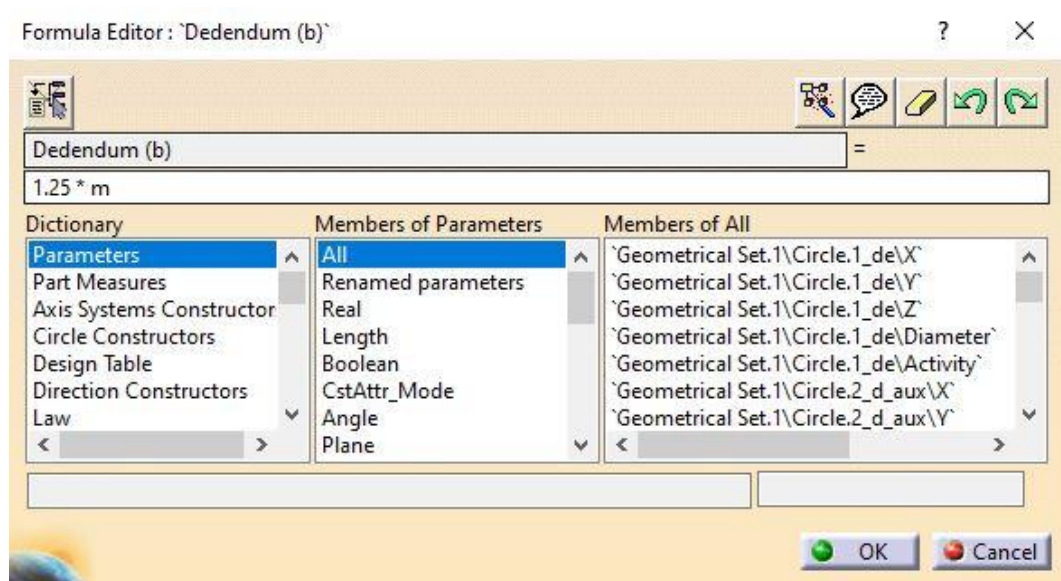


Figura 78. Parámetro de dedendum en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Altura diente (H):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (22).

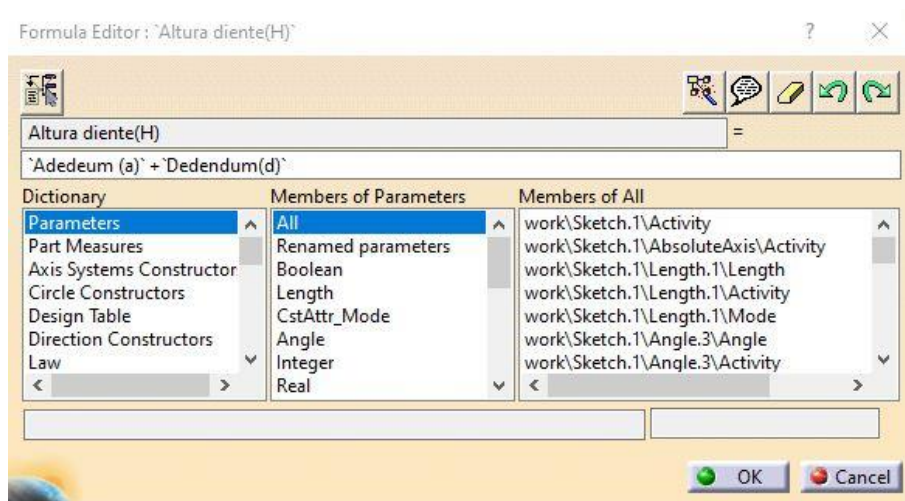


Figura 79. Parámetro de altura diente en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo adendum ( $\delta_a$ ):** El tipo de parámetro será tipo ángulo, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (23)

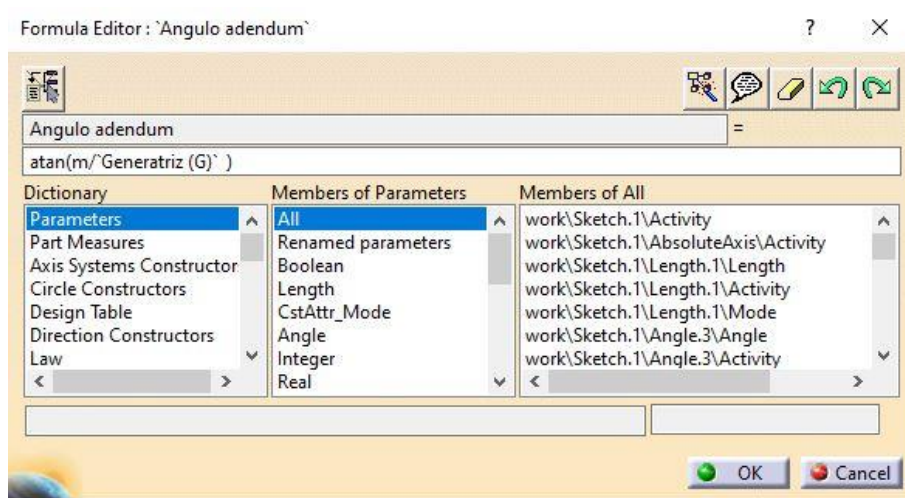


Figura 80. Parámetro de ángulo adendum en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Ángulo dedendum ( $\delta_d$ ):** El tipo de parámetro será tipo ángulo, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (24).

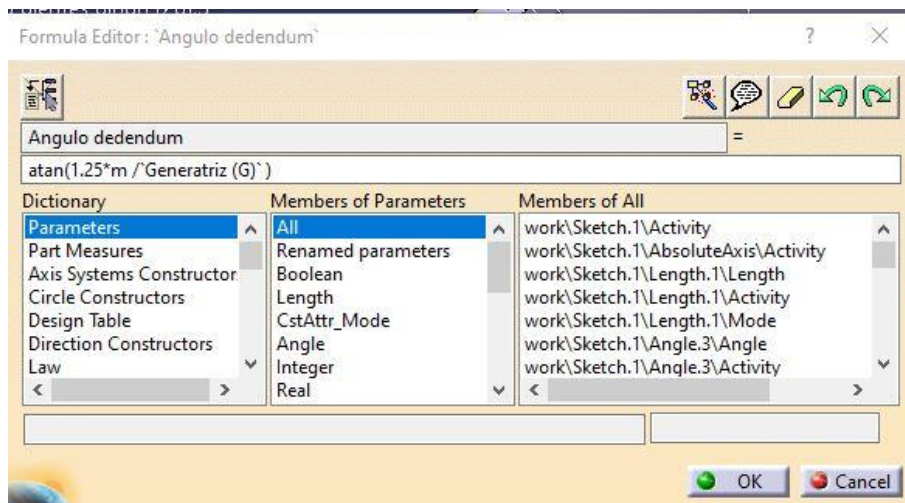


Figura 81. . Parámetro de ángulo dedendum en Catia V.5. [Elaboración propia]

**Generatriz (G):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (19).

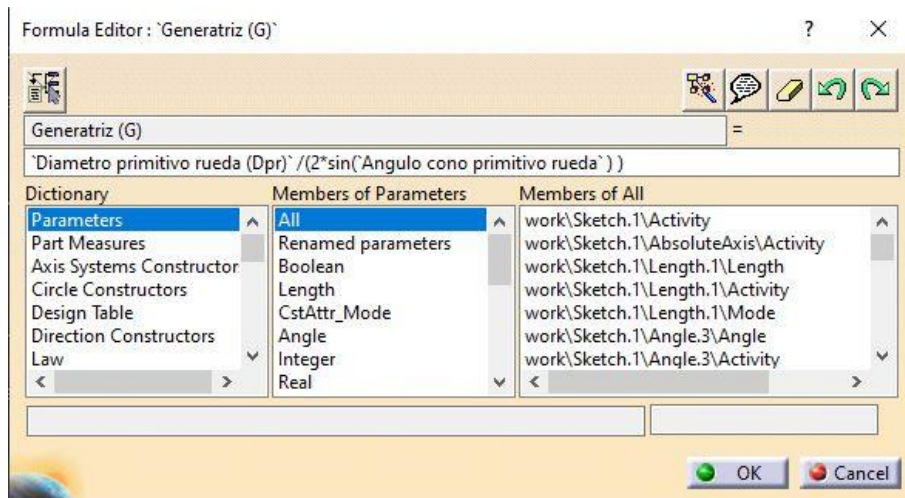


Figura 82. Parámetro de Generatriz en Catia V.5 [Elaboración propia]

**Longitud de diente (L):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (25).

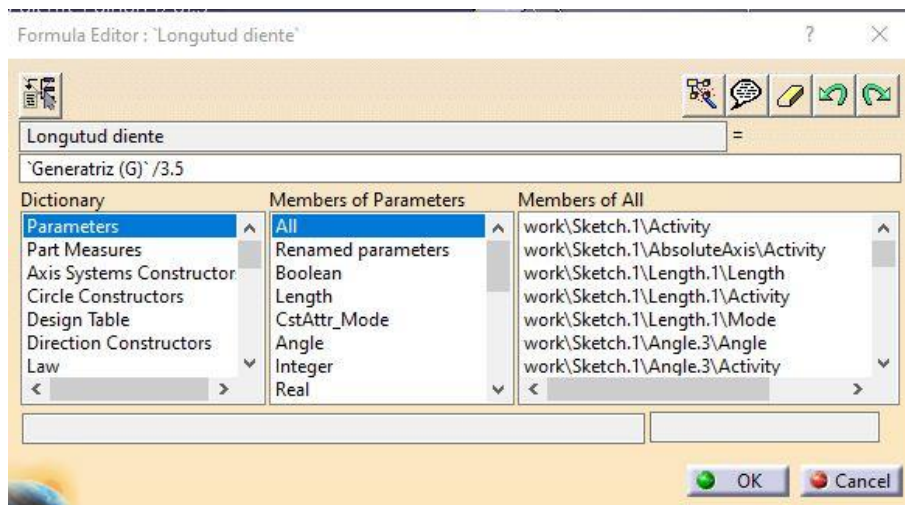


Figura 83. Parámetro de longitud diente en Catia V.5 [Elaboración propia]

**Diámetro exterior (Dext):** El tipo de parámetro será tipo longitud, se seleccionará valor tipo singular y se añadirá la ecuación (26).

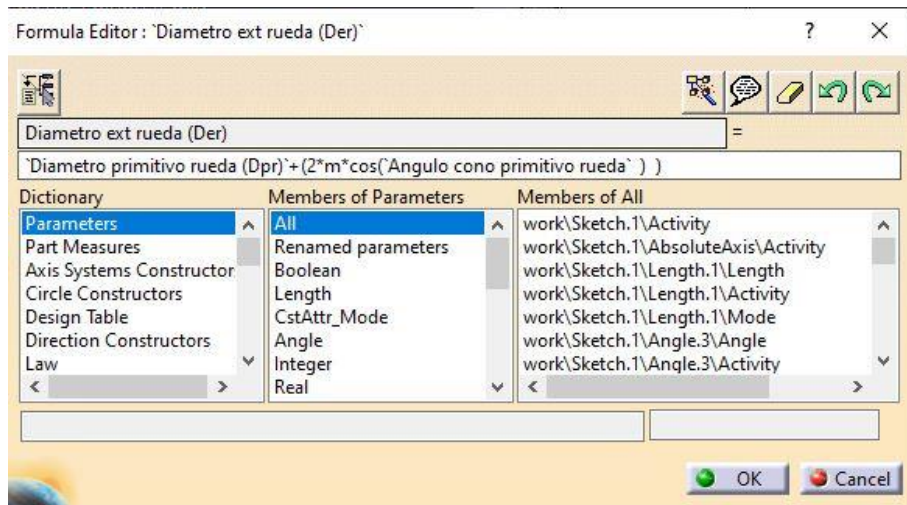


Figura 84. Parámetro de diámetro exterior en Catia V.5 [Elaboración propia]

Una vez definidos los parámetros necesarios para el diseño, se comienza a realizar el 3D. En nuestro caso queremos que los engranajes sean relación 1:1 y eso significa que tendrán el mismo módulo y si necesitamos que el ángulo sea 90° se está ante dos engranajes iguales.

Para empezar el diseño en 3D se necesita un punto de partida para la situación de la pieza y los planos principales para apoyarse en ellos, en nuestro caso utilizaremos el punto de coordenadas (0,0,0) y los planos principales.

Se va a dibujar un boceto con el comando “sketch”  en el que se define la generatriz de los conos primitivos y sus diámetros primitivos con un ángulo entre los ejes de 90°. En este ejemplo la generatriz tiene un valor d 16,3 mm y los diámetros primitivos 23 mm.

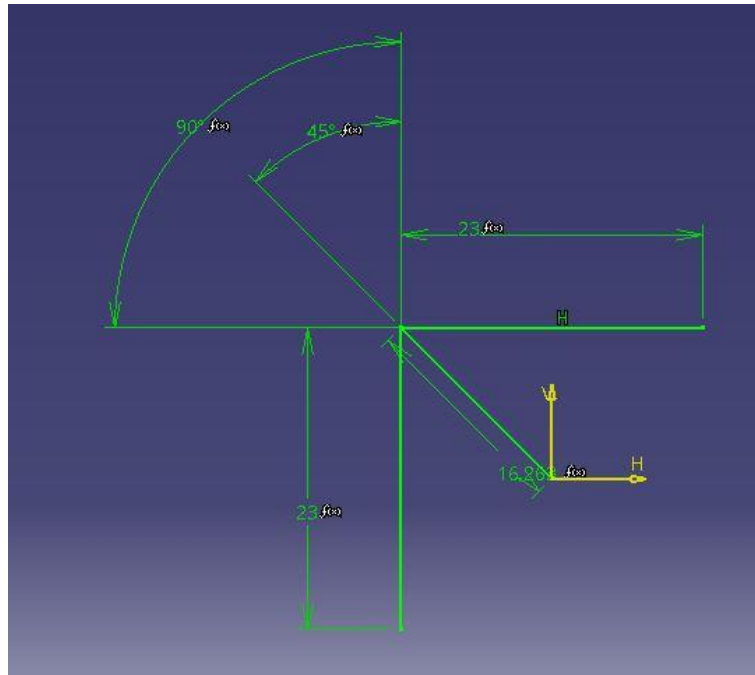


Figura 85. Boceto generatriz y diámetro como primitivo. [Elaboración propia]

Se realiza un boceto para cada uno de los perfiles de los conos de los engranajes marcando los valores de cada segmento y asignándole una formula como en la Figura 86. Perfil cono engranaje cónico.

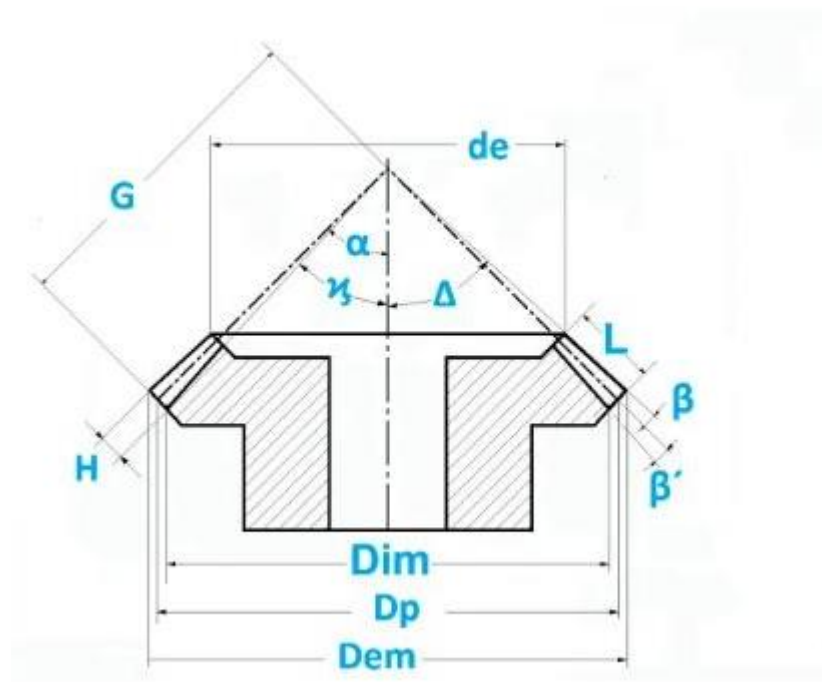


Figura 86. Perfil cono engranaje cónico.[10] Metalmeccanica. Disponible en: <https://www.metalmeccanica-facil.mahtg.com/calculo-de-engranajes-conicos-metricos/>

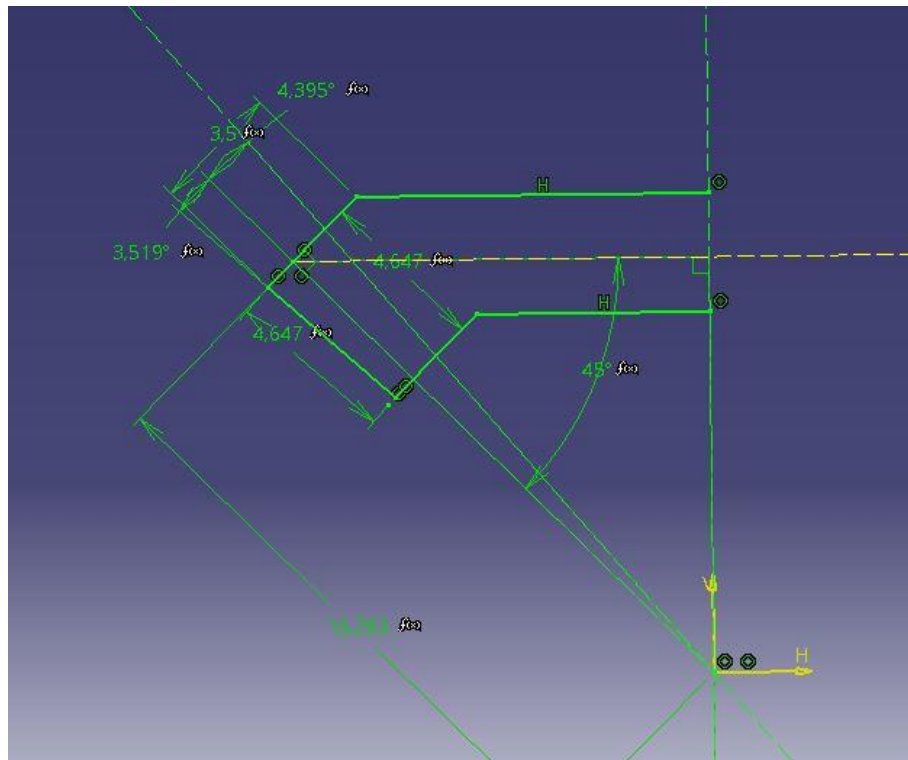


Figura 87. Boceto perfil cónico. [Elaboración propia]

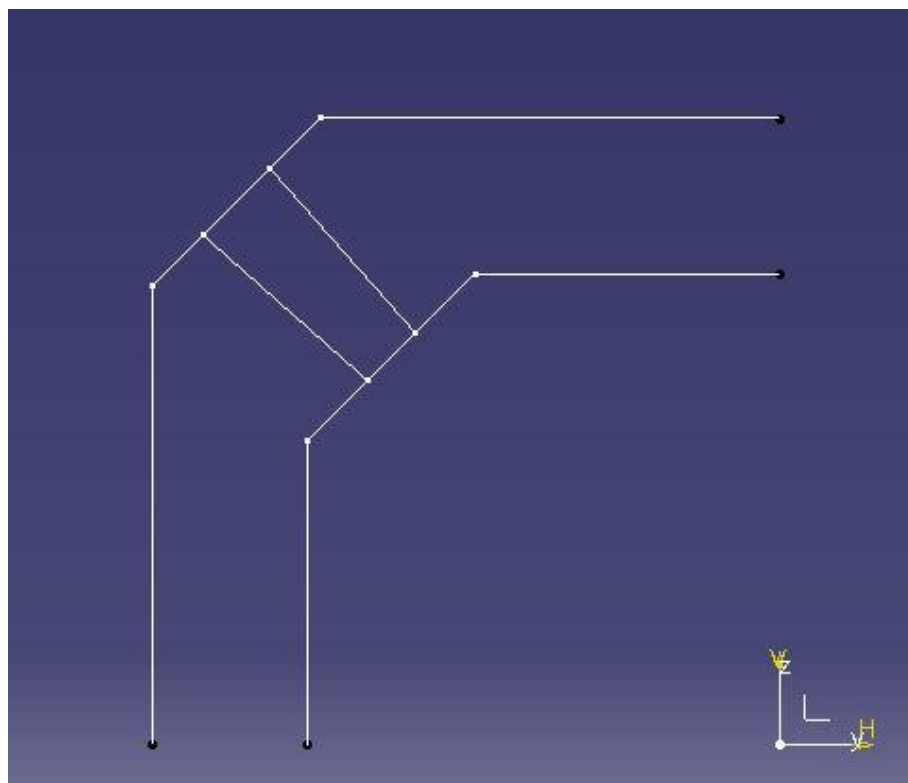


Figura 88. Bocetos engranajes cónicos. [Elaboración propia]

A continuación, se va a realizar el 3D de los engranajes utilizando el comando de revolución "Shaft" .

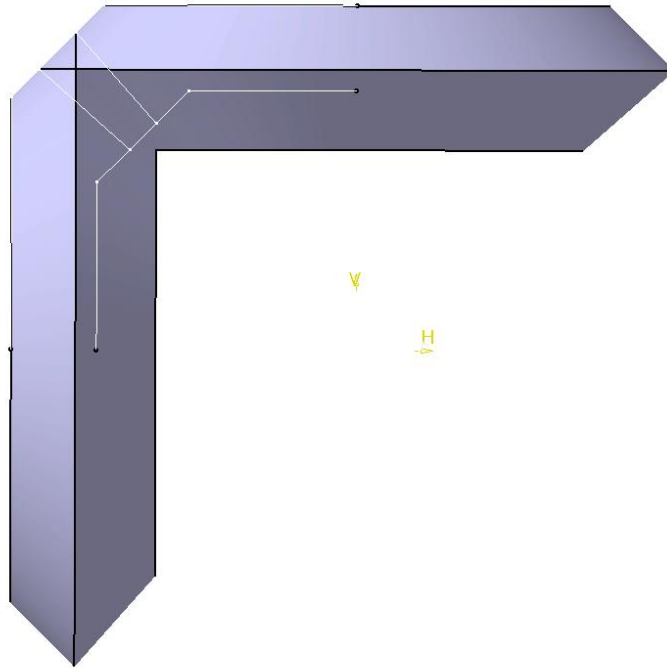


Figura 89. Previo 3D engranajes cónicos acoplados. [Elaboración propia]

Para definir la forma de los dientes se dibujará un boceto de uno de ellos y se creará patrón circular del número de dientes que le asignaremos la formula correspondiente.

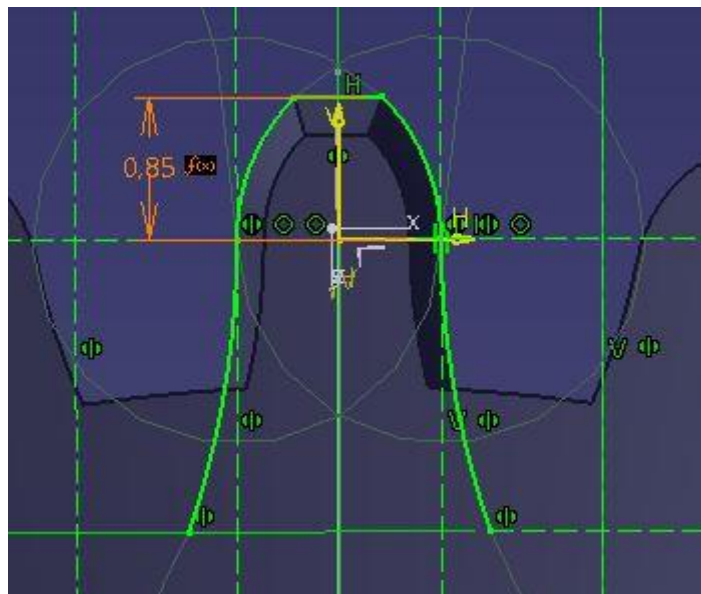


Figura 90. Perfil diente. [Elaboración propia]

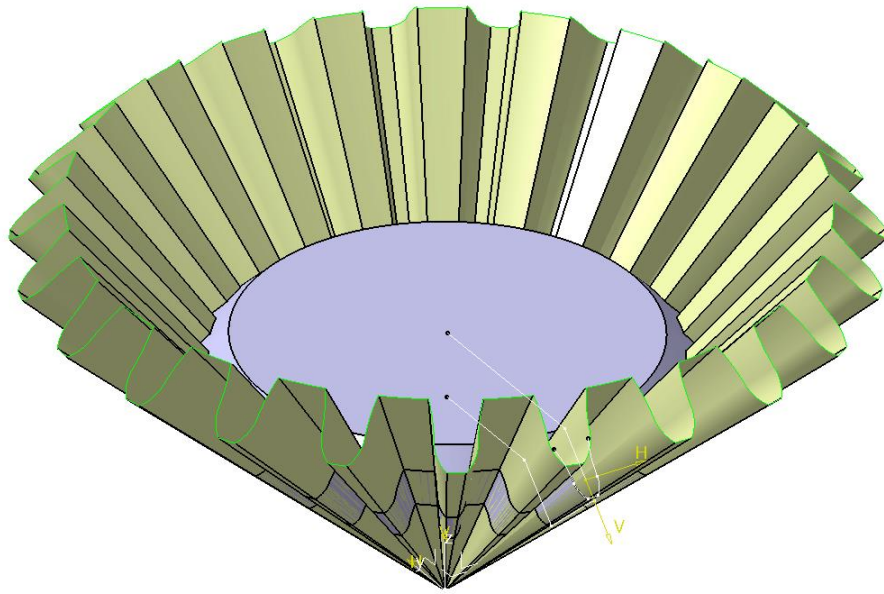


Figura 91. Patrón circular dientes. [Elaboración propia]

Una vez obtenida la superficie de los dientes de los engranajes se hace un Split  y tendríamos el 3D de dos engranajes cónico que se adaptarán según los parámetros principales que se le asigne.

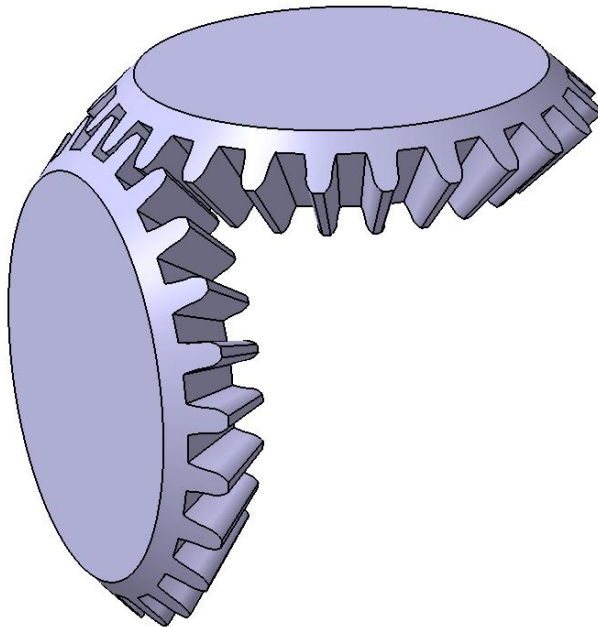


Figura 92. 3D Engranajes cónicos acoplados. [Elaboración propia]

## 8 DISEÑO DE LAS PIEZAS EN CATIA V.5

### 8.1 Fabricación de piezas plásticas con molde de inyección

Las piezas diseñadas en CATIA V.5 para este proyecto se fabricarán en molde de inyección de plásticos. Para ello se deben de cumplir una serie de requisitos en la pieza que tendremos en cuenta en su diseño.

Este proceso se utiliza para fabricación de tiradas elevadas de la misma pieza plástica como ocurre en el sector del automóvil.

En este proceso se funde el plástico granulado para así inyectarlo en la cavidad del molde con la forma deseada. A continuación, se procede al enfriamiento y posterior expulsión de la pieza.

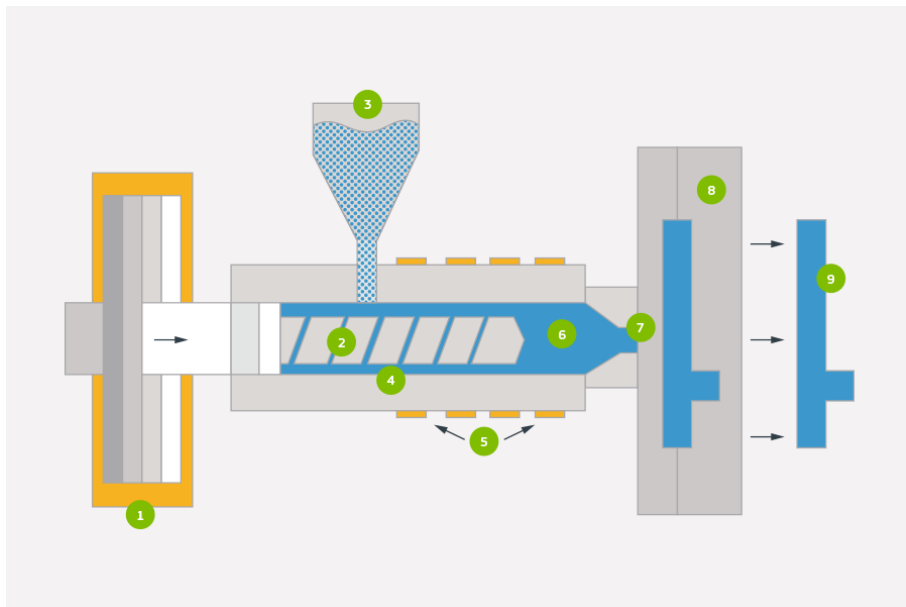


Figura 93. Proceso molde de inyección piezas plásticas. [29]

Se puede observar en la Figura 93. Proceso molde de inyección piezas plásticas. el proceso de fabricación en molde de inyección de plásticos. En los procesos del 1-6 el plástico granulado es fundido y desplazado para la inyección en la cavidad. El molde tendrá como mínimo dos partes, un macho (7) y una hembra (8) que juntos forman la cavidad. Una vez inyectado y enfriado el material, se desplaza la hembra y por último la pieza es expulsada del macho (9).

Para un correcto funcionamiento y una calidad óptima de la pieza se debe de llevar tener en cuenta en el diseño:

- Posicionamiento del eje de desmoldeo principal para cada pieza. Este eje marca la dirección en la que la hembra se va a desplazar y la pieza va a ser expulsada del macho.

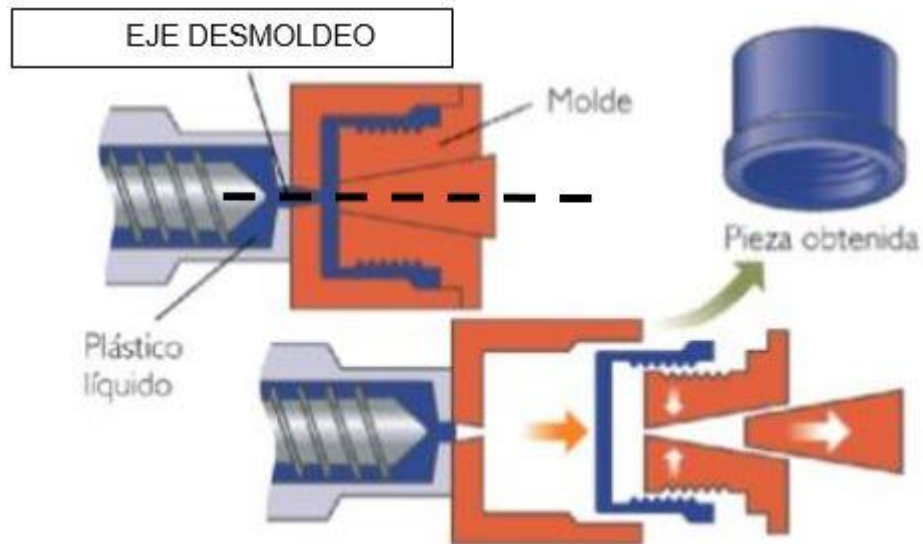


Figura 94. Eje de desmoldeo para proceso de fabricación. [30]

- Diseño de las paredes de la pieza formando 3º con el eje de desmoldeo para facilitar el deslizamiento de la hembra del molde al separarse. Exceptuando zonas más técnicas en las que se requiera un grado de desmoldeo menor, pero serán en zonas puntuales.

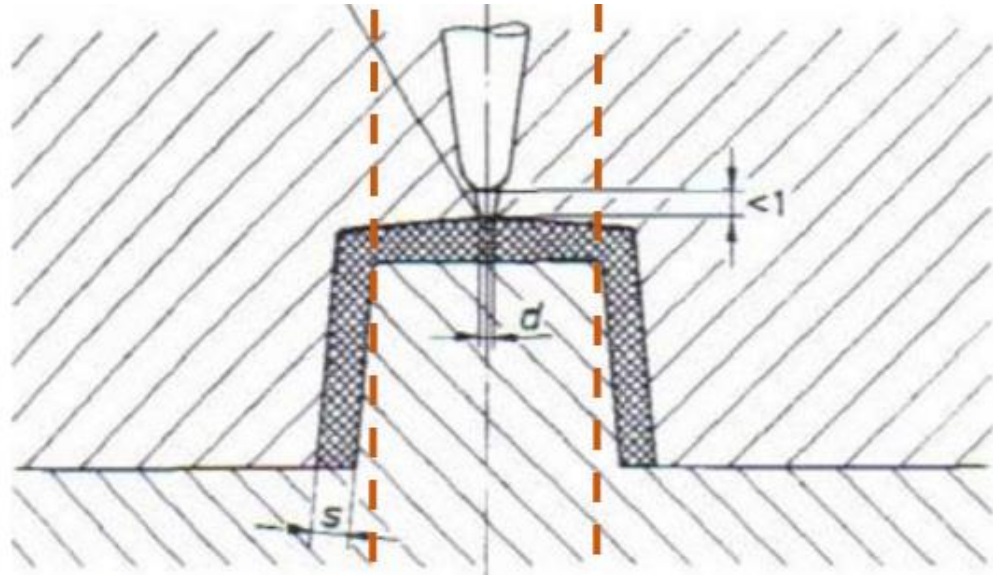


Figura 95. Pieza con ángulo de desmoldeo. [2]

Para piezas más complicadas puede haber ejes para correderas, tendrán una dirección diferente de desmoldeo para sacar zonas que no se puedan sacar con el eje principal.

## 8.2 Análisis desmoldeo con comando DRAFT ANALYSIS

Es conveniente realizar una comprobación de la pieza para asegurar que cumple con el desmoldeo necesario para su fabricación. En CATIA V.5 se puede realizar mediante el comando DRAFT ANALYSIS .

El entorno de este comando es el siguiente:

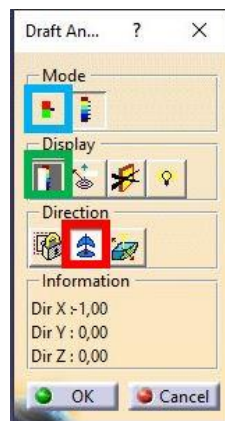


Figura 96. . Cuadro del comando DRAFT ANALYSIS. [Elaboración propia]

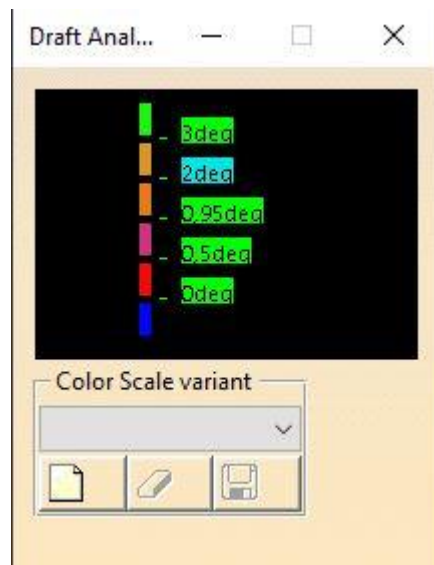


Figura 97. Rangos de ángulos de desmoldeo por colores. [Elaboración propia]

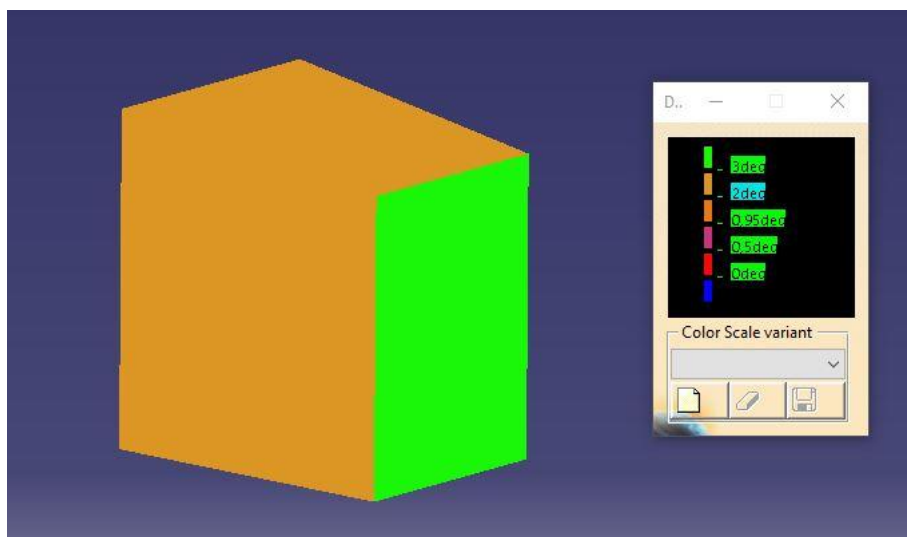


Figura 98. Análisis desmoldeo pieza. [Elaboración propia]

En la Figura 98. Análisis desmoldeo pieza. [Elaboración propia] se observa un análisis de una pieza en el que marca que las paredes laterales tienen 2 grados de desmoldeo. También se puede ver que no hay ninguna zona con menos de 2 grados.

## 8.3 Piezas diseñadas en CATIA V.5

### 8.3.1 Tulipa

La tulipa es una pieza exterior que requiere seguir un diseño. Para ello partimos de las superficies exteriores de diseño del coche dadas por el cliente.

Se parte de unas superficies de diseño llamadas STRAK para espesar la pieza. Se creará una carpeta en la que se colocarán todos los datos de “entrada”. Las superficies STRAK estarán incluidas en la carpeta.

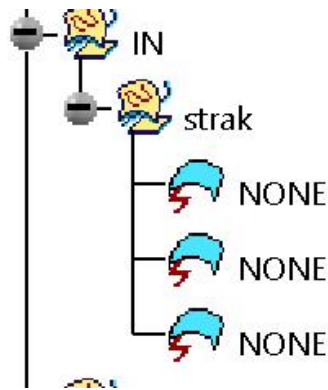


Figura 99. Árbol de carpetas del archivo LENS en CATIA V.5. [Elaboración propia]

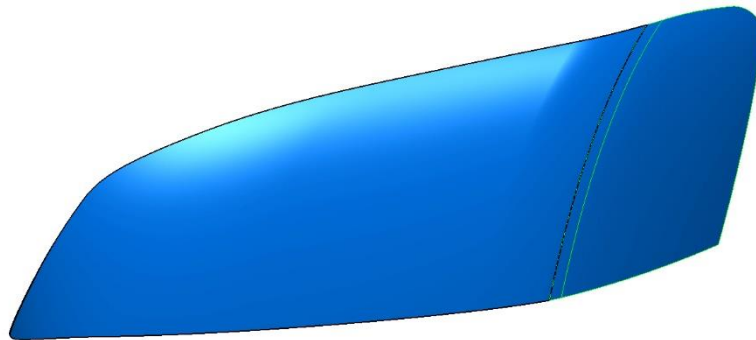


Figura 100. Superficies que forman el STRAK. [Elaboración propia]

Para darle espesor a la pieza, se comenzará uniando las superficies con el comando JOIN .

Una vez se tenga el STRAK en una superficie única se trabajara con superficies para utilizar el comando CLOSESURFACE . Para utilizar este comando se necesita la piel del sólido que en nuestro caso tendrá un espesor de 3mm y este comando rellenará el vacío interior construyendo un sólido macizo. El eje X será el eje de desmoldeo de esta pieza.

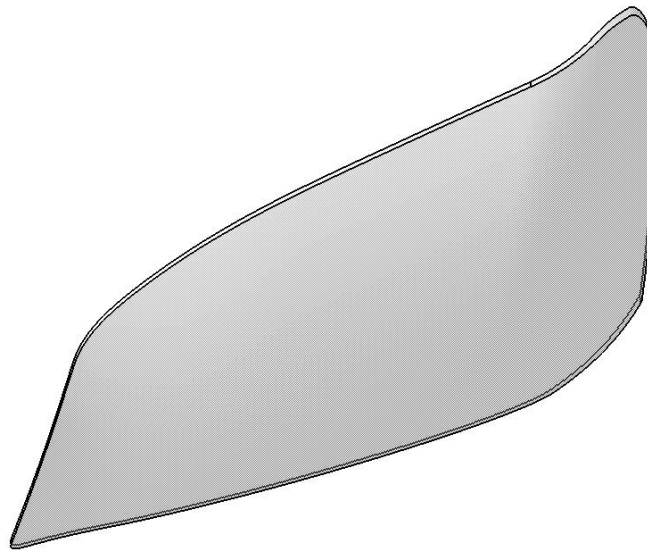


Figura 101. Sólido LENS con 3 mm de espesor. [Elaboración propia]

Una vez obtenida la pieza espesada se añadirán las partes necesarias restantes. En este caso se construirá un canal de cola para una unión estanca entre la tulipa y la carcasa. Las medidas para construir el nervio de la tulipa y el canal de cola para la carcasa son los siguientes:

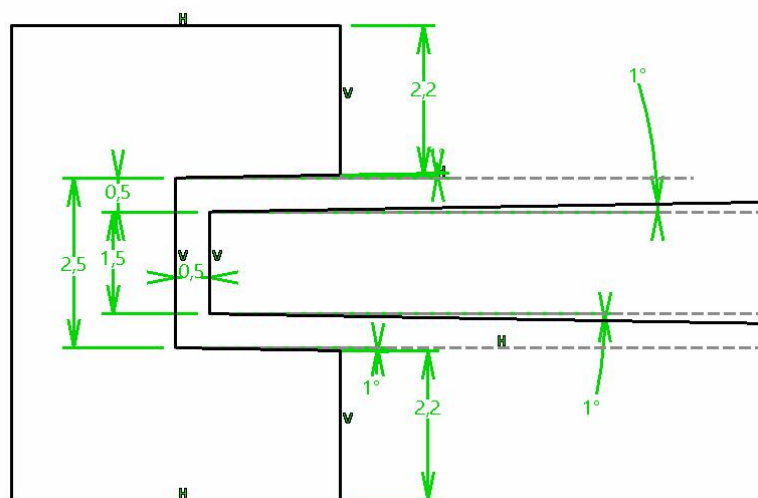


Figura 102. Dimensiones canal-nervio de cola. [Elaboración propia]

Se puede observar que tanto el nervio como el canal de cola tienen un desmoldeo de 1º. Esto ocurre en zonas muy puntuales y de dimensiones pequeñas con una precisión alta. Una de las razones por las que se considera 1º de desmoldeo es para evitar un rechuepe en la tulipa por un sobre espesor del ancho del nervio.

Se diseña en 3D el canal de cola y el nervio en el mismo archivo ya que son directamente dependientes. Una vez obtenido un sólido del nervio se copia con LINK el sólido en el archivo del LENS. Para la construcción del sólido final se utiliza el comando TRIM . Este comando unirá dos sólidos eliminando las zonas seleccionadas que no queramos.

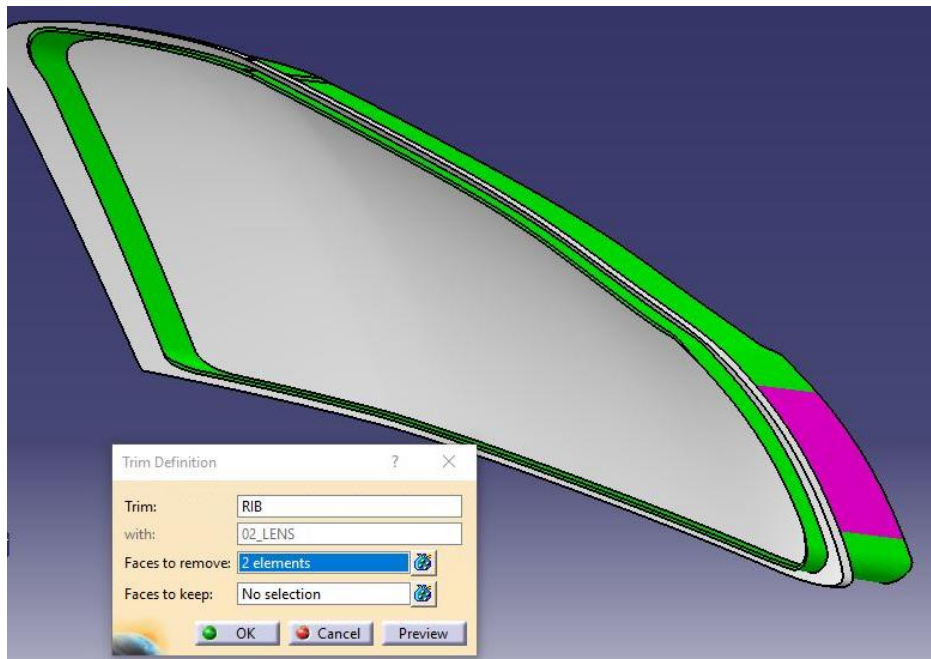


Figura 103. Comando TRIM para dos sólidos. [Elaboración propia]

Se puede observar en la Figura 103. Comando TRIM para dos sólidos. [Elaboración propia] el nervio (verde) que se quiere añadir al LENS (blanco), pero sin la zona seleccionada en rosa que el TRIM la eliminara.

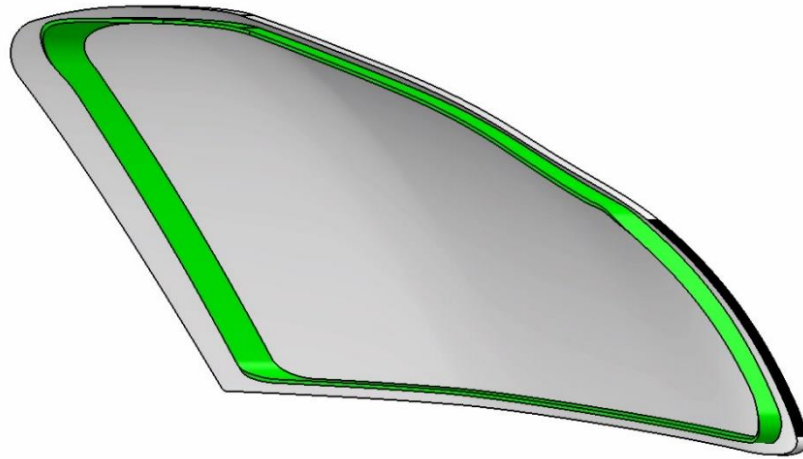


Figura 104. LENS con el nervio añadido. [Elaboración propia]

Una vez se obtenga la geometría deseada se radiará la pieza teniendo en cuenta la línea de partición y los radios mínimos para su fabricación de 0.5mm.

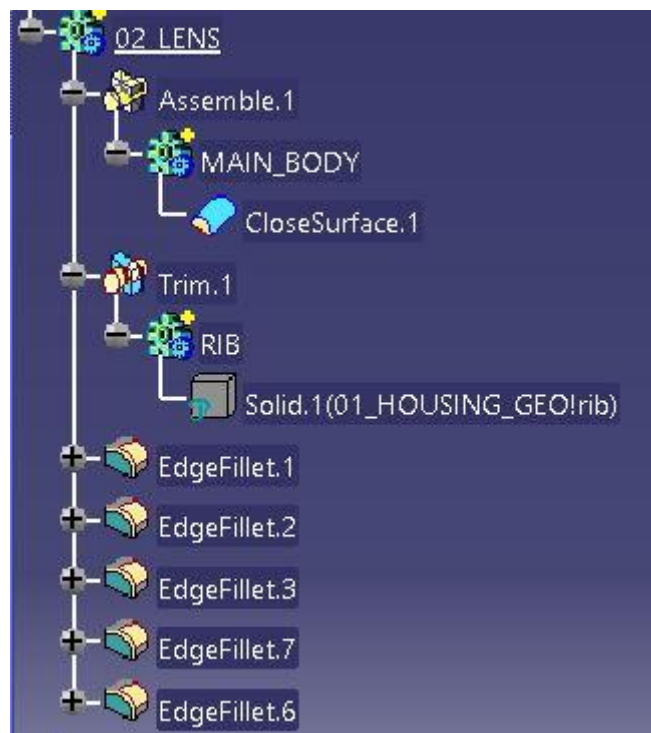


Figura 105. Árbol de operaciones del sólido LENS en CATIA V.5. [Elaboración propia]

En la Figura 105. Árbol de operaciones del sólido LENS en CATIA V.5. [Elaboración propia] se puede observar las operaciones explicadas anteriormente. Primero creamos el sólido mediante un CLOSESURFACE a partir de la superficie cerrada

trabajada. A continuación, se añadirá con un TRIM el nervio del canal de cola y se ha radiado el sólido.

Por último, se realiza un análisis de desmoldeo para ver que es correcto el sólido para su fabricación mediante molde de inyección de plásticos con el comando DRAFT ANALYSIS .

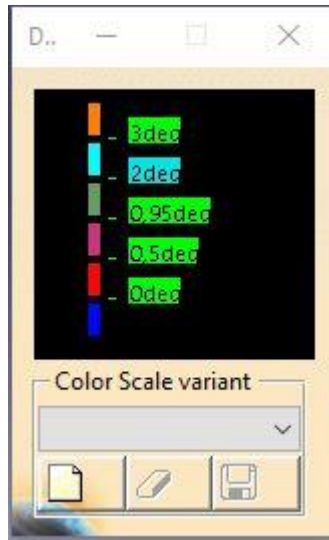


Figura 106. Rango ángulos de desmoldeo. [Elaboración propia]

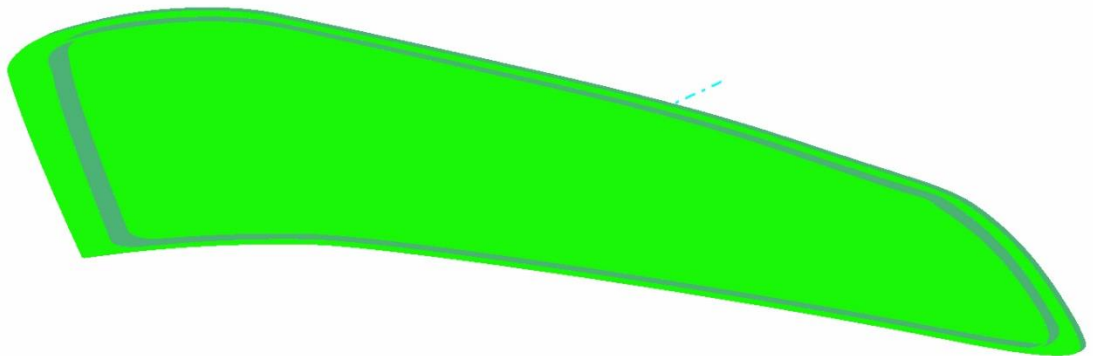


Figura 107. Análisis de desmoldeo LENS. [Elaboración propia]

Se puede observar que el análisis de desmoldeo ha salido correcto ya que no hay ninguna zona en rosa ni en rojo con menos de 0.5 grados de desmoldeo. También se observa que la única zona con menos de 3 grados de desmoldeo es la zona del nervio.

### 8.3.2 Carcasa

La carcasa es una pieza exterior que contiene a las piezas internas y se une de forma estanca a la Tulipa. Es una pieza muy importante en el diseño del piloto ya que es la que va fijada a la estructura del coche.

Esta pieza no sigue un STRAK impuesto por el cliente. Para su diseño hay que tener en cuenta un espacio mínimo de 5 mm con la estructura y demás piezas del coche. El objetivo de esta pieza es conseguir el espacio máximo para que no haya problemas en encajar todas las piezas en su interior.

Se parte del nervio y canal de cola que nos limitara las paredes de este. Para el fondo se tendrán en cuenta la chapa y spoiler del coche respetando el espacio mínimo de 5mm. En nuestro no disponemos de estas piezas por lo que propondremos una superficie de fondo.

Se diseñará un canal de cola acorde al nervio diseñado para el LENS, que cumpla las medidas de la Figura 102. Dimensiones canal-nervio de cola. [Elaboración propia]. Una vez diseñado el canal de cola, quedan definidas las paredes de la carcasa ya que será la pared interior de este como se observa en la Figura 108. Canal de cola y la pared interior de la carcasa. [Elaboración propia].

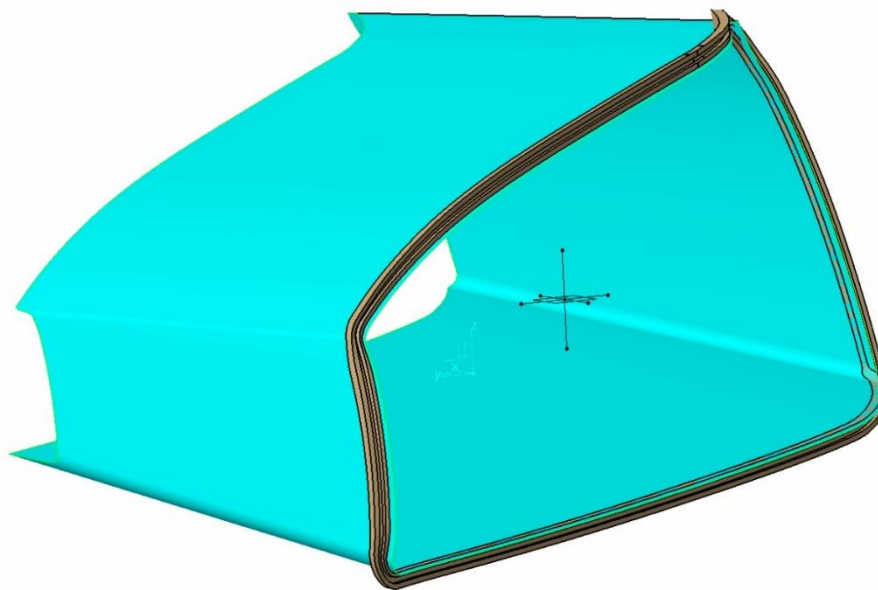


Figura 108. Canal de cola y la pared interior de la carcasa. [Elaboración propia]

El siguiente paso es darle espesor a esa pared con el comando THINCK SURFACE  , el espesor que se le asignará a nuestra carcasa será de 2,2 mm. Este será un parámetro muy utilizado, por lo que crearemos un parámetro que se llamará “THINCK HOUSING” tipo lenght y con un valor de 2,2 mm. Para cada operación que se necesite asignar este valor lo vincularemos para que cuando se cambie se actualice automáticamente la pieza.

Para tener un sólido cerrado, el siguiente paso sería definir un fondo piloto que este a 5mm de distancia del resto de las piezas colindantes. Cuando se obtiene la superficie se le asigna el espesor de 2,2 mm. Se utilizará el comando TRIM  entre el fondo piloto y la pared, seleccionando las zonas que se quieren eliminar en su unión como se puede ver en la Figura 109. Operación TRIM entre pared y fondo de la carcasa. [Elaboración propia].

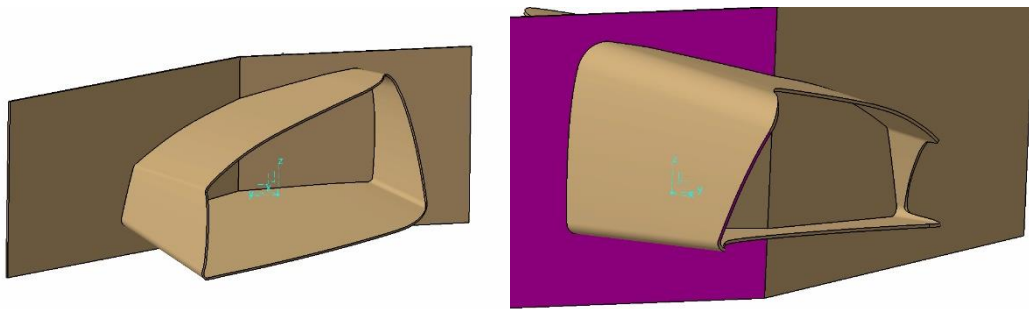


Figura 109. Operación TRIM entre pared y fondo de la carcasa. [Elaboración propia]

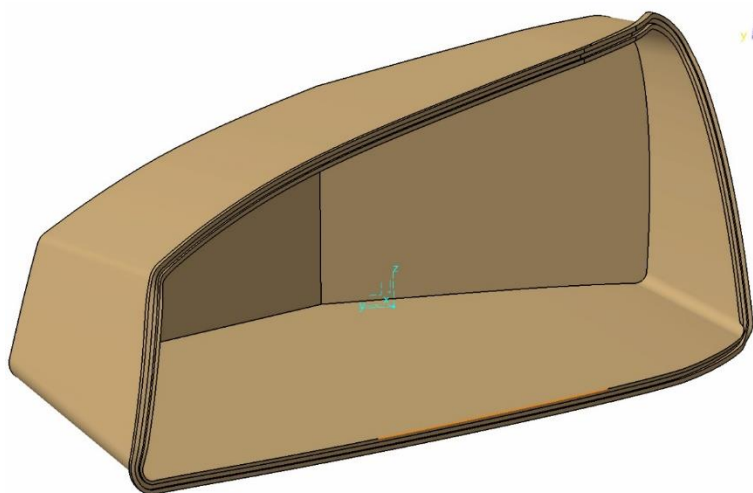


Figura 110. Volumen principal de la carcasa. [Elaboración propia]

Ya se ha obtenido el volumen principal de la carcasa, aunque la mayoría de las piezas que se diseñarán irán fijadas a esta y se le añadirán las contrapartes de fijación o posicionamiento.

Por último, se hace un estudio de desmoldeo con el comando DRAFT ANALYSIS  para asegurar su correcta fabricación.

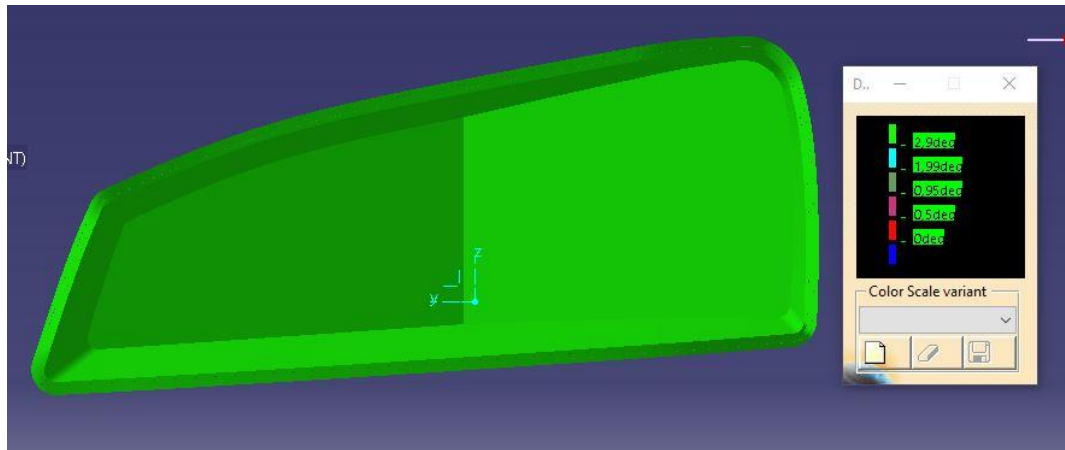


Figura 111. Análisis de desmoldeo zona interior carcasa. [Elaboración propia]

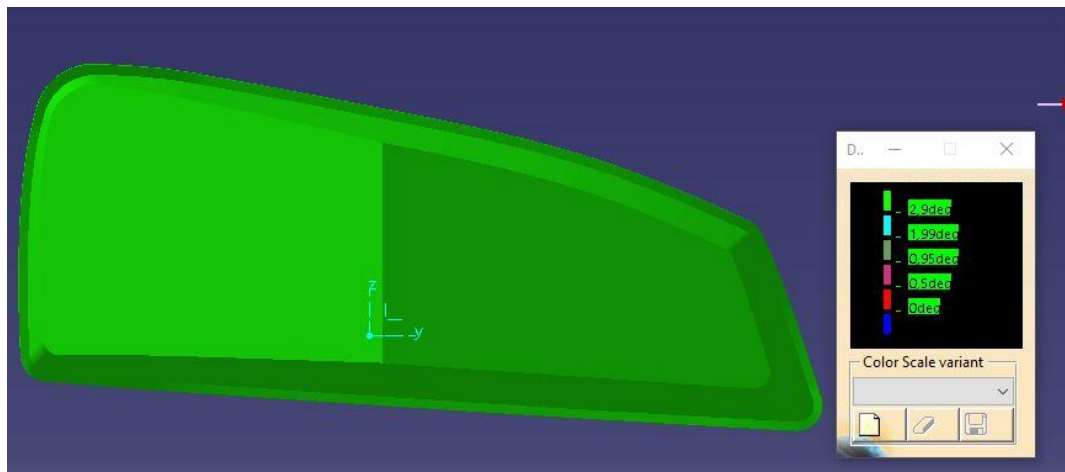


Figura 112. Análisis de desmoldeo zona trasera carcasa. [Elaboración propia]

En las Figura 111. Análisis de desmoldeo zona interior carcasa. [Elaboración propia] y Figura 112. Análisis de desmoldeo zona trasera carcasa. [Elaboración propia] se observa que todas las caras de la carcasa tienen como mínimo 3 grados de desmoldeo.

### 8.3.3 Módulo BI-LED

El módulo BI-LED es una pieza ya definida que tendremos que encontrar la posición optima en el interior de la Tulipa y la Carcasa.

Para ello se va a crear un punto en coordenadas situado en el interior de la carcasa y tulipa. Una vez obtenido este punto que se puede mover libremente posicionamos nuestro módulo BI-LED en este desde el punto de coordenadas (0, 0, 0) donde se encontraba situado en su centro de gravedad en 3D.

Este punto podrá moverse libremente, al mismo tiempo que se moverá el módulo y mecanismo a diseñar para encajarlo dentro de la carcasa.

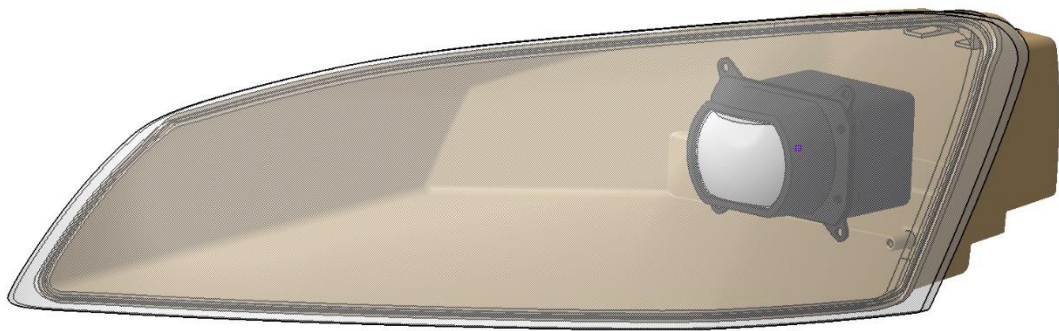


Figura 113. Módulo BI-LED posicionado. [Elaboración propia]

Una vez posicionado el módulo, se diseñarán los puntos de regulación expuestos en el apartado 6. “Cálculo de los Movimientos de regulación”. Se diseñarán a partir de un punto en el espacio y si este se desplaza, también el módulo y los puntos de regulación.

### 8.3.4 Bracket

La finalidad de esta pieza es la sujeción del Módulo BI-LED, y conectar el módulo con los 3 puntos de regulación. Se colocarán 3 cavidades para posicionar a presión las capsulas donde se fijarán las rotulas que permitirán el movimiento en el módulo.

Se dibujará un boceto que contendrá los tres puntos de regulación y se creará un sólido. A este sólido se le eliminara material por el centro de tal manera que entre el módulo en el para fijarlo con tornillos.

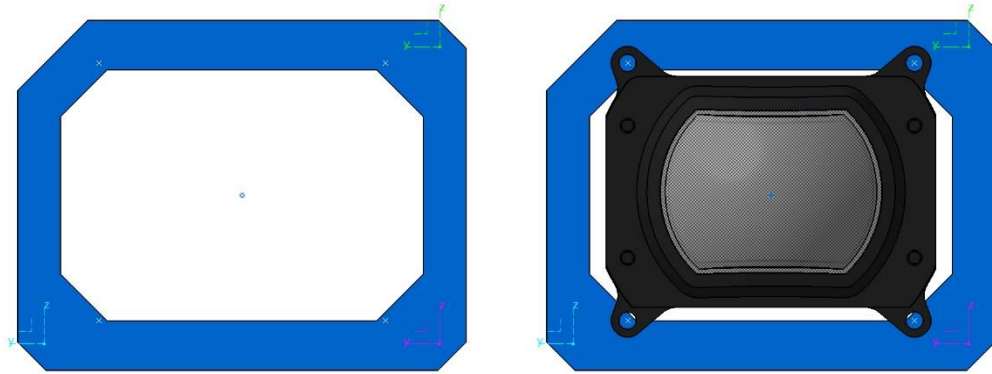


Figura 114. Forma previa BRACKET. [Elaboración propia]

Esta pieza va a soportar muchos esfuerzos y el peso del módulo por lo que se le añadirán nervios para fortalecerla y se le asignara un espesor de 2.5 mm. También se añadirán las 3 contrapartes de las capsulas con sus pernos de rótula. Por último, se colocarán las 4 torretas para tornillos M3x14 mm.

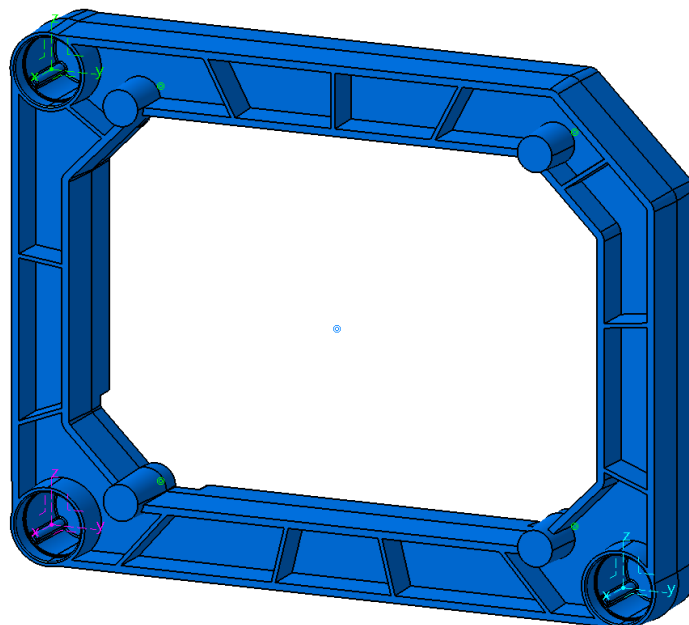


Figura 115. Bracket. [Elaboración propia]

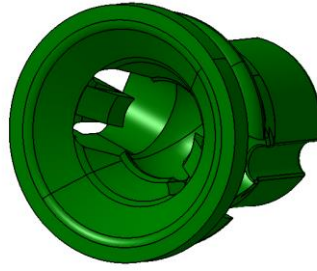


Figura 116. Cápsula. [Elaboración propia]

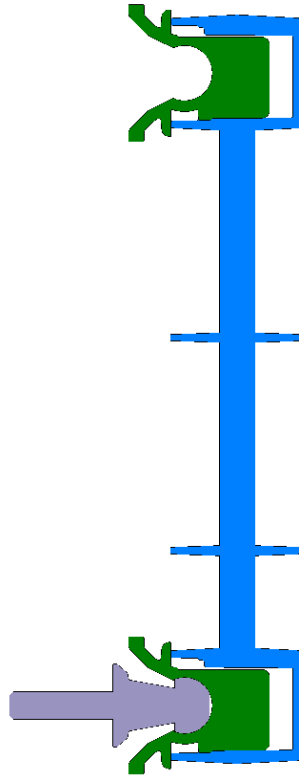


Figura 117. Sección Bracket con capsula y perno de rotula. [Elaboración propia]

Por último, se va a realizar un análisis de desmoldeo para comprobar su viabilidad para ser fabricada con molde de inyección.

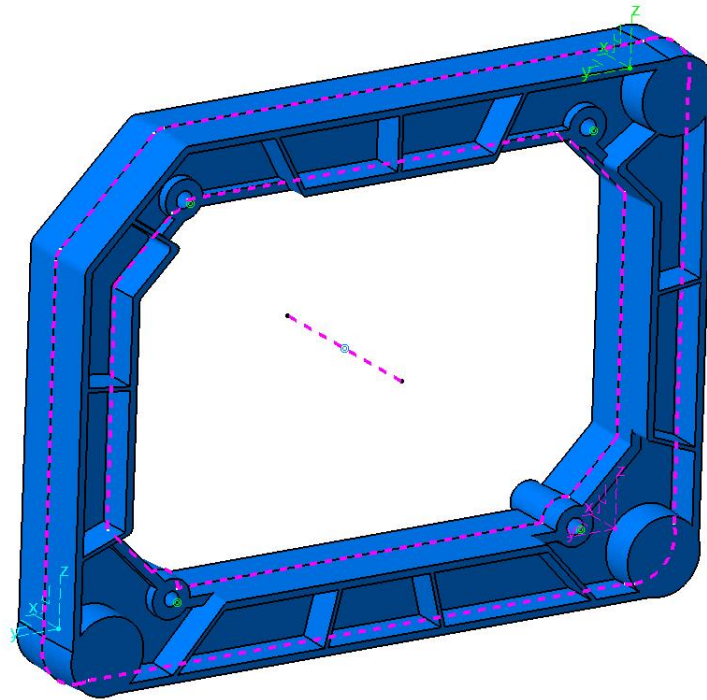


Figura 118. Línea de desmoldeo y línea de partición. [Elaboración propia]

Como se puede ver en la Figura 118. Línea de desmoldeo y línea de partición. [Elaboración propia] el eje utilizado para la separación del molde y la línea de partición.

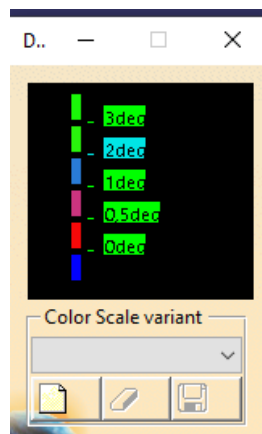


Figura 119. Valores para el análisis de desmoldeo. [Elaboración propia]

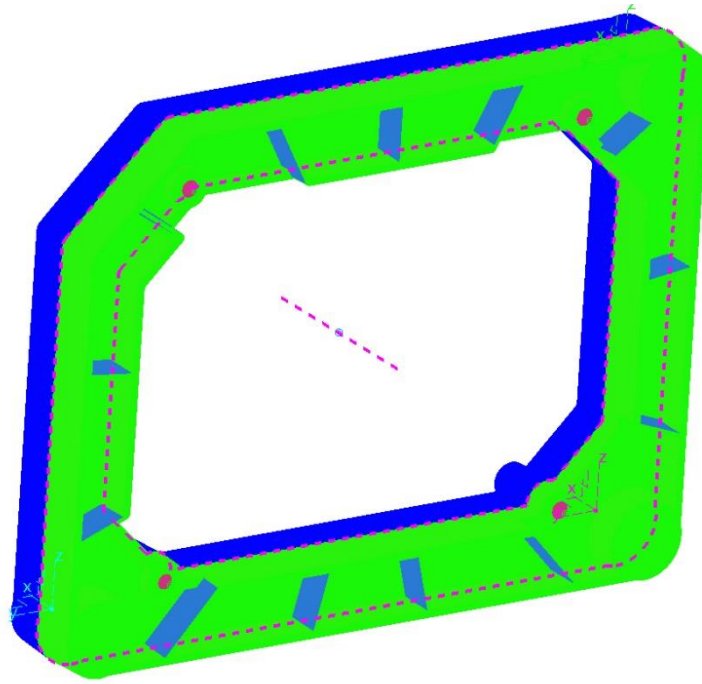


Figura 120. Análisis desmoldeo BRACKET. [Elaboración propia]

En la Figura 120. Análisis desmoldeo BRACKET. [Elaboración propia] se observa que no hay zonas sin desmoldear con  $0^\circ$ , por lo que es apta para su fabricación.

### 8.3.5 Mecanismo transmisión de movimiento

Este mecanismo es el encargado de llegar a cabo el objetivo de este proyecto, transmitir el movimiento de un punto accesible hacia el módulo BI-LED para regular esta luz.

Anteriormente, en el “Apartado 6. Cálculo de los Movimientos de regulación” se expuso el concepto teórico de los 3 puntos de movimientos que se va a aplicar para diseñar este mecanismo. Los puntos representan el centro de la esfera que constituyen a cada rotula ya que es el punto sobre el que gira.

El propósito de estos puntos es hacer girar el módulo en el plano vertical y el plano horizontal. Este giro será accionado por un mecanismo que trasmite el movimiento de manera lineal por lo que cada punto tendrá en el Bracket un perno de rótula. A continuación, se observa la situación de los puntos en el BRACKET

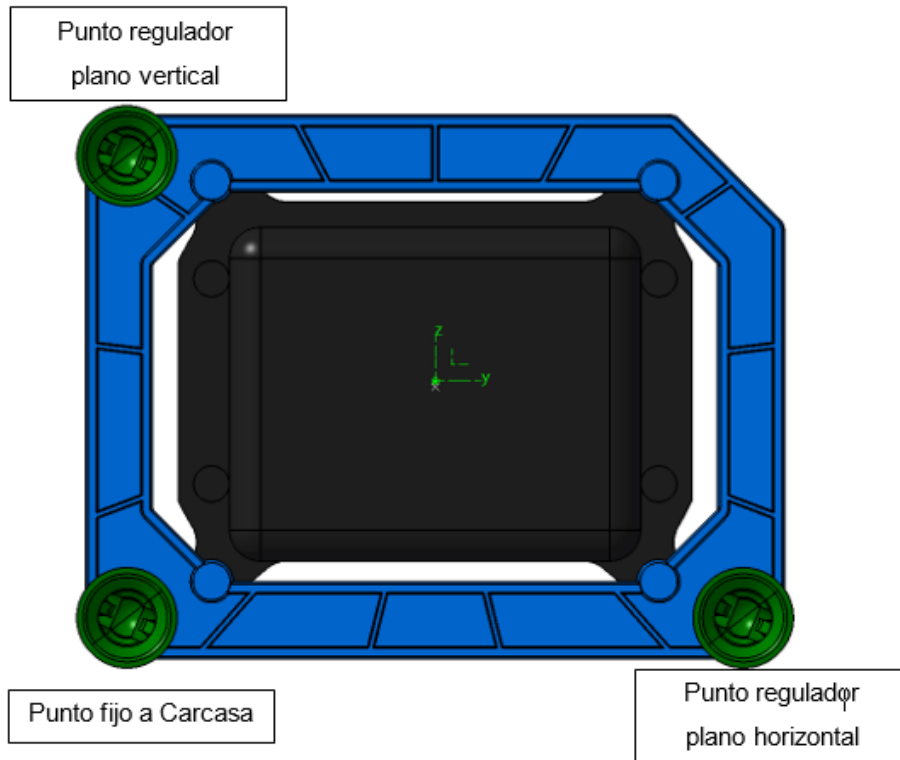


Figura 121. Esquema puntos reguladores. [Elaboración propia]

Para el punto fijo vamos a utilizar un perno con terminación en rotula para permitir el giro, pero no el desplazamiento del punto. Se le añadirá a la carcasa la contraparte para fijar el perno.

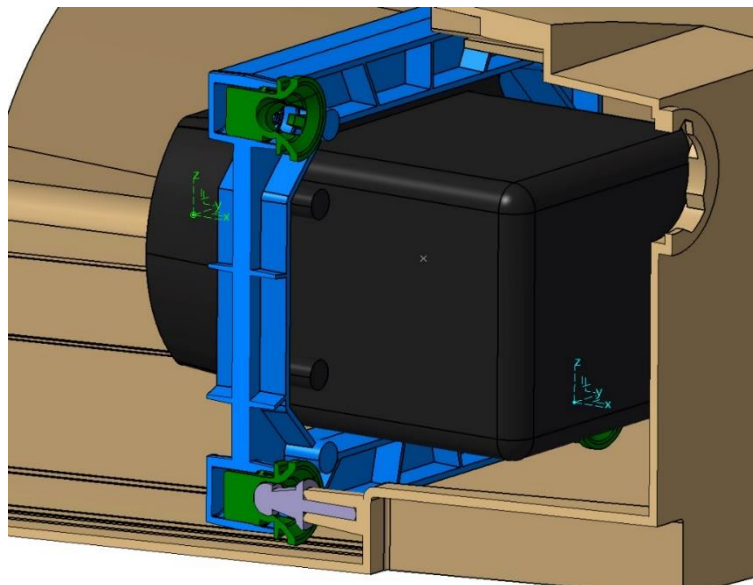


Figura 122. Elemento que conforman el punto fijo. [Elaboración propia]

El punto vertical será accionado de manera eléctrica con un motor que llamaremos “leveler”. Este motor tendrá como terminación una rotula que idealmente iría posicionada en la capsula del Bracket, pero en nuestro caso necesitaremos una pieza intermedia ya hay demasiada distancia entre estos puntos.

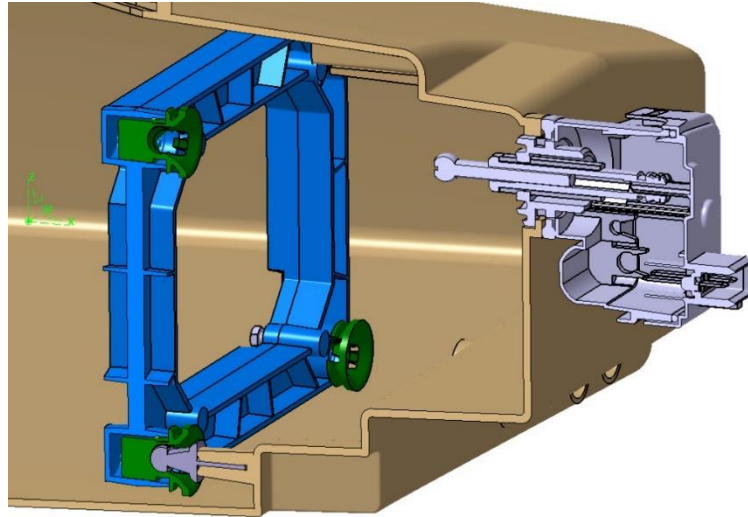


Figura 123. Separacion entra capsula y leveler. [Elaboración propia]

La solución es diseñar una pieza intermedia que conecte al Bracket con el Leveler. Esta pieza es importante que se le restrinja el giro, solo permitir que se desplace linealmente mediante un rail que integraremos en la Carcasa. A esa pieza se le llamará “SLIDER BLOCK”.

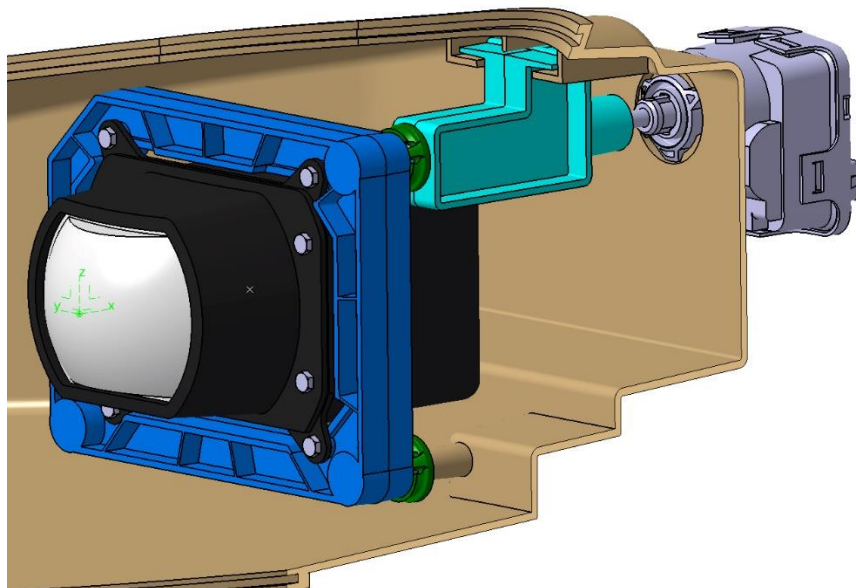


Figura 124. Conexión mediante Slider block. [Elaboración propia]

El diseño de esta pieza consiste en una estructura que contiene una rótula que se acopla a la cápsula del BRACKET y una cavidad donde se fija otra cápsula donde se conecta el LEVELER.

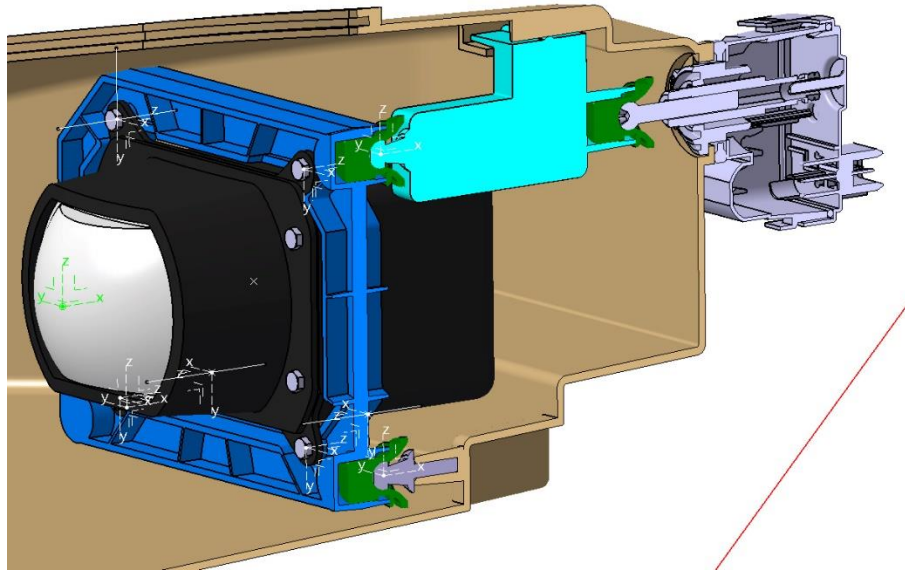


Figura 125. Conexión entre el LEVELER y BRACKET. [Elaboración propia]

Para conseguir que la pieza se desplace linealmente, se diseña un rail que se añade a la carcasa que solo permite su desplazamiento lineal como se puede observar en la

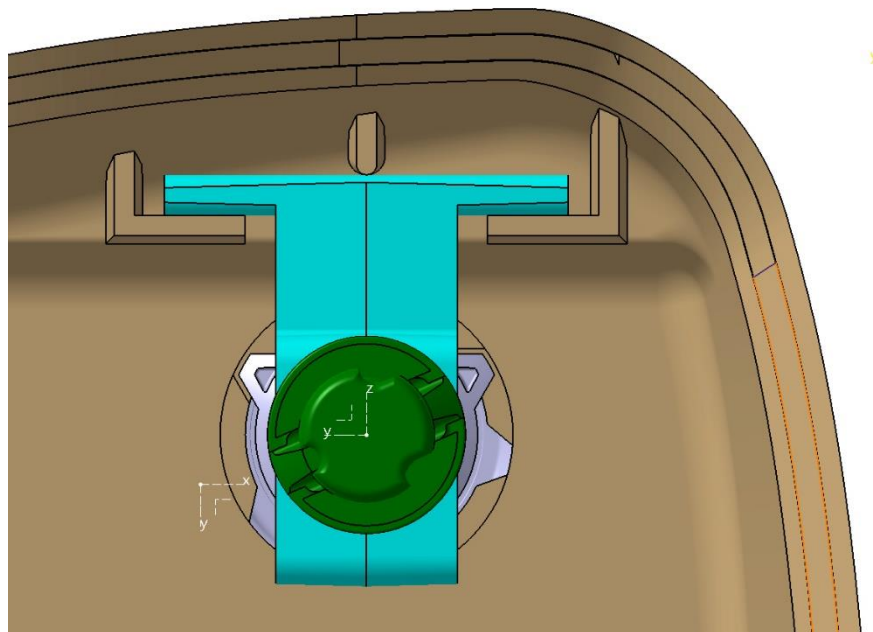


Figura 126. Rail en carcasa para SLIDER BLOCK. [Elaboración propia]

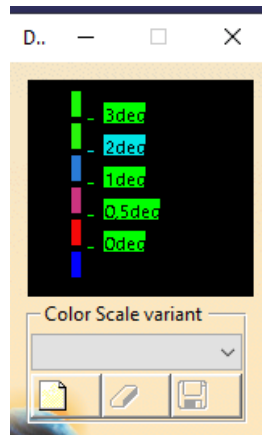


Figura 127. Valores para análisis de desmoldeo. [Elaboración propia]

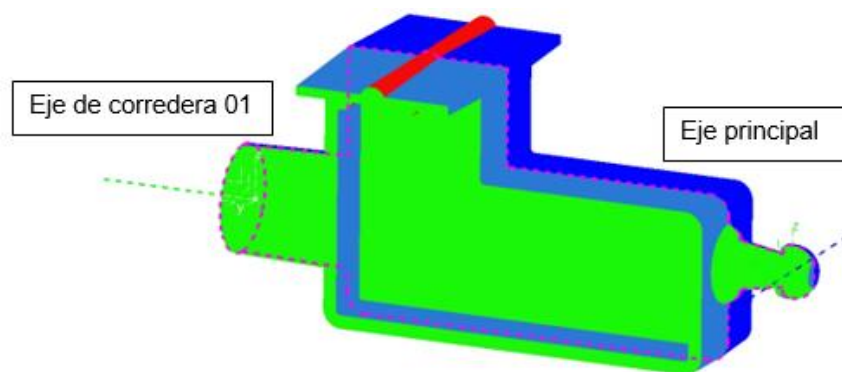


Figura 128. Análisis desmoldeo SLIDER BLOCK. [Elaboración propia]

En la Figura 128. Análisis desmoldeo SLIDER BLOCK. [Elaboración propia] se muestra el análisis de desmoldeo con el eje principal y la línea de partición del molde. La zona del rail está a 0° ya que tendrá una extracción forzada de molde para asegurar el desplazamiento lineal en dirección x. Esta técnica se hace en casos puntuales que requiere de superficies muy precisas como esta. Para la cavidad de la capsula se plantea una corredera para sacar esa zona ya que con el eje principal no es posible.

El siguiente y último punto es el encargado de regular el plano horizontal. Este es el punto que se regula manualmente con un acceso en el vano motor para poder meter el utillaje y regularlo manualmente.

En la Figura 129. Punto de accesibilidad regulación horizontal. [Elaboración propia] se observa que en nuestro diseño el punto para llegar con el útil a regular manualmente nuestro módulo Bi-LED es inaccesible, por lo que se va a diseñar un

mecanismo formado por un tren de engranajes que enviará el movimiento del punto accesible desde el vano motor marcado al inaccesible.

El objetivo del tren de engranajes es solo enviar un movimiento, pero se necesita cambiar la potencia por lo que los engranajes como se ha expuesto en el “apartado 7. Diseño de los engranajes a partir de CATIA V.5” la relación entre ellos es de 1:1, es decir, son iguales.

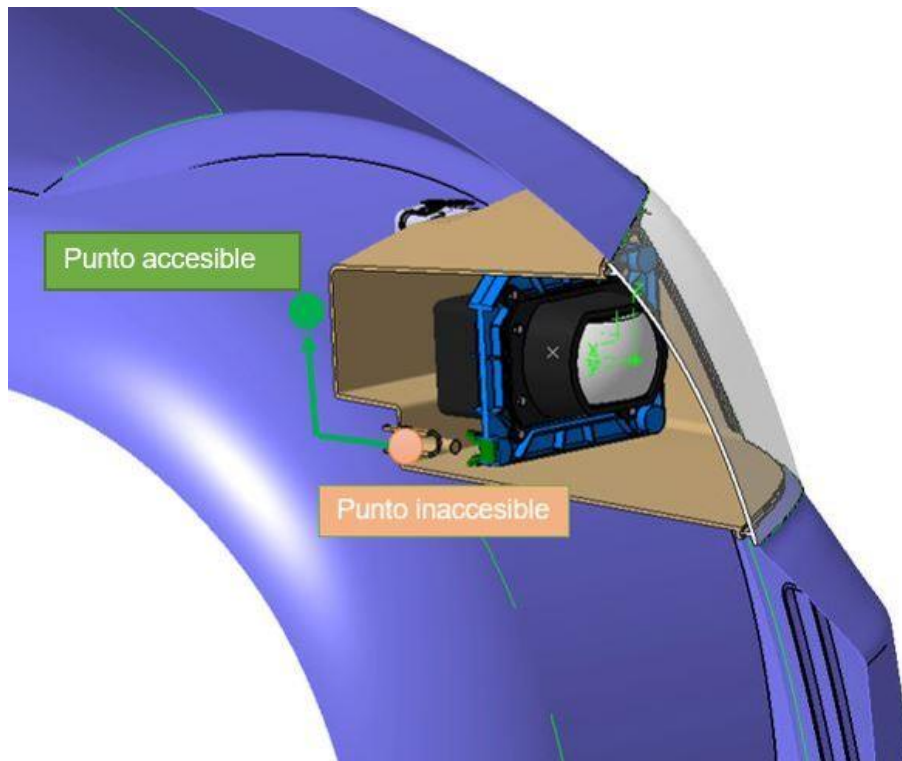


Figura 129. Punto de accesibilidad regulación horizontal. [Elaboración propia]

Para este punto utilizaremos un tornillo con terminación de rótula y accionamiento manual como se observa en la Figura 130. Tornillo regulación horizontal. [Elaboración propia]. Este tornillo tiene rosca en la zona de la carcasa y una junta de estanqueidad para impedir que entre humedad por esta contraparte. Este tornillo está pensado para girarlo manualmente con un útil, pero en nuestro caso como se ha comentado anteriormente no es accesible.

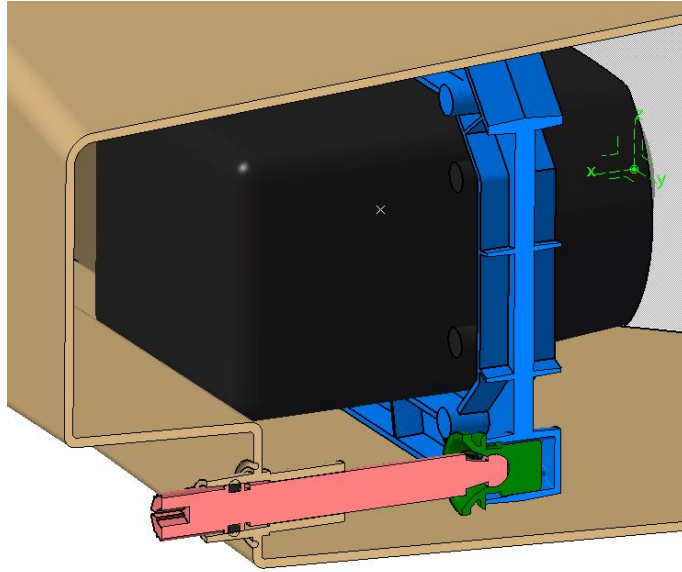


Figura 130. Tornillo regulación horizontal. [Elaboración propia]

El mecanismo propuesto para el envío del movimiento está compuesto por dos engranajes rectos para enviar el movimiento en el eje x y dos engranajes cónicos para el envío del movimiento en el eje z. Los engranajes utilizados son los calculados en el apartado 7 , con módulo de 1 mm y 23 dientes.

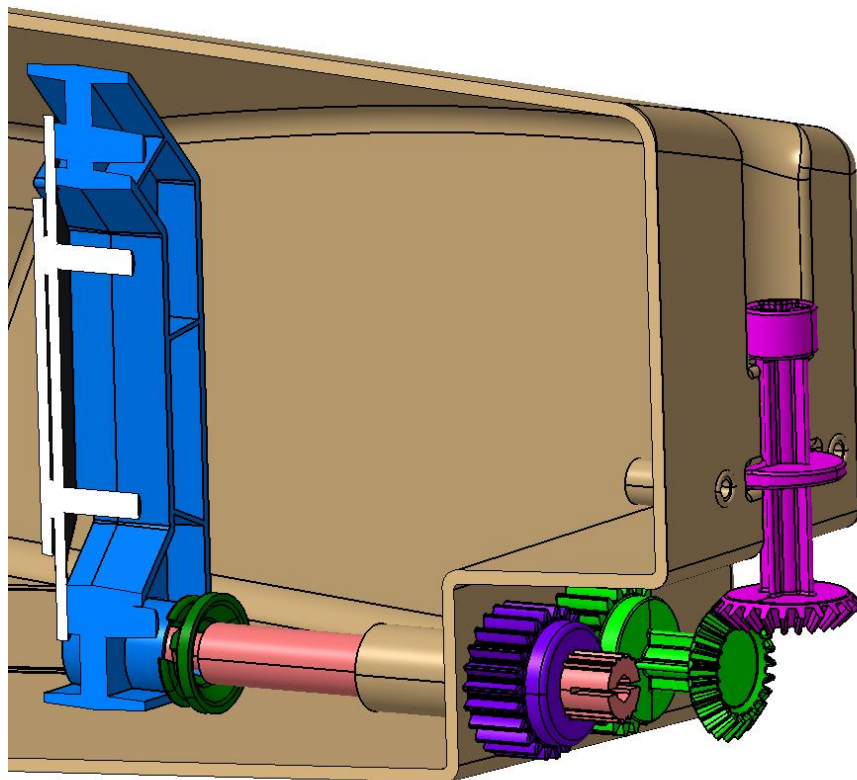


Figura 131. Mecanismo de envío del movimiento. [Elaboración propia]

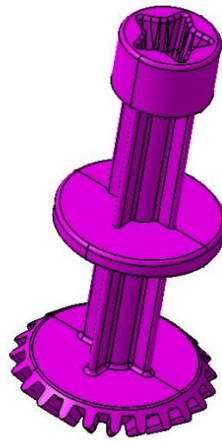


Figura 132. Engranaje cónico y punto regulador con útil. [Elaboración propio]

La pieza de la Figura 132. Engranaje cónico y punto regulador con útil. [Elaboración propio] está formada por un engranajes cónico que enviara el movimiento producido por el útil en el punto regulador a la siguiente pieza.

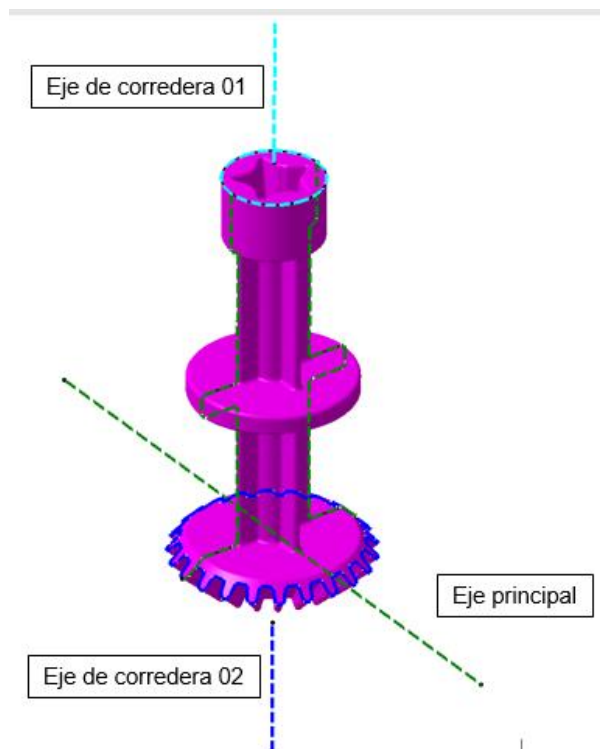


Figura 133. Ejes molde. [Elaboración propia]

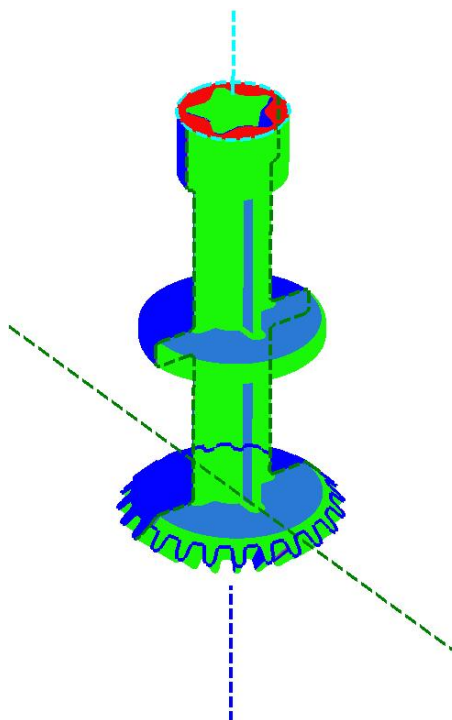


Figura 134. Análisis desmoldeo eje principal. [Elaboración propia]

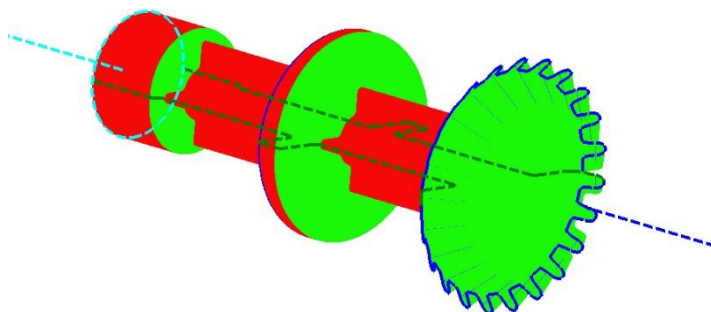


Figura 135. Análisis de corredera 02. [Elaboración propia]

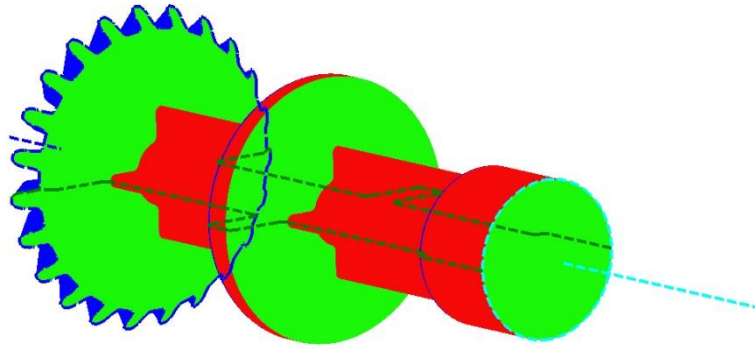


Figura 136. Análisis de corredera 01. [Elaboración propia]

Como se observa en las anteriores imágenes la pieza es correcta para su fabricación ya que no hay zonas a  $0^\circ$  en por la línea de partaje principal. Tanto el engranaje cónico como la contraparte del útil se sacarán por correderas.

La siguiente pieza contiene el engranaje cónico que acopla con la pieza anterior. En el otro extremo tiene un engranaje recto, que se conectará con la siguiente pieza en su engranaje recto.

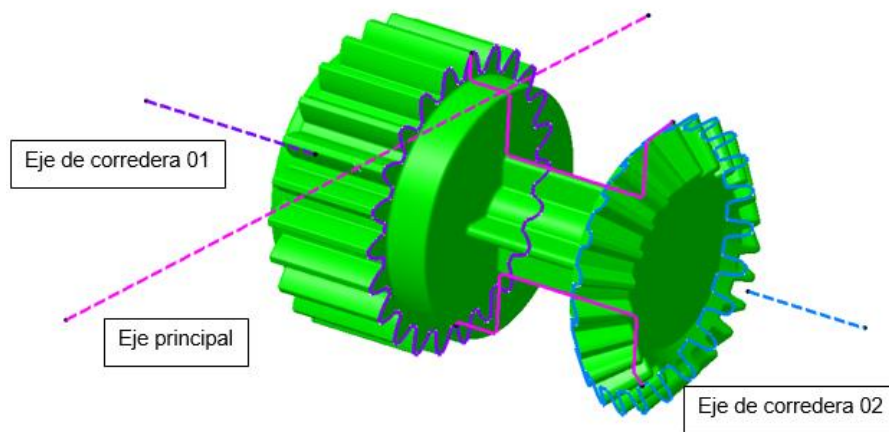


Figura 137. Pieza con engranaje cónico y recto. [Elaboración propia]

La pieza tiene dos correderas (morada y azul) para sacar de molde los dos engranajes, el resto de la pieza sale de molde con el eje principal.

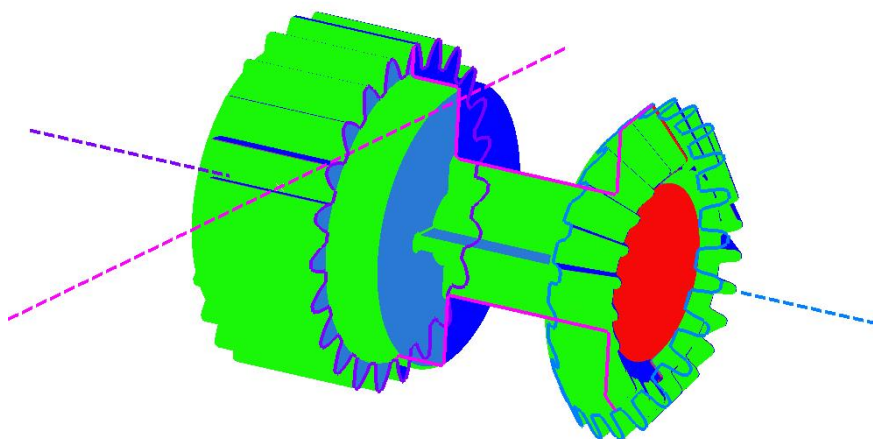


Figura 138. Análisis desmoldeo eje principal. [Elaboración Propia]

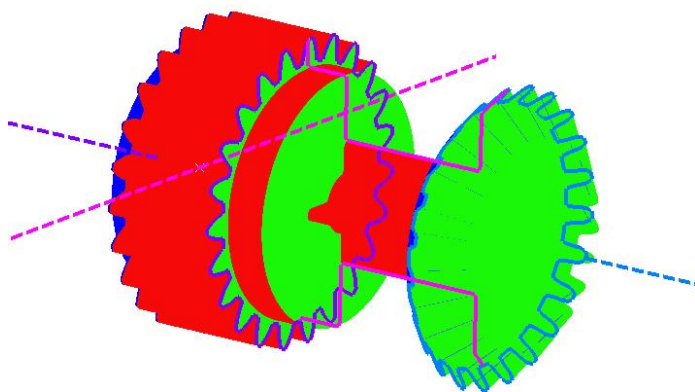


Figura 139. Análisis de corredera 02. [Elaboración propia]

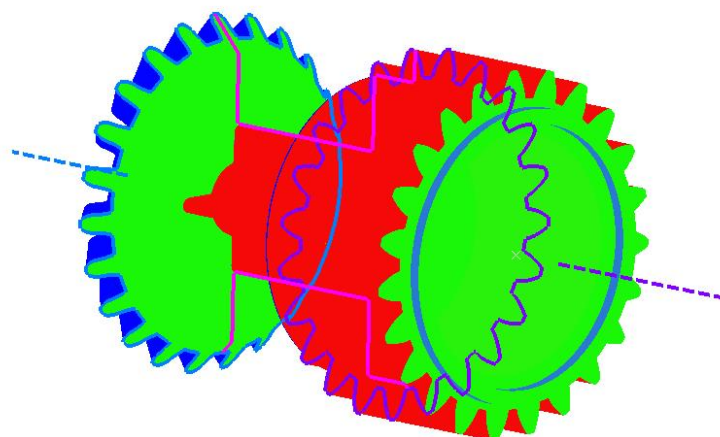
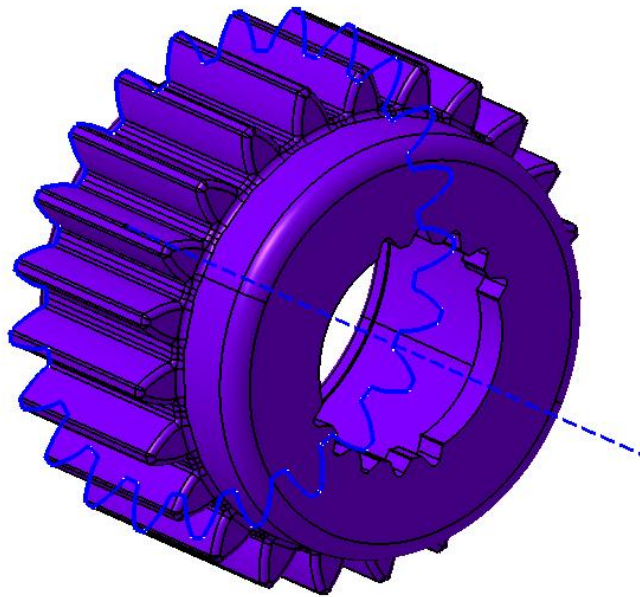


Figura 140. Análisis de corredera 01. [Elaboración propia]

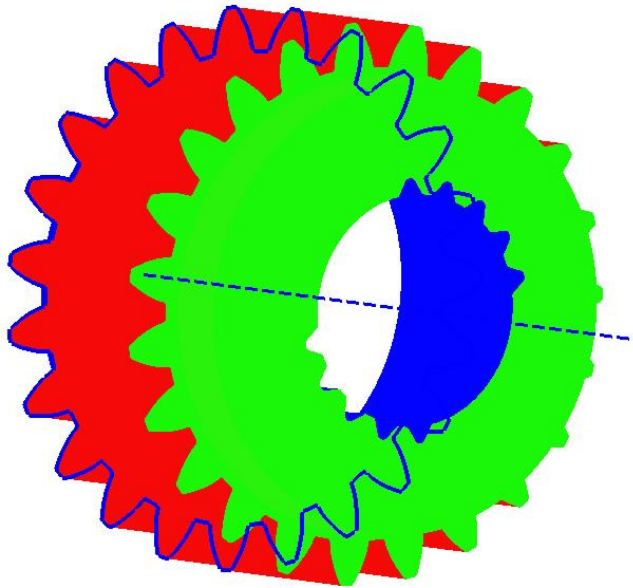
Se puede observar en la anterior figura que el análisis de desmoldeo con el eje principal es correcto para las zonas que salen de molde con este eje (rosa). La corredera 01 es la encargada de sacar en el engranaje recto, es una pieza que requiere mucha precisión y sus dientes están a  $0^\circ$ , saldrán de molde mediante extracción forzada.

El último engranaje es el que va encajado en el tornillo de la regulación, cuando el engranaje gire el tornillo se rosca o desenrosca de la carcasa moviendo nuestro módulo Bi-LED.



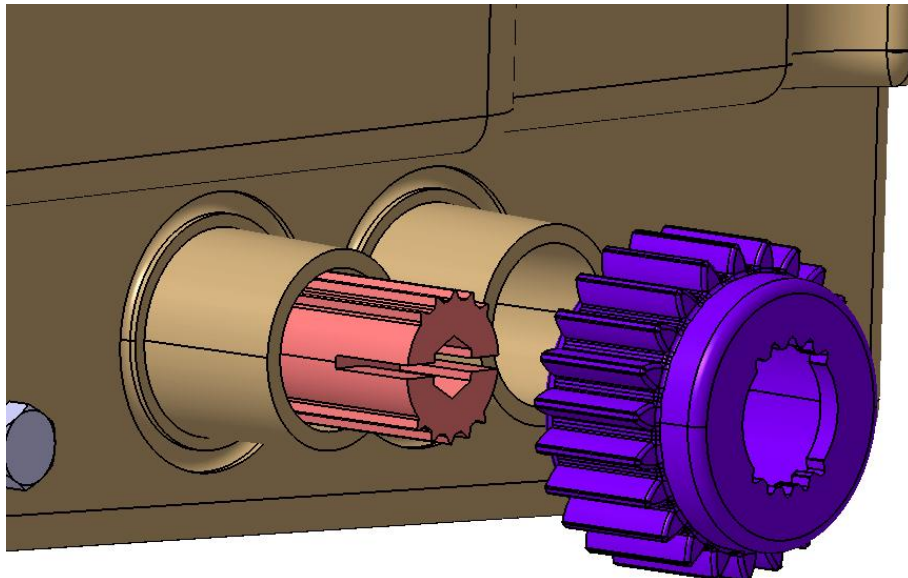
*Figura 141. Eje principal desmoldeo. [Elaboración propia]*

La pieza no tiene correderas, sale de molde solo con el eje principal. Esta pieza requiere que sea muy precisa por lo que los dientes están a  $0^\circ$  y salen por extracción forzada de molde.

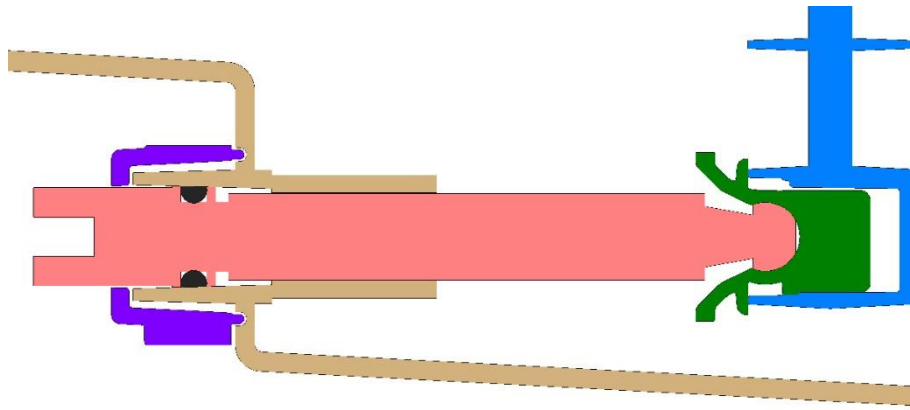


*Figura 142. Análisis de desmoldeo engranaje recto. [Elaboración propia]*

Una vez expuesto el funcionamiento y fabricación del mecanismo se procede a explicar la fijación de estas piezas en la carcasa permitiendo el giro de las piezas que lo precisen sin desplazamientos.

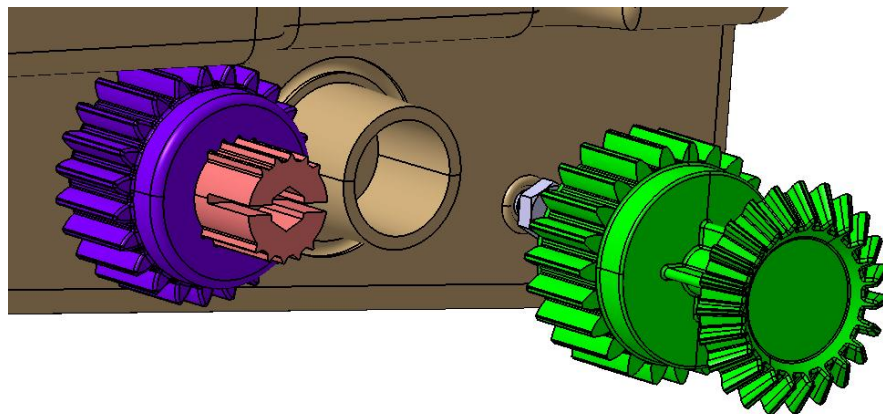


*Figura 143. Montaje engranaje recto. [Elaboración propia]*

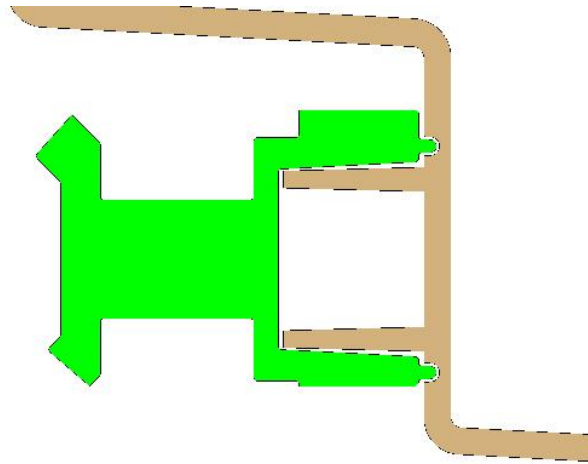


*Figura 144. Engranaje recto posicionado. [Elaboración propia]*

Como se observa en la Figura 143. Montaje engranaje recto. [Elaboración propia] y Figura 144. Engranaje recto posicionado. [Elaboración propia] el engranaje se monta concéntrico al tornillo de regulación. En la carcasa se ha colocado un pequeño rail para que monte el engranaje y pueda girar concéntricamente.



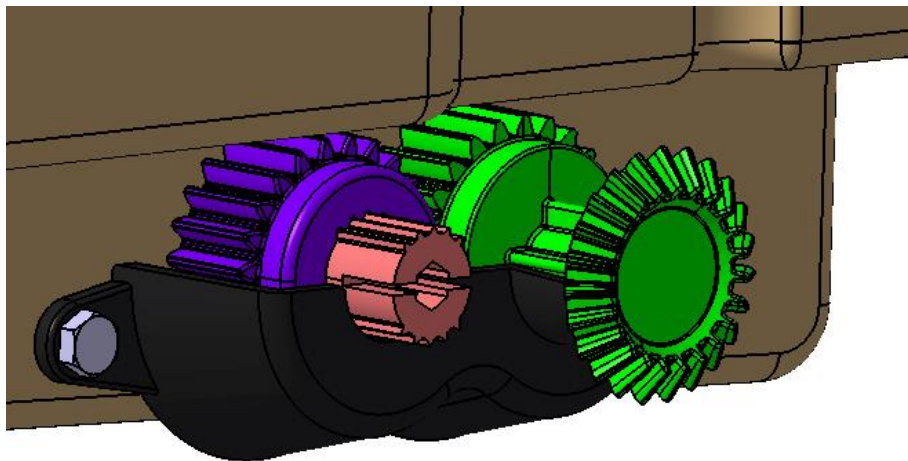
*Figura 145. Montaje pieza intermedia. [Elaboración propia]*



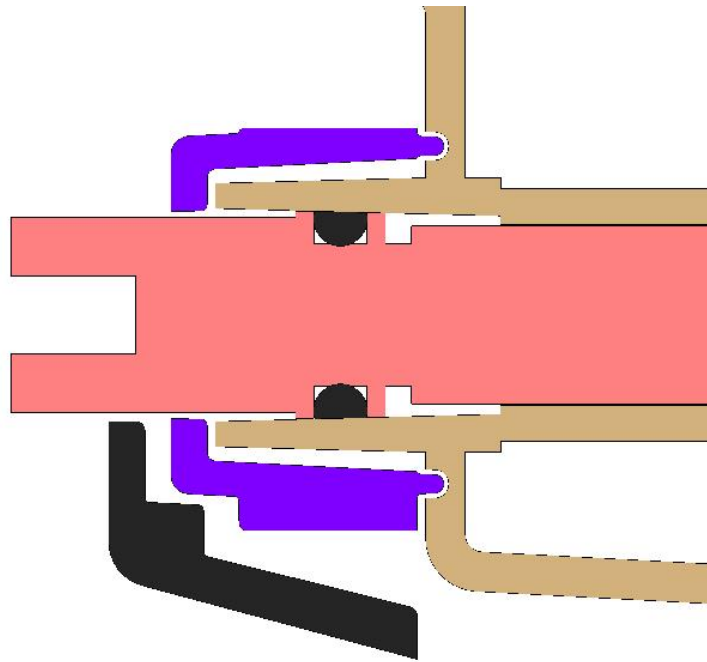
*Figura 146. Pieza engranaje cónico y recto posicionada. [Elaboración propia]*

La siguiente pieza se monta en la carcasa donde se ha añadido un cilindro para que se monte esta pieza al igual que un pequeño rail.

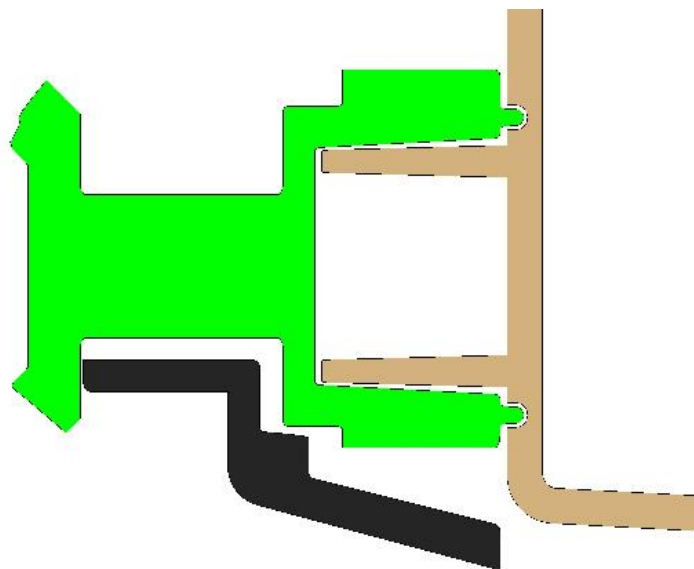
Evitar que estos engranajes se desplacen en el eje x, se ha diseñado una tapa con diferentes nervios que evitan el desplazamiento lineal permitiendo el giro. Esta tapa se atornilla en la carcasa con dos tornillos M3x14 mm.



*Figura 147. Tapa fijada a carcasa. [Elaboración propia]*



*Figura 148. Sección tapa y engranaje recto. [Elaboración propia]*



*Figura 149. Sección tapa y pieza engranajes. [Elaboración propia]*

Para la fabricación de esta tapa se utilizará un eje de expulsión de molde en x, sin la necesidad de una corredera. El análisis de desmoldeo sale apto ya que no hay caras con 0° de desmoldeo.

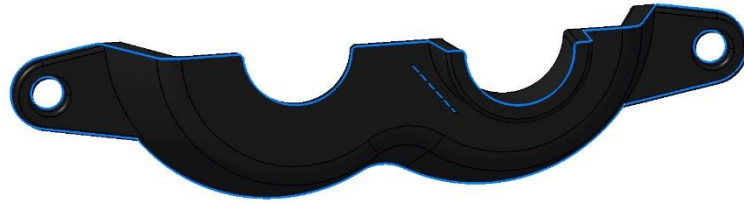


Figura 150. Eje principal y partaje de tapa. [Elaboración propia]

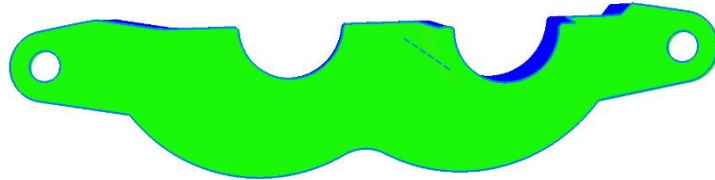


Figura 151. Análisis de desmoldeo de tapa. [Elaboración propia]

La siguiente pieza contiene el engranaje cónico y se monta en el eje x a la carcasa donde hay una ranura que posiciona y permite girar a esta pieza.

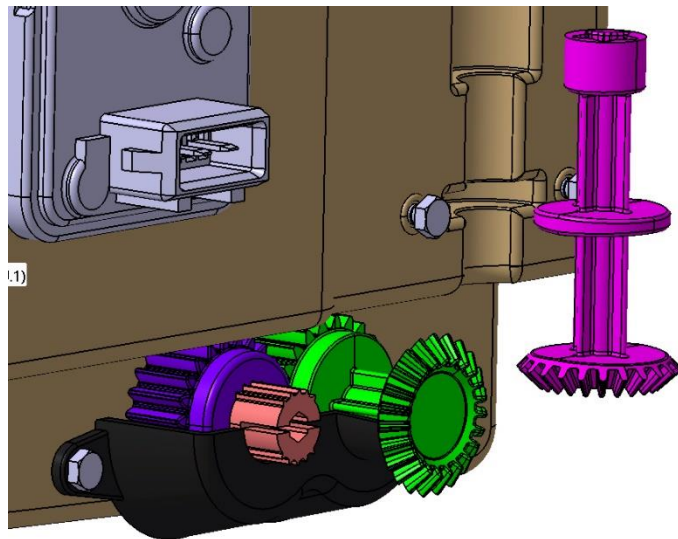


Figura 152. Montaje en carcasa. [Elaboración propia]

Para evitar que la pieza se desplace en el eje x se ha diseñado una pieza que va fijada a la carcasa y evita este desplazamiento

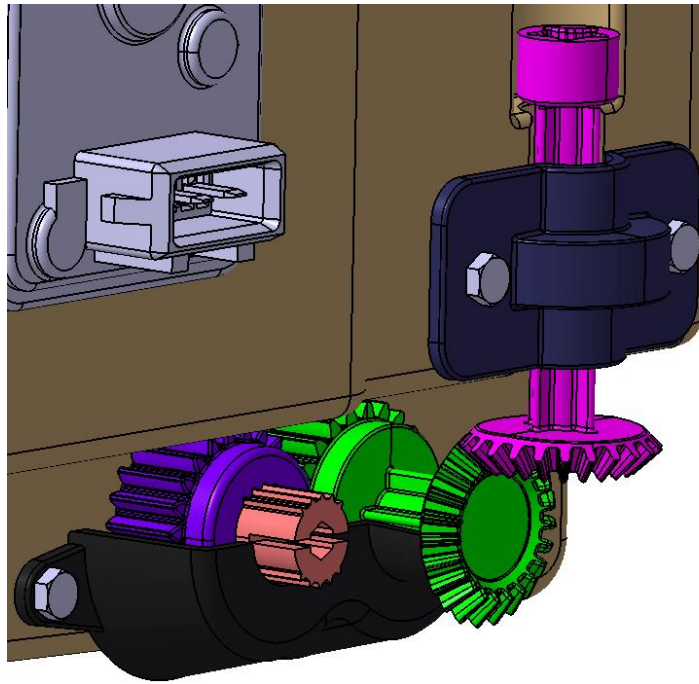


Figura 153. Tope para evitar desplazamiento en x. [Elaboración propia]

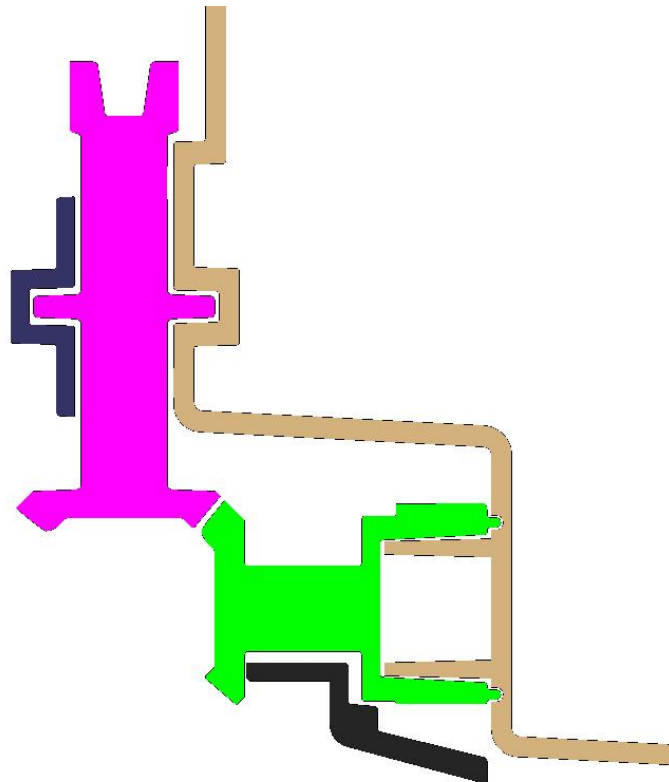


Figura 154. Sección carcasa y pieza engranaje cónico. [Elaboración propia]

Esta pieza tope se fabrica mediante molde de inyección y solo necesita un eje principal de desmoldeo como se ve en las siguientes imágenes. El análisis de desmoldeo es correcto para su fabricación por molde de inyección.

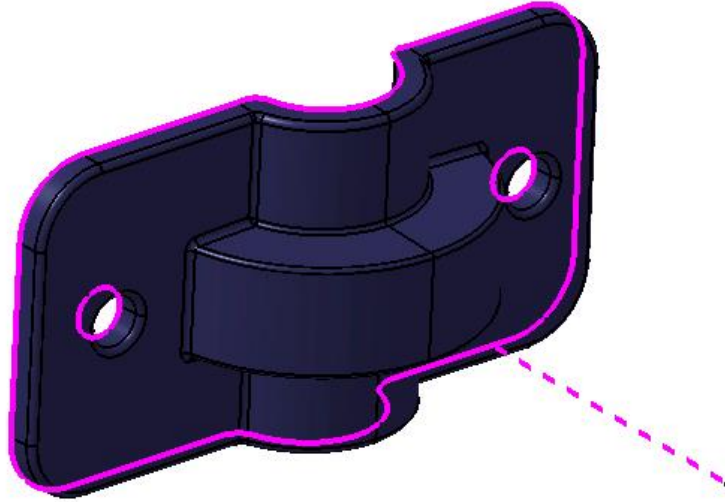


Figura 155. Eje de desmoldeo y partaje. [Elaboración propia]

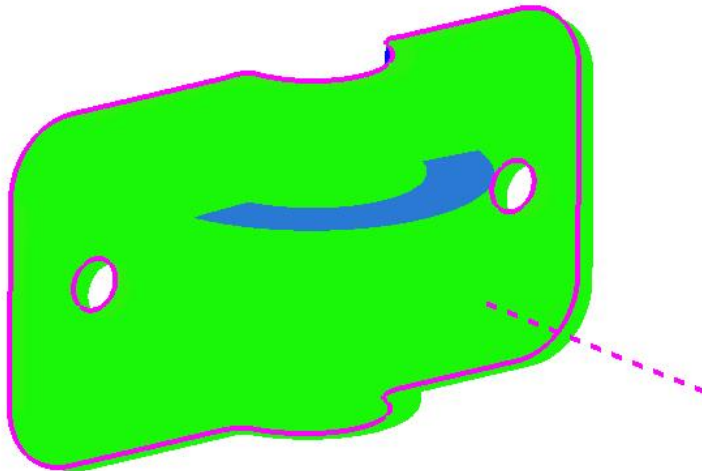


Figura 156. Análisis de desmoldeo. [Elaboración propia]

## 9 CONCLUSIÓN

Hoy en día son muchas las empresas que compiten para realizar el diseño de la iluminación de las grandes marcas de coches. Algunos ejemplos son VALEO Lighting System, PSA, Automotive LIGHTING, etc. Los objetivos en los que trabajan día a día estas empresas para ser las elegidas por esas grandes marcas son:

- Estudios económicos para abaratar al máximo el precio final. Por ejemplo, poder eliminar un tornillo del conjunto cambiándolo por un clip hace que los costes sean menores.
- Control y eficiencia del programa utilizado para el diseño en 3D. Cuanto más eficiente sea el archivo de la pieza, más rápido se aplicarán los cambios a realizar y menores serán las horas de trabajo empleadas.
- Innovación de sistemas de iluminación mediante el estudio de la óptica, para mostrar un diseño pionero con tecnologías lo más simples posibles y bajo coste.

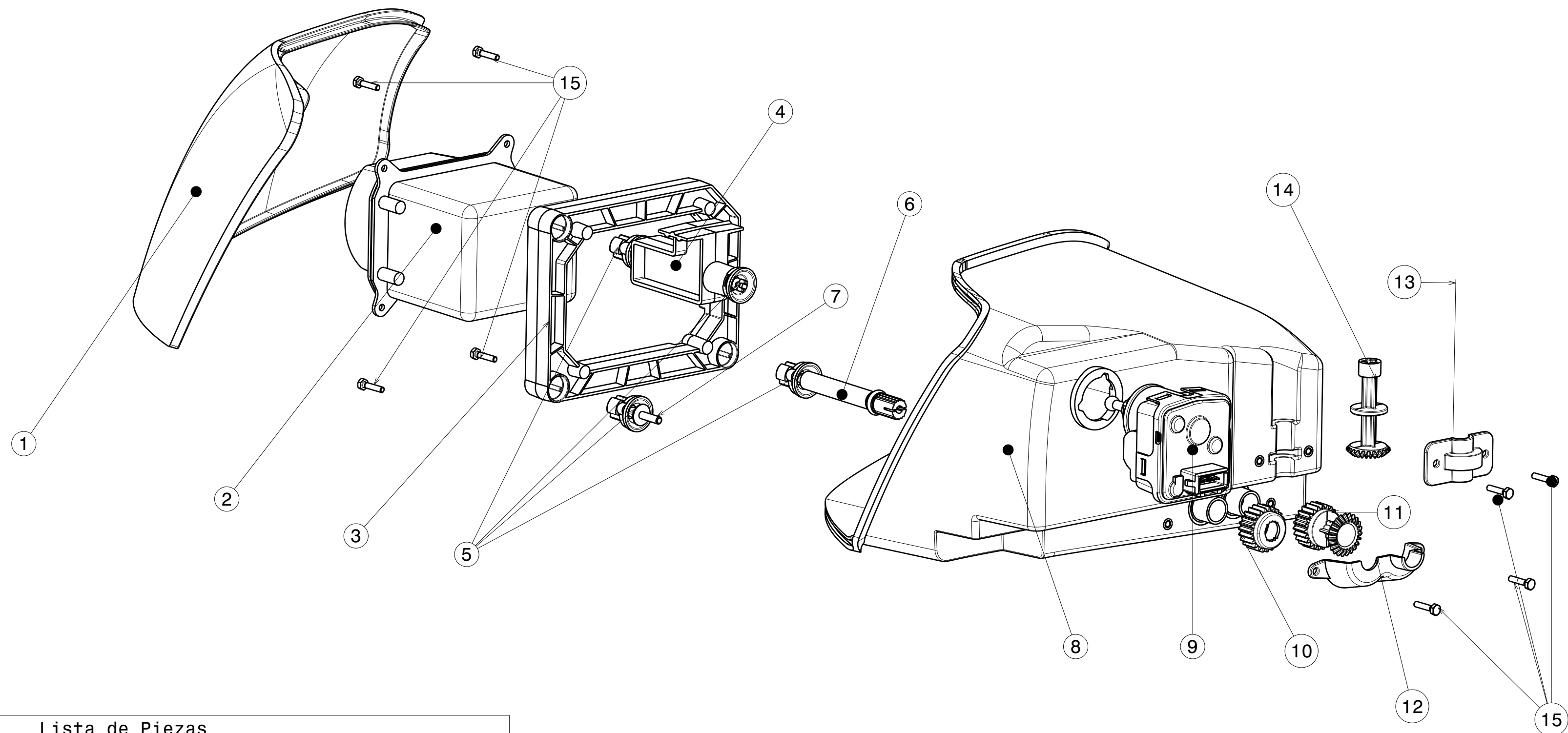
En el presente TFG se ha planteado un problema en el ámbito de la automoción y se ha resuelto mediante las herramientas utilizadas actualmente en la industria y de una manera ordenada y efectiva. Es importante el resultado final y también una metodología de trabajo ordenada y capacitada para cambios continuos.

El trabajo de diseño de este proyecto ha estado en continuo movimiento, si cambiaba alguna pieza del entorno nuestro diseño lo detectaba y corregía automáticamente las piezas que se veían afectadas gracias a las publicaciones y las conexiones que se han realizado entre las piezas.

En cuanto al diseño, se ha buscado la simplicidad de las piezas en cuanto a tamaño y dificultad de fabricación. Se ha obtenido un entorno de trabajo en 3D y un conjunto de piezas capaces de llevar a cabo la regulación de un faro.

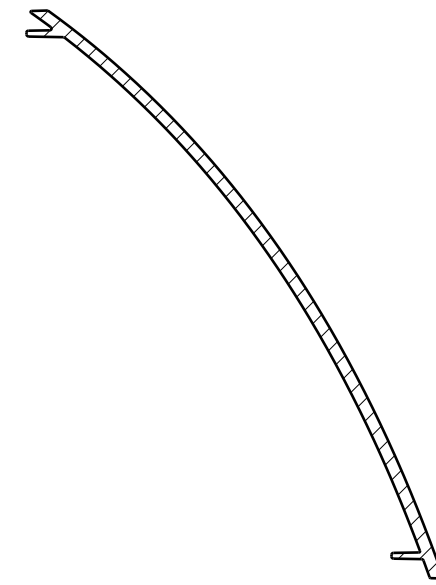
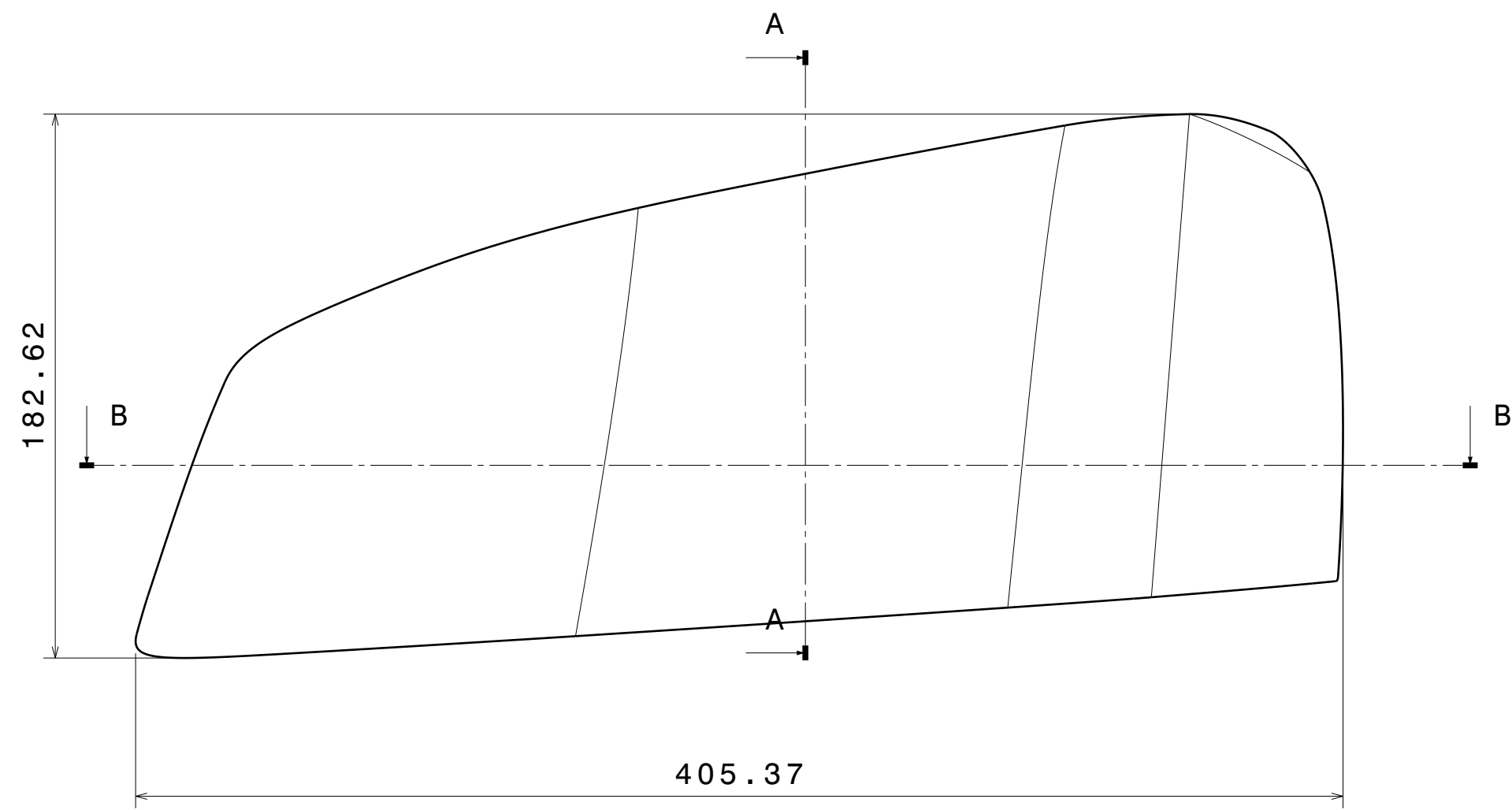
Como línea de estudio futura para este proyecto sería conveniente el estudio de fabricación de las piezas mediante análisis con Moldflow así como el estudio de esfuerzos que sufre cada pieza para comprobar que no hay roturas o si se necesita dar más robustez a las mismas.

## 10 PLANOS

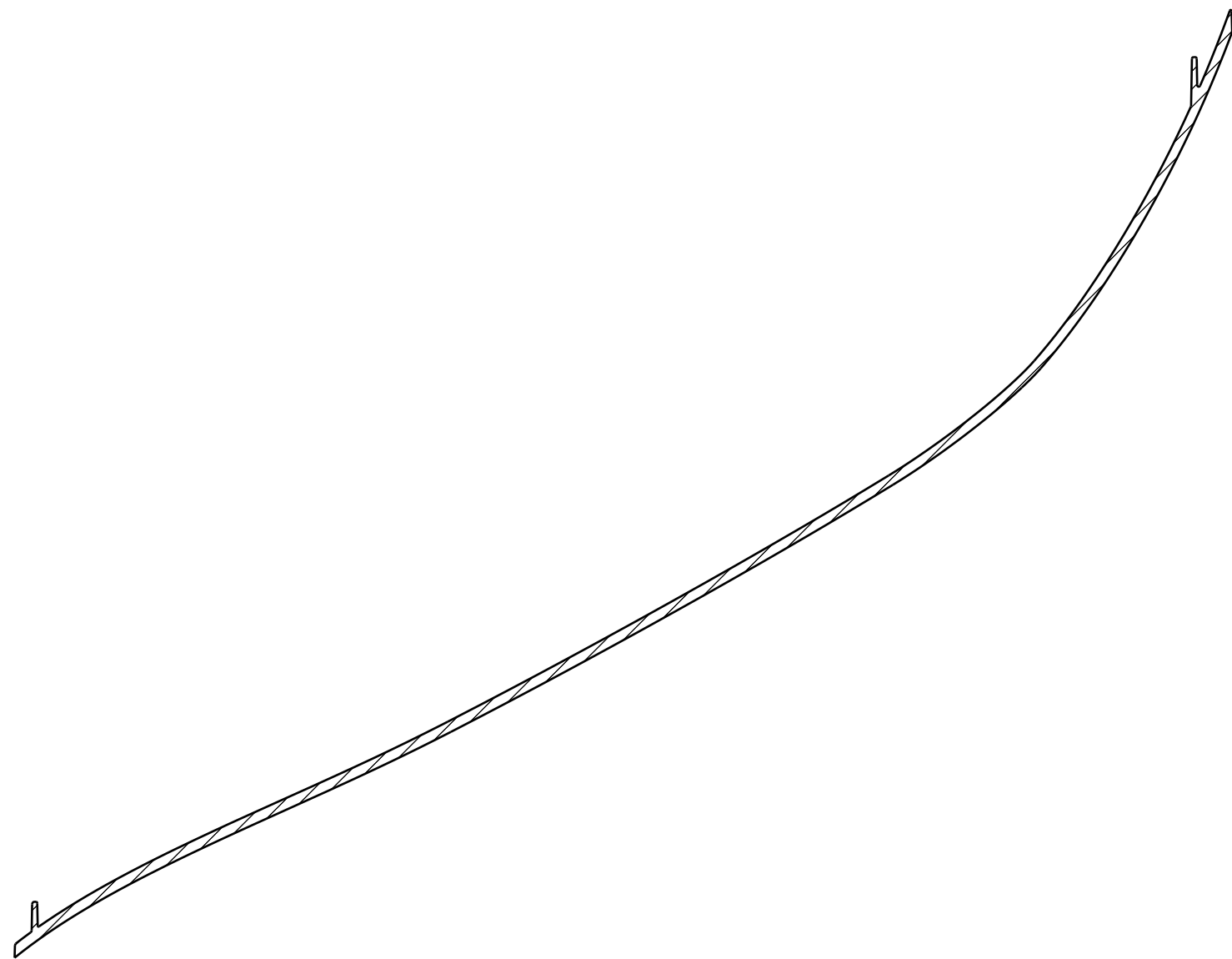


| Lista de Piezas |          |                      |                                                  |          |
|-----------------|----------|----------------------|--------------------------------------------------|----------|
| Elemento        | Cantidad | N. Pieza             | Descripción                                      | Nº Plano |
| 1               | 1        | Túlipa               |                                                  | 001      |
| 2               | 1        | Módulo Bi-LED        | Módulo encargado de luz de corto y largo alcance | 002      |
| 3               | 1        | Bracket              |                                                  | 003      |
| 4               | 1        | Slider Block         |                                                  | 004      |
| 5               | 4        | Cápsulas             | Cápsulas con alojamiento para rótulas            |          |
| 6               | 1        | Regulador horizontal | Tornillo encargado de la regulación horizontal   |          |
| 7               | 1        | Perno rótula         | M 4 x 14 mm                                      |          |
| 8               | 1        | Carcasa              |                                                  | 005      |
| 9               | 1        | Motor electrico      |                                                  |          |
| 10              | 1        | Engranaje 01         |                                                  | 006      |
| 11              | 1        | Engranajes 02        |                                                  | 007      |
| 12              | 1        | Tapa 01              |                                                  | 008      |
| 13              | 1        | Tapa 02              |                                                  | 009      |
| 14              | 1        | Engranaje 03         |                                                  | 010      |
| 15              | 8        | BS 3692 M 3 x 14     | Tornillo M 3 x 14                                |          |

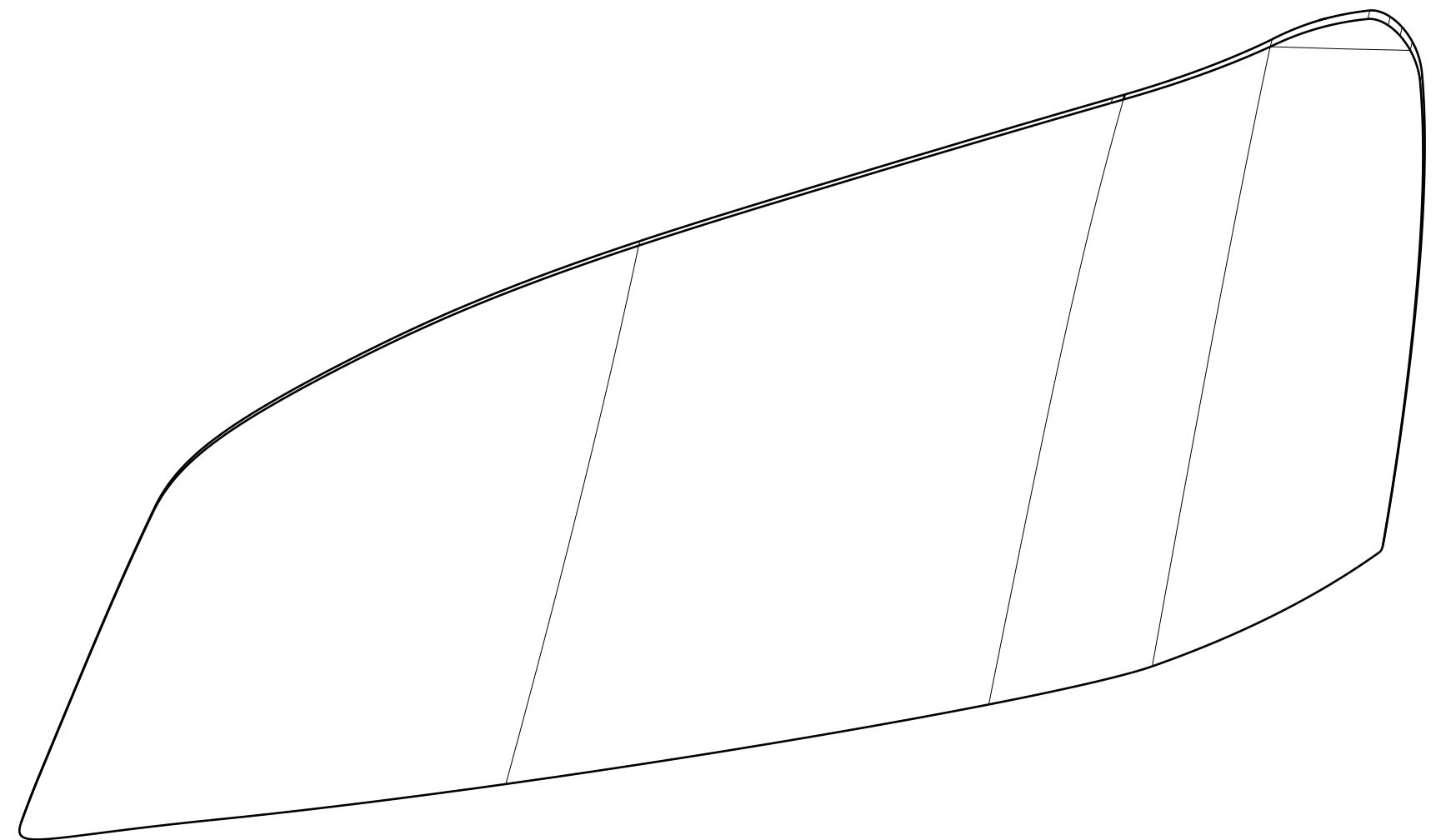
|                | FECHA                                                                                            | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
| DIBUJADO       | 0ct 2019                                                                                         | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO     |                                                                                                  |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:2 | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO<br>000                         |
|                | Plano de conjunto                                                                                |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                |                                                                                                  |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |



Sección A-A



Sección B-B

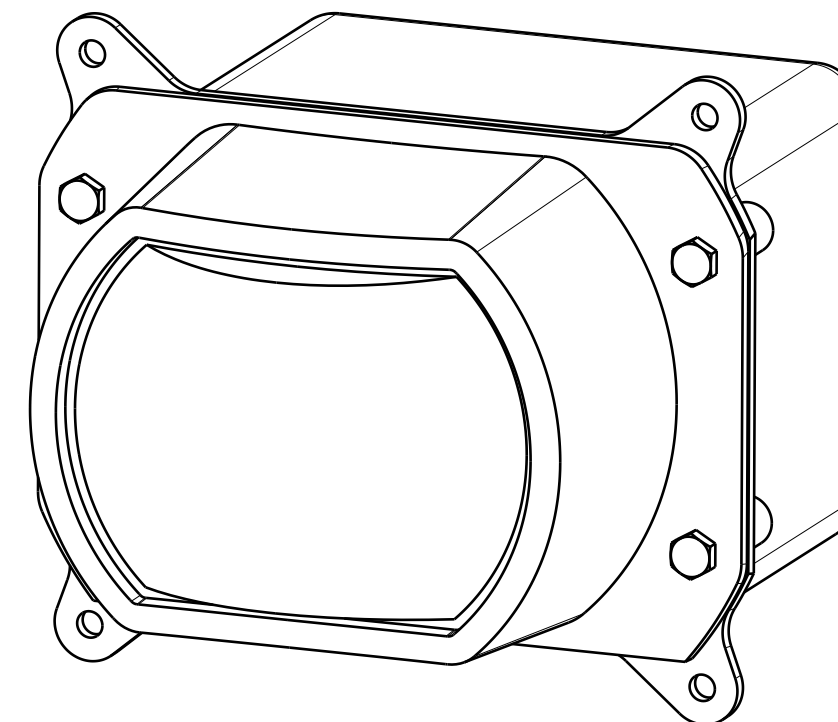
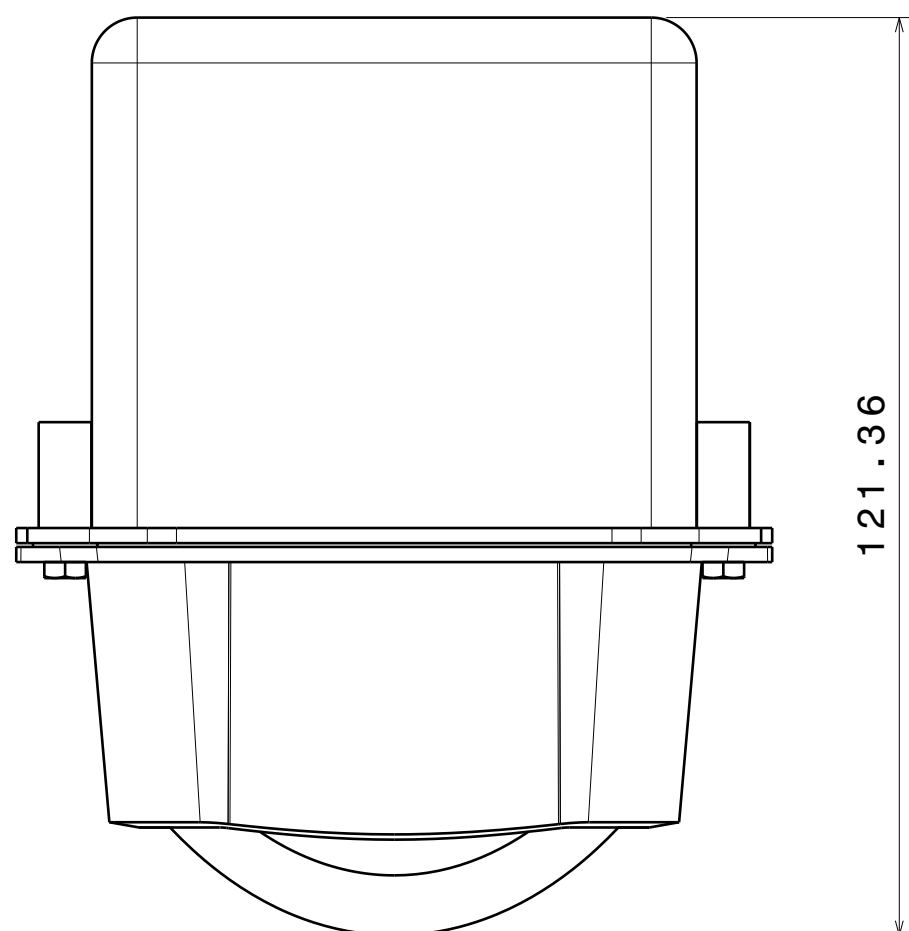
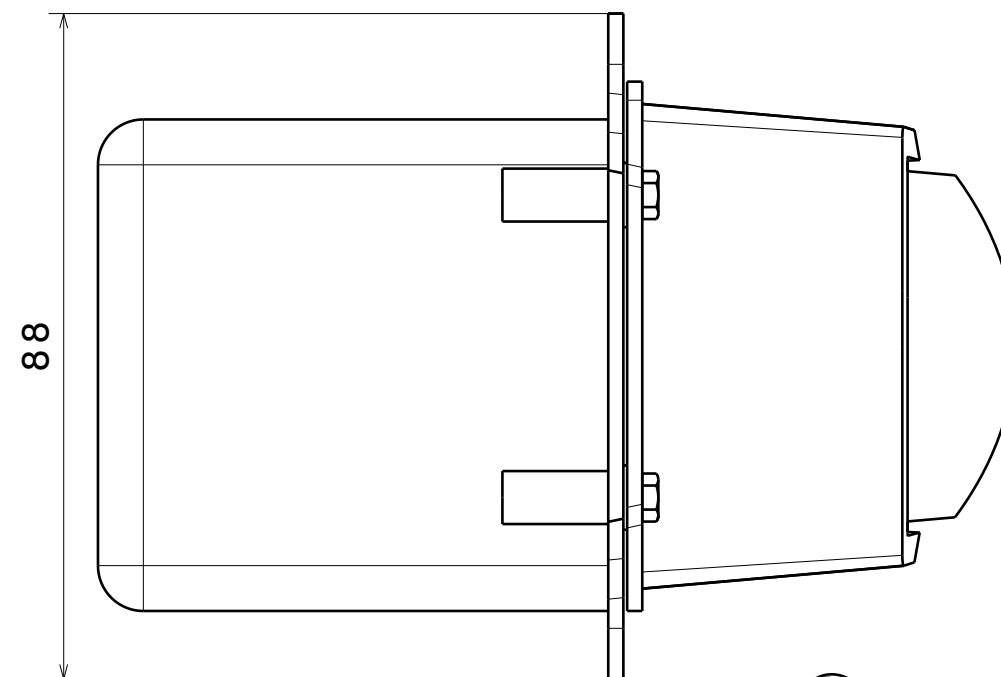
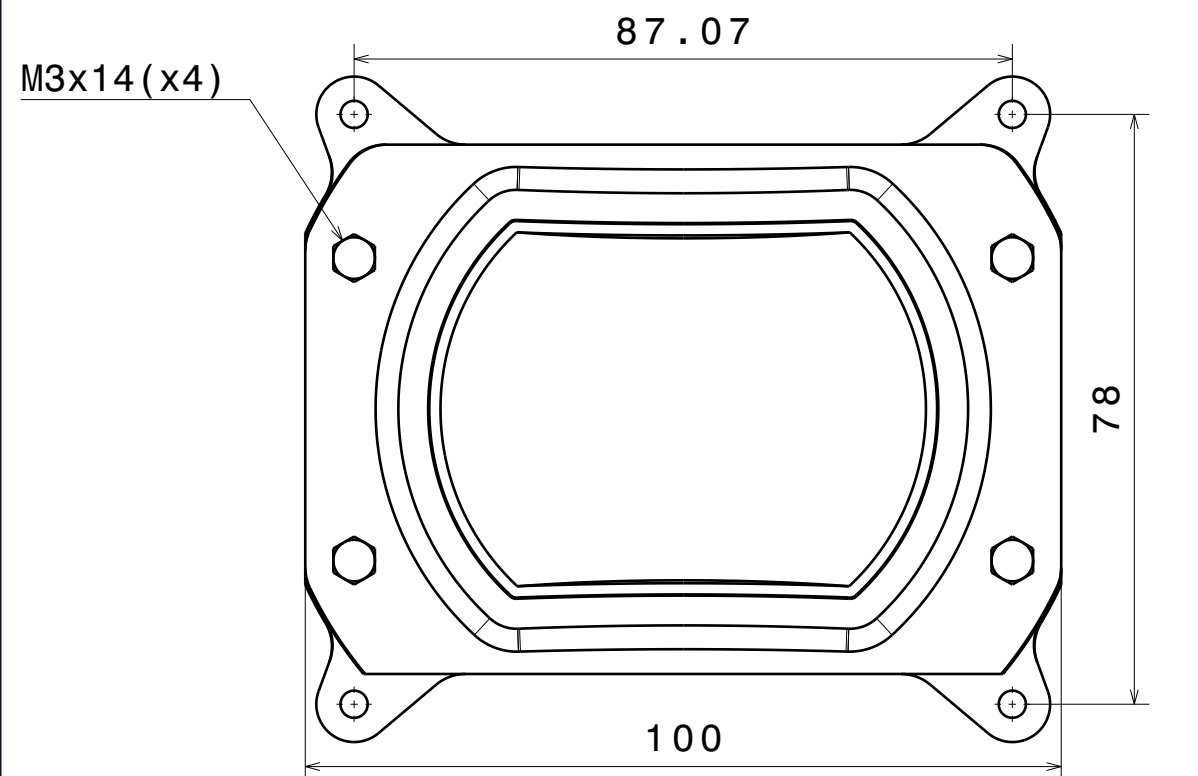


Vista Isométrica

NOTA

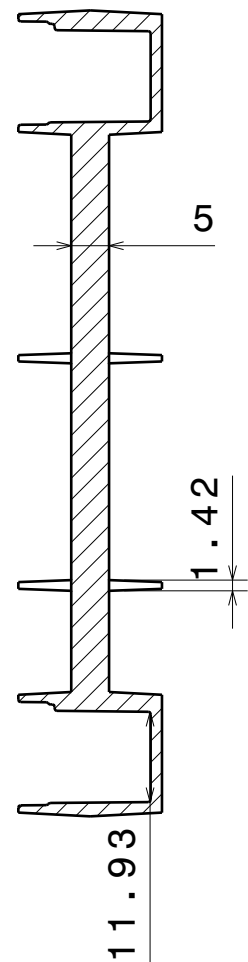
ESPESOR: 3 mm

|            |                                                                                                        |           |       |                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                  | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   | 0ct 2019                                                                                               | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                                        |           |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño del sistema de regulación de un faro<br>de automovil utilizando técnicas CAD/CAM<br>(CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO                                |
| 1:2        |                                                                                                        |           |       | 001                                     |
|            |                                                                                                        |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|            | Túlipa                                                                                                 |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |

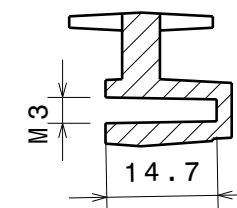
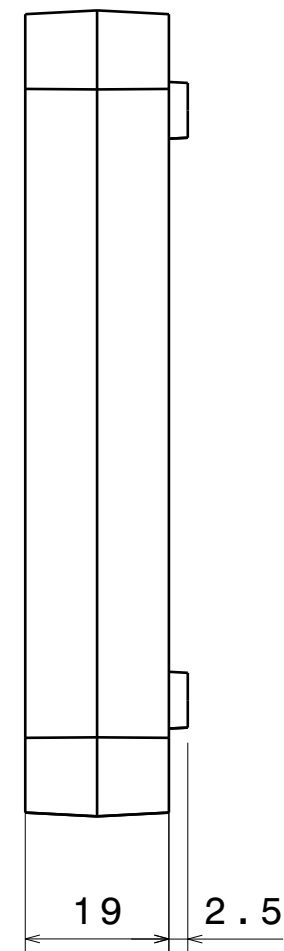
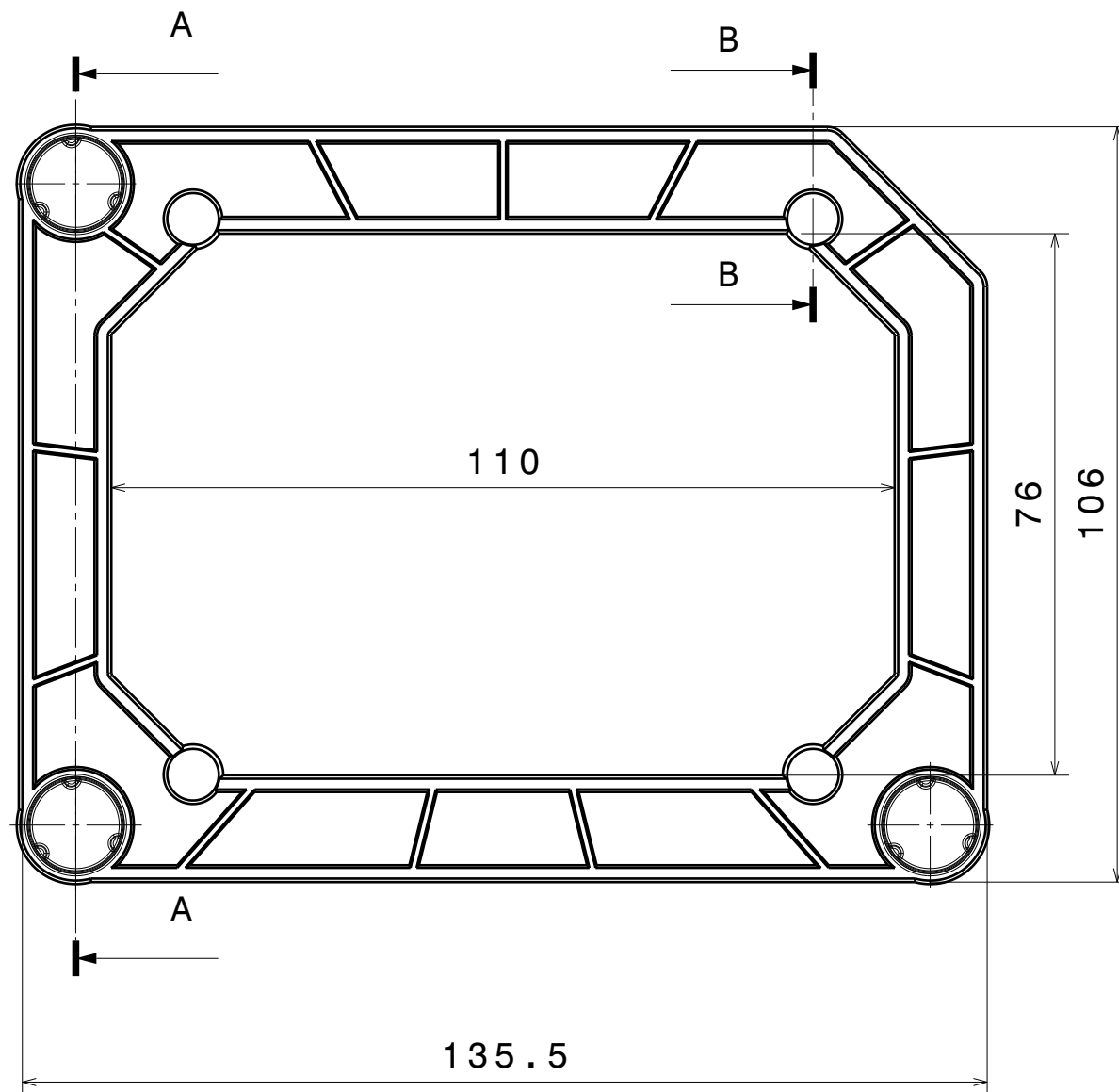


Vista Isométrica

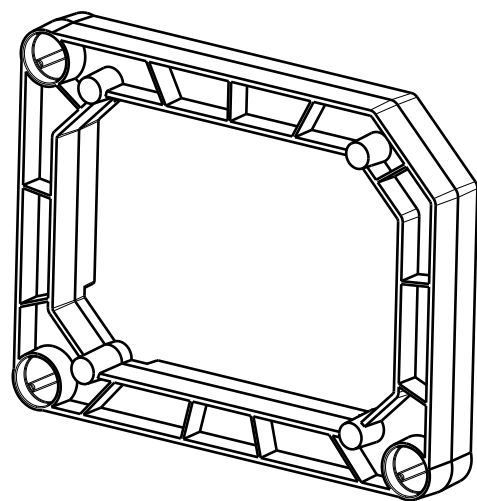
|                |                                                                                                        |           |       |                                         |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                | FECHA                                                                                                  | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO       | Oct. 2019                                                                                              | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO     |                                                                                                        |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:1 | Diseño del sistema de regulación de un faro<br>de automovil utilizando técnicas CAD/CAM<br>(CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO<br>002                         |
|                | Módulo Bi-LED                                                                                          |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                |                                                                                                        |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |



Sección A-A

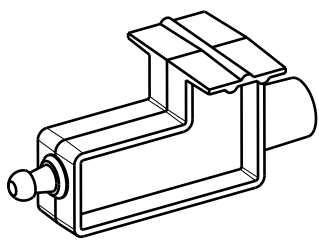
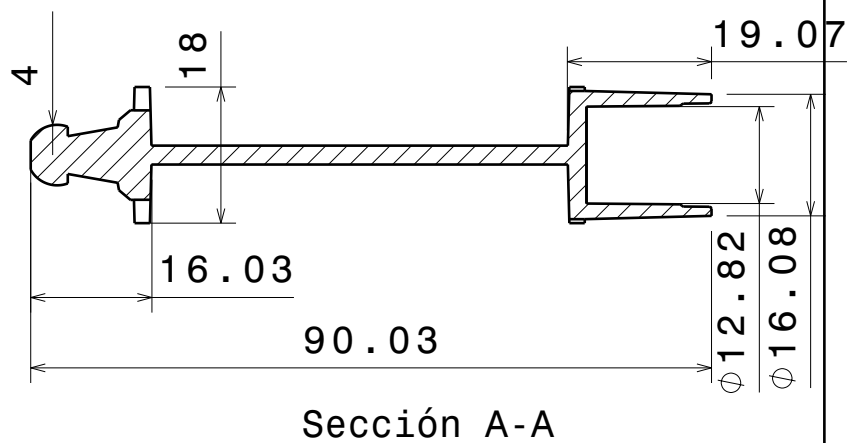
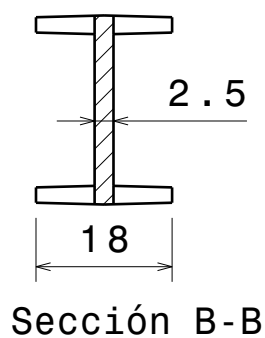
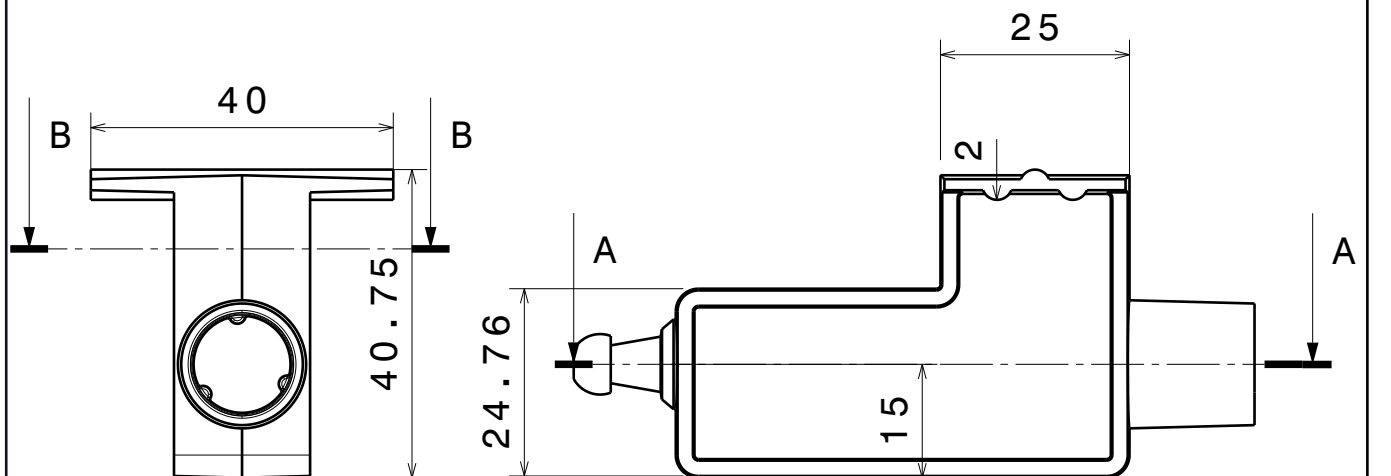


Sección B-B

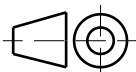


Vista Isométrica  
Escala 1:2

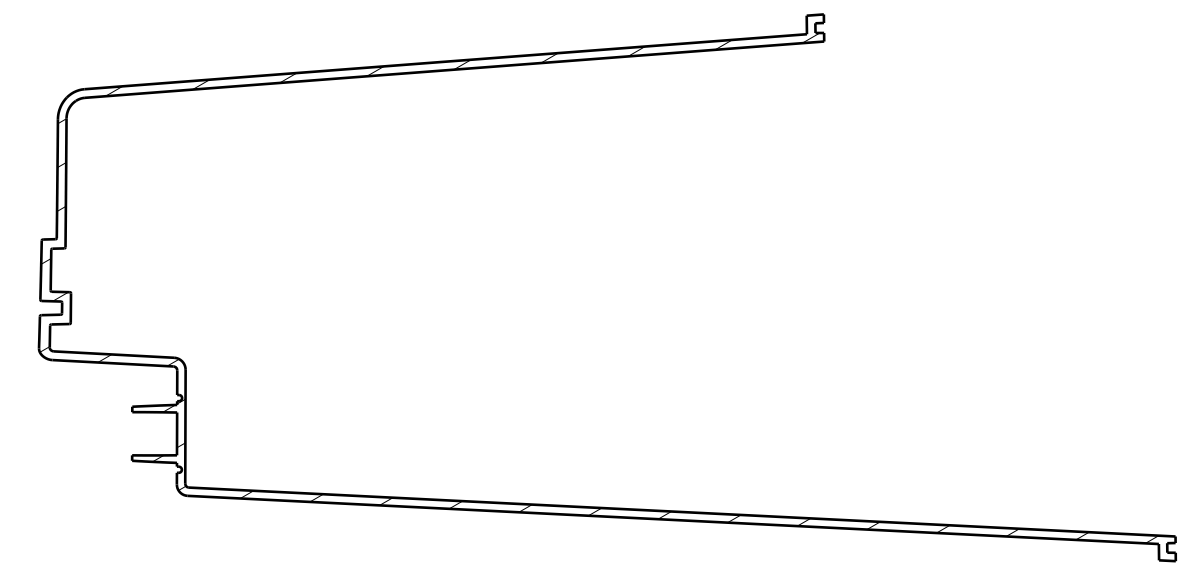
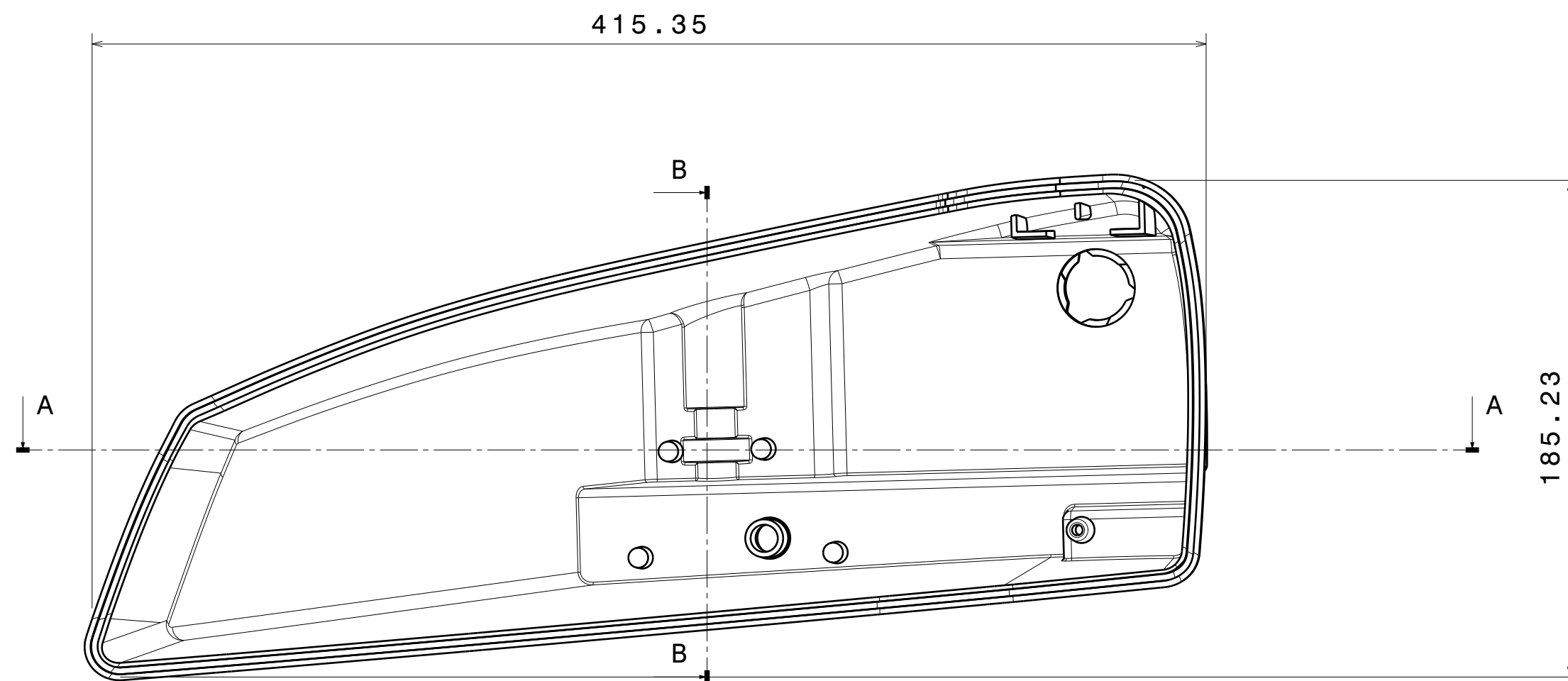
|                | FECHA                                                                                            | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
| DIBUJADO       | Oct. 2019                                                                                        | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO     |                                                                                                  |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:1 | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO<br>003                         |
|                | Bracket                                                                                          |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                |                                                                                                  |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |



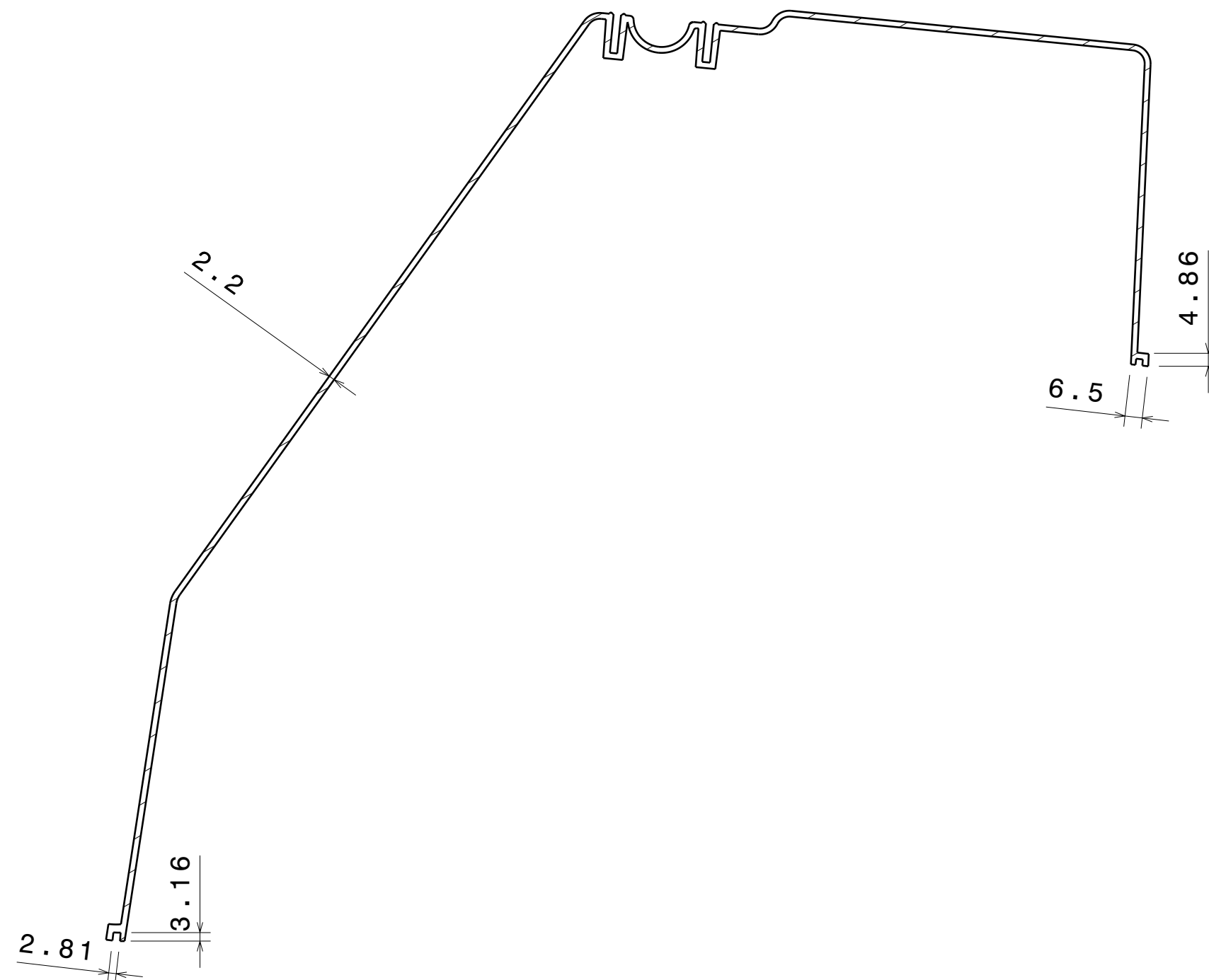
Vista isométrica  
Escala 1:2

|                                                                                     |                                                                                                                      |           |       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                                                                                     | FECHA                                                                                                                | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                                                                            | Oct. 2019                                                                                                            | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO                                                                          |                                                                                                                      |           |       |                                         |
|                                                                                     |                                                                                                                      |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:1                                                                      | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5)<br><br>Slider Block |           |       | Nº PLANO<br>004                         |
|  |                                                                                                                      |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                                                                                     |                                                                                                                      |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |

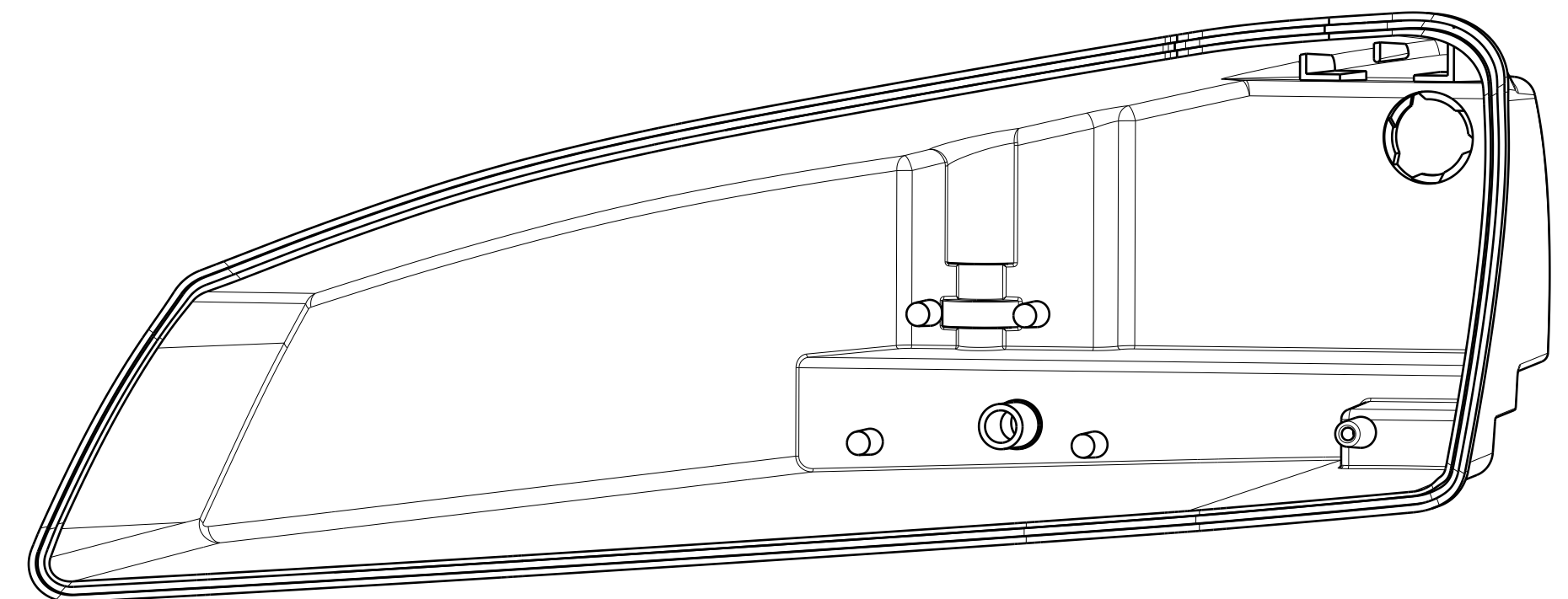
Slider Block



Sección B-B

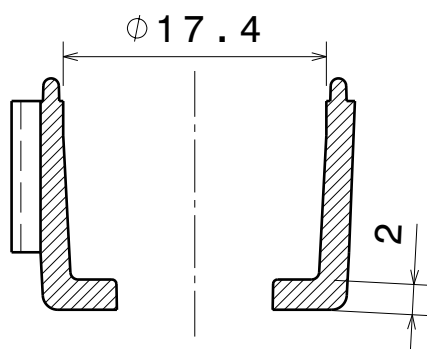
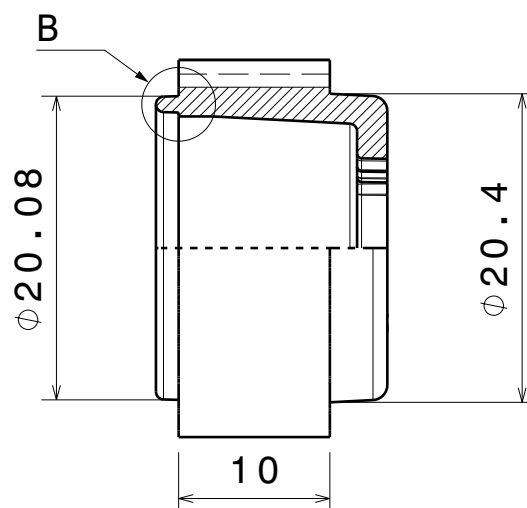
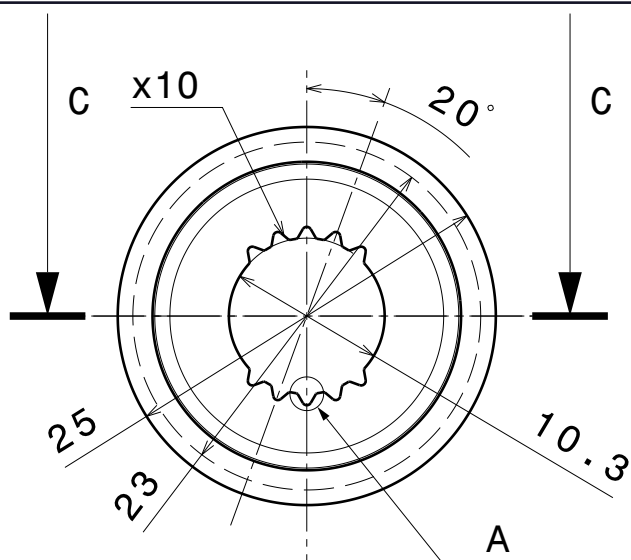


Sección A-A

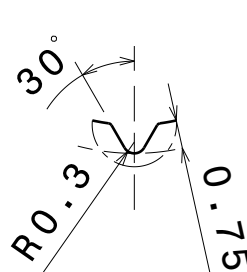


Isometric view  
Scale: 1:2

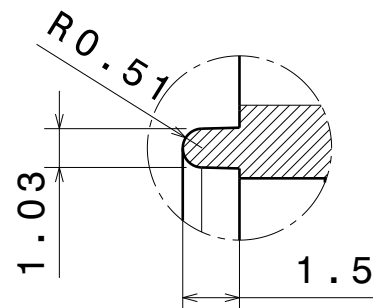
|                                                                                       |                                                                                                  |           |       |                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|--|
|                                                                                       | FECHA                                                                                            | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |  |
| DIBUJADO                                                                              | Oct. 2019                                                                                        | M.Garrido |       |                                         |  |
| COMPROBADO                                                                            |                                                                                                  |           |       |                                         |  |
| ESCALA:                                                                               | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO                                |  |
| 1:2                                                                                   |                                                                                                  |           |       | 005                                     |  |
|  | CARCASA                                                                                          |           |       | SUSTITUYE A:                            |  |
|                                                                                       |                                                                                                  |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |  |



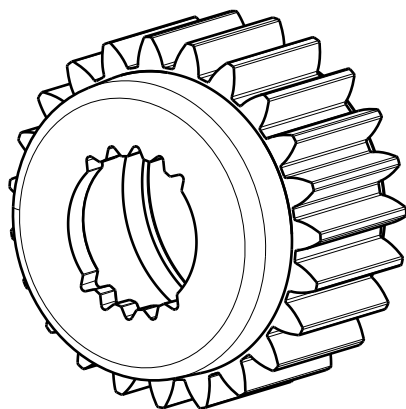
Sección C-C



Detalle A  
Escala 5:1



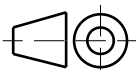
Detalle B  
Escala 5:1



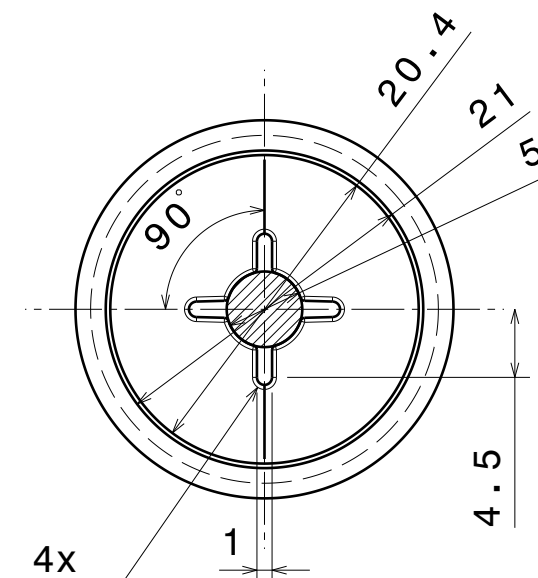
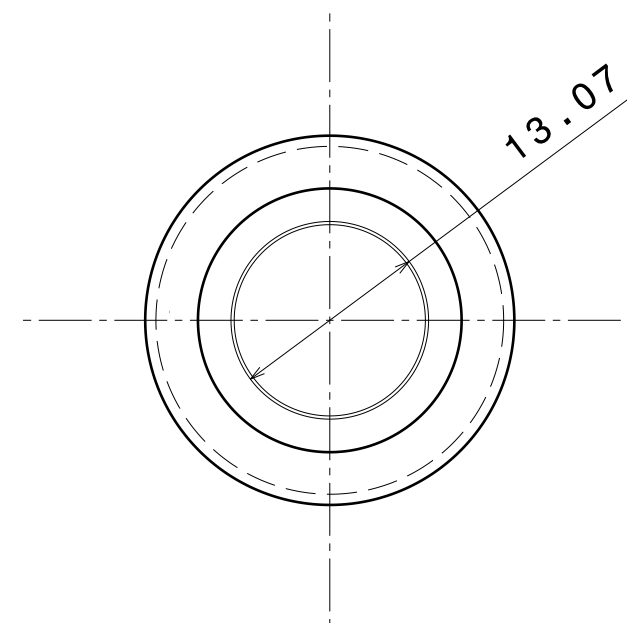
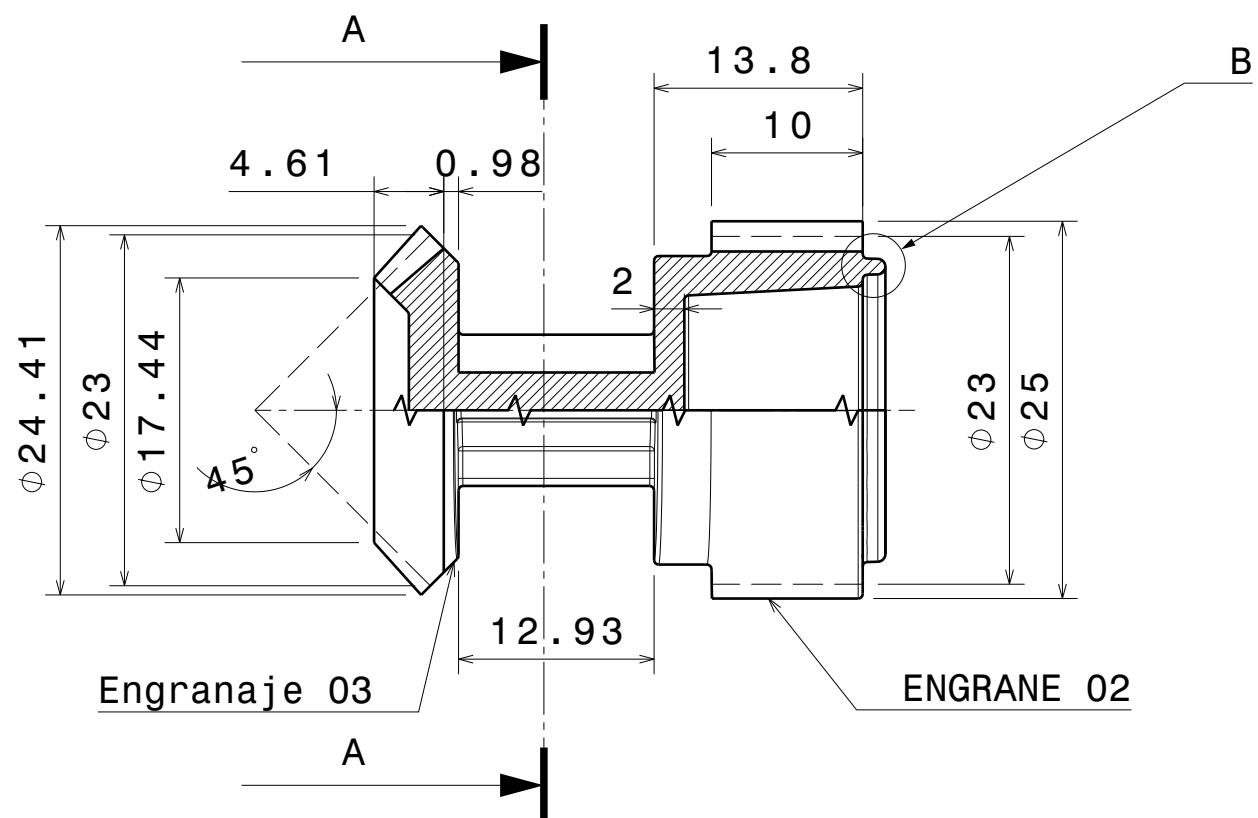
Vista Isométrica

### Datos Engrane

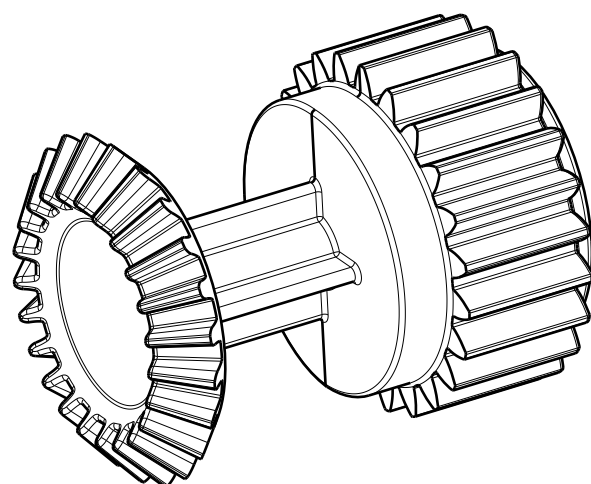
|                     |            |
|---------------------|------------|
| Módulo              | 1 mm       |
| Número de dientes   | 23         |
| Diametro primitivo  | 23 mm      |
| Diametro exterior   | 25 mm      |
| Tipo                | Recto      |
| Engranaje de acople | 23 dientes |
|                     | Plano nº7  |

|                                                                                     |                                                                                                  |           |       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                                                                                     | FECHA                                                                                            | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                                                                            | Oct 2019                                                                                         | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO                                                                          |                                                                                                  |           |       |                                         |
|                                                                                     |                                                                                                  |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>2:1                                                                      | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO<br>006                         |
|  |                                                                                                  |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                                                                                     |                                                                                                  |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |
| Engranaje 01                                                                        |                                                                                                  |           |       |                                         |

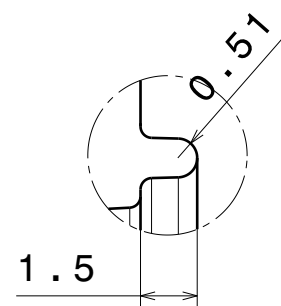
Engranaje 01



Vista Isométrica



Detalle B  
Escala 5:1



Datos Engrane 02

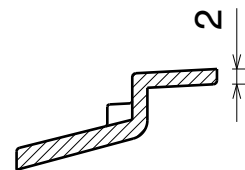
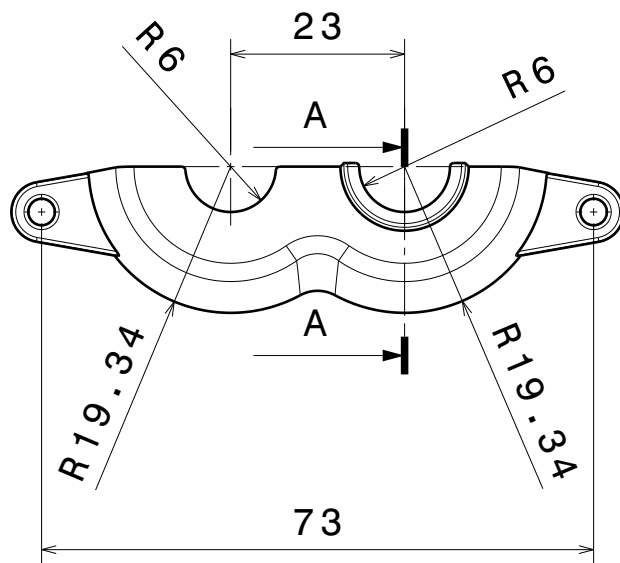
|                     |            |
|---------------------|------------|
| Módulo              | 1 mm       |
| Número de dientes   | 23         |
| Diametro primitivo  | 23 mm      |
| Diametro exterior   | 25 mm      |
| Tipo                | Recto      |
| Engranaje de acople | 23 dientes |
|                     | Plano nº6  |

Datos Engrane 03

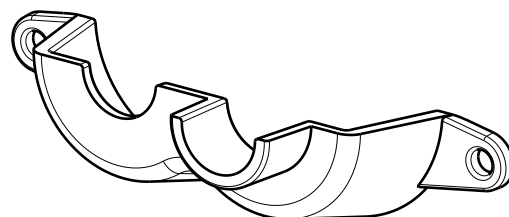
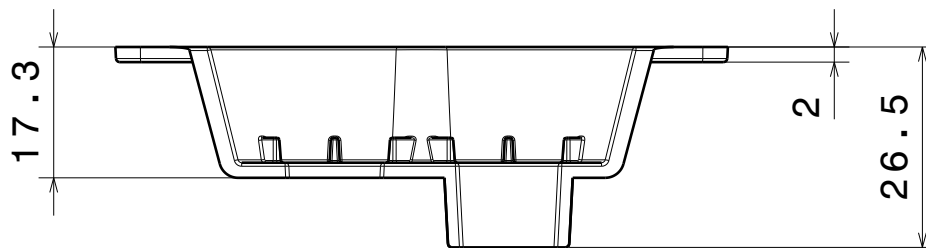
|                     |            |
|---------------------|------------|
| Módulo              | 1 mm       |
| Número de dientes   | 23         |
| Diametro primitivo  | 23 mm      |
| Diametro exterior   | 24,41 mm   |
| Tipo                | Cónico     |
| Engranaje de acople | 23 dientes |
|                     | Plano nº10 |

|                                                                                       |                                                                                                                       |           |       |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                                                                                       | FECHA                                                                                                                 | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                                                                              | Oct.2019                                                                                                              | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO                                                                            |                                                                                                                       |           |       |                                         |
|                                                                                       |                                                                                                                       |           |       |                                         |
| ESCALA:<br><br>2:1                                                                    | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5)<br><br>Engranajes 02 |           |       | Nº PLANO<br><br>007                     |
|  |                                                                                                                       |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                                                                                       |                                                                                                                       |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |

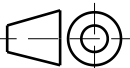
Engranajes 02



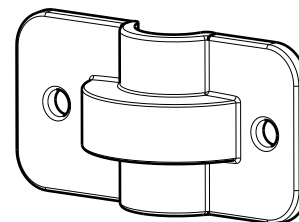
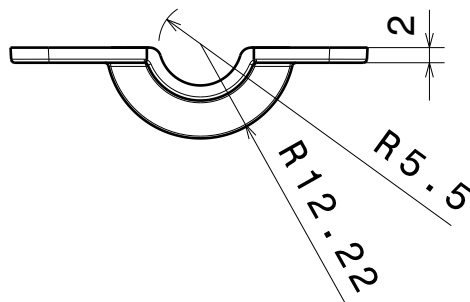
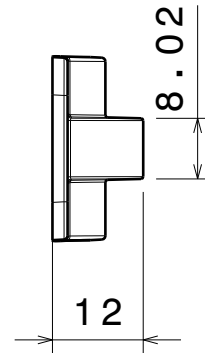
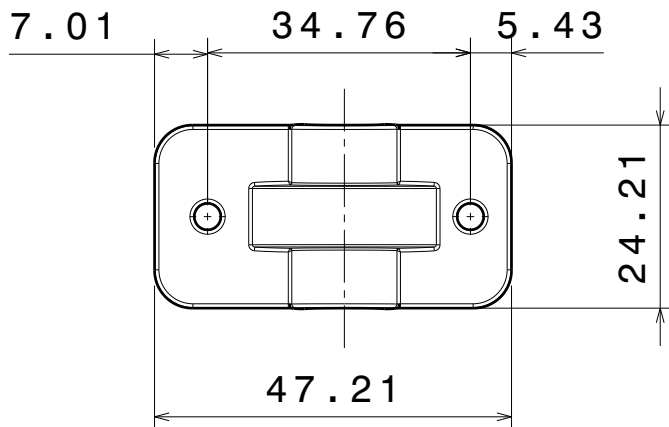
Sección A-A



Vista isométrica

|                                                                                     |                                                                                                                 |           |       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                                                                                     | FECHA                                                                                                           | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                                                                            | oCT. 2019                                                                                                       | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO                                                                          |                                                                                                                 |           |       |                                         |
|                                                                                     |                                                                                                                 |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:1                                                                      | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5)<br><br>TAPA 01 |           |       | Nº PLANO<br>008                         |
|  |                                                                                                                 |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                                                                                     |                                                                                                                 |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |

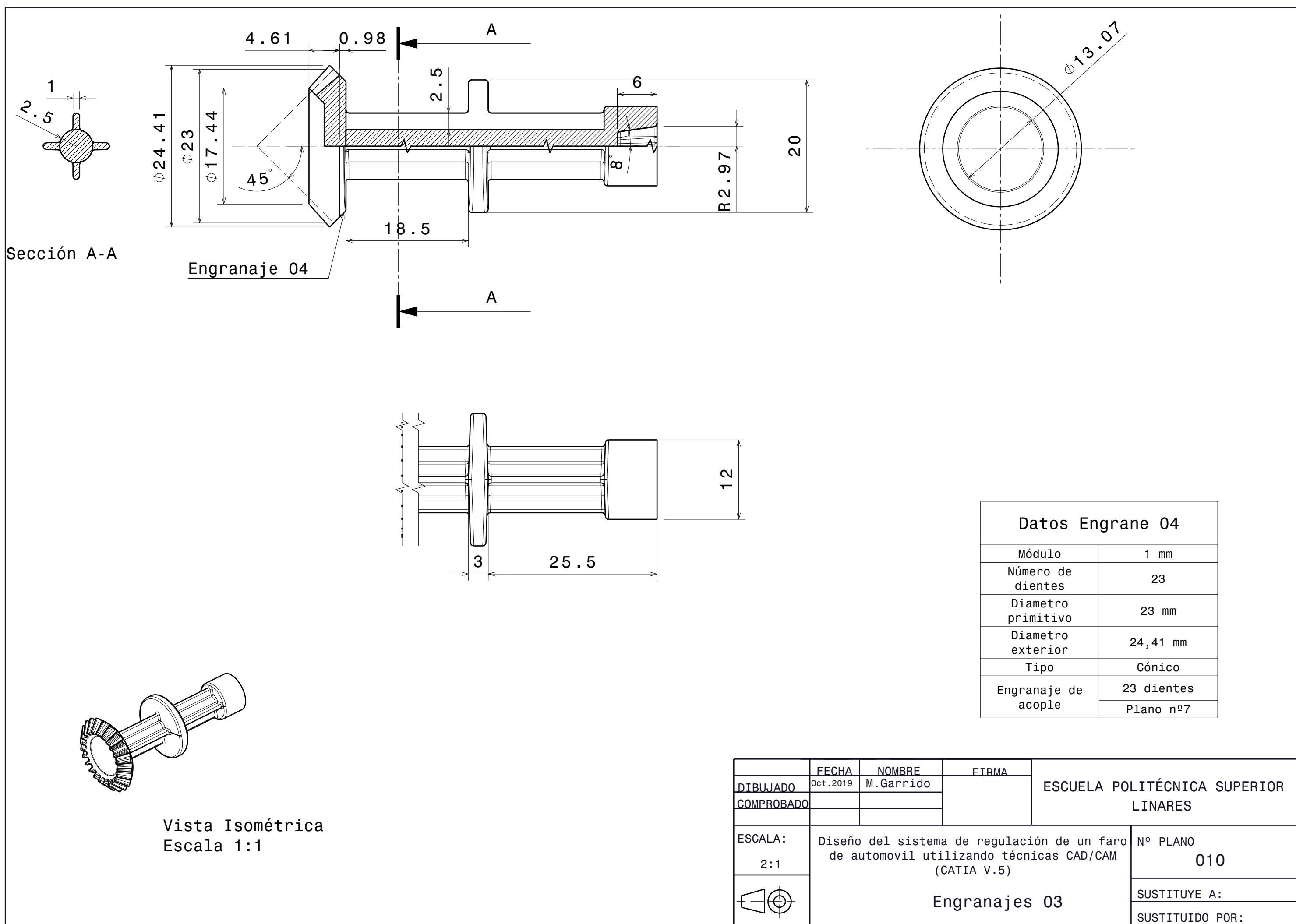
TAPA 01



Vista Isométrica

|                                                                                     |                                                                                                  |           |       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
|                                                                                     | FECHA                                                                                            | NOMBRE    | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                                                                            | Oct. 2019                                                                                        | M.Garrido |       |                                         |
| COMPROBADO                                                                          |                                                                                                  |           |       |                                         |
|                                                                                     |                                                                                                  |           |       |                                         |
| ESCALA:<br>1:1                                                                      | Diseño del sistema de regulación de un faro de automovil utilizando técnicas CAD/CAM (CATIA V.5) |           |       | Nº PLANO<br>009                         |
|  |                                                                                                  |           |       | SUSTITUYE A:                            |
|                                                                                     |                                                                                                  |           |       | SUSTITUIDO POR:                         |
| TAPA 02                                                                             |                                                                                                  |           |       |                                         |

TAPA 02



## 11 ANEXOS

### 11.1 Cálculo Engranaje recto

Para el cálculo de un engranaje recto se partirá de los siguientes parámetros:

**Módulo (m)**: Este parámetro es la relación que hay entre el diámetro primitivo y el número de dientes que se le asigna al engranaje.

$$m = \frac{Dp}{Z} \quad (4)$$

**Numero de dientes (Z)**: El número de dientes del engranaje que los más utilizados son de 23 a 90.

**Ángulo de presión ( $\alpha$ )**: es el ángulo que forman la fuerza de contacto con la velocidad.

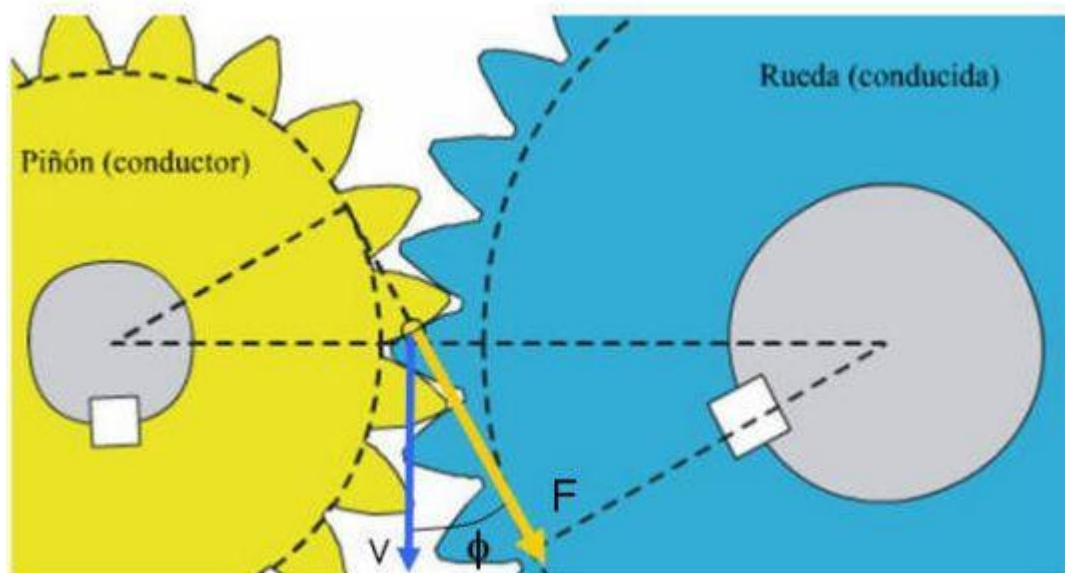


Figura 157. Ángulo de presión. [16]

**Ángulo de hélice ( $\beta$ ):** Este parámetro define el ángulo de los dientes del engranaje, y definen un engranaje helicoidal. Para los engranajes rectos es  $0^\circ$ .



Figura 158. Engranaje helicoidal. [17]

Estos son los valores previos al cálculo de los engranajes y de los que se partirá para calcular los siguientes parámetros.

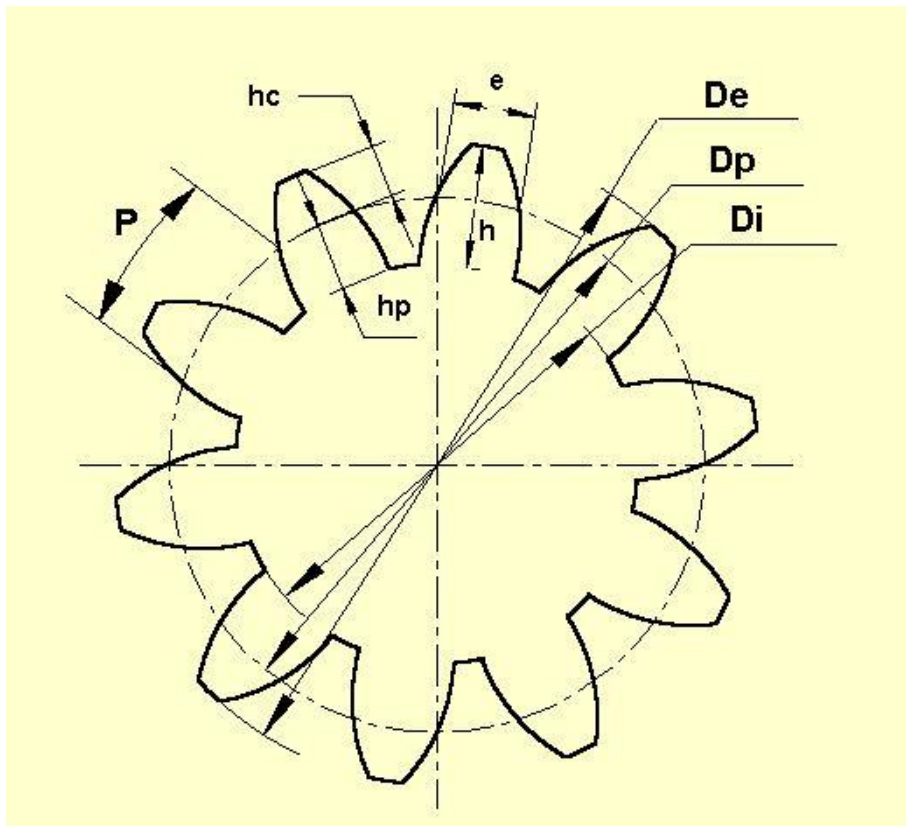


Figura 159. Parámetros del engranaje. [15]

**Diámetro Primitivo (Dp):** es el diámetro de la circunferencia que contiene al punto de contacto de los dientes de ambas ruedas dentadas. Las circunferencias primitivas de las dos ruedas dentadas tienen la misma velocidad lineal.

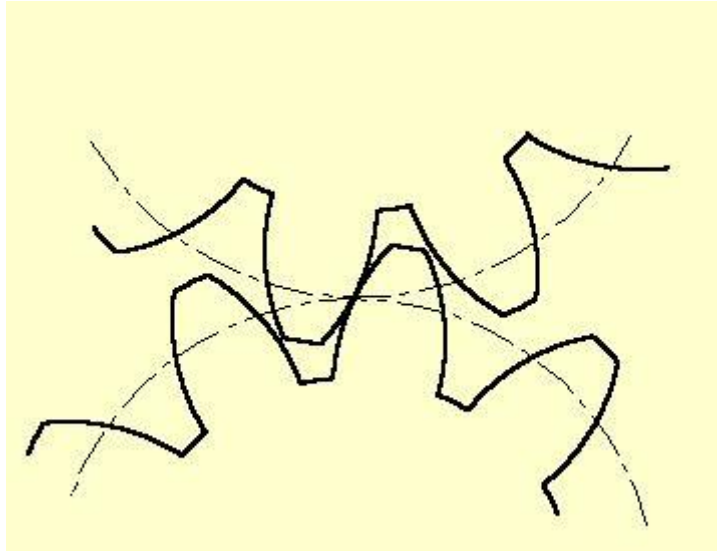


Figura 160. Circunferencias primitivas. [15]

$$Dp = \frac{M \cdot Z}{\cos(\beta)} \quad (5)$$

**Diámetro base (Db):**

$$Db = Dp \cdot \cos(\alpha) \quad (6)$$

**Diámetro exterior (De):** Hace referencia al diámetro de la circunferencia más externa que pasa por los dientes del engranaje como se puede observar en la Figura 158. Engranaje helicoidal. .

$$De = Dp + 2 \cdot m \quad (7)$$

**Addendum (a):** Hace referencia a la distancia entre la cabeza del engranaje y la circunferencia Primitiva como se puede observar en la Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. . Según la norma UNE 18 066 este valor es:

$$a = m \quad (8)$$

**Dedendum (b):** Hace referencia a la distancia entre el pie del engranaje y la circunferencia Primitiva como se puede observar en la Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. . Según la norma UNE 18 066 este valor es:

$$b = 1,25 \cdot m \quad (9)$$

**Holgura o Espacio libre fondo (c):** Hace referencia a espacio libre entre los dientes engranados como se puede observar en la Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. . Según la norma UNE 18 066 este valor es:

$$c = 0,25 \cdot m \quad (10)$$

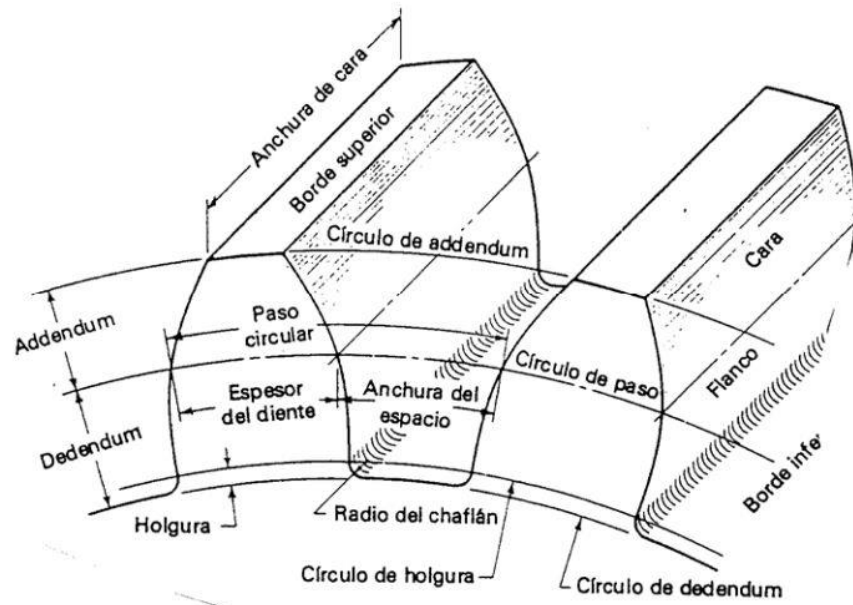


Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. [18]

**Diámetro de fondo (Df):** Este parámetro es representado en la Figura 161. Representación gráfica parámetros engranaje. como “Círculo dedendum” y hace referencia a la circunferencia del pie del engranaje donde acaban los dientes.

$$Df = Dp - 2 \cdot b \quad (11)$$

**Profundidad Diente (H):** Este parámetro hace referencia a la altura del diente.

$$h = a + b \quad (12)$$

**Paso nominal (pn):**

$$pn = \pi \cdot m \quad (13)$$

**Ancho del diente (B):** Marchará el ancho del engranaje y para engranajes rectos y helicoidales simples se le asigna la siguiente relación:

$$B = 10 \cdot m \quad (14)$$

Estos son los principales parámetros que se utilizaran para llevar a cabo el diseño en CATIA V.5 de un engranaje recto.

## 11.2 Cálculo Engranaje cónico

Para el cálculo de un engranaje cónico se partirá de los siguientes parámetros:

**Módulo (m):** Este parámetro es la relación que hay entre el diámetro primitivo y el número de dientes que se le asigna al engranaje.

$$m = \frac{D_p}{Z} \quad (15)$$

**Numero de dientes (Z):** El número de dientes del engranaje que los más utilizados son de 23 a 90.

**Ángulo entre ejes ( $\alpha$ ):** Este ángulo define la inclinación entre los ejes de dos engranajes cónicos coplanarios.

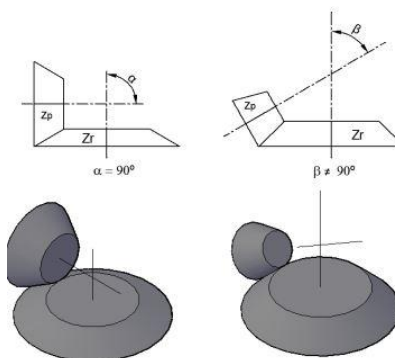


Figura 162. Ángulo entre ejes de dos engranajes cónicos. [28]

**Paso (p):**

$$p = \pi \cdot m \quad (16)$$

**Diámetro primitivo (Dp):** es el diámetro de la circunferencia del cono que contiene al punto de contacto de los dientes de ambas ruedas dentadas. Los conos de diámetro primitivo de las dos ruedas dentadas tienen la misma velocidad lineal.

$$Dp = m \cdot Z \quad (17)$$

**Ángulo cono primitivo ( $\delta$ ):** Es el ángulo del cono primitivo que define el engranaje. La suma del ángulo de cono primitivo de rueda y de piñón es el ángulo entre ejes.

$$\delta_{\text{piñon}} = \arctg \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + \frac{Dp_{\text{rueda}}}{Dp_{\text{piñon}}}} \right), \text{ para } \alpha = 90^\circ = \arctg \left( \frac{Dp_{\text{piñon}}}{Dp_{\text{rueda}}} \right) \quad (18)$$

**Generatriz (G):** Es la generatriz del cono primitivo que define el engranaje.

$$G = \frac{Dp}{2 \cdot \sin(\delta)} \quad (19)$$

**Adedendum (a):** Hace referencia a la distancia entre la cabeza del engranaje y la circunferencia Primitiva. Según la norma UNE 18 066 este valor es:

$$a = m \quad (20)$$

**Dedendum (b):** Hace referencia a la distancia entre el pie del engranaje y la circunferencia del cono primitivo. Según la norma UNE 18 066 este valor es:

$$b = 1,25 \cdot m \quad (21)$$

**Altura de diente (H):** Este parámetro hace referencia a la altura del diente.

$$H = a + b \quad (22)$$

**Ángulo adendum ( $\delta_a$ ):** el ángulo del cono formado por el diámetro de adendum

$$\delta_a = \arctg \left( \frac{m}{G} \right), \quad (23)$$

**Ángulo dedendum ( $\delta_b$ ):** el ángulo del cono formado por el diámetro de dedendum

$$\delta_b = \arctg \left( \frac{1,25 \cdot m}{G} \right), \quad (24)$$

**Longitud del diente (L):**

$$L = \frac{G}{3,25} \quad (25)$$

**Diámetro exterior (Dext):** Es el diámetro del cono formado por la circunferencia exterior del engranaje:

$$D_{ext} = D_p + 2 \cdot m \cdot \cos(\delta) \quad (26)$$

**Diámetro interior (Dint):** Es el diámetro del cono formado por la circunferencia interior del engranaje:

$$D_{int} = D_p - 2 \cdot m \cdot \cos(\delta) \quad (27)$$

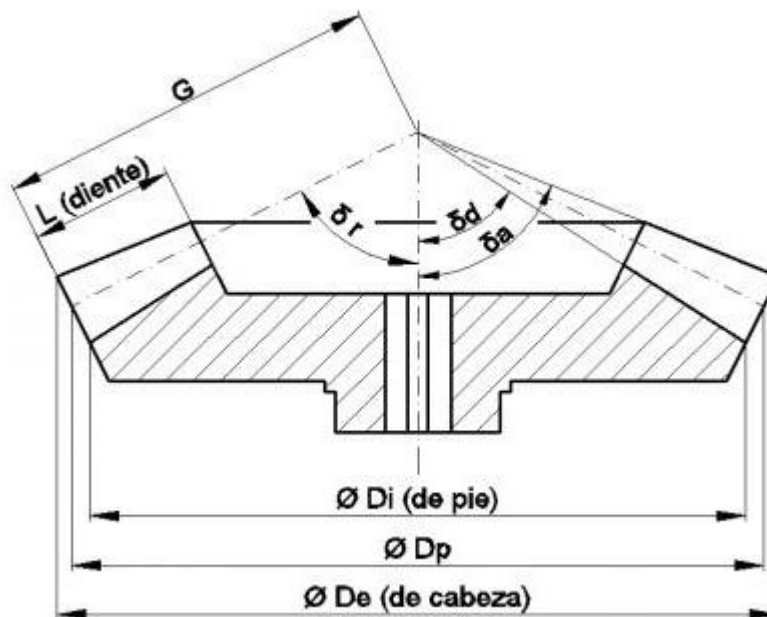


Figura 163. Representación gráfica parámetros engranaje cónico. [28]

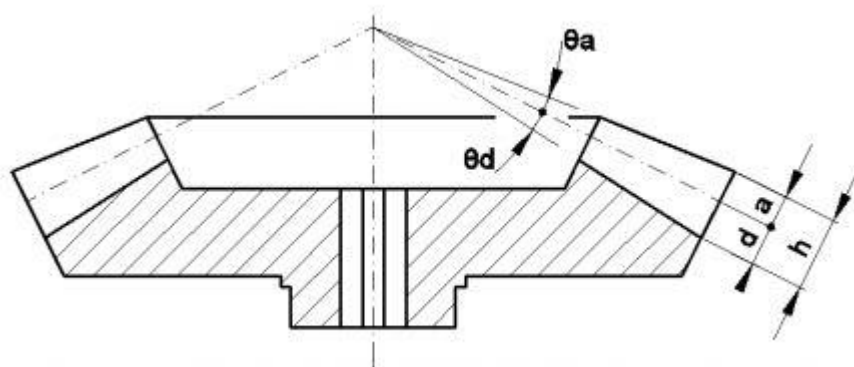


Figura 164. Adedum y dededum. [28]

## 12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Budynas, R y Keith Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- [2] Alfaro, J; Altamirano, A; Correo, J; Martinez, A y Peñaloza, M. (2010). *Fabricación de Moldes de Inyección de plásticos con base en sistemas CNC y CAD-CAM*. (Tesina) México: Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- [3] Kalpakjian, S y Schmid, S.(2008) *Manufactura, Ingeniería y Tecnología, 5ta Edición*. México: Pearson Educación.
- [4] Cascajosa, M. (2005). *Ingeniería de Vehículos*. Mexico: Alfaomega
- [5] UNE 18-005-84. *Engranajes cilíndricos para mecánica general y mecánica pesada*. ISO/R 54 1977. abril 1984.
- [6] UNE 18-112-78. *Engranajes cónicos rectos*. ISO 1341 1976. enero 1978.
- [7] UNE 18-068-78. *Engranajes cilíndricos*. ISO 1340 1976. enero 1978.
- [8] BOE <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-81316>
- [9] Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Mexico: Mc Graw Hill
- [10] Metalmecanica. Disponible en: <https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/calculo-de-engranajes-conicos-metricos/>
- [11] Muy interesante. Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades-motor/fotos/inventos-que-cambiaron-la-historia-del-automovil/1>
- [12] Hella. Disponible en: <https://www.hella.com/hella-es/es/Faros-202.html>
- [13] Unece  
<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R004r9e.pdf>
- [14] Boe <https://www.boe.es/doue/2016/265/L00125-00242.pdf>
- [15] Polamalu.50.webs. Disponible en:  
<http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/engranajes.htm>
- [16] Mecapedia. Disponible en: [http://www.mecapedia.uji.es/angulo\\_de\\_presion.htm](http://www.mecapedia.uji.es/angulo_de_presion.htm)
- [17] Metal mecánica fácil. Disponible en: <https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/calculo-de-engranajes-cilindricos-helicoidales-sistema-milimetrico/>
- [18] Imac. Disponible en:  
[http://www.imac.unavarra.es/web\\_imac/pages/docencia/assignaturas/tm/pdfdoc\\_th/apuntes/apuntes\\_tema7.pdf](http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/assignaturas/tm/pdfdoc_th/apuntes/apuntes_tema7.pdf)
- [19] Bimmertoday. Disponible en: <https://www.bimmertoday.de/2016/10/31/lichttechnik-jubilaum-25-jahre-xenon-scheinwerfer-im-7er-e32/>
- [20] Noticias.coches. Disponible en: <https://noticias.coches.com/seat-leon-sc-2017>
- [21] Car recalls. Disponible en: <https://car-recalls.eu/listing/seat-leon-2011/>

- [22] Motor pasión. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/suv/el-ds7-crossback-cuenta-con-un-autopilot-y-un-motor-hibrido-de-300-cv-para-que-te-olvides-del-audi-q5>
- [23] Noticias coches. Disponible en: <https://noticias.coches.com/consejos/faros-laser-que-son-y-como-hemos-llegado-hasta-ellos/332334>
- [24] Xataka. Disponible en: <https://www.xataka.com/automovil/bmw-nos-ensena-sus-faros-traseros-con-paneles-oled-y-en-otono-estrenara-la-iluminacion-laser>
- [25] Ejot. Disponible en: [www.ejot.com](http://www.ejot.com)
- [26] Foro chocos eléctricos. Disponible en: <https://forococheelectricos.com/>
- [27] Grabcad. <https://grabcad.com/library/pontiac-g8-2009-1>
- [28] Unican. Disponible en: [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema\\_5%201.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema_5%201.pdf)
- [29] Protolabs. Disponible en: <https://www.protolabs.es/servicios/moldeo-por-inyeccion/moldeo-por-inyeccion-de-plasticos/>
- [30] Aristegui. Disponible en: <https://www.aristegui.info/problemas-comunes-en-el-moldeo-por-inyeccion-y-sus-soluciones/>
- [31] Ingemecanica <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- [32] Race <https://www.race.es/motor/tecnologia/historia-faros-automovil>
- [33] Valeo service <https://www.valeoservice.es/es/turismo/sistemas-de-iluminacion-para-turismos/faros>
- [34] Urban tecno <https://urbantecno.com/motor/faros-halogenos-bombillas-luces-led-coches>
- [35] Autonocion <https://www.autonocion.com/historia-iluminacion-coches/>
- [36] Highmotor <https://www.highmotor.com/historia-luces-coches.html>
- [37] Hella <https://www.hella.com/hella-es/Faros-225.html>
- [38] Hella <https://www.hella.com/techworld/es>
- [39] Circula seguro <http://www.circulaseguro.com>
- [40] Hella [https://www.hella.com/truck/assets/media/673\\_Disposiciones\\_legales\\_HELLA\\_ES.pdf](https://www.hella.com/truck/assets/media/673_Disposiciones_legales_HELLA_ES.pdf)
- [41] Electrónica estudio [http://www.electronicaestudio.com/docs/1550\\_Tutorial\\_de\\_ENGRANES.pdf](http://www.electronicaestudio.com/docs/1550_Tutorial_de_ENGRANES.pdf)
- [42] Edu xunta [https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/43\\_engranajes.html](https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/43_engranajes.html)
- [43] Nebrija [https://www.nebrija.es/~cmalagon/Fisica\\_Aplicada/transparencias/01-Mecanica/07\\_-\\_Rotacion.pdf](https://www.nebrija.es/~cmalagon/Fisica_Aplicada/transparencias/01-Mecanica/07_-_Rotacion.pdf)
- [44] Vicedomarti <https://www.vicedomarti.com/tipos-de-moldes-en-inyeccion-de-plasticos/>
- [45] Tracepart <https://www.traceparts.com/es>

[46] Osram <https://www.osram.es/am/especiales/tendencias-en-iluminacion-para-automoviles/iluminacion-mediante-paneles-de-luces-oled/oled-led-organicos-la-principal-tendencia-de-iluminacion-para-automoviles/index.jsp>