



Universidad
Zaragoza

1542

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO I

FICHA TÉCNICA DEL MATERIAL DERLIN 100PE NC010

Autor

Pablo López Domingo

Director

Jesús Fuentelsaz Gallego

Departamento/Facultad

Año

Escuela ingeniería arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

Zaragoza

25 Septiembre 2015

1 MATERIAL SELECCIONADO.

Como se ha comentado en la memoria una vez analizados los diferentes tipos de materiales más usados para fabricación de cajas reductoras plásticas y de pequeños tamaños. Elegimos las Poliamidas como material más optimo para nuestro diseño.

Una vez elegido el tipo de material optimo, tenemos que buscar una determinada marca de poliamidas en un proveedor . Dicho proveedor elegido es Dupont, el cual nos ofrece las poliamidas Derlin. En estas tenemos un amplio rango de variedades, quedándonos con las **DERLIN 100PE NC010**.

Las principales características y propiedades de la poliamida **DERLIN 100PE NC010** se muestran a continuación en la siguiente tabla:

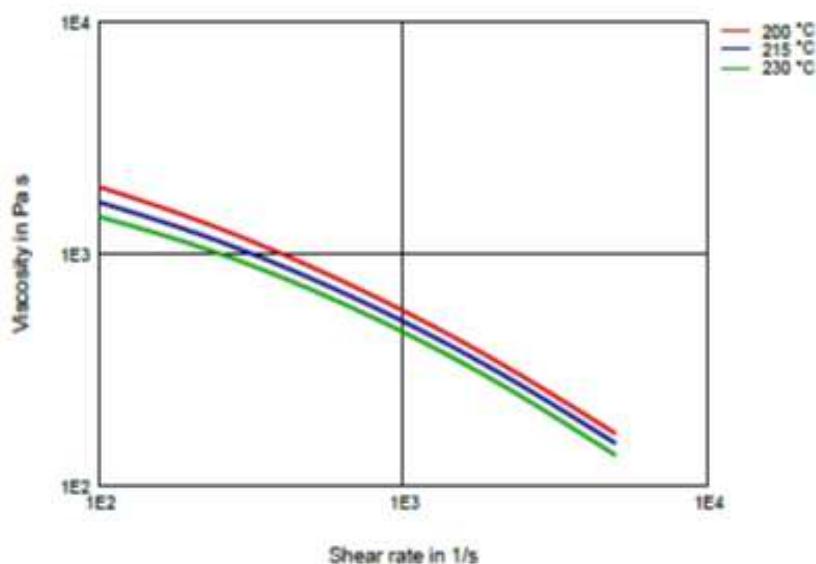
General information	Value	Unit	Test Standard
Resin Identification	POM	-	ISO 1043
Part Marking Code	>POM<	-	ISO 11469
Rheological properties	Value	Unit	Test Standard
Melt volume-flow rate	2.1	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperature	190	°C	ISO 1133
Load	2.16	kg	ISO 1133
Melt mass-flow rate	2.5	g/10min	ISO 1133
Melt mass-flow rate, Temperature	190	°C	ISO 1133
Melt mass-flow rate, Load	2.16	kg	ISO 1133
Moulding shrinkage, parallel	2.2	%	ISO 294-4, 2577
Moulding shrinkage, normal	1.8	%	ISO 294-4, 2577
Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile Modulus	3100	MPa	ISO 527-1/-2
Yield stress	72	MPa	ISO 527-1/-2
Yield strain	26	%	ISO 527-1/-2
Nominal strain at break	45	%	ISO 527-1/-2
Flexural Modulus	2900	MPa	ISO 178
Flexural Stress at 3.5%	79	MPa	ISO 178
Charpy impact strength			ISO 179/1eU
23°C		N kJ/m ²	
-30°C	400	kJ/m ²	
Charpy notched impact strength			ISO 179/1eA
23°C	15	kJ/m ²	
-30°C	13	kJ/m ²	
Hardness, Rockwell, M-scale	91	-	ISO 2039-2
Hardness, Rockwell, R-scale	121	-	ISO 2039-2
Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
Melting temperature, 10°C/min	178	°C	ISO 11357-1/-3
Temp. of deflection under load			ISO 75-1/-2
1.6 MPa	99	°C	
0.45 MPa	157	°C	
Vicat softening temperature, 50°C/h, 10N	175	°C	ISO 306
Coeff. of linear therm. expansion, parallel	110	E-6/K	ISO 11359-1/-2
Coeff. of linear therm. expansion			ISO 11359-1/-2
normal	110	E-6/K	
Normal, -40-23°C	100	E-6/K	
Parallel, -40-23°C	100	E-6/K	
Electrical properties	Value	Unit	Test Standard
Relative permittivity			IEC 60250
100Hz	4	-	
1MHz	3.9	-	
Dissipation factor			IEC 60250
100Hz	5	E-4	
1MHz	50	E-4	



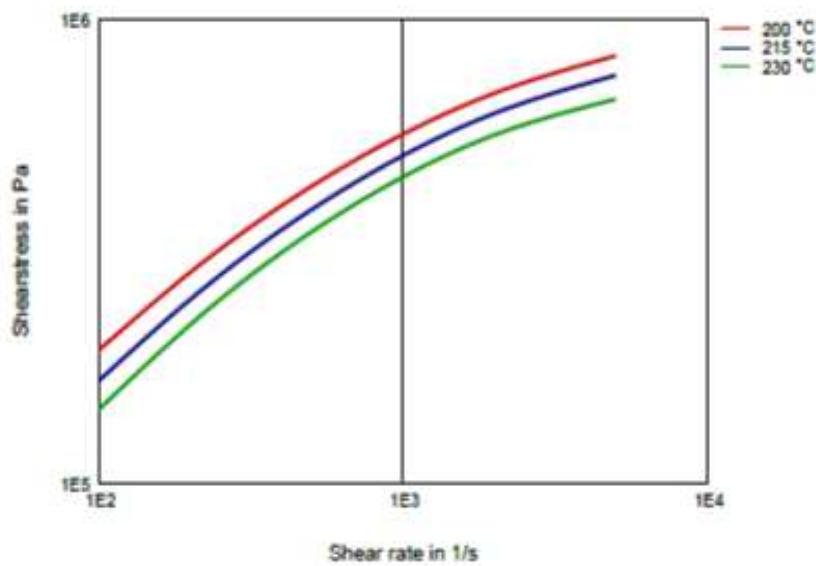
Volume resistivity	>1E13	Ohm·m	IEC 60093
Surface resistivity	3E14	Ohm	IEC 60093
Electric strength	44	kV/mm	IEC 60243-1
Comparative tracking index	600	-	IEC 60112
Other properties	Value	Unit	Test Standard
Humidity absorption, 2mm	0.19	%	Sim. to ISO 62
Water absorption, 2mm	0.92	%	Sim. to ISO 62
Density	1420	kg/m ³	ISO 1183
Density of melt	1190	kg/m ³	-
VDA Properties	Value	Unit	Test Standard
Emissions	<2	mg/kg	VDA 275
Injection	Value	Unit	Test Standard
Drying Recommended	yes	-	-
Drying Temperature	80	°C	-
Drying Time, Dehumidified Dryer	2 - 4	h	-
Processing Moisture Content	<0.2	%	-
Melt Temperature Optimum	205	°C	-
Min. melt temperature	200	°C	-
Max. melt temperature	210	°C	-
Mold Temperature Optimum	90	°C	-
Min. mould temperature	80	°C	-
Max. mould temperature	100	°C	-
Hold pressure range	90 - 110	MPa	-
Hold pressure time	8	s/mm	-
Extrusion	Value	Unit	Test Standard
Drying Temperature	75 - 85	°C	-
Drying Time, Dehumidified Dryer	2 - 4	h	-
Processing Moisture Content	<0.2	%	-
Melt Temperature Optimum	200	°C	-
Melt Temperature Range	195 - 205	°C	-
Characteristics			
Processing	<ul style="list-style-type: none"> • Injection Moulding • Profile Extrusion 	<ul style="list-style-type: none"> • Sheet Extrusion • Other Extrusion 	
Delivery form	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets 		
Additives	<ul style="list-style-type: none"> • Release agent 		
Regional Availability	<ul style="list-style-type: none"> • North America • Europe 	<ul style="list-style-type: none"> • Asia Pacific • South and Central America 	<ul style="list-style-type: none"> • Near East/Africa • Global
Processing Texts			

Diagrams

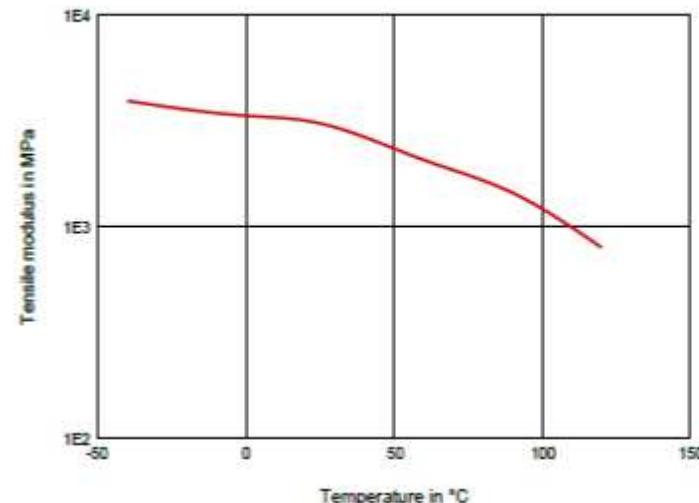
Viscosity-shear rate



shear stress-shear rate



Tensile modulus-temperature





TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO II

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Autor

Pablo López Domingo

Director

Jesús Fuentelsaz Gallego

Departamento/Facultad

Año

Escuela ingeniería arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

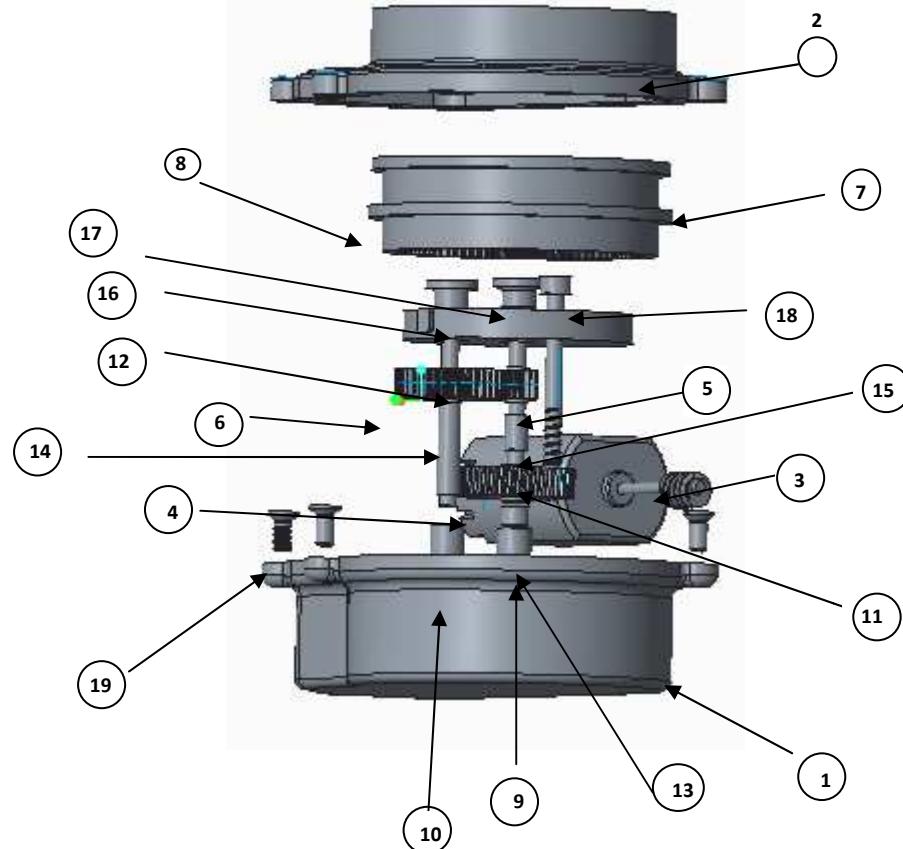
Zaragoza

25 Septiembre 2015

INDICE

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	1
1 PASADORES	2
1.1 Pasador central o eje 1.	2
1.2 Pasador planetario o eje 2.	2
2 CASQUILLOS.	3
1 Casquillos inferiores sinterizados en bronce autolubricados tipo A.....	3
2.1 Casquillo superiores sinterizados en bronce autolubricados con valona tipo B.	
3	
3 DISTANCIADORES.	4
3.1 Distanciador cilíndrico inferior eje central.	4
3.2 Distanciador cilíndrico superior eje central.....	4
3.3 Distanciador cilíndrico eje planetario.....	4
4 TORNILLOS.....	5
4.1 Tornillos cierre carcasas.....	5
4.2 Tornillo sujeción de la placa de sujeción.	5
5 PLACA DE SUJECIÓN	6
6 Junta tórica.....	6

ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Nº	ELEMENTOS	UNIDADES
1	Carcasa inferior	1
2	Carcasa superior	1
3	Motor sinfín	1
4	Rueda helicoidal	1
5	Rueda piñón	1
6	Rueda Satélite	1
7	Corona	1
8	Arandela	1
9	Casquillo inferior eje central	1
10	Casquillo inferior eje satélite	1
11	Pasador central	1
12	Pasador satélite	1
13	Separador inferior eje central	1
14	Separador inferior eje satélite	1
15	Separador superior eje central	1
16	Casquillo biselado superior eje satélite	1
17	Casquillo superior eje central	1
18	Tornillo sujeción placa	1
19	Tornillos cierre carcasa	3

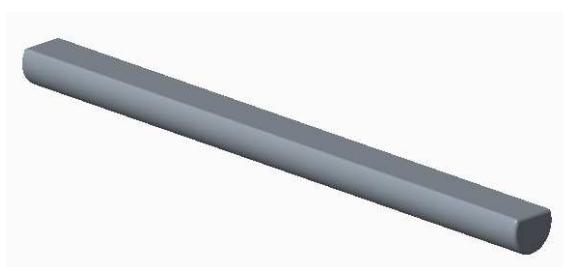
Tabla 1-Elementos constructivos de la caja reductora.

A continuación se detallan los elementos constructivos que no serán fabricados mediante el proceso de inyección:

1 PASADORES

El conjunto consta de dos ejes o pasadores, estos son los siguientes:

1.1 Pasador central o eje 1.

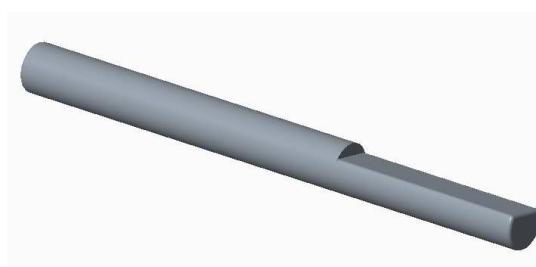


Consta de una longitud de 35 mm, diámetro de 3 mm y un biselado de 0.75 mm a lo largo de todo el eje, convértices redondeados para evitar interferencias con los casquillos.

Fabricado por mecanización a partir de una barra de bronce.

La geometría queda más detallada en el Anexo planos.

1.2 Pasador planetario o eje 2.



Consta de una longitud de 35 mm, diámetro de 3 mm y un biselado de 0.75 mm y una longitud de 12.5 mm desde la parte posterior del eje, con vértices redondeados para evitar interferencias con los casquillos.

Fabricado por mecanización a partir de una barra de bronce.

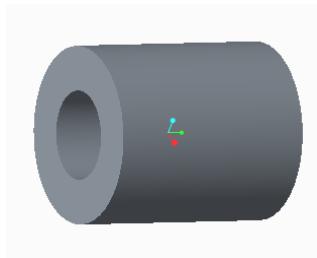
La geometría queda más detallada en el Anexo Planos.

2 CASQUILLOS.

En el diseño del conjunto reductor posee cuatro casquillos, dos superiores y dos inferiores. Ambos nos permiten el apoyo y el giro de cada uno de los ejes del diseño. Los casquillos superiores van colocados en la placa fijadora y los inferiores van colocados dentro de las extrusiones de la carcasa inferior.

A continuación se muestran dichos casquillos.

1 Casquillos inferiores sinterizados en bronce autolubricados tipo A.



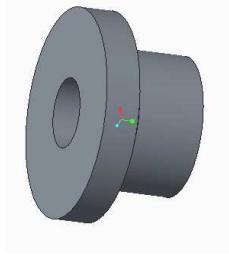
Casquillo cilíndrico de tipo A cuyas características son las siguientes:

- Diámetro interior = 3 mm.
- Diámetro exterior = 6 mm.
- Longitud total = 7 mm.

Fabricado en bronce por el proceso de mecanizado.

Elementos normalizados según catálogo general de Sanmetal.

2.1 Casquillos superiores sinterizados en bronce autolubricados con valona tipo B.



Casquillo cilíndrico con valona tipo B cuyas características son las siguientes:

- Diámetro interior = 3 mm.
- Diámetro exterior = 6 mm.
- Diámetro de valona = 9 mm.
- Espesor valona = 1.5 mm.
- Longitud total = 5 mm.

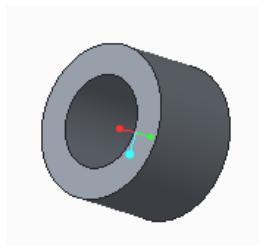
Fabricado en bronce por el proceso de mecanizado.

Elementos normalizados según catálogo general de Sanmetal.

3 DISTANCIADORES.

Los distanciadores son los elementos que nos permiten mantener la posición de los engranajes constante.

3.1 Distanciador cilíndrico inferior eje central.



Distanciador cilíndrico de plástico cuyas características son las siguientes:

- Diámetro interior = 3 mm.
- Diámetro exterior = 5 mm.
- Longitud = 3.25 mm.

3.2 Distanciador cilíndrico superior eje central.



Distanciador cilíndrico cuyas características son las siguientes:

- Diámetro interior = 3 mm.
- Diámetro exterior = 4 mm.
- Longitud = 6 mm.

3.3 Distanciador cilíndrico eje planetario.



Distanciador cilíndrico cuyas características son las siguientes:

- Diámetro interior = 3 mm.
- Diámetro exterior = 5 mm.
- Longitud total = 16.12 mm.

4 TORNILLOS

4.1 Tornillos cierre carcasa.

Para todos los tornillos se utiliza el catálogo general de tornillerías Aragonesas. Se utilizan tres tornillos avellanados con rosca completa para el cierre de la carcasa, M3 y Longitud 5mm (DIN 63 (DIN 87) 5.6). Con dichos tornillos y una junta tórica se considera que la carcasa queda completamente



4.2 Tornillo sujeción de la placa de sujeción.

Para la sujeción de la placa de sujeción, explicada a continuación, se utiliza un tornillo de cabeza cilíndrica con hexágono interior, M3, longitud 30 mm (DIN 912 c. 12.9 Unbrako) y longitud de roscado de 18 mm.

De tal manera que dicho tornillo se rosca en la extrusión roscada de la carcasa inferior.

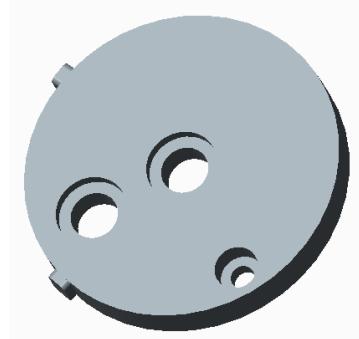
Dicho tornillo es fabricado por mecanizado y está normalizado según el catálogo de tornillería aragonesa.



5 PLACA DE SUJECCIÓN

La placa de sujeción consta de tres orificios dónde se colocan los casquillos superiores. Esta también realiza la función de final carrera del giro de la corona, mediante dos extrusiones laterales, de pequeñas dimensiones, que actúan como tope de giro de la corona. La distancia entre estas extrusiones laterales es calculada a partir del ángulo de giro del retrovisor.

Dicha placa de bronce es fabricada mediante mecanizado.



6 JUNTA TÓRICA

Para obtener un conjunto de estanqueidad segura y compacta utilizamos el elemento llamado junta tórica. Debido a que este elemento no tiene ningún requerimiento especial, en cuanto a solicitudes mecánicas o térmicas, consideramos que el material adecuado para éste es un EPDM (Etileno Propileno).

El alojamiento de la junta tórica se localiza en la superficie superior de la carcasa inferior, la cual está en contacto con la carcasa superior. Este alojamiento se diseña según el catálogo general de Sanmetal.





Universidad
Zaragoza

1542

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO III

ANÁLISIS DINÁMICO DE VIABILIDAD RESISTENTE DEL DISEÑO

Autor

Pablo López Domingo

Director

Jesús Fuentelsaz Gallego

Departamento/Facultad

Año

Escuela ingeniería arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

Zaragoza

25 Septiembre 2015

1 ANÁLISIS DINAMICO DE VIABILIDAD RESISTENTE:

Como se ha expresado en la memoria, el análisis dinámico de viabilidad resistente lo realizamos mediante diferentes teoremas. Dichos teoremas son Lewis, AGMA y contacto por un punto único. Es decir, para cada una de las etapas de reducción entre ruedas con dentado recto, realizaremos el análisis resistente con los métodos de Lewis y AGMA, este último mediante el programa MITCALC. Sin embargo, para el análisis dinámico de la viabilidad resistente de la etapa de reducción entre el tornillo sinfín y la rueda helicoidal, utilizaremos los métodos de contacto por un único punto y por el teorema de AGMA ,mediante el programa MITCALC.

De tal manera que compararemos los coeficientes de seguridad a flexión de ambos métodos. De este modo, nos garantizamos que se cumplen los coeficientes de seguridad a flexión en cada una de las etapas de reducción del conjunto reductor, además, de la evaluación de cada uno de los métodos por la comparación de ambos, con su respectivas conclusiones.

A continuación se muestran los estudios de viabilidad resistente para cada una de las etapas de reducción que constituyen el conjunto reductor.

ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE TORNILLO SINFÍN Y RUEDA HELICOIDAL (PRIMERA ETAPA)

Como se ha comentado anteriormente, esta etapa de reducción se va analizar mediante los métodos de contacto por un único punto y AGMA, mediante el programa informático MITCALC.

En primer lugar, antes de meternos de lleno con el análisis resistente de dicha etapa, calculamos las diferentes parámetros de las ruedas dentadas, ya que algunos de ellos los necesitamos para el posterior análisis de viabilidad resistente.

Para ello, fijamos los valor del módulo, número de dientes, ángulo de presión y ángulo de hélice de cada una de las ruedas dentadas que constituyen la etapa de reducción a analizar. Posteriormente, con las formulas que se detallan en las tablas 1 y 2, se calculan las diferentes partes de las ruedas dentadas.

RUEDA TORNILLO SINFÍN

TORNILLO SINFÍN				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALORES	UNIDADES
Módulo normal	m	Dato	0,500	adm
Número de dientes	N = Zw	Dato	2,000	filetes
Ángulo de Presión de Engranaje	Φ_r	Dato	20,000	º
Ángulo de hélice o inclinación real	$\beta_r \lambda_r$	Dato	11,093	º
Diámetro primitivo	D_w	$D_p=L/(P_i \tan(\beta_r))$	5,211	mm
Radio Primitivo	R_p	$R_p=D_p/2$	2,605	mm
Paso normal	p_n	$P_n=\pi \cdot m$	1,571	mm
Paso Axial del sinfín	p_x	$P_x=P_n/\sin(90-\beta_r)$	1,605	mm

Avance del sínfin	L	L=Px*Z	3,210	mm
Ángulo de hélice o inclinación aparente	β_a	$\beta_a = \text{arctg}[\tan(\beta r)/\cos(\Phi a_2)]$	11,811	º
Ángulo de presión aparente	$\Phi_{a2} = \Phi_{x1}$	$\Phi_{a2} = \text{arcotan}[\tan(\Phi r)/\cos(\beta r)]$	20,350	º
Angulo de presión aparente del sínfin	Φ_{a1}	$\Phi_{a1} = \text{arcotan}[\tan(\Phi r)/\sin(\beta r)]$	62,138	º
Módulo aparente o circular	m_a	$m_a = m/\cos(\beta a)$	0,511	adm
Diámetro base	D_b	$D_b = D_p * \cos(\Phi a_2)$	4,885	mm
Diámetro de cabeza, de adendo o exterior	D_o	$D_o = D_p + 2 * m$	6,211	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_p - 2 * (1,166 * m)$	4,045	mm

Tabla 1.-Cálculo de las diferentes partes del tornillo sínfin.

RUEDA HELICOIDAL

RUEDA HELICOIDAL				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALORES	UNIDADES
Módulo normal	m	Dato	0,500	adm
Número de dientes	$N = ZG$	Dato	18,000	dientes
Ángulo de Presión de Engranaje	Φ_r	Dato	20,000	º
Ángulo de hélice o inclinación real	$\beta_r (\lambda)$	Dato	11,093	º
Ancho de rueda	b	Dato	5,000	mm
Diámetro primitivo	D_g	$D_p = L / (\pi * \tan(\beta r))$	9,195	mm
Radio Primitivo	R_p	$R_p = D_p / 2$	4,597	mm
Paso normal	p_n	$P_n = \pi * m$	1,571	mm
Paso aparente del helicoidal	p_a	$P_a = P_n / \cos(\beta a)$	1,605	mm
Ángulo de hélice o inclinación aparente	β_a	$\beta_a = \text{arctg}[\tan(\beta r) / \cos(\Phi a_2)]$	11,811	º
Ángulo de presión aparente	$\Phi_{a2} = \Phi_{x1}$	$\Phi_{a2} = \text{arcotan}[\tan(\Phi r) / \cos(\beta r)]$	20,350	º
Módulo aparente o circular	m_a	$m_a = m / \cos(\beta a)$	0,511	adm
Diámetro base	D_b	$D_b = D_p * \cos(\Phi a_2)$	8,621	mm
Diámetro de cabeza, de adendo o exterior	D_o	$D_o = D_p + 2 * m$	10,195	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_p - 2 * (1,166 * m)$	8,029	mm
Salto Circunferencial	S_d	$S_d = b * \tan(\beta r)$	0,980	mm
Juego radial	j_{radial}	$J_{\text{radial}} = 0,166 * m$	0,083	mm

Tabla 2.-Cálculo de las diferentes partes de la rueda dentada helicoidal.

Una vez calculado la geometría del diente de cada una de los elementos pertenecientes a la etapa de reducción a analizar, estudiamos la viabilidad resistente de dicha etapa. Para ello, también tenemos que calcular el punto de trabajo de cada una de las ruedas, siendo los siguientes:

TORNILLO SINFÍN		
Potencia (mWatt)	$P_{tornillo}=P_{motor}$	62,832
Par motor (Nmm)	$T_{tornillo}=T_{motor}$	2,000
Velocidad angular (rpm)	$\omega_{tornillo}=W_{motor}$	300,000
Velocidad angular (rad/s)	$\omega_{tornillo}=W_{motor}$	31,416

Tabla 3.-Cálculo del punto de trabajo del tornillo sinfín.

RUEDA HELICOIDAL		
Potencia (m.Watt)	$P_{helicoidal}=W_{helicoidal} \cdot T_{helicoidal}$	62,832
Par motor(N.mm)	$T_{helicoidal}=(Tt_{tornillo} \cdot \eta) / i$	18,000
Velocidad angular (rpm)	$\omega_{helicoidal}=W_{tornillo} \cdot i$	33,333
Velocidad angular (rad/s)	$\omega_{helicoidal}=W_{tornillo} \cdot i$	3,491
Rendimiento	η	1,000
Relación de transmisión en la etapa	i	0,111

Tabla 4.-Cálculo del punto de trabajo de la rueda helicoidal.

Como se puede observar de las tablas anteriores, los valores de las potencias no cambia ya que consideramos el rendimiento igual a 1. De este modo nos garantizamos que se cumplan los factores de seguridad a flexión con la máxima potencia, para cada una de las etapas, ya que si el rendimiento baja la potencia disminuirá y obtendremos fuerzas menores a las calculadas.

Una vez calculado la geometría y punto de trabajo para cada rueda dentada, comenzamos con el análisis de viabilidad resistente de la etapa en cuestión. En primer lugar, vamos a realizar el análisis con el teorema de contacto por un único punto, para posteriormente, realizarlo con el teorema de AGMA, a través del programa MITCALC, para su posterior comparación.

TEOREMA CONTACTO POR UN ÚNICO PUNTO

Este teorema supone que el contacto entre los elementos de la etapa se realiza por único punto, como es en el caso del tornillo sinfín y la rueda corona. Esto es debido, a que como se ha comentado en la memoria en el apartado de diseño mecánico de los elementos, el tornillo sinfín engrana con la rueda helicoidal diente a diente, por lo que las fuerzas se transmiten a un solo punto.

A continuación, en la tabla 5, se detallan los cálculos de las fuerzas de dicha etapa de reducción:

PARÁMETROS	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDAD DE S
Potencia	P	Dato	0,0628	Wat t
Velocidad angular del tornillo sinfín	n_w	Dato	300,00 00	rpm
Velocidad angular de la rueda	n_G	$n_G = n_w \cdot Z_G / Z_w$	33,333 3	rpm
Velocidad en la linea de paso del tornillo sinfín	V_w	$V_w = \pi \cdot d_w \cdot n_w / 60000$	0,0818	m/s
Velocidad en la linea de paso de la rueda	V_G	$V_G = \pi \cdot d_G \cdot n_G / 60000$	0,0160	m/s
Velocidad de deslizamiento	Vs	$V_s = V_w / \cos \lambda$	0,0834	m/s

Coeficiente de fricción	μ	$\mu = 0,32/(V_s^{0,45})$	0,1168	adm
Fuerza total de transmisión	F	$F = F_{wt}/(\cos\Phi_r \cdot \operatorname{sen}\lambda + \mu \cdot \cos\lambda)$	2,5981	N
Carga transmitida o fuerza tangencial del tornillo sinfín igual a fuerza axial de la rueda	$F_{wt} = F_{Ga}$	$F_{wt} = P/V_w$	0,7677	N
Fuerza axial del sinfín o fuerza tangencial a la rueda	$F_{wa} = F_{Gt}$	$F_{wa} = F \cdot (\cos\Phi_r \cdot \cos\lambda - \mu \cdot \operatorname{sen}\lambda)$	2,3374	N
Fuerza radial del sinfín y aplicada a la rueda	$F_{wr} = F_{Gr}$	$F_{wr} = F \cdot \operatorname{sen}(\Phi_r)$	0,8886	N
Fuerza tangencial al diente	F_{dt}	$F_{dt} = \text{RAIZ}(F_{wt}^2 \cdot F_{wa}^2)$	2,4602	N
Par de torsión aplicado	T	$T = F_r \cdot Rp$	2,0000	N.m

Tabla 5.-Análisis de las fuerzas en la etapa de reducción entre el tornillo sinfín y la rueda helicoidal.

Como se observa la fuerza tangencial que recibe al diente de la rueda helicoidal está compuesta por las componentes axial y radial, esto es debido al ángulo de hélice que poseen estos tipos de engranajes como el que estamos analizando.

Para el cálculo del factor de seguridad a flexión, en primer lugar calculamos la tensión el diente de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{F_{dt}}{3,6 \cdot b \cdot m \cdot Kd \cdot km \cdot ka}$$

Siendo:

- b= ancho de la rueda helicoidal.
- m= módulo normal de la rueda helicoidal.
- Kd =Factor de durabilidad del tornillo sinfín y la rueda helicoidal.
- Km= Factor de montaje de la etapa de reducción.
- Ka = Factor de aplicación.

Para el cálculo de la tensión del diente, suponemos un montaje perfecto y una perfecta aplicación, de tal manera que los factores de aplicación y montaje son igual a 1. En cuanto al factor de durabilidad, es calculado mediante una tabla según sus horas de vida útil y fuerza aplicada.

Una vez calculada la tensión en el diente, calculamos el factor de Lewis, sabiendo que la tensión permisible del material de la rueda dentada es de 72 MPa.

$$SF = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma}$$

A continuación se muestran los cálculos comentados anteriormente.

FUERZAS DE LA ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE EL TORNILLO SINFÍN Y LA RUEDA HELICOIDAL				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Factor de durabilidad del tornillo sinfín y la rueda helicoidal	Kd	Dato	0,45	Watt
Factor de montaje del tornillo sinfín.	Km	Dato	1,00	rpm
Factor de aplicación	Ka	Dato	1,00	m/s
Fuerza tangencial al diente	F_{dt}	$F_{dt} = RAIZ(F_{wt}^2 \cdot F_{wa}^2)$	0,768	N
Esfuerzo admisible	σ	$\sigma = F_{dt} / (3,6 \cdot bg \cdot m \cdot Kd \cdot km \cdot ka)$	0,6074	Mpa
Esfuerzo permisible	σ_{perm}	Dato	72	MPa
Factor de seguridad a flexión	SF	$SF = \sigma_{perm} / \sigma$	118,52	adm

Tabla 6.-cálculo del factor de seguridad a flexión de la etapa de reducción entre el tornillo sinfín y la rueda helicoidal.

TEOREMA DE AGMA

Como se ha comentado en la memoria del diseño, el teorema de AGMA lo aplicamos mediante el programa informático MITCALC, el cual nos permite calcular diferentes parámetros de diferentes tipos de engranaje. De tal manera que le introducimos los valores de los cálculos de la geometría, para cada una de las ruedas dentadas mostrados en las tablas 1 y 2, además de las propiedades mecánicas del material de éstas especificadas en el anexo de material DERLIN 100 PE NC010. De tal manera que MITCALC, nos devuelve los valores de las fuerzas y por lo tanto, el valor del factor de seguridad a flexión para cada una de las ruedas dentadas.

Los valores de las fuerzas obtenidos son los siguientes:

FUERZAS	SÍMBOLO	VALO R	UNIDADE S
Fuerza axial del sinfín o fuerza tangencial a la rueda	$F_{wa} = F_{Gt}$	2,34	N
Fuerza radial del sinfín y aplicada a la rueda	$F_{wr} = F_{Gr}$	0,89	N
Fuerza tangencial al diente	F_{dt}	2,46	N
Carga transmitida o fuerza tangencial del tornillo sinfín igual a fuerza axial de la rueda	$F_{wt} = F_{ga}$	0,7677	N

Tabla 7.-Análisis de las fuerzas de la etapa de reducción entre el tornillo sinfín y la rueda helicoidal, mediante el teorema de AGMA.

Por consiguiente, nos devuelve un factor de seguridad a flexión tal que:

Factor de seguridad de los engranajes a flexión	$S_{tornillo}$	99	adm
	$S_{f_{helicoidal}}$	99	adm

Tabla 8.-Resultados del factor de seguridad a flexión para el tornillo sinfín y la rueda helicoidal.

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS

Una vez realizado el análisis de viabilidad resistente de la etapa de reducción por ambos teoremas, contacto por un único punto y AGMA, procedemos a la comparación de éstos.

De todo lo anterior, podemos sacar la conclusión de que los valores de las fuerzas son los mismos para ambos métodos, pero el cálculo mediante el teorema de contacto con un único punto es más conservador, obteniendo unas tensiones en el diente menores que mediante el teorema de AGMA, por lo que éste último nos proporciona un menor factor de seguridad a flexión.

La variación del factor de seguridad a flexión entre ambos teoremas, se encuentre entre un rango de 10%-20%.

Con todo esto podemos concluir que la etapa de reducción analizada es viable dinámicamente ya que obtenemos unos factores de seguridad a flexión aceptables.

También observamos que los valores del factor de seguridad a flexión calculados por ambos métodos, son elevados. Esto es debido a que tenemos un sobredimensionamiento de los elementos que constituyen dicha etapa de reducción, pero no merece la pena la optimización de éstos ya que cumplen la especificaciones de diseños tanto cinemáticamente como dinámicamente.

ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE RUEDA PIÑÓN Y LA RUEDA SATÉLITE (SEGUNDA ETAPA)

Como se ha comentado anteriormente, para el análisis resistente de las etapas de reducción compuestas por ruedas con dentado recto, como el caso que estamos analizando, se realizaran mediante dos métodos diferentes. Éstos son el teorema de Lewis y AGMA.

En primer lugar, antes de meternos de lleno con el análisis resistente de dicha etapa, calculamos las diferentes parámetros de las ruedas dentadas, ya que algunos de ellos los necesitamos para el posterior análisis de viabilidad resistente.

Para ello, fijamos los valor del módulo, número de dientes, anchura del diente y ángulo de presión de cada una de las ruedas dentadas que constituyen la etapa de reducción a analizar. Posteriormente, con las formulas que se detallan en las tablas 9 y 10, se calculan las diferentes partes de las ruedas dentadas. Dichas partes calculadas se pueden observar en la Figura 1 y 2.

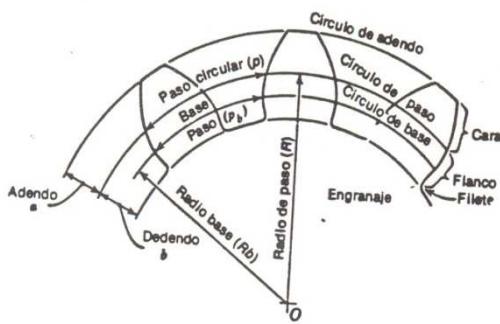


Figura 1.-Parámetros de las ruedas dentadas.

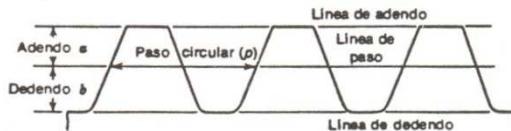


Figura 2.-Parámetros de las ruedas dentadas.

A continuación se muestran dichos cálculos de los principales parámetros para cada una de las ruedas dentadas que constituyen la etapa de reducción a analizar.

RUEDA PIÑÓN

RUEDA PIÑÓN				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALORES	UNIDADES
Módulo teórico	$m_{\text{teórico}}$	Dato	0,500	adm
Número de dientes	$N = Z_p$	Dato	24,000	mm
Ángulo de Presión de Engranaje	Φ	Dato	20,000	º
Ancho del engranaje	b	Dato	5,000	mm
Coeficiente de contracción	ζ	Dato	1,000	adm
Módulo real	m	$m = m_{\text{teórico}} \cdot \zeta$	0,500	adm
Diámetro primitivo	D_{pp}	$D_{pp} = mZ$	12,000	mm
Radio primitivo	R_{pp}	$R_{pp} = D_{pp}/2$	6,000	mm
Diámetro de cabeza, de adendo o exterior	D_o	$D_o = D_{pp} + 2a = Zm + 2 \cdot m$	13,000	mm
Diámetro base	D_{bp}	$D_{bp} = D_{pp} \cdot \cos \Phi$	11,276	mm
Altura de cabeza del diente o adendo	a	$a = m$	0,500	mm
Altura del pie del diente o deddendo	d	$d = 1,166 \cdot m$	0,583	mm
Altura del diente	h	$h = a + d = 2,166 \cdot m$	1,083	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_{pp} - 2d = Zm - 2 \cdot 1,166 \cdot m$	10,834	mm
Paso circunferencial o circular	$P = p_c$	$p_c = \pi D_{pp} / Z_p$	1,571	mm
Paso Diametral	$P' = p_d$	$p_d = Zp / D_{pp} = z_2 / D_{pp}$	2,000	mm
Paso Base	p_{bp}	$p_{bp} = \pi D_b / Z_p$	1,476	mm
Espesor del diente	e	$e = P_o / 2$	0,785	mm
Hueco del diente	V	$V = e = P_c / 2$	0,785	mm
Juego radial	j_{radial}	$j_r = 0,166 \cdot m$	0,083	mm

Tabla 9.-Cálculo de las diferentes partes de la rueda piñón.

RUEDA SATÉLITE

RUEDA SATÉLITE				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Módulo teórico	$m_{\text{teórico}}$	Dato	0,500	adm
Número de dientes	$N = Z_s$	Dato	36,000	mm
Ángulo de Presión de Engranaje	ϕ	Dato	20,000	º
Ancho del engranaje	b	Dato	5,000	mm
Coeficiente de contracción	ζ	Dato	1,000	adm
Módulo real	m	$m = m_{\text{teórico}} \cdot \zeta$	0,500	adm
Diámetro primitivo	D_{p4}	$D_{p4} = mZ$	18,000	mm
Radio primitivo	$R_p=R_1$	$R_p=D_p/2$	9,000	mm
Diámetro de cabeza, de adendo o exterior	D_o	$D_o = D_p + 2a = Zm + 2 \cdot m$	19,000	mm
Diámetro base	D_b	$D_b = D_p \cdot \cos \phi$	16,914	mm
Altura de cabeza del diente o addendo	a	$a = m$	0,500	mm
Altura del pie del diente o deddendo	d	$d = 1,166 \cdot m$	0,583	mm
Altura del diente	h	$h = a + d = 2,166 \cdot m$	1,083	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_p - 2d = Zm - 2 \cdot 1,166 \cdot m$	16,834	mm
Paso circunferencial o circular	$P = p_c$	$p_c = \pi D_{p1}/Z_1 = \pi D_{p2}/Z_2$	1,571	mm
Paso Diametral	$P' = p_d$	$p_d = z_1/D_{p1} = z_2/D_{p2}$	2,000	mm
Paso Base	p_b	$p_b = \pi D_b/Z$	1,476	mm
Espesor del diente	e	$e = P_o/2$	0,785	mm
Hueco del diente	V	$V = e = P_c/2$	0,785	mm
Juego radial	j_{radial}	$j_r = 0,166 \cdot m$	0,083	mm

Tabla 10.-Cálculo de las diferentes partes de la rueda satélite.

Una vez calculado la geometría del diente de cada una de las ruedas pertenecientes a la etapa de reducción a analizar, estudiamos la viabilidad resistente de dicha etapa. Para ello, también tenemos que calcular el punto de trabajo de cada una de las ruedas, siendo los siguientes:

RUEDA PIÑÓN		
Potencia (mWatt)	$P_{\text{piñón}}=P_{\text{helicoidal}}$	62,832
Par motor (N.mm)	$T_{\text{piñón}}=T_{\text{helicoidal}}$	18,000
Velocidad angular (rpm)	$W_{\text{piñón}}=W_{\text{helicoidal}}$	33,333
Velocidad angular (rad/s)	$W_{\text{piñón}}=W_{\text{helicoidal}}$	3,491

Tabla 11.-Cálculo del punto de trabajo de la rueda piñón.

RUEDA SATÉLITE		
Potencia (mWatt)	$P_{\text{satélite}} = W_{\text{satélite}} \cdot T_{\text{satélite}}$	62,832
Par motor(N.mm)	$T_{\text{satélite}} = (T_{\text{piñón}} \cdot \eta) / i$	27,000
Velocidad angular (rpm)	$W_{\text{satélite}} = W_{\text{piñón}} \cdot i$	22,222
Velocidad angular (rad/s)	$W_{\text{satélite}} = W_{\text{piñón}} \cdot i$	2,327105669
Rendimiento	η	1
Relación de transmisión de la etapa de reducción	$i = W_{\text{piñón}} / W_{\text{satélite}}$	0,667

Tabla 12.-Cálculo del punto de trabajo de la rueda satélite.

Una vez calculado la geometría y punto de trabajo para cada rueda dentada, comenzamos con el análisis de viabilidad resistente de la etapa en cuestión. En primer lugar, vamos a realizar el análisis con el teorema de Lewis, para posteriormente, realizarlo con el teorema de AGMA, a través del programa MITCALC, para su posterior comparación.

TEOREMA DE LEWIS

La potencia transmitida de un engranaje a otro se realiza mediante la fuerza que un diente ejerce sobre otro. Dicha fuerza es ejercida mediante la línea de presión.

Si la velocidad de giro de los engranajes se considera constante, la fuerza que se ejerce debe ser también constante por lo que la potencia a transmitir será:

$$P = w \times T \quad \longrightarrow \quad T = \frac{Pot}{w}$$

Como:

$$T = F_t \times R_p \quad \longrightarrow \quad F_t = \frac{T}{R_p}$$

Siendo F_t la fuerza tangencial al engranaje y r el radio de la circunferencia primitiva. La fuerza F_r es la componente tangencial de la fuerza F , con lo que :

$$F = \frac{F_t}{\cos \Phi}$$

Dicha fuerza F ejercerá una acción F_r , dirigida según el radio del diente de valor:

$$F_r = F_t \times \tan \Phi$$

En resumen, cuando se transmite una potencia (P) a una velocidad angular (w) aparecen en el diente dos fuerzas F_t y F_r de valores:

$$F_t = \frac{T}{R_p} \quad F_r = F_t \times \tan \Phi$$

A continuación se muestra la tabla de los cálculos de las fuerzas de la etapa de reducción entre la rueda piñón y la rueda satélite.

FUERZAS EN LA ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE LA RUEDA PIÑÓN Y LA RUEDA SATÉLITE				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Potencia	P	Dato	0,063	Watt
Velocidad angular de la rueda piñón	n	Dato	33,333	rpm
Velocidad en la línea de paso, m/s	V	$V = n \cdot \pi / 60 \cdot D_{pp}$	0,021	m/s
Fuerza total de transmisión, N	F	$F = F_t / \cos \phi$	3,193	N
Carga transmitida o fuerza tangencial del piñón sobre el satélite	$F_t = F_{t12}^t$	$F_t = P/V$	3,000	N
Fuerza radial del piñón sobre el satélite, N	$F_r = F_{r12}^r$	$F_r = F_t \cdot \tan \phi$	1,092	N
Par de torsión aplicado	T	$T = F_t \cdot R_{pp}$	18,000	N.mm

Tabla 13.- Análisis de las fuerzas de la etapa de reducción entre rueda piñón y rueda satélite.

Una vez obtenido el análisis de las fuerzas, calculamos el factor de seguridad o coeficiente de seguridad a flexión mediante el teorema de Lewis.

Dicho teorema dice que cuando dos engranajes, de dentado recto, están transmitiendo una potencia y tienen suficiente número de dientes, es posible que haya más de una pareja en contacto, sin embargo, es usual suponer que toda la carga está soportada por un solo par de dientes y que la carga actúa en el punto más desfavorable, como se presenta en la siguiente figura.

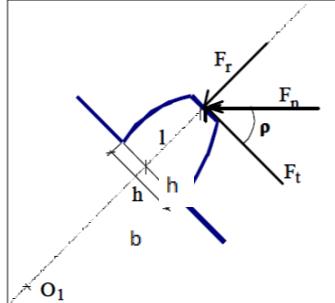


Figura 3.-Acciones sobre un diente.

Se considera que la fuerza a lo largo de la línea de presión está aplicada en el eje del diente y que la tensión causada por la acción F_r es usual despreciarla en la práctica.

Por lo tanto, calculamos el esfuerzo flexionante para cada una de las ruedas que constituyen esta etapa de reducción como:

$$\sigma = \frac{F_t}{Y \cdot m \cdot b}$$

Siendo:

- F_t =Carga transmitida o fuerza tangencial del piñón sobre el satélite.
- Y = Factor de Lewis.
- b = anchura del diente de la rueda dentada.

El factor de Lewis se calcula del siguiente método:

$$Y = \frac{2.X}{3.m}$$

Siendo:

- X= distancia a esfuerzo máximo.
- m= módulo de la rueda dentada.

La distancia donde se produce el esfuerzo máximo se calcula del siguiente método:

$$x = \frac{(Pb/2)^2}{4.h}$$

Siendo:

- P_b= Paso base de la rueda dentada.
- h= Altura del diente.

Una vez calculado el esfuerzo flexionante, calculamos el factor de seguridad de los engranajes a flexión, sabiendo que el esfuerzo flexionante máximo del material utilizado en el diseño es de 72 MPa.

De tal manera que:

$$S_f = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma}$$

A continuación se muestra en la Tabla 10 los cálculos comentados anteriormente para cada una de las ruedas dentadas que constituyen la etapa de reducción a analizar.

CÁLCULO A FLEXIÓN CON EL TEOREMA DE LEWIS				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Exfuerzo flexionante permisible	σ_{perm}	Dato	72,000	MPa
Factor de seguridad de los engranajes a flexión	$S_{fpiñón}$	$SF = \sigma_{perm}/\sigma$	10,059	adm
	$S_{fsatélite}$		10,059	adm
Esfuerzo flexionante	$\sigma_{piñón}$	$\sigma = Ft/(b \cdot m \cdot Y)$	7,158	MPa
	$\sigma_{satélite}$		7,158	MPa
Factor de forma de Lewis	Y	$Y = 2 \cdot x / (3 \cdot m)$	0,168	mm
Distancia a esfuerzo máximo	x	$x = (Pb/2)^2 / (4 \cdot h)$	0,126	mm

Tabla 14. Resultados de los diferentes cálculos del factor de seguridad a flexión de los engranajes piñón y satélite, mediante el teorema de Lewis.

TEOREMA AGMA

El teorema de AGMA lo aplicamos mediante el programa informático MITCALC, el cual nos permite calcular diferentes parámetros de diferentes tipos de engranaje. De tal manera que le introducimos los valores de los cálculos de la geometría, para cada una de las ruedas dentadas mostrados en las tablas 5 y 6, además de las propiedades mecánicas del material de éstas especificadas en el anexo de material DERLIN 100 PE NC010. De tal manera que MITCALC, nos devuelve los valores de las fuerzas y por lo tanto, el valor del factor de seguridad a flexión para cada una de las ruedas dentadas.

Los valores de las fuerzas obtenidos son los siguientes:

FUERZAS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Fuerza tangencial	F _t	3.00	N
Fuerza radial	F _r	1,092	N
Fuerza total de la transmisión	F	3,193	N

Tabla 15.-Análisis de fuerzas con AGMA, mediante el programa informático MITCALC.

Por consiguiente, nos devuelve un factor de seguridad a flexión tal que:

Factor de seguridad de los engranajes a flexión	S _f _{ñón}	7.52	adm
	S _f _{satélite}	7.52	adm

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS

Una vez realizado el análisis de viabilidad resistente de la etapa de reducción por ambos teoremas, Lewis y AGMA, procedemos a la comparación de éstos.

De todo lo anterior, podemos sacar la conclusión de que los valores de las fuerzas son los mismos para ambos métodos, pero el cálculo mediante el teorema de Lewis es más conservador, obteniendo unas tensiones en el diente menores que mediante el teorema de AGMA, por lo que éste último nos proporciona un menor factor de seguridad a flexión.

La variación del factor de seguridad a flexión entre Lewis y AGMA, se encuentre entre un rango de 10%-20%.

Con todo esto podemos concluir que la etapa de reducción analizada es viable dinámicamente ya que obtenemos unos factores de seguridad a flexión aceptables.

ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE LA RUEDA SATÉLITE Y LA RUEDA CORONA (TERCERA ETAPA)

El análisis de viabilidad resistente de esta etapa de reducción, se realiza del mismo modo que en la segunda etapa, comentada anteriormente. Es decir, se analiza mediante los teoremas Lewis y AGMA.

Por lo tanto, a continuación se muestran las tablas de los cálculos de cada teorema, para cada una de las ruedas dentadas que constituyen dicha etapa de reducción a analizar.

TEOREMA DE LEWIS

CALCULO DE LA GEOMETRÍA DE LA RUEDA SATÉLITE				
RUEDA SATÉLITE				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Módulo teórico	$m_{\text{teórico}}$	Dato	0,500	adm
Número de dientes	$N = Z_s$	Dato	36,000	mm
Ángulo de Presión de Engranaje	Φ	Dato	20,000	º
Ancho del engranaje	b	Dato	5,000	mm
Coeficiente de contracción	ζ	Dato	1,000	adm
Módulo real	m	$m = m_{\text{teórico}} \cdot \zeta$	0,500	adm
Diámetro primitivo	D_{p4}	$D_{p4} = mZ$	18,000	mm
Radio primitivo	$R_p=R_1$	$R_p=D_p/2$	9,000	mm
Diámetro de cabeza, de addendo o exterior	D_o	$D_o = D_p + 2a = Zm + 2 \cdot m$	19,000	mm
Diámetro base	D_b	$D_b = D_p \cdot \cos\Phi$	16,914	mm
Altura de cabeza del diente o addendo	a	$a = m$	0,500	mm
Altura del pie del diente o deddendo	d	$d = 1,166 \cdot m$	0,583	mm
Altura del diente	h	$h = a + d = 2,166 \cdot m$	1,083	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_p - 2d = Zm - 2 \cdot 1,166 \cdot m$	16,834	mm
Paso circunferencial o circular	$P = p_c$	$p_c = \pi D_{p1}/Z_1 = \pi D_{p2}/Z_2$	1,571	mm
Paso Diametral	$P' = p_d$	$p_d = z_1/D_{p1} = z_2/D_{p2}$	2,000	mm
Paso Base	p_b	$p_b = \pi D_b/Z$	1,476	mm
Espesor del diente	e	$e = P_o/2$	0,785	mm
Hueco del diente	V	$V = e = P_c/2$	0,785	mm
Juego radial	j_{radial}	$j_r = 0,166 \cdot m$	0,083	mm

Tabla 16.-Cálculo de las diferentes partes de la rueda satélite.

RUEDA CORONA

CALCULO DE LA GEOMETRIA DE LA RUEDA CORONA				
RUEDA CORONA				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Módulo teórico	$m_{\text{teórico}}$	Dato	0,500	adm
Número de dientes	$N = Z_s$	Dato	84,000	mm
Ángulo de Presión de Engranaje	Φ	Dato	20,000	°
Ancho del engranaje	b	Dato	5,000	mm
Coeficiente de contracción	ζ	Dato	1,000	adm
Módulo real	m	$m = m_{\text{teórico}} \cdot \zeta$	0,500	adm
Diámetro primitivo	D_{p4}	$D_{p4} = mZ$	42,000	mm
Radio primitivo	$R_p = R_1$	$R_p = D_p / 2$	21,000	mm
Diámetro de cabeza, de adendo o exterior	D_o	$D_o = D_p + 2a = Zm + 2 \cdot m$	43,000	mm
Diámetro base	D_b	$D_b = D_p \cdot \cos\Phi$	39,467	mm
Altura de cabeza del diente o addendo	a	$a = m$	0,500	mm
Altura del pie del diente o deddendo	d	$d = 1,166 \cdot m$	0,583	mm
Altura del diente	h	$h = a + d = 2,166 \cdot m$	1,083	mm
Diámetro de fondo, de deddendo, de raíz o de pie	D_i	$D_i = D_p - 2d = Zm - 2 \cdot 1,166 \cdot m$	40,834	mm
Paso circunferencial o circular	$P = p_c$	$p_c = \pi D_{p1} / Z_1 = \pi D_{p2} / Z_2$	1,571	mm
Paso Diametral	$P' = p_d$	$p_d = z_1 / D_{p1} = z_2 / D_{p2}$	2,000	mm
Paso Base	p_b	$p_b = \pi D_b / Z$	1,476	mm
Espesor del diente	e	$e = P_o / 2$	0,785	mm
Hueco del diente	V	$V = e = P_c / 2$	0,785	mm
Juego radial	j_{radial}	$j_r = 0,166 \cdot m$	0,083	mm

Tabla 17.-Cálculo de las diferentes partes de la rueda corona.

RUEDA SATÉLITE		
Potencia (mWatt)	$P_{\text{satélite}} = W_{\text{satélite}} \cdot T_{\text{satélite}}$	62,832
Par motor(N.mm)	$T_{\text{satelite}} = (T_{\text{piñón}} \cdot \eta) / i$	27,000
Velocidad angular (rpm)	$W_{\text{satélite}} = W_{\text{piñón}} \cdot i$	22,222
Velocidad angular (rad/s)	$W_{\text{satélite}} = W_{\text{piñón}} \cdot i$	2,327
Rendimiento	η	1
Relación de transmisión de la etapa de reducción	$i = W_{\text{piñón}} / W_{\text{satélite}}$	0,667

Tabla 18.-Cálculo del punto de trabajo de la rueda satélite.

RUEDA CORONA		
Potencia (mWatt)	$P_{corona} = W_{corona} \cdot T_{corona}$	62,832
Par motor(N.mm)	$T_{corona} = (T_{satélite} \cdot \Pi) / i$	63,000
Velocidad ángular (rpm)	$W_{corona} = W_{satélite} \cdot i$	9,524
Velocidad ángular (rad/s)	$W_{corona} = W_{satélite} \cdot i$	0,997
Rendimiento	η	1
Relación de transmisión en la etapa de reducción	$i = w_{piñón} / w_{satélite}$	0,429

Tabla 19.-Cálculo del punto de trabajo de la rueda satélite.

FUERZAS DE LA ETAPA DE REDUCCIÓN ENTRE LA RUEDA SATÉLITE Y LA RUEDA CORONA				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Potencia	P	Dato	0,063	Watt
Velocidad angular de la rueda piñón	n	Dato	22,22	rpm
Velocidades en la línea de paso, m/s	V	$V = n \cdot \pi / 60 \cdot Dp^3$	0,02	m/s
Fuerza total de transmisión, N	F	$F = Ft12 / \cos\Phi$	3,19	N
Carga transmitida o fuerza tangencial del piñón sobre el satélite	$F_t = F_{12}^t$	$F_t = P/V$	3,00	N
Fuerza radial del piñón sobre corona, N	$F_r = F_{12}^r$	$F_r = Ft12 \cdot \tan\Phi$	1,09	N
Par de torsión aplicado	T	$T = Ft \cdot Rp^3$	27,00	N.m

Tabla 20.-Análisis de las fuerzas de la etapa de reducción entre la rueda satélite y la rueda corona.

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A FLEXIÓN CON EL TEOREMA DE LEWIS				
PROPIEDADES	SÍMBOLO	FÓRMULAS	VALOR	UNIDADES
Exfuerzo flexionante permisible	σ_{perm}	Dato	72	MPa
Factor de seguridad de los engranajes a flexión	S_{f3}	$SF = \sigma_{perm} / \sigma$	10,06	adm
	S_{f4}		10,06	adm
Esfuerzo flexionante	σ_3	$\sigma = Wt / (b \cdot m \cdot Y)$	7,158	MPa
	σ_4		7,158	MPa
Factor de forma de Lewis	Y	$Y = 2 \cdot x / (3 \cdot m)$	0,1677	mm
Distancia a esfuerzo máximo	x	$x = (Pb/2)^2 / (4 \cdot h)$	0,1257	mm

Tabla 21.-Cálculo del factor de seguridad a flexión de la etapa de reducción entre la rueda satélite y la rueda corona.

TEOREMA AGMA

FUERZAS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Fuerza tangencial	Ft	3.00	N
Fuerza radial	Fr	1,09	N
Fuerza normal	Fn	3,19	N

Tabla22.-Análisis de las fuerzas en la etapa de reducción entre la rueda satélite y la rueda corona.

Factor de seguridad de los engranajes a flexión	S _{fp}	7,150	adm
	S _{fs}	7,150	adm

Tabla23.-Cálculo del factor de seguridad a flexión de la etapa de reducción entre la rueda satélite y la rueda corona, mediante el teorema AGMA.



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO IV

ANÁLISIS DE VIABILIDAD

DEL PROCESO DE

INYECCIÓN

Autor

Pablo López Domingo

Director

Jesús Fuentelsaz Gallego

Departamento/Facultad

Año

Escuela ingeniería arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

Zaragoza

25 Septiembre 2015

INDICE

1	DIFERENTES ENTRADAS DE INYECCIÓN.....	1
1.1	Entrada por un solo punto.....	1
1.2	Entrada por dos puntos (180º)	1
1.3	Entrada por tres puntos (120º)	1
1.4	Entrada por seis puntos.	1
2	Rueda Helicoidal.....	2
2.1	Entrada por un punto.....	2
2.2	Entrada por 2 puntos a 180º	3
2.3	Entrada por tres puntos (120º)	4
2.4	Entrada por seis puntos.	5
3	RUEDA SATELITE	8
3.1	Entrada por un punto.....	8
3.2	Entrada por dos puntos (180º)	9
3.3	Entrada por tres puntos (120º)	10
3.4	Entrada por seis puntos.	11
4	RUEDA PIÑÓN.....	14
4.1	Entrada por un punto.....	14
4.2	Entrada por dos puntos.	15
4.3	Entrada por tres puntos.....	16
4.4	Entrada por seis puntos.	17
5	RUEDA CORONA.	20
5.1	Entrada por un punto.....	20
5.2	Entrada por dos puntos.	21
5.3	Entrada por tres puntos.....	22
5.4	Entrada por seis puntos.	23
6	Carcasa Inferior.	29
6.1	Entrada por un punto en la parte central posterior.....	30
6.2	Entrada por un punto en la parte exterior por el ancho de la pieza.....	33
6.3	Entrada por un punto en la parte exterior por el largo de la pieza.....	35
6.4	Entrada por dos puntos en la parte posterior de la pieza.	37
7	CARCASA SUPERIOR.....	39
7.1	Entrada por un punto.....	40
7.2	Entrada por dos puntos (180).....	44
7.3	Entrada por tres puntos (120º)	46
7.4	Entrada por seis puntos.	48
8	OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS.....	50
9	PRESUPUESTO.....	53

1 DIFERENTES ENTRADAS DE INYECCIÓN.

1.1 Entrada por un solo punto.



1.2 Entrada por dos puntos (180°).



1.3 Entrada por tres puntos (120°).

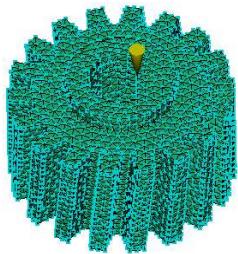


1.4 Entrada por seis puntos.



2 Rueda Helicoidal.

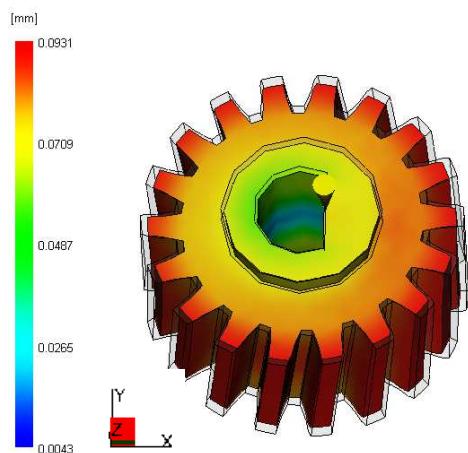
2.1 Entrada por un punto.



DEFELEXIONES:

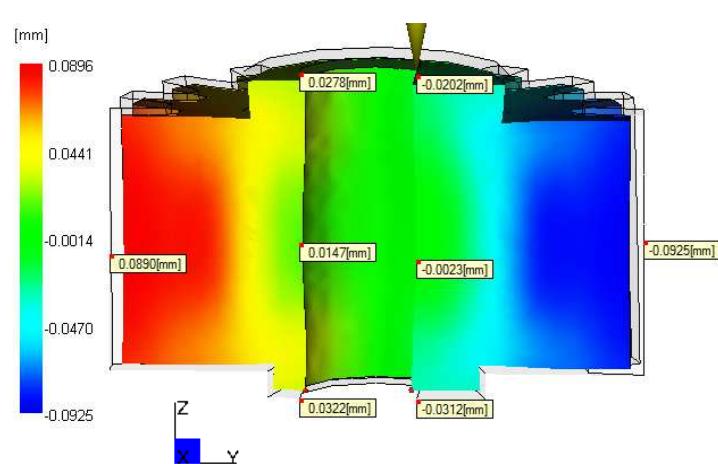
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



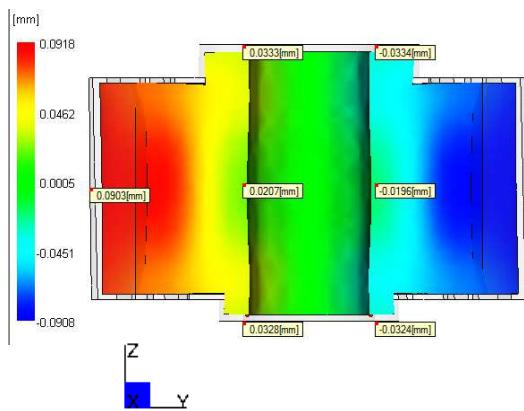
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



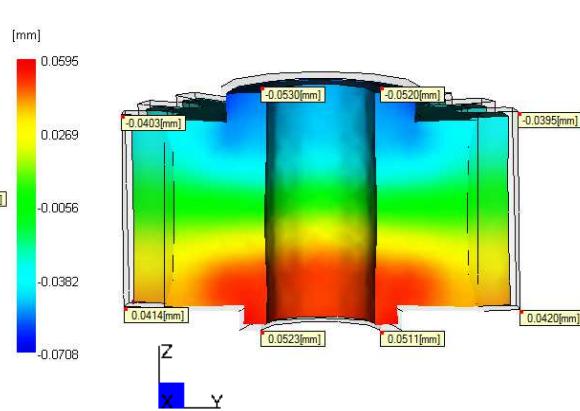
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

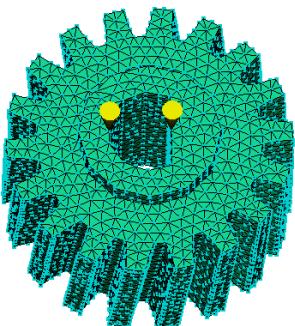


DEFORMADA EN Z (Planitud)

Factor de escala = 3,00



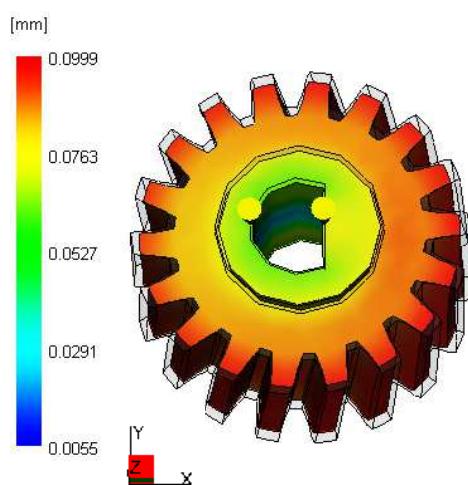
2.2 Entrada por 2 puntos a 180º.



DEFELEXIONES:

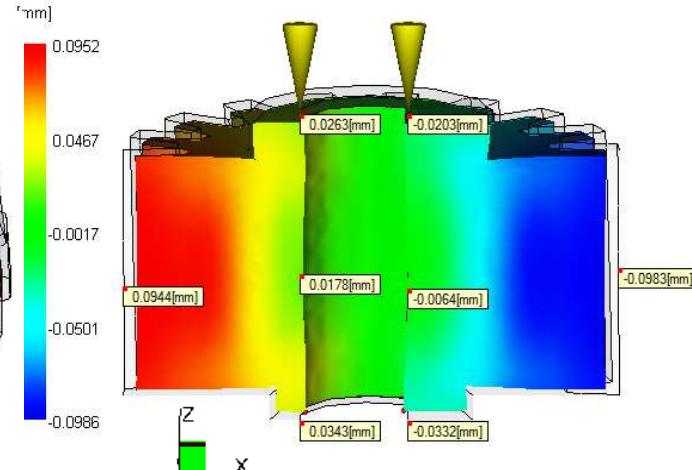
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



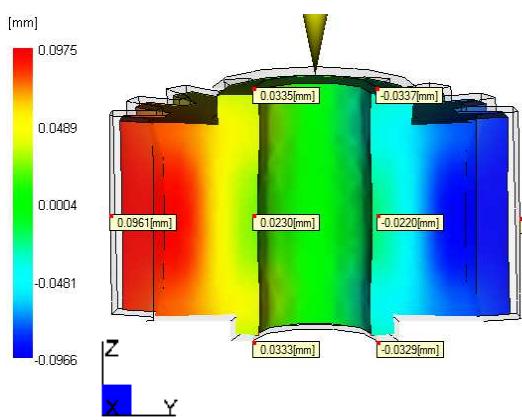
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



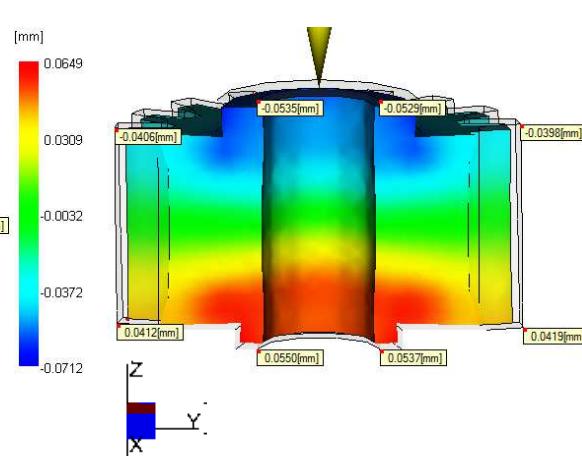
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

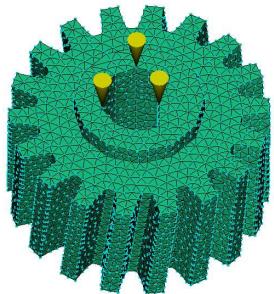


DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00

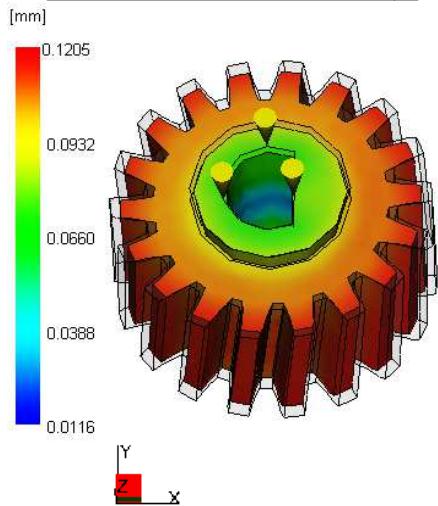


2.3 Entrada por tres puntos (120°)

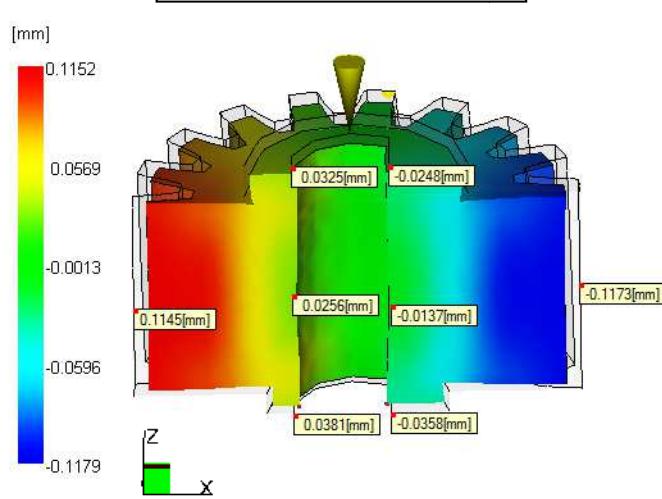


DEFELEXIONES:

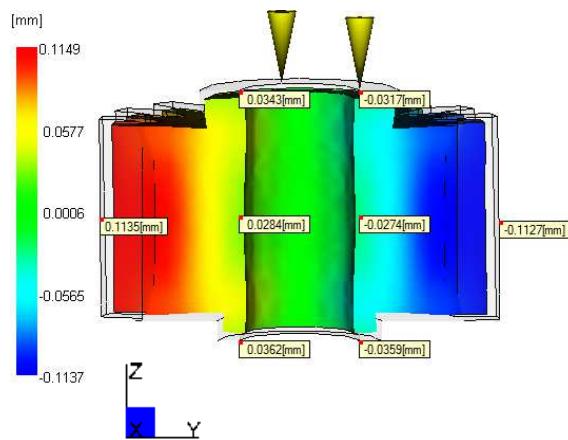
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



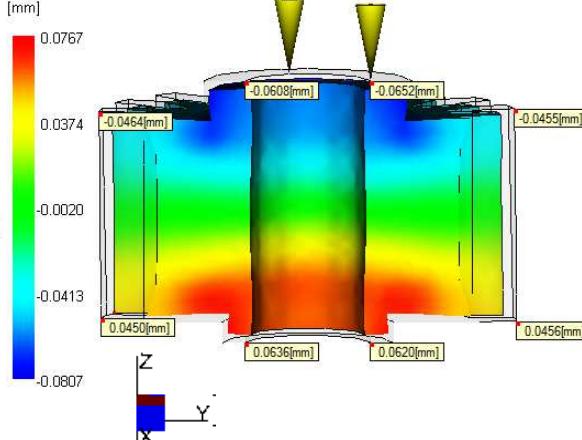
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



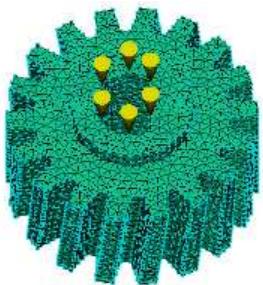
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00



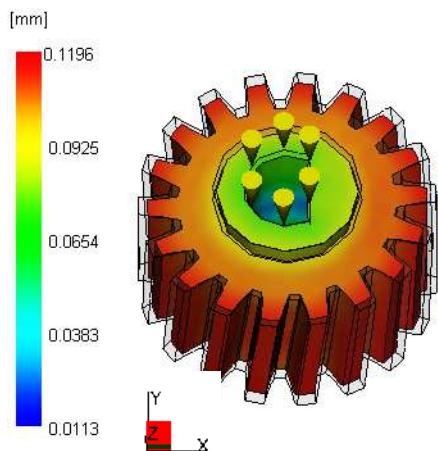
2.4 Entrada por seis puntos.



DEFELEXIONES:

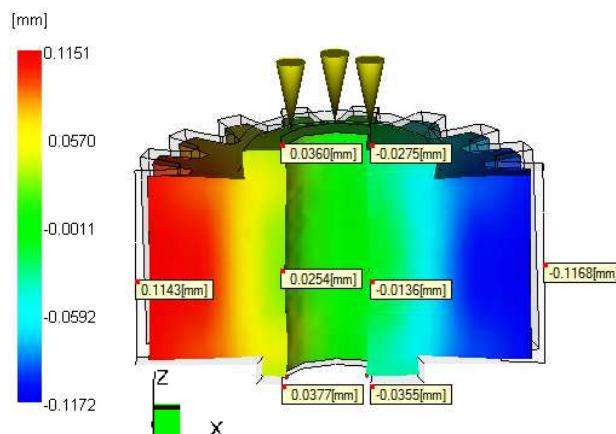
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



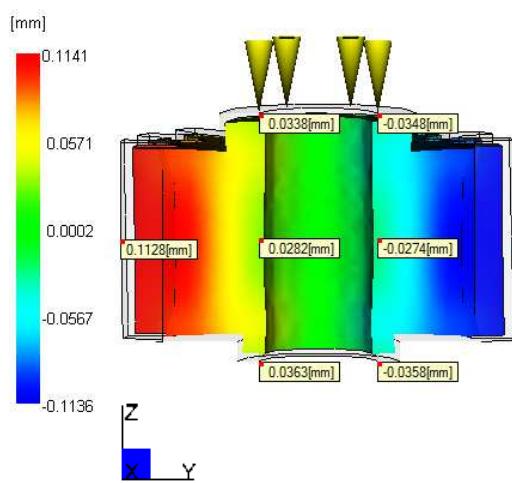
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



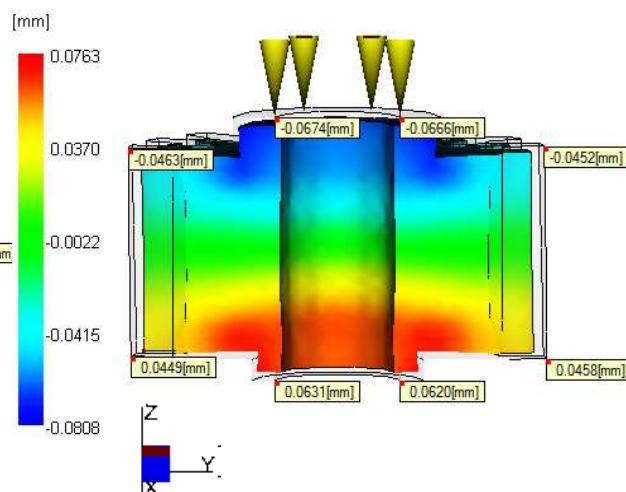
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

RUEDA HELICOIDAL								
ENTRADA POR SOLO PUNTO DE INYECCIÓN								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0890	-0,0925	0,1815		0,0903	-0,0896	0,1799		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0147	-0,0023	0,0170		0,0207	-0,0196	0,0403		
Entrada por dos puntos (180º)								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0944	-0,0983	0,1927		0,0961	-0,0957	0,1918		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0178	-0,0064	0,0242		0,0230	-0,0220	0,0450		
Entrada por tres puntos (120º)								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1145	-0,1173	0,2318		0,1135	-0,1127	0,2262		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0256	-0,0137	0,0393		0,0284	-0,0274	0,0558		
Entrada por seis puntos								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1143	-0,1168	0,2311		0,1128	-0,1128	0,2256		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0254	-0,0136	0,0390		0,0282	-0,0274	0,0556		

Tabla1.-Cálculo de la perdida de circularidad para la rueda helicoidal.



PÉRDIDA DE PLANITUD

RUEDA HELICOIDAL		
Entrada por un punto		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0403	-0,0395	-0,0008
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0414	0,042	-0,0006
Entrada por dos puntos (180º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0406	-0,0398	-0,0008
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0412	0,0419	-0,0007
Entrada por tres puntos (120º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0464	-0,0455	-0,0009
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,045	0,0456	-0,0006
Entrada por seis puntos		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0463	-0,0452	-0,0011
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0449	0,0458	-0,0009

Tabla2.-Cálculo de la perdida de planitud para la rueda helicoidal.

3 RUEDA SATELITE.

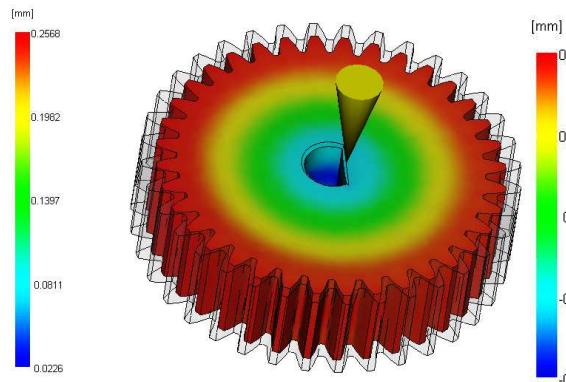
3.1 Entrada por un punto.



DEFELEXIONES:

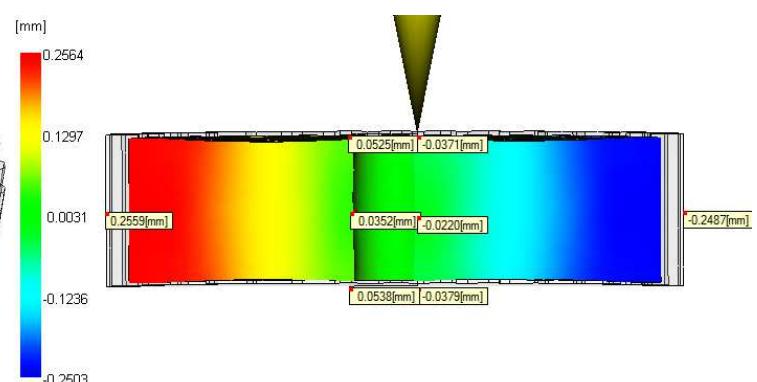
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



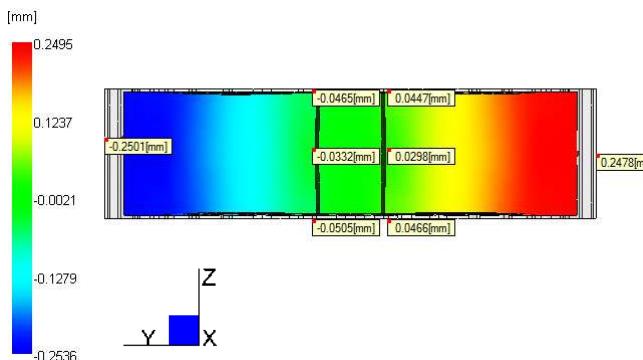
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



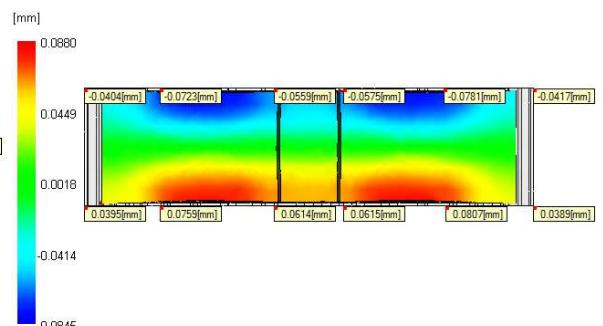
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

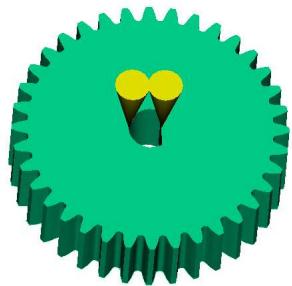


DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00

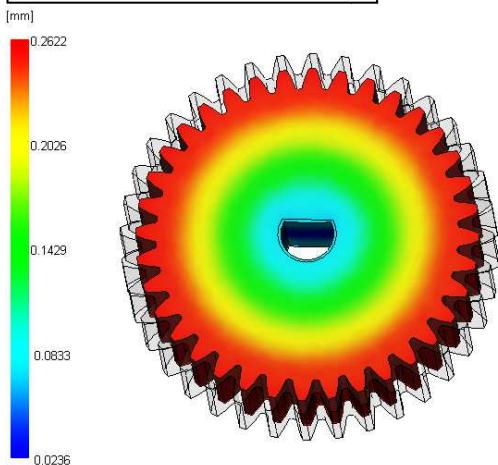


3.2 Entrada por dos puntos (180º).

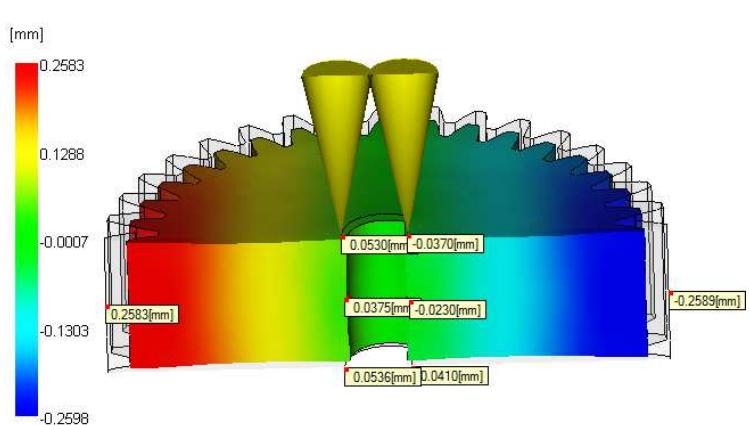


DEFELEXIONES:

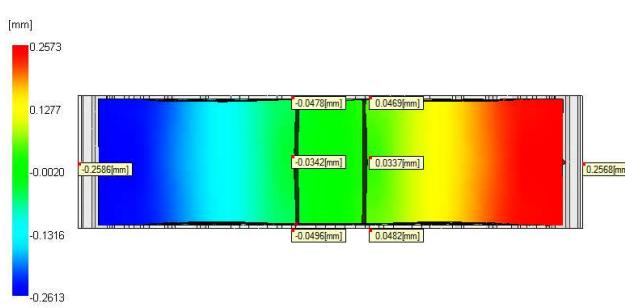
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



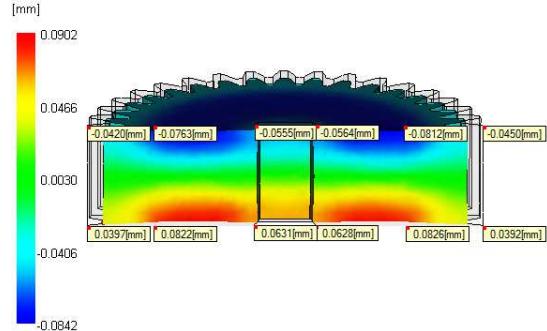
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



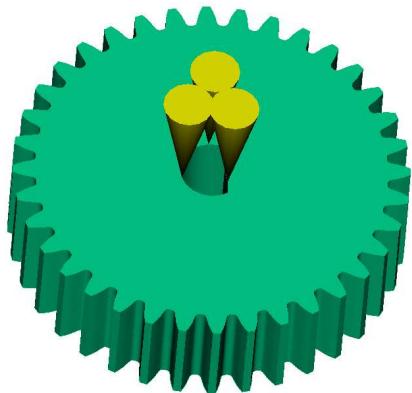
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00



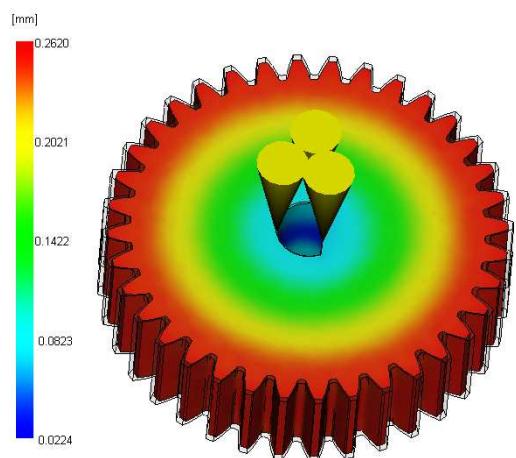
3.3 Entrada por tres puntos (120°).



DEFELEXIONES:

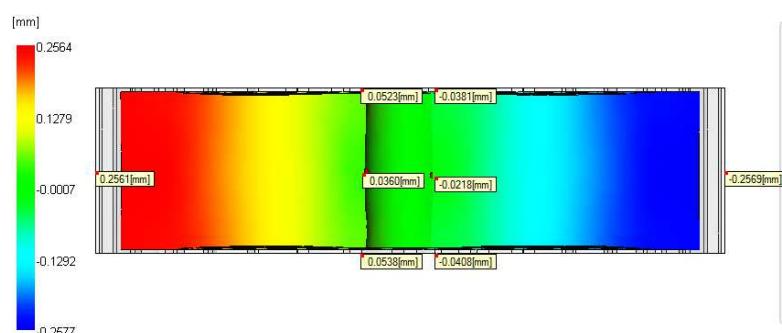
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



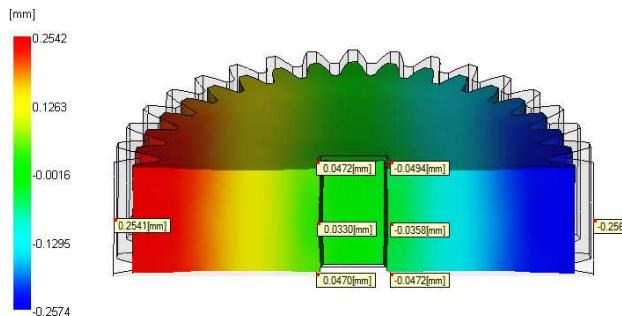
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



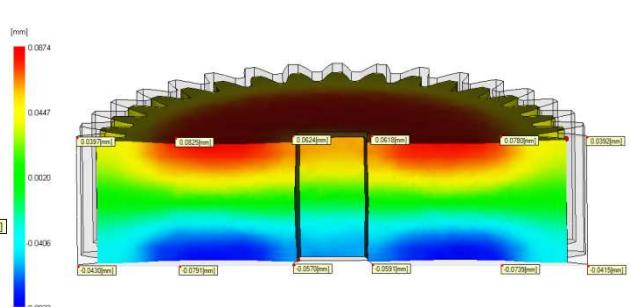
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

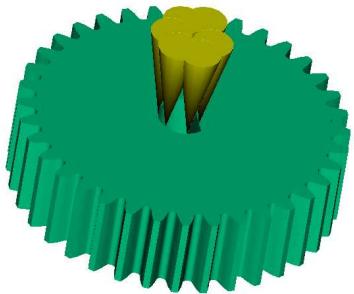


DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



3.4 Entrada por seis puntos.



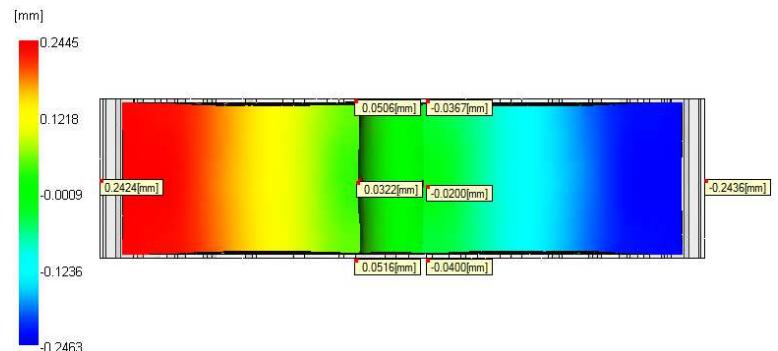
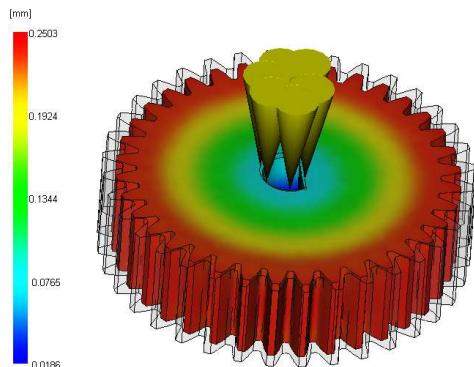
DEFELEXIONES:

DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00

DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00

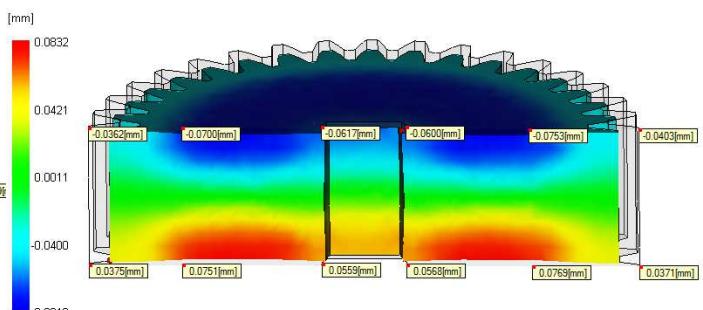
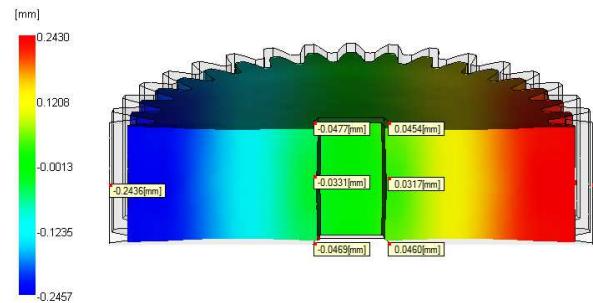


DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00





PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

RUEDA SATÉLITE						
Entrada por un punto						
Circularidad exterior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,2559	-0,2487	0,5046	-0,2501	0,2487	0,4988	0,0058
Circularidad interior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,0352	-0,022	0,0572	-0,0332	0,0298	0,063	-0,0058
Entrada por dos punto (180º)						
Circularidad exterior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,2583	-0,2589	0,5172	-0,2586	0,2568	0,5154	0,0018
Circularidad interior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,0375	-0,023	0,0605	-0,0342	0,0337	0,0679	-0,0074
Entrada por tres punto (120º)						
Circularidad exterior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,2561	-0,2569	0,513	0,2541	-0,2565	0,5106	0,0024
Circularidad interior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,036	-0,0218	0,0578	0,033	-0,0358	0,0688	-0,011
Entrada por seis punto						
Circularidad exterior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,2424	-0,2436	0,486	-0,2436	0,2409	0,4845	0,0015
Circularidad interior						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,0322	-0,02	0,0522	-0,0331	0,0317	0,0648	-0,0126

Tabla3.-Cálculo de la perdida de circularidad para la rueda satélite.

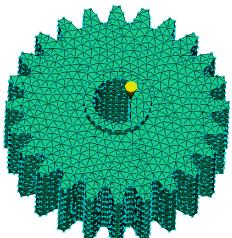
PÉRDIDA DE PLANITUD:

RUEDA SATÉLITE		
Entrada por un punto		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0404	-0,0417	0,0013
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0395	0,0389	0,0006
Entrada por dos puntos (180º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,042	-0,045	0,003
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0397	0,0392	0,0005
Entrada por tres puntos (120º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0397	0,0392	0,0005
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,043	-0,0415	-0,0015
Entrada por seis puntos		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0362	-0,0403	0,0041
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0375	0,0371	0,0004

Tabla4.-Cálculo de la perdida de planitud para la rueda satélite.

4 RUEDA PIÑÓN.

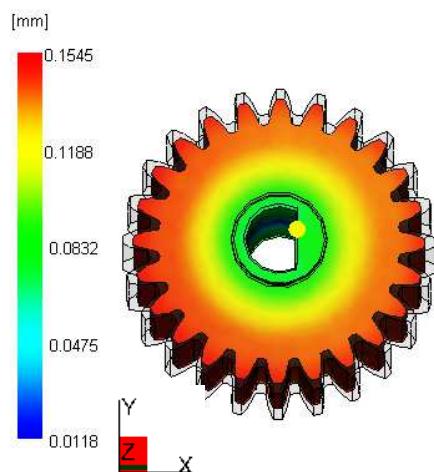
4.1 Entrada por un punto.



DEFELEXIONES:

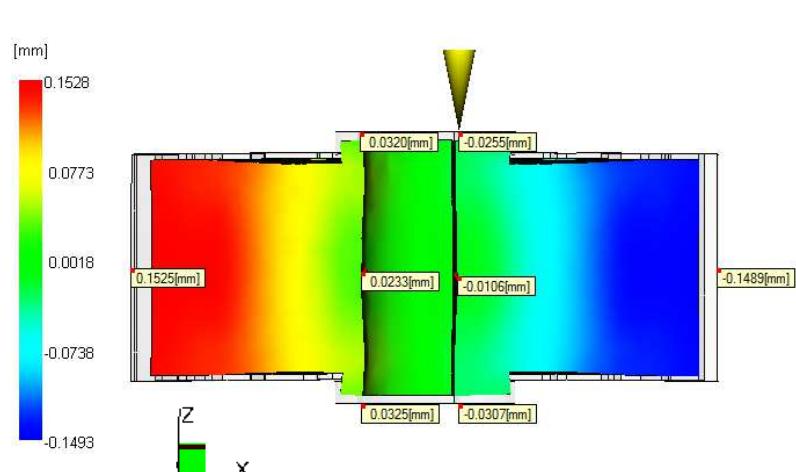
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



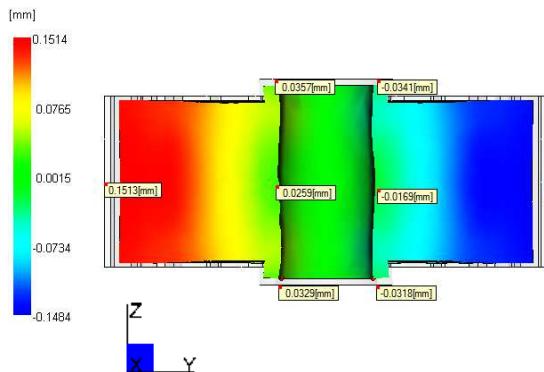
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



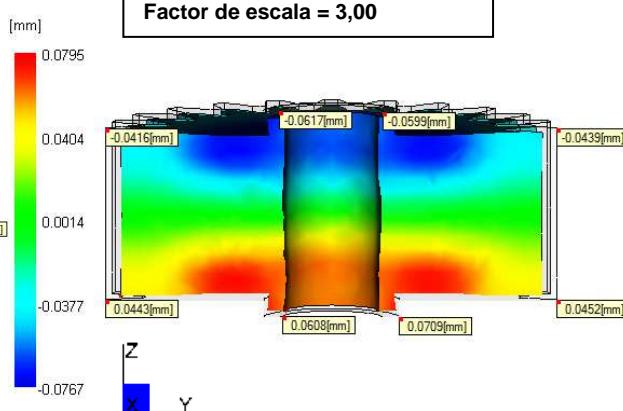
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

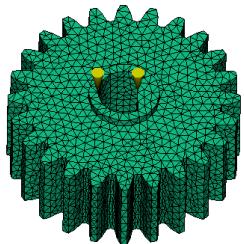


DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00

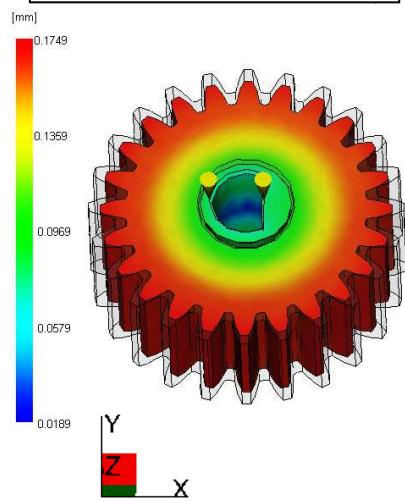


4.2 Entrada por dos puntos.

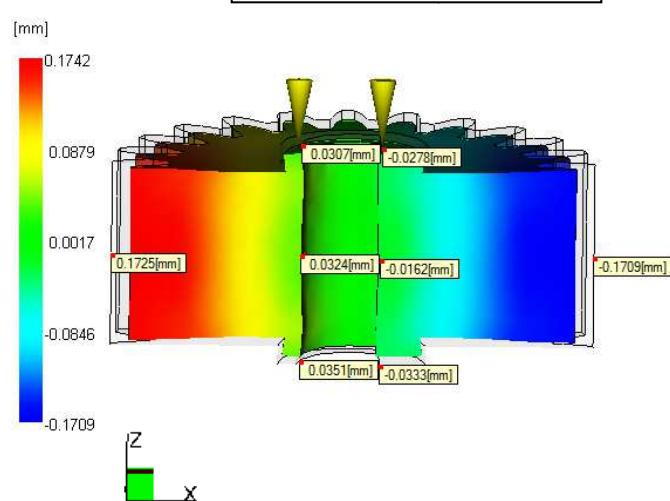


DEFELEXIONES:

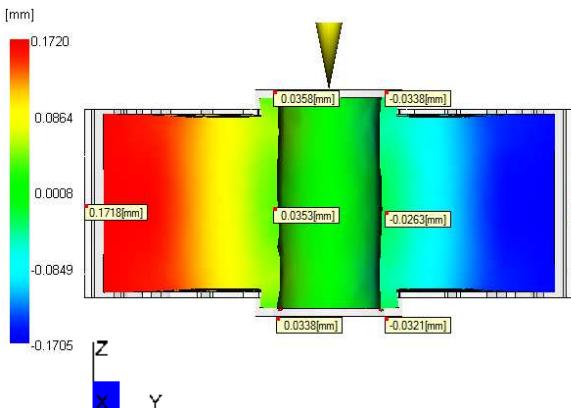
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



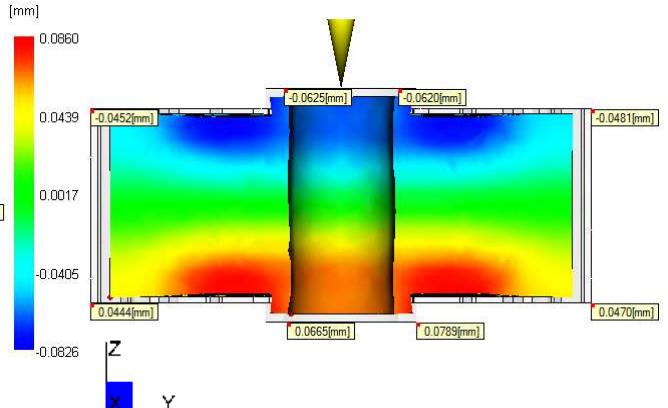
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



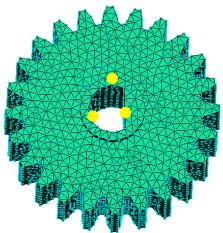
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00



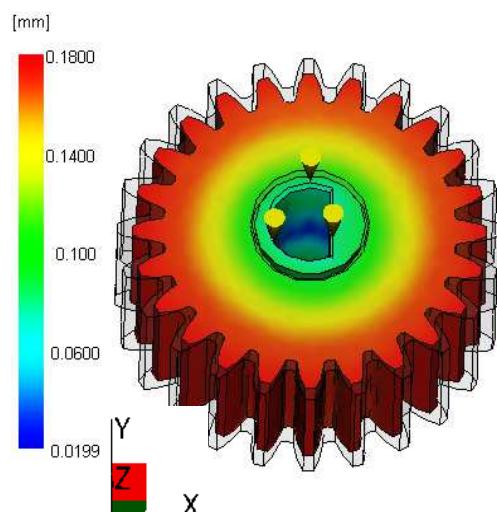
4.3 Entrada por tres puntos.



DEFELEXIONES:

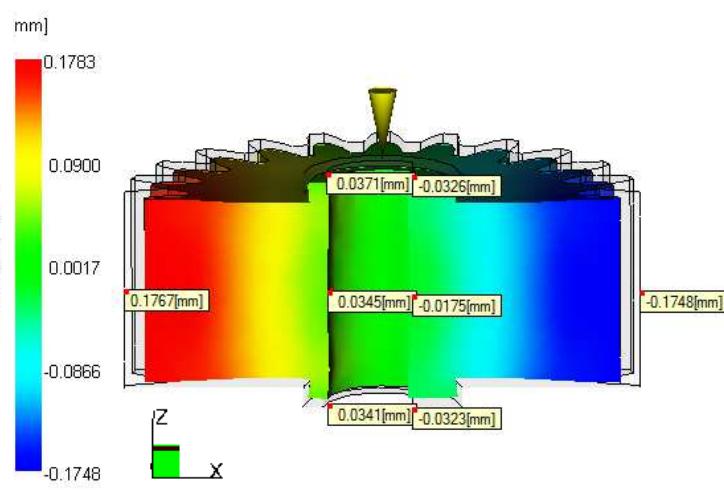
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



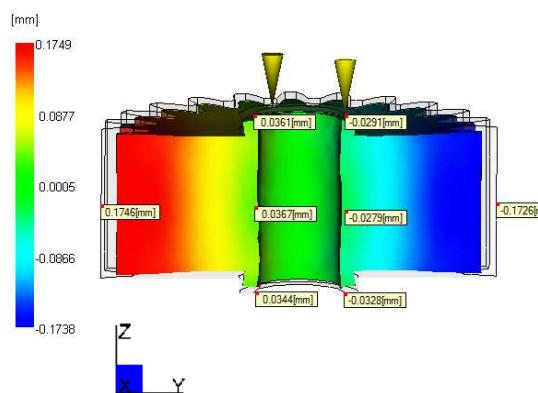
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



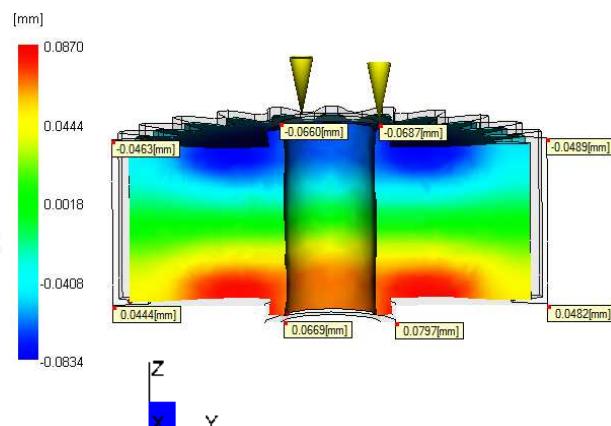
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00

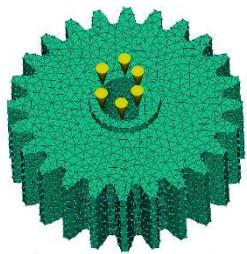


DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00

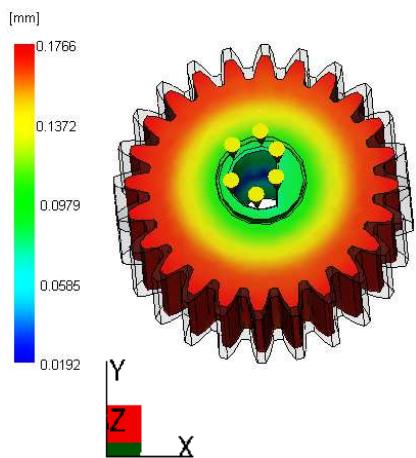


4.4 Entrada por seis puntos.

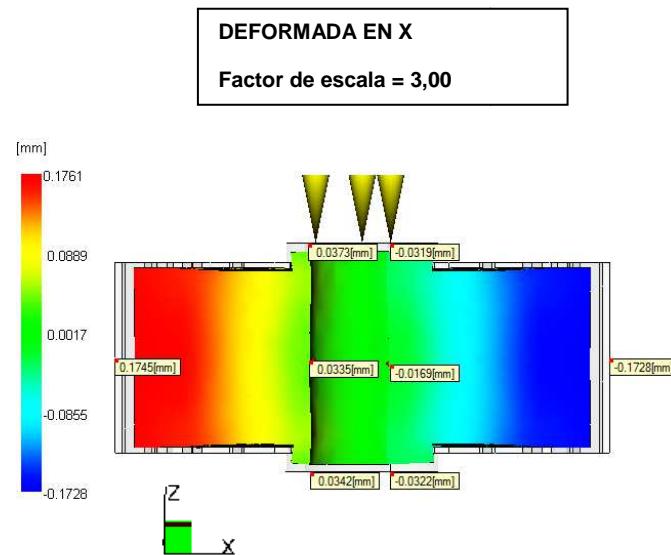


DEFELEXIONES:

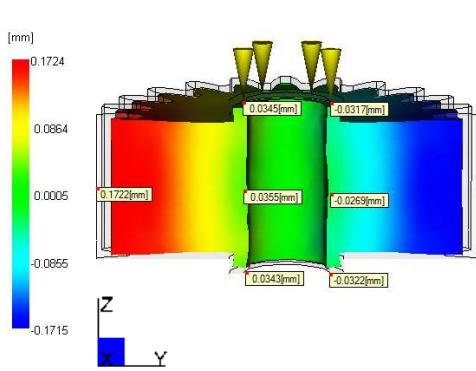
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



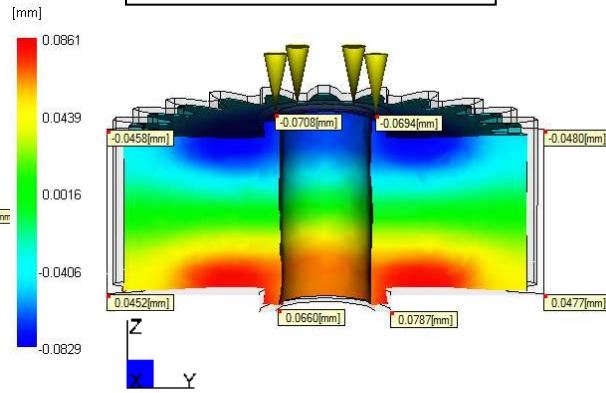
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00



PERDIDA DE CIRCULARIDAD:

RUEDA PIÑÓN								
Entrada por un punto								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1525	-0,1489	0,3014		0,1513	-0,1481	0,2994		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0233	-0,0106	0,0339		0,0259	-0,0169	0,0428		
Entrada por dos punto (180º)								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1725	-0,1709	0,3434		0,1718	-0,1693	0,3411		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0324	-0,0162	0,0486		0,0353	-0,0263	0,0616		
Entrada por tres punto (120º)								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1767	-0,1748	0,3515		0,1746	-0,1726	0,3472		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0345	-0,0175	0,052		0,0367	-0,0279	0,0646		
Entrada por seis punto								
Circularidad exterior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,1745	-0,1728	0,3473		0,1722	-0,1704	0,3426		
Circularidad interior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/		
0,0335	-0,0169	0,0504		0,0343	-0,0322	0,0665		

Tabla5.-Cálculo de la perdida de circularidad para la rueda piñón.

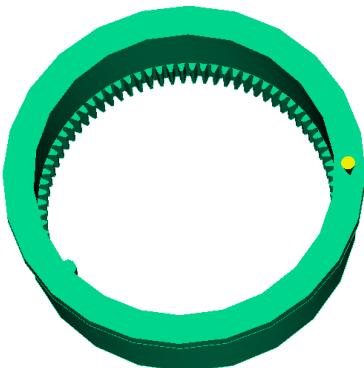
PÉRDIDA DE PLANITUD:

RUEDA PIÑON		
Entrada por un punto		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0416	-0,0439	0,0023
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0443	0,0452	-0,0009
Entrada por dos puntos (180º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0452	-0,0481	0,0029
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0444	0,047	-0,0026
Entrada por tres puntos (120º)		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0463	-0,0489	0,0026
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0444	0,0482	-0,0038
Entrada por seis puntos		
Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,0458	-0,048	0,0022
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,0452	0,0477	-0,0025

Tabla6.-Cálculo de la perdida de planitud para la rueda piñón.

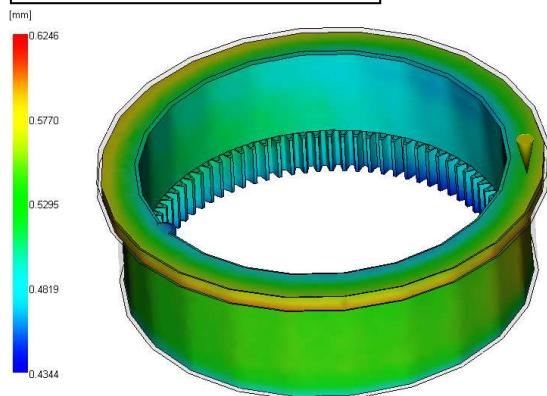
5 RUEDA CORONA.

5.1 Entrada por un punto.

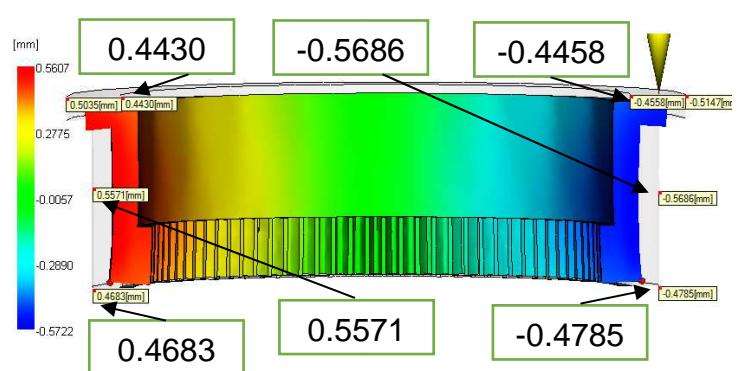


DEFELEXIONES:

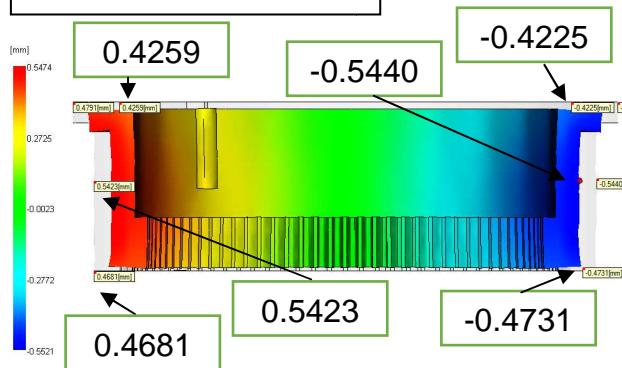
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



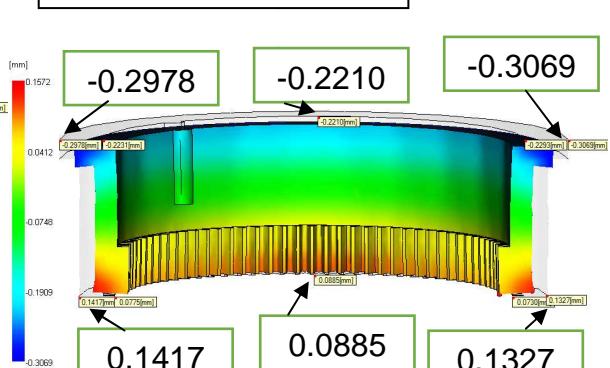
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



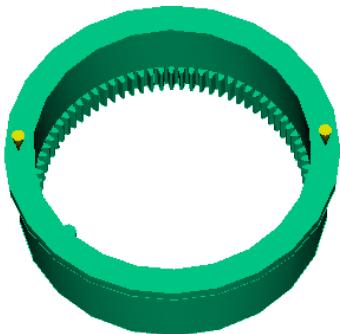
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00

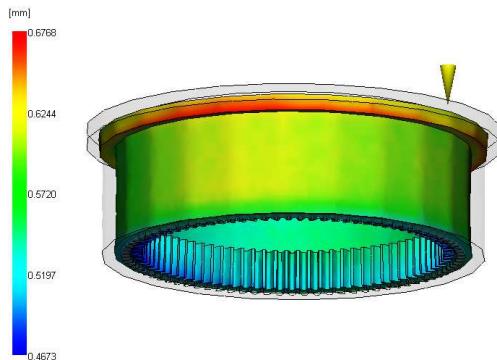


5.2 Entrada por dos puntos.

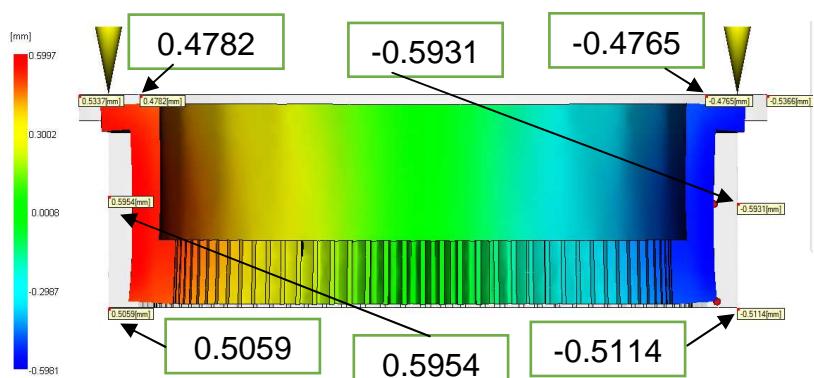


DEFELEXIONES:

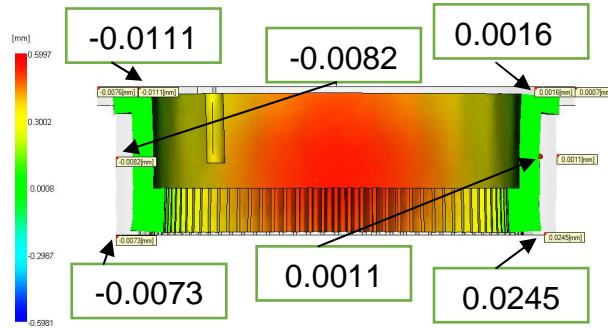
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



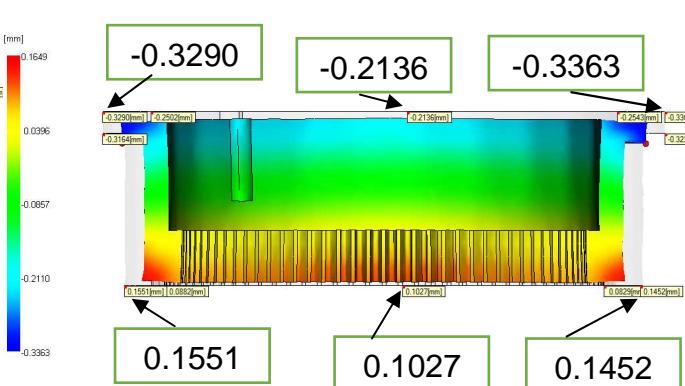
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



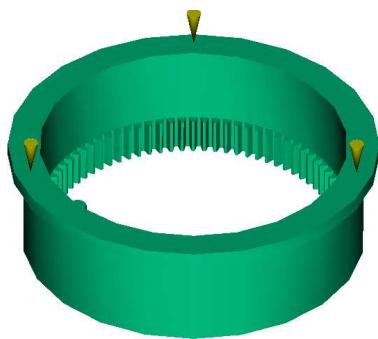
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00

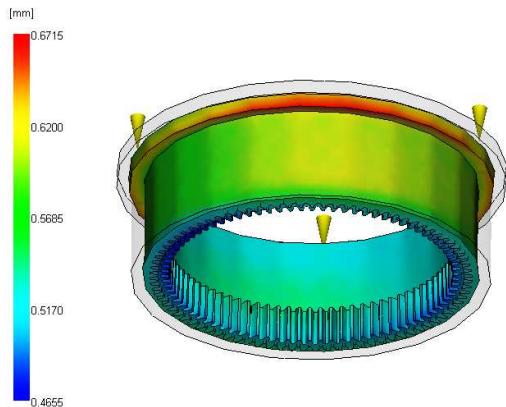


5.3 Entrada por tres puntos.

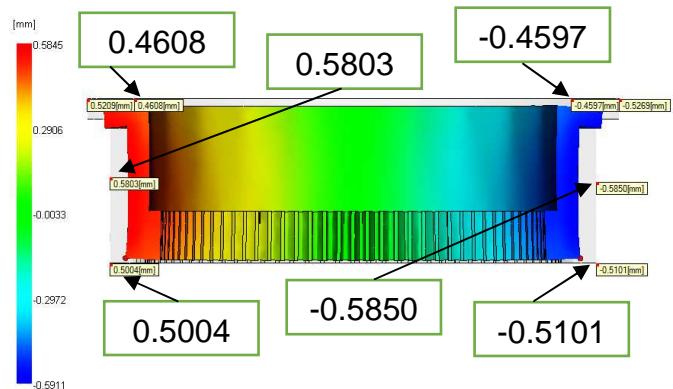


DEFELEXIONES:

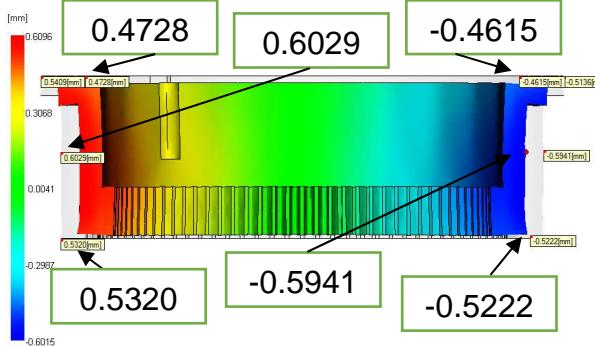
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



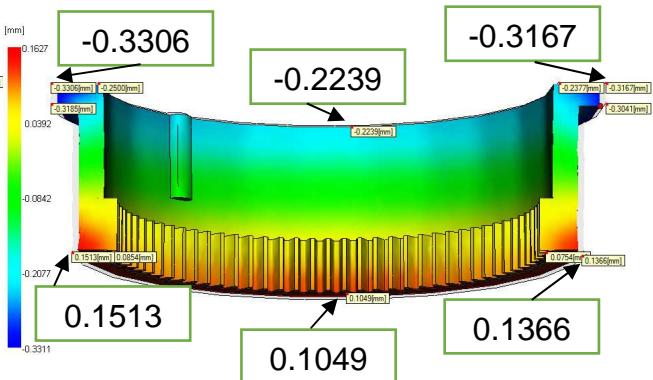
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



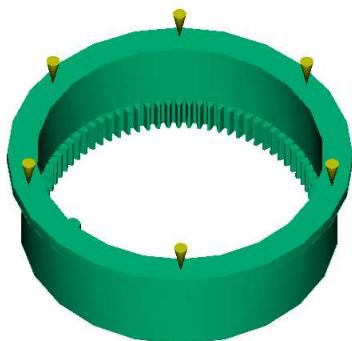
DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00

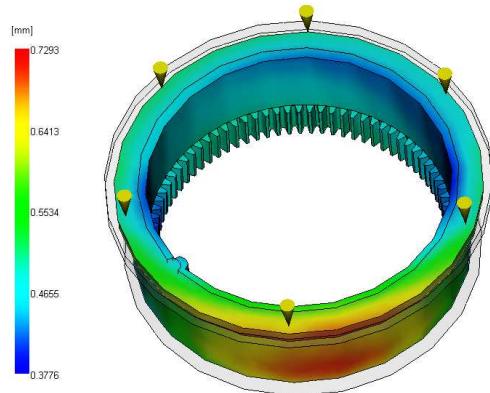


5.4 Entrada por seis puntos.

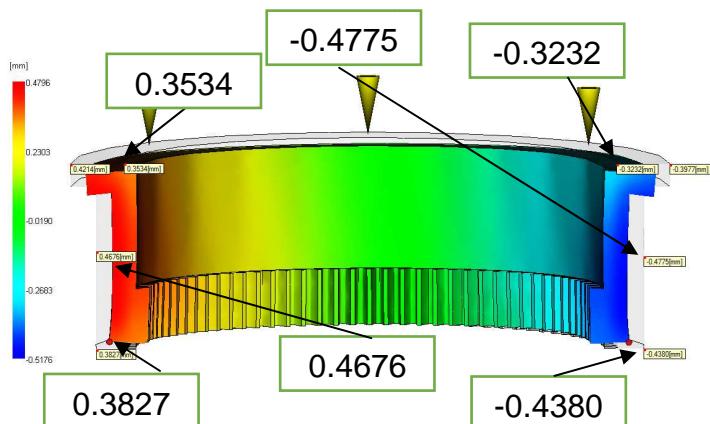


DEFELEXIONES:

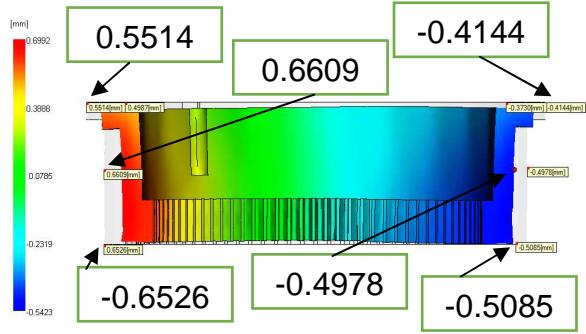
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



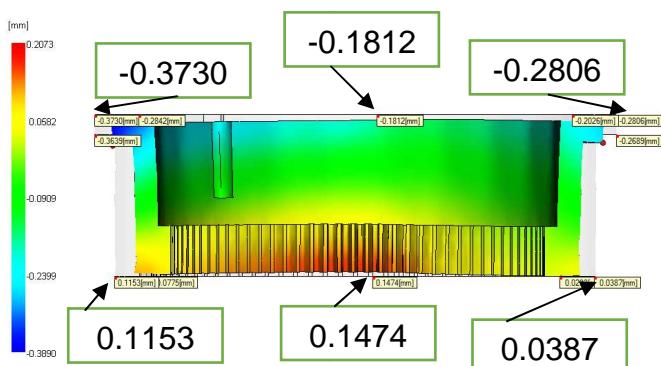
DEFORMADA EN X
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Y
Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00





PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

CORONA								
Entrada por un punto								
Circularidad parte superior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,443	-0,4458	0,8888		0,4259	-0,4225	0,8484		
Circularidad parte intermedia								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,5571	-0,5686	1,1257		0,5423	-0,544	1,0863		
Circularidad parte inferior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,4683	-0,4785	0,9468		0,4681	-0,4731	0,9412		
Entrada por dos puntos (180º)								
Circularidad parte superior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,4782	-0,4765	0,9547		-0,0111	0,0016	0,0127		
Circularidad parte intermedia								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,5954	-0,5931	1,1885		-0,0082	0,0011	0,0093		
Circularidad parte inferior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,5059	-0,5114	1,0173		-0,0073	0,0245	0,0318		
Entrada por tres puntos (120º)								
Circularidad parte superior								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,4608	-0,4597	0,9205		0,4728	-0,4615	0,9343		
Circularidad parte intermedia								
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		
0,5803	-0,585	1,1653		0,6029	-0,5941	1,197		

Circularidad parte inferior						
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,5004	-0,5101	1,0105	0,532	-0,5222	1,0542	-0,0437
Entrada por seis puntos						
Circularidad parte superior						
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,3534	-0,3232	0,6766	0,0442	-0,0456	0,0898	0,5868
Circularidad parte intermedia						
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,4676	-0,4775	0,9451	0,0442	-0,0456	0,0898	0,8553
Circularidad parte inferior						
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,3827	-0,438	0,8207	0,0442	-0,0456	0,0898	0,7309

Tabla7.-Cálculo de la perdida de circularidad para la rueda corona.

PÉRDIDA DE PLANITUD:

RUEDA CORONA			
Entrada por un punto			
Planitud superior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
-0,2978	-0,3069		0,0091
Planitud inferior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
0,1417	0,1327		0,009
Entrada por dos puntos (180º)			
Planitud superior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
-0,329	-0,3363		0,0073
Planitud inferior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
0,1551	0,1452		0,0099
Entrada por tres puntos (120º)			
Planitud superior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
-0,3306	-0,3167		-0,0139
Planitud inferior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
0,1513	0,1366		0,0147
Entrada por seis puntos			
Planitud superior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
-0,373	-0,2806		-0,0924
Planitud inferior			
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2
0,1153	0,0387		0,0766

Tabla8.-Cálculo de la perdida de planitud para la rueda corona.



CONFIGURACIONES FINALES DE ENTRADA DEL PROCESO DE INYECCION DE CADA RUEDA DENTADA:

Comparando las tablas de circularidad y planitud anteriores, para cada una de las ruedas dentadas, nos damos cuenta de que la configuración de entrada óptima en el proceso de inyección no es la misma para obtener una menor pérdida de circularidad y una menor perdida de planitud. Debido a esto, elegimos la configuración de entrada del proceso de inyección que nos proporcione una menor pérdida de circularidad, ya que este parámetro es más importante que la planitud en mecanismo con ruedas dentadas.

A continuación, se detallan las configuraciones definitivas con sus respectivas pérdidas de circularidad y planitud, para cada una de las ruedas dentadas que constituyentes en el conjunto reductor.

RUEDA HELICOIDAL												
ENTRADA POR DOS PUNTOS (180º)												
Circularidad exterior												
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]								
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/						
0,0944	-0,0983	0,1927	0,0961	-0,0957	0,1918	0,0009						
Circularidad interior												
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]								
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/						
0,0178	-0,0064	0,0242	0,0230	-0,0220	0,0450	-0,0208						
Planitud superior												
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2									
-0,0406	-0,0398		-0,0008									
Planitud inferior												
Deflexión en Z [mm]			Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2		Punto 1 -Punto 2									
0,0412	0,0419		-0,0007									
RUEDA PIÑÓN												
ENTRADA POR DOS PUNTOS (180º)												
Circularidad exterior												
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]								
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/						
0,1725	-0,1709	0,3434	0,1718	-0,1693	0,3411	0,0023						
Circularidad interior												
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]								
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/						
0,0324	-0,0162	0,0486	0,0353	-0,0263	0,0616	-0,0130						



Planitud superior											
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2									
-0,0452	-0,0481	0,0029									
Planitud inferior											
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2									
0,0444	0,047	-0,0026									
RUEDA SATÉLITE											
ENTRADA POR SEIS PUNTOS											
Circularidad exterior											
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]							
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1 / +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/					
0,2424	-0,2436	0,486	-0,2436	0,2409	0,4845	0,0015					
Circularidad interior											
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]							
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1 / +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/					
0,0322	-0,02	0,0522	-0,0331	0,0317	0,0648	-0,0126					
Planitud superior											
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2									
-0,0362	-0,0403	0,0041									
Planitud inferior											
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]									
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2									
0,0375	0,0371	0,0004									
CORONA											
ENTRADA POR UN PUNTO											
Circularidad parte superior											
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]							
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1 / +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/					
0,443	-0,4458	0,8888	0,4259	-0,4225	0,8484	0,0404					
Circularidad parte intermedia											
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]							
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1 / +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/					
0,5571	-0,5686	1,1257	0,5423	-0,544	1,0863	0,0394					
Circularidad parte inferior											
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]							
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1 / +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/					
0,4683	-0,4785	0,9468	0,4681	-0,4731	0,9412	0,0056					

Planitud superior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
-0,2978	-0,3069	0,0091

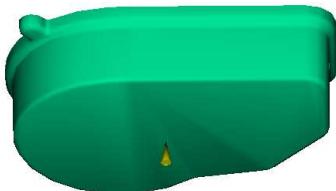
Planitud inferior		
Deflexión en Z [mm]		Perdida de planitud [mm]
Punto 1	Punto 2	Punto 1 -Punto 2
0,1417	0,1327	0,009

Tabla9.-Configuraciones de entrada del proceso de inyección, para cada una de las ruedas, con sus respectivas pérdidas de circularidad y planitud.

6 Carcasa Inferior.

Para la carcasa inferior evaluamos la planitud de la superficie de contacto entre la carcasa superior e inferior (alojamiento de la junta tórica), además del análisis del paralelismo entre los diferentes pasadores del conjunto, para cada una de las siguientes configuraciones de entrada que se muestran a continuación:

- Entrada por un punto en la parte central posterior.



- Entrada por un punto en la parte exterior por el ancho de la pieza.



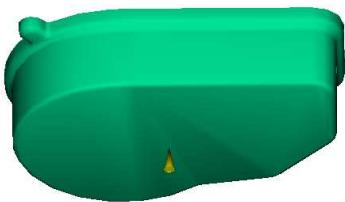
- Entrada por un punto en la parte exterior por el largo de la pieza.



- Entrada por dos puntos en la parte posterior de la pieza.

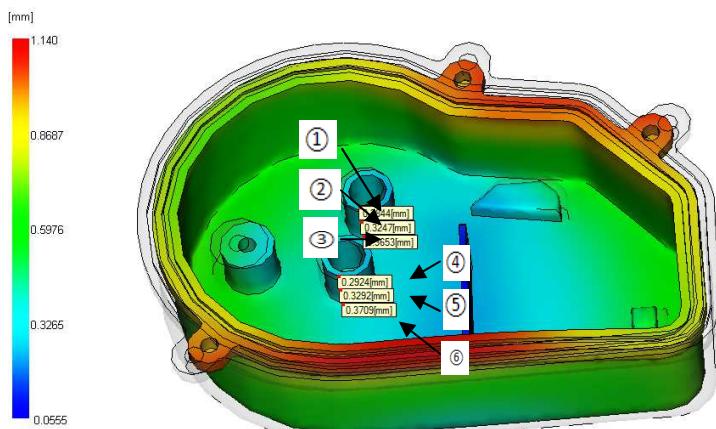


6.1 Entrada por un punto en la parte central posterior.



PARALELISMO ENTRE EJES:

DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1	0,28	0,2	0,13	-0,15
2	0,32	0,19	0,17	-0,2
3	0,37	0,18	0,2	-0,25
4	0,29	0,23	0,01	-0,18
5	0,33	0,23	0,02	-0,23
6	0,37	0,24	0,01	-0,28

Tabla10.-Deflexiones obtenidas mediante Moldflow para cada uno de los puntos anteriores.

A continuación, para determinar el paralelismo entre ejes, comparamos los diferentes puntos del cilindro con su correspondiente punto homólogo del otro cilindro. Es decir, compararemos el punto 1 con el 4, el 2 con el 5 y el 3 con el 6, para obtener la desviación (en valor absoluto)de cada punto para cada eje.

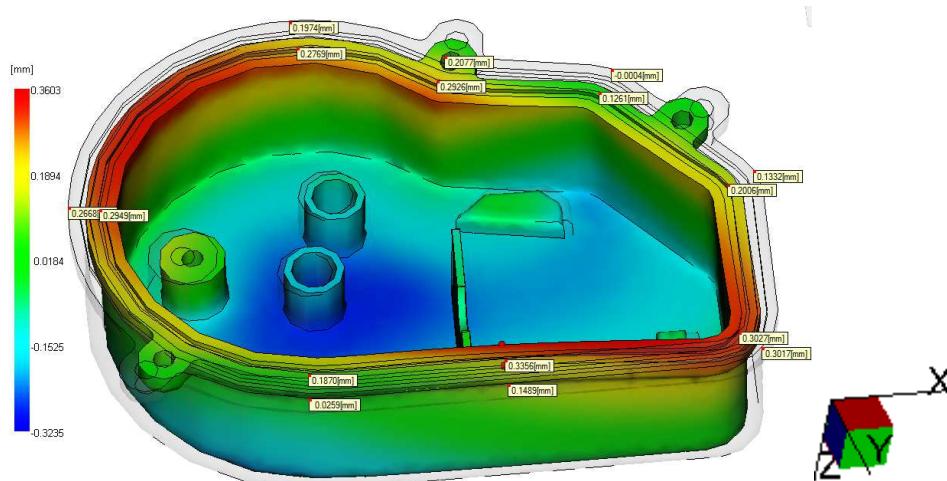
Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1 con 4	0,01	0,03	0,12	0,03
2 con 5	0,01	0,04	0,15	0,03
3 con 6	0	0,06	0,19	0,03

Tabla11.-Cálculo del paralelismo entre ejes.

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



La zona a analizar es la superficie de contacto con la carcasa superior, donde se aloja la junta tórica.

En primer lugar, para el análisis de la planitud tanto de la superficie interior como para la exterior, mediante el programa Moldflow, obtenemos las deflexiones en Z de una serie de puntos a lo largo de la superficie a analizar para cada una de las diferentes configuraciones de entrada del proceso de inyección, como se observa en la imagen de resultados del Moldflow anterior.

Los valores de las deflexiones en Z obtenidos, interiores e exteriores, son las siguientes:

ANÁLISIS DE LA PLANITUD			
ENTRADA POR UN PUNTO EN LA PARTE CENTRAL POSTERIOR			
PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	0,3027	1	0,3017
2	0,2006	2	0,1332
3	0,1261	3	-0,0004
4	0,2926	4	0,2077
5	0,2769	5	0,1974
6	0,2949	6	0,2668
7	0,187	7	0,0259
8	0,3356	8	0,1489

Tabla12.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar.

En segundo lugar, para obtener la pérdida de planitud interior e exterior, restamos el punto que tiene una mayor deflexión positiva con el punto que posee una mayor deflexión negativa, de tal manera, que conseguimos la pérdida de planitud, interior y exterior, para cada una de las configuraciones expuestas anteriormente.

En el caso de que en alguna configuración no tuviésemos deflexiones negativas, cogeremos las deflexiones que se aproximen mas a cero, planitud ideal.

PÉRDIDA DE PLANITUD		
ENTRADA POR UN PUNTO EN LA PARTE CENTRAL POSTERIOR		
PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		
DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDAD DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3356	0,1261	0,2095
PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR		
DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDAD DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3017	-0,004	0,3057

Tabla13.-Cálculo de la perdida de planitud exterior e interior de la superficie estudiada.

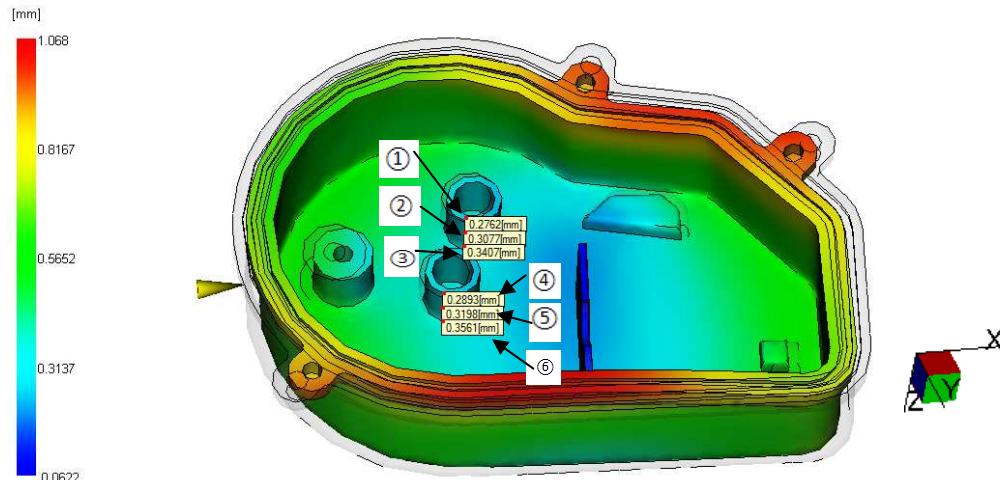
Este procedimiento de análisis de pérdida de planitud se realiza de forma similar para cada una de las diferentes configuraciones de entrada del proceso de inyección estudiadas.

6.2 Entrada por un punto en la parte exterior por el ancho de la pieza.



PARELISMO ENTRE EJES

DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)
Factor de escala = 3,00



Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1	0,28	0,2	0,13	-0,13
2	0,32	0,19	0,17	-0,18
3	0,34	0,18	0,19	-0,22
4	0,29	0,23	-0,01	-0,18
5	0,32	0,23	0	-0,22
6	0,36	0,24	0	-0,27

Tabla14.-Deflexiones obtenidas mediante Moldflow para cada uno de los puntos anteriores.

COMPARACIÓN:

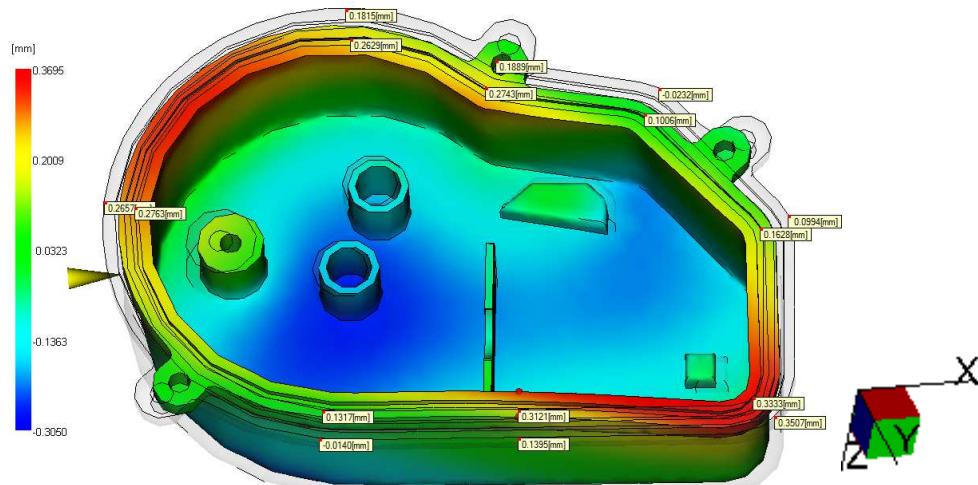
Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1 con 4	0,01	0,03	0,14	0,05
2 con 5	0	0,04	0,17	0,04
3 con 6	0,02	0,06	0,19	0,05

Tabla15.-Cálculo del paralelismo entre ejes.

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



ANÁLISIS DE LA PLANITUD

ENTRADA POR UN PUNTO EN LA PARTE EXTERIOR POR EL ANCHO DE LA PIEZA

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	0,3333	1	0,3507
2	0,1628	2	0,0949
3	0,1006	3	-0,0232
4	0,2743	4	0,1889
5	0,2629	5	0,1815
6	0,2763	6	0,2657
7	0,1317	7	-0,014
8	0,3121	8	0,1395

Tabla16.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar

PÉRDIDA DE PLANITUD

ENTRADA POR UN PUNTO EN LA PARTE EXTERIOR POR EL ANCHO DE LA PIEZA

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3333	0,1006	0,2327

PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3507	-0,0232	0,3739

Tabla17.- Cálculo de la perdida de planitud exterior e interior de la superficie estudiada.

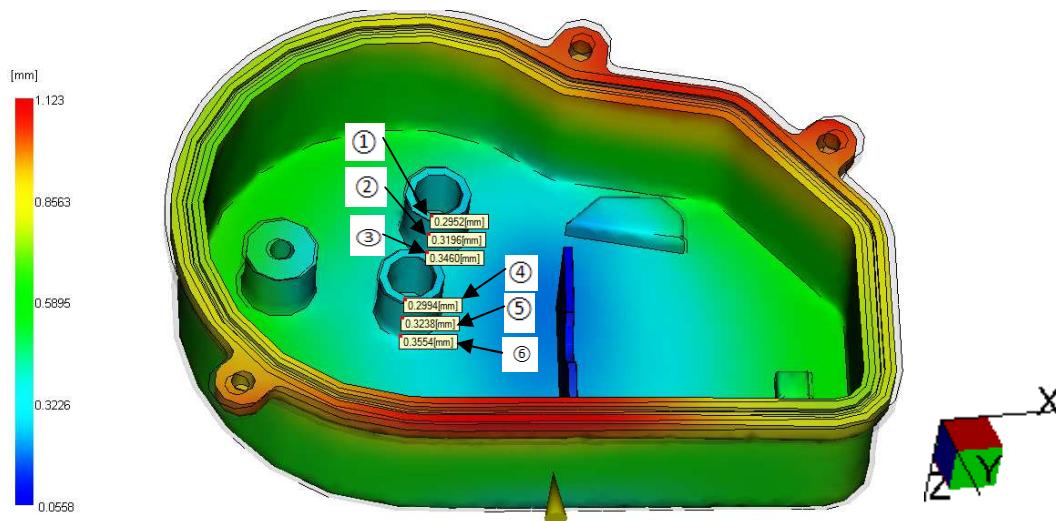
6.3 Entrada por un punto en la parte exterior por el largo de la pieza.



PARALELISMO ENTRE EJES:

DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 1,00



Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1	0,3	0,22	0,15	-0,12
2	0,32	0,2	0,18	-0,17
3	0,35	0,18	0,2	-0,22
4	0,3	0,25	0	-0,17
5	0,32	0,24	0,01	-0,21
6	0,36	0,24	0	-0,26

Tabla18.-Deflexiones obtenidas mediante Moldflow para cada uno de los puntos anteriores.

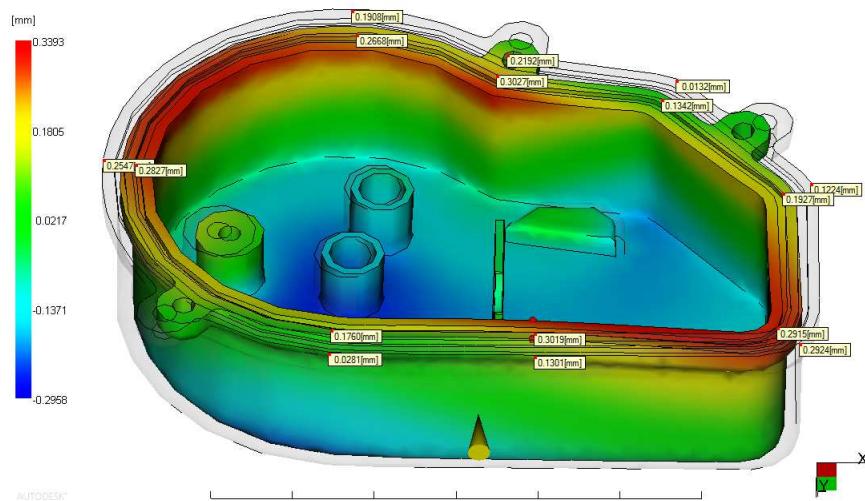
COMPARACIÓN:

Puntos	Deflexion Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexion Y [mm]	Deflexion Z [mm]
1 con 4	0	0,03	0,15	0,05
2 con 5	0	0,04	0,17	0,04
3 con 6	0,01	0,06	0,2	0,04

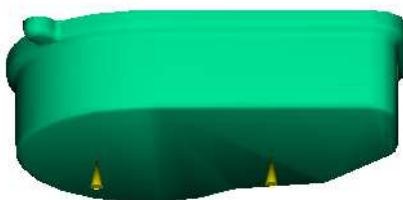
Tabla19.-Cálculo del paralelismo entre ejes.

PLANITUD:

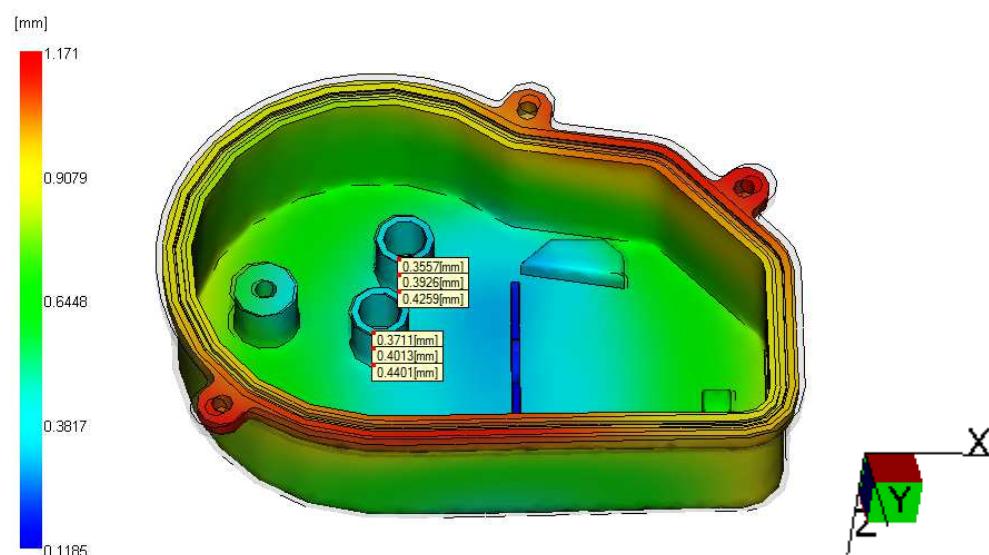
DEFORMADA EN Z
Factor de escala = 3,00



6.4 Entrada por dos puntos en la parte posterior de la pieza.



PARALELISMO ENTRE EJES:



Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1	0,36	0,25	0,18	-0,17
2	0,39	0,23	0,22	-0,22
3	0,43	0,22	0,24	-0,27
4	0,37	0,3	0,01	-0,22
5	0,4	0,29	0,02	-0,27
6	0,44	0,3	0	-0,32

Tabla22.-Deflexiones obtenidas mediante Moldflow para cada uno de los puntos anteriores.

COMPARACIÓN:

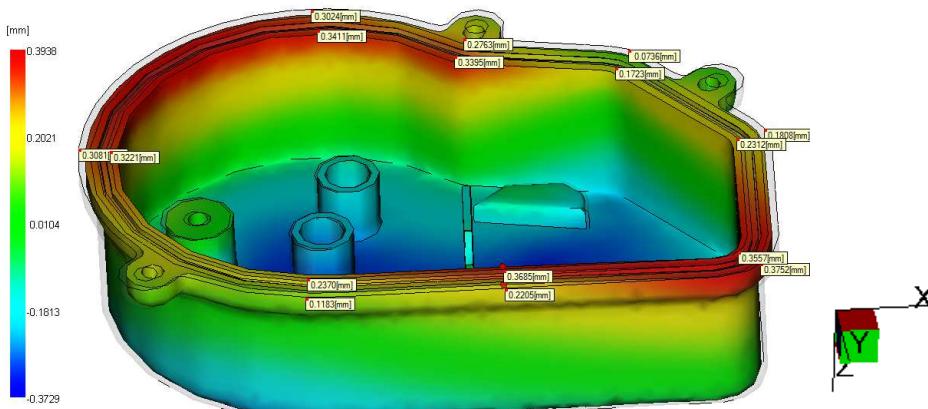
Puntos	Deflexión Total (X+Y+Z) [mm]	Deflexión X [mm]	Deflexión Y [mm]	Deflexión Z [mm]
1 con 4	0,01	0,05	0,17	0,05
2 con 5	0,01	0,06	0,2	0,05
3 con 6	0,01	0,08	0,24	0,05

Tabla23.-Cálculo del paralelismo entre ejes.

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



ANÁLISIS DE LA PLANITUD

ENTRADA POR DOS PUNTOS EN LA PARTE POSTERIOR DE LA PIEZA

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	0,3557	1	0,3752
2	0,2312	2	0,1808
3	0,1723	3	0,0736
4	0,3395	4	0,2763
5	0,3411	5	0,3024
6	0,3221	6	0,3081
7	0,237	7	0,1183
8	0,3685	8	0,2205

Tabla24.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar.

PÉRDIDA DE PLANITUD

ENTRADA POR DOS PUNTOS EN LA PARTE POSTERIOR DE LA PIEZA

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3557	0,1723	0,1834

PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,3752	0,0736	0,3016

Tabla25.- Cálculo de la perdida de planitud exterior e interior de la superficie estudiada.

7 CARCASA SUPERIOR.

Para la carcasa superior evaluamos la planitud de la superficie de contacto entre la carcasa superior e inferior, además de la circularidad de la extrusión que cubre la corona, para cada una de las diferentes configuraciones de entrada que se muestran a continuación:

- Un solo punto de entrada.



- Dos puntos de entrada (180°).



- Tres puntos de entrada (120°).



- Seis puntos de entrada.



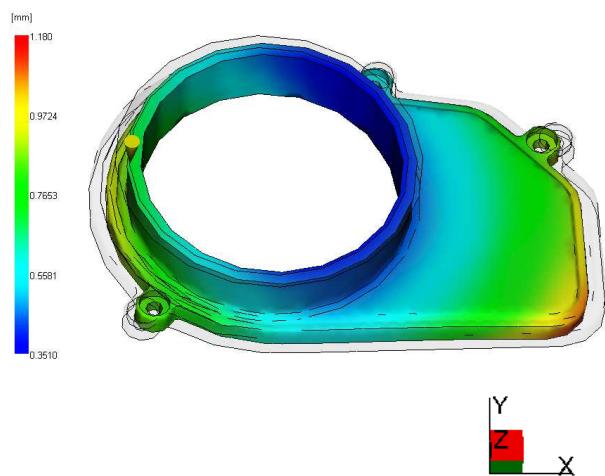
7.1 Entrada por un punto.



DEFELEXIONES:

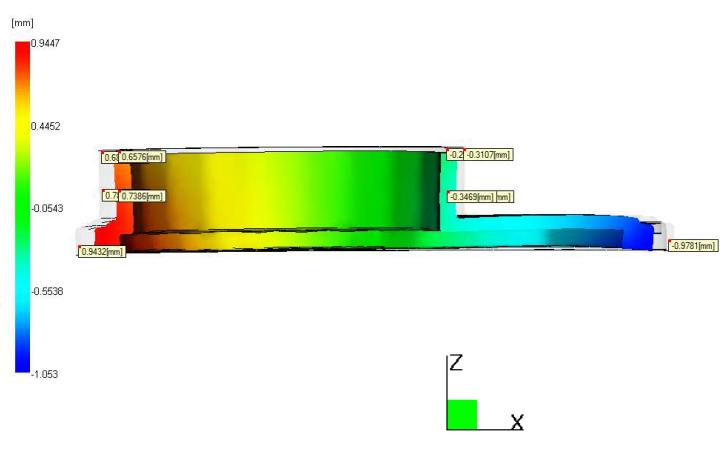
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



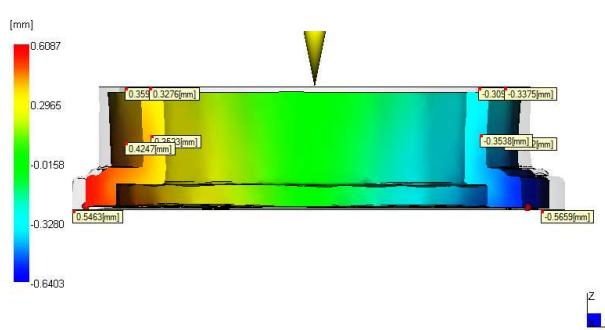
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



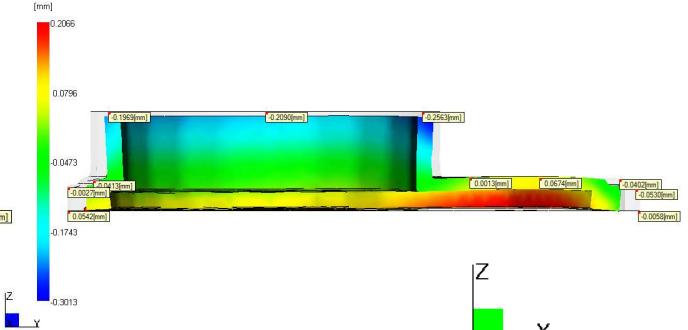
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

Para el estudio de la perdida de circularidad de la extrusión que cubre a la corona, se utiliza el mismo método que en el estudio de la pérdida de circularidad de los engranajes.

Sólo se obtiene los puntos interiores de la parte superior del saliente, ya que como se representan en los resultados de Moldflow son la parte que mayor deflexiones posee para cada una de las configuraciones de entrada existentes.

A continuación, se muestra la siguiente tabla, donde se representan la pérdida de circularidad de la parte estudiada para la configuración de entrada del proceso analizada.

CARCASA SUPERIOR						
Entrada por un punto						
Deformación en X [mm]	Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]	Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]		
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,6576	-0,2451	0,9027	0,3276	-0,3091	0,6367	0,266

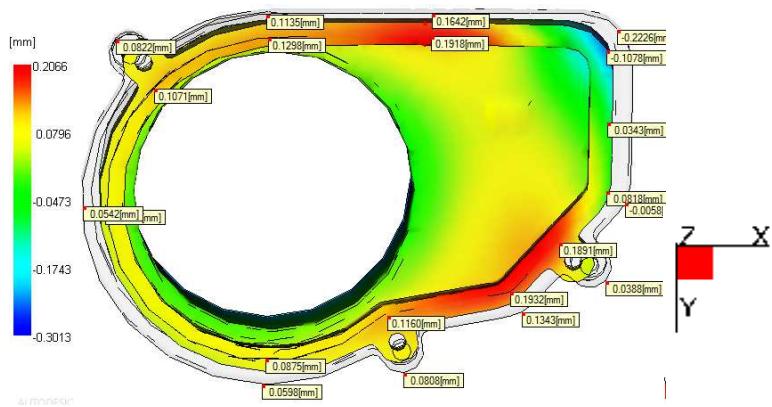
Tabla26.-Cálculo de la pérdida de circularidad para dicha configuración de entrada del proceso de inyección.

Este procedimiento de análisis de pérdida de planitud se realiza de forma similar para cada una de las diferentes configuraciones de entrada del proceso de inyección estudiadas.

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



La zona a analizar es la superficie de contacto con la carcasa inferior, zona de estudio de planitud de la carcasa inferior. El procedimiento es similar al cálculo de la perdida de planitud de la carcasa inferior.

En primer lugar, para el análisis de la planitud tanto de la superficie interior como para la exterior, mediante el programa Moldflow, obtenemos las deflexiones en Z de una serie de puntos a lo largo de la superficie a analizar para cada una de las diferentes configuraciones de entrada del proceso de inyección, como se observa en la imagen de resultados del Moldflow anterior.

Los valores de las deflexiones en Z obtenidos, interiores e exteriores, son las siguientes:

ANÁLISIS DE LA PLANITUD			
ENTRADA POR UN PUNTO			
PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	-0,1078	1	-0,2226
2	0,1918	2	0,1642
3	0,1298	3	0,1135
4	0,1071	4	0,0822
5	0,1012	5	0,0542
6	0,0875	6	0,0598
7	0,116	7	0,0808
8	0,1932	8	0,1343
9	0,1891	9	0,0388
10	0,0818	10	-0,0058
11	0,0343	11	-0,00348

Tabla27.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar.

En segundo lugar, para obtener la pérdida de planitud interior y exterior, restamos el punto que tiene una mayor deflexión positiva con el punto que posee una mayor deflexión negativa, de tal manera, que conseguimos la pérdida de planitud, interior y exterior, para cada una de las configuraciones expuestas anteriormente.

En el caso de que en alguna configuración no tuviésemos deflexiones negativas, cogeremos las deflexiones que se aproximen mas a cero, planitud ideal.

Los valores de las pérdidas de planitud para esta configuración son los siguientes:

PÉRDIDA DE PLANITUD		
ENTRADA POR UN PUNTO		
PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		
DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1932	-0,1078	0,301
PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR		
DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1642	-0,2226	0,3868

Tabla28.-Cálculo de la pérdidas de planitud exterior e interior para dicha configuración de entrada del proceso de inyección.

Este procedimiento de análisis de pérdida de planitud se realiza de forma similar para cada una de las diferentes configuraciones de entrada del proceso de inyección estudiadas.

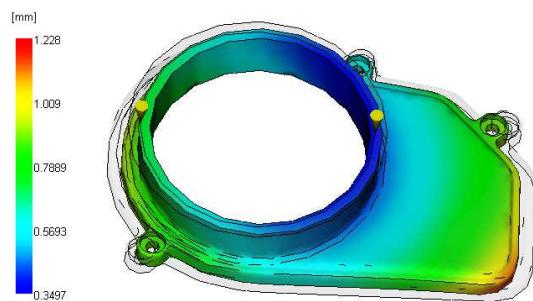
7.2 Entrada por dos puntos (180).



DEFELEXIONES:

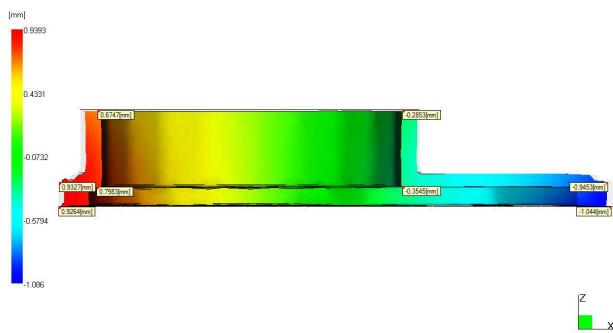
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



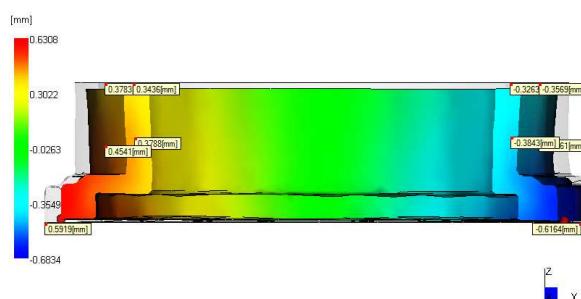
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



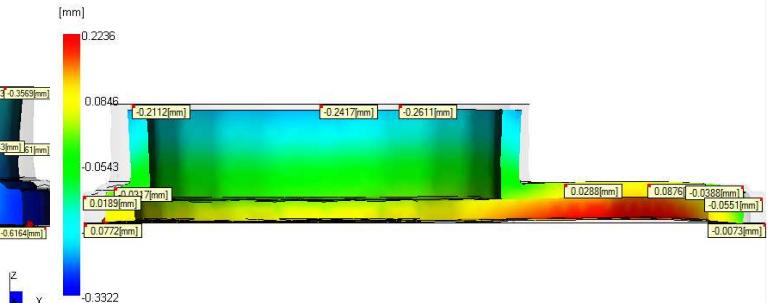
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

CARCASA SUPERIOR

Entrada por dos puntos 180°

Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/		Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/		/Defor X/ -/Defor Y/
0,6747	-0,2853	0,96		0,3436	-0,3263	0,6699		0,2901

Tabla29.-Cálculo de la pérdida de circularidad para dicha configuración de entrada del proceso de inyección

PLANITUD:

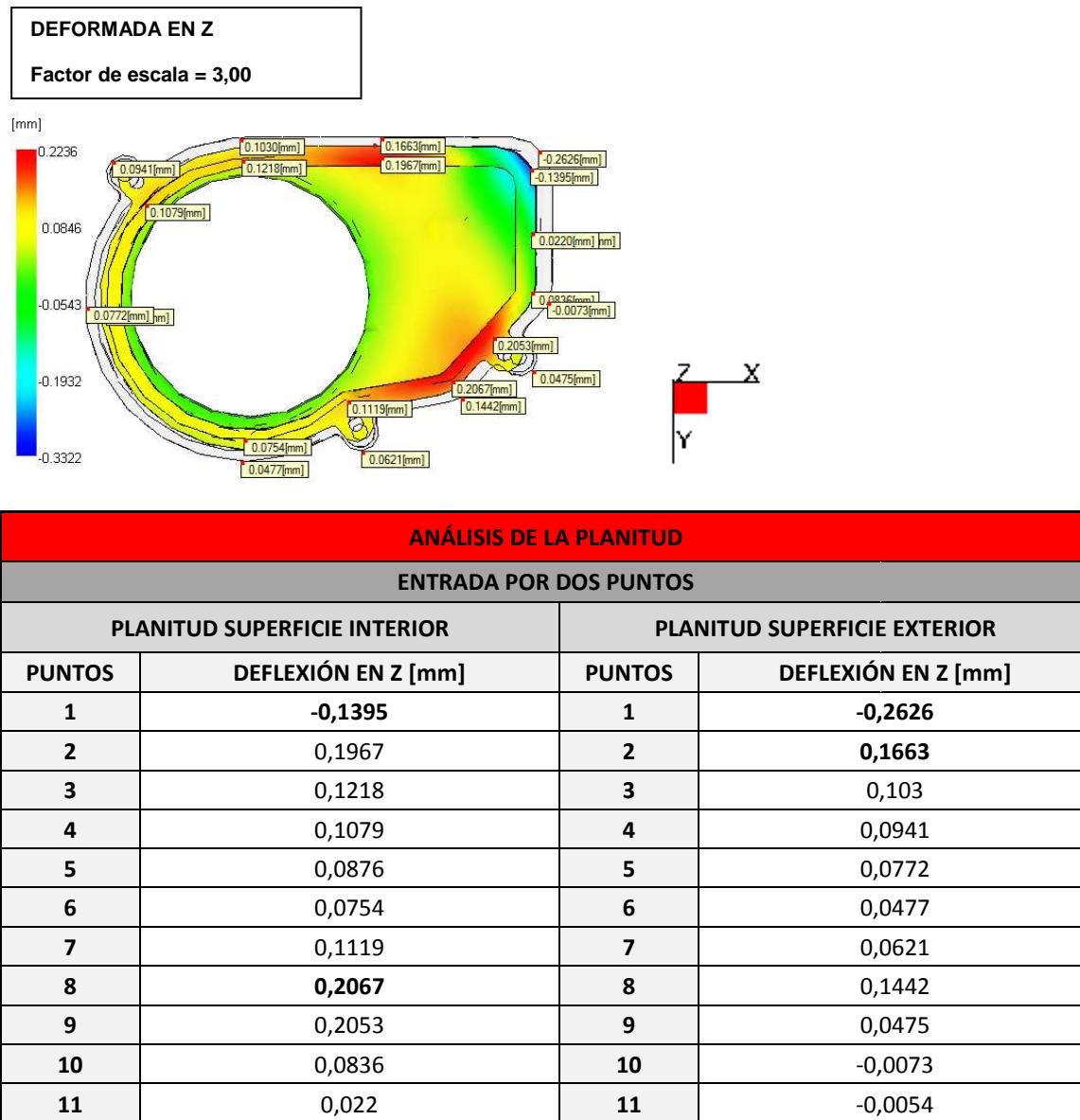


Tabla30.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar

PÉRDIDA DE PLANITUD

ENTRADA POR DOS PUNTO 180º

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	PERDIDAD DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,2067	0,3462

PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR

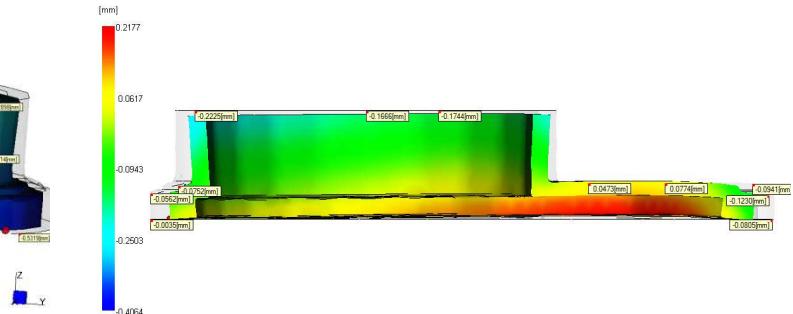
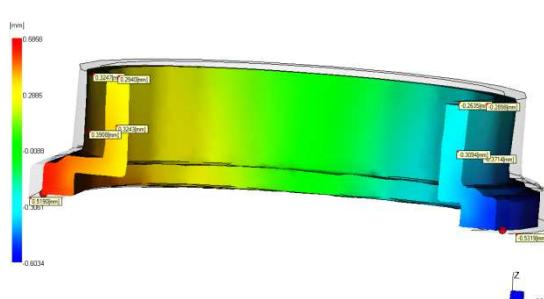
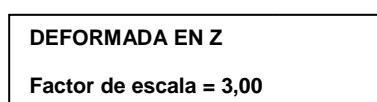
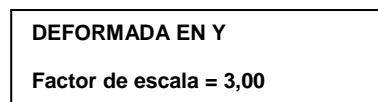
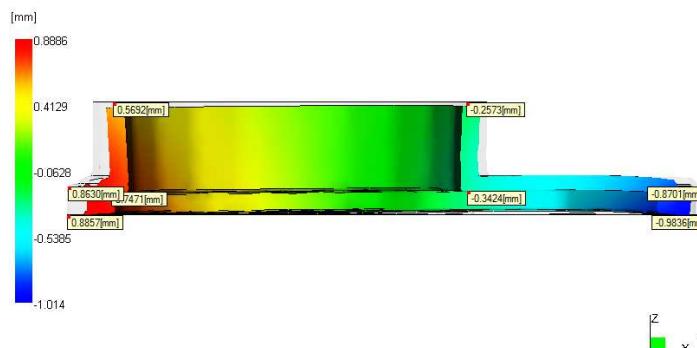
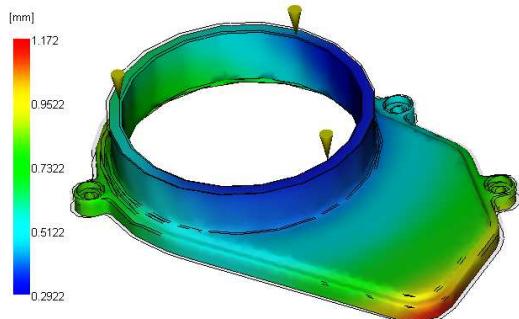
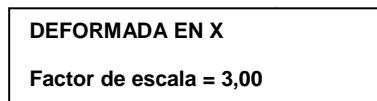
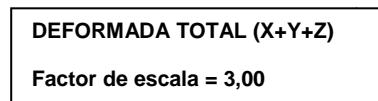
DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDAD DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1663	-0,2626	0,4289

Tabla31.-Cálculo de la pérdidas de planitud exterior e interior para dicha configuración de entrada del proceso de inyección.

7.3 Entrada por tres puntos (120°).



DEFLEXIONES:



PÉRDIDA DE CIRCULARIDAD:

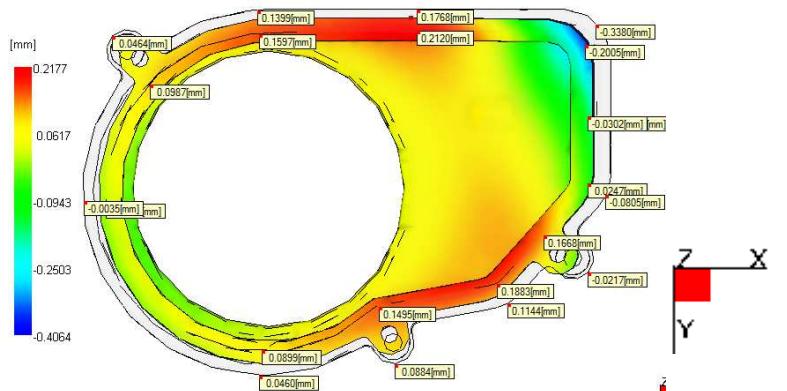
CARCASA SUPERIOR						
Entrada por tres puntos (120º)						
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]	Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]	Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/ +/ Punto 2/	/Defor X/ -/Defor Y/
0,5692	-0,2573	0,8265	0,294	-0,2635	0,5575	0,269

Tabla32.-Cálculo de la pérdida de circularidad para dicha configuración de entrada del proceso de inyección

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



ANÁLISIS DE LA PLANITUD

ENTRADA POR TRES PUNTOS (120°)

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	-0,2005	1	-0,338
2	0,212	2	0,1768
3	0,1597	3	0,1399
4	0,0987	4	0,0464
5	0,0743	5	-0,0035
6	0,0899	6	0,046
7	0,1495	7	0,0884
8	0,1883	8	0,1144
9	0,1668	9	-0,0217
10	0,0247	10	-0,0805
11	-0,0302	11	-0,0752

Tabla33.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar

PÉRDIDA DE PLANITUD

ENTRADA POR TRES PUNTOS (120°)

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1883	-0,2005	0,3888

PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1768	-0,338	0,5148

Tabla34.-Cálculo de la pérdidas de planitud exterior e interior para dicha configuración de entrada del proceso de inyección.

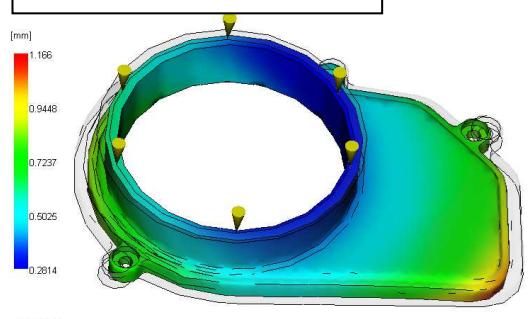
7.4 Entrada por seis puntos.



DEFELEXIONES:

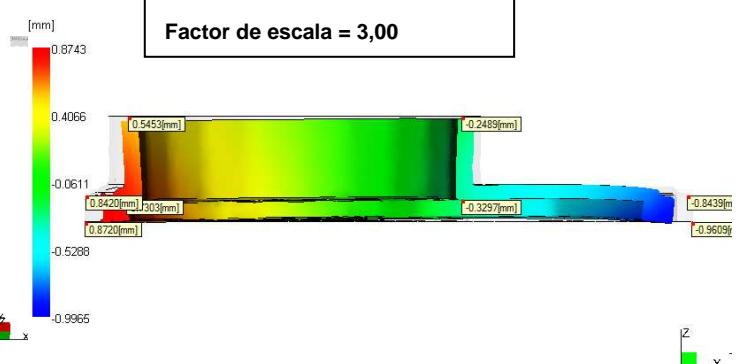
DEFORMADA TOTAL (X+Y+Z)

Factor de escala = 3,00



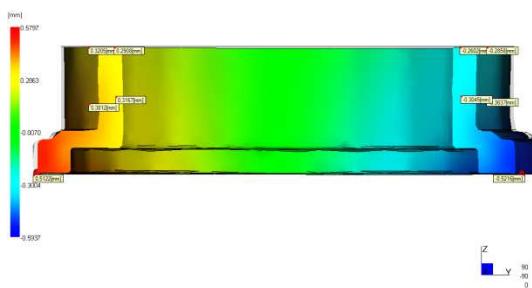
DEFORMADA EN X

Factor de escala = 3,00



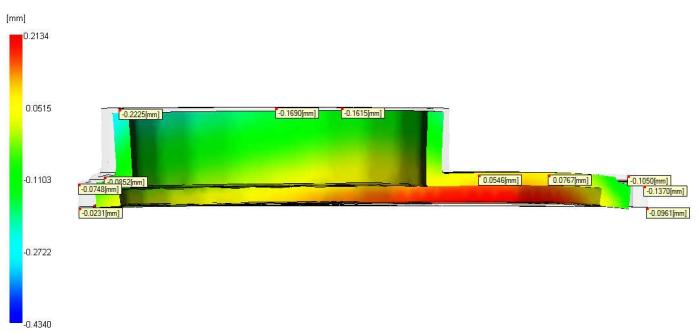
DEFORMADA EN Y

Factor de escala = 3,00



DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



PERDIDA DE CIRCULARIDAD:

CARCASA SUPERIOR

Entrada por seis puntos

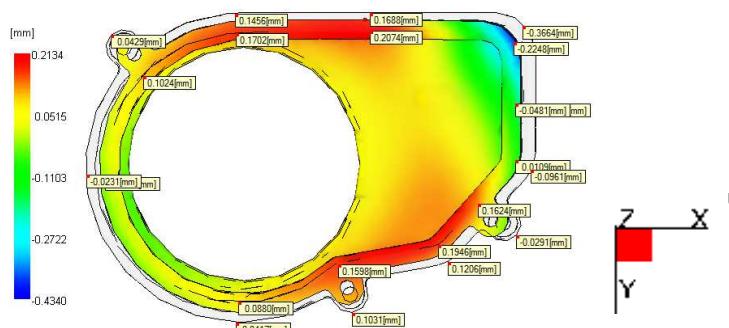
Deformación en X [mm]		Deformación total en X [mm]		Deformación en Y [mm]		Deformación total en Y [mm]		Pérdida de circularidad [mm]
Punto 1	Punto 2	/Punto 1/+/ Punto 2/	Punto 3	Punto 4	/Punto 1/+/ Punto 2/	/Defor X/-/Defor Y/		
0,5453	-0,2489	0,7942	0,2908	-0,2602	0,551	0,2432		

Tabla35.-Cálculo de la pérdida de circularidad para dicha configuración de entrada del proceso de inyección

PLANITUD:

DEFORMADA EN Z

Factor de escala = 3,00



ANÁLISIS DE LA PLANITUD

ENTRADA POR SEIS PUNTOS

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR		PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR	
PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]	PUNTOS	DEFLEXIÓN EN Z [mm]
1	-0,2248	1	-0,3664
2	0,2074	2	0,1688
3	0,1702	3	0,1456
4	0,1024	4	0,0429
5	0,0978	5	-0,0231
6	0,088	6	0,0417
7	0,1598	7	0,1031
8	0,1946	8	0,1206
9	0,0109	9	-0,9612
10	0,0109	10	-0,0961
11	-0,0481	11	-0,1135

Tabla36.-Deflexiones en Z para el análisis de la planitud interior y exterior de la superficie a estudiar

PÉRDIDA DE PLANITUD

ENTRADA POR SEIS PUNTOS

PLANITUD SUPERFICIE INTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1883	-0,2005	0,3888

PLANITUD SUPERFICIE EXTERIOR

DEFLEXION MÁXIMA [mm]	DEFLEXION MINIMA [mm]	PERDIDA DE PLANITUD (PTO 1- PTO2) [mm]
0,1768	-0,338	0,5148

Tabla37.-Cálculo de la pérdidas de planitud exterior e interior para dicha configuración de entrada del proceso de inyección.

8 OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

Como se ha comentado en la memoria, una vez realizado el análisis de viabilidad del proceso de inyección y haber obtenido los puntos de entrada óptimos del proceso de inyección, para cada uno de los elementos que constituyen el conjunto reductor, optimizamos los parámetros técnicos para la configuración optima de entrada. Es decir, optimizamos el tiempo de ciclo técnico, compuesto por el tiempo de inyección, compactación y enfriamiento de la pieza a analizar.

De tal manera que generamos una ficha técnica de inyección, para cada una de las piezas, dónde se especifican los principales parámetros del proceso de inyección.

Para ello, manteniendo los parámetros de tiempo de inyección y presión de compactación fijados en el apartado de viabilidad del proceso de inyección, ajustamos el tiempo de compactación y enfriamiento a lo mínimo que nos permiten las propiedades del material según los resultados obtenidos en la simulación de Moldflow, para cada uno de las piezas.

A continuación se muestran las fichas técnicas de inyección para cada una de las piezas injectadas.

RUEDA HELICOIDAL

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
RUEDA HELICOIDAL		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,035	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	1,056	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	6,925	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	0,8448	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	10	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	17,96	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	0,306	cm^3
PESO DE LA PIEZA:	0,3848	gr.

Tabla38.- Ficha técnica de inyección de la rueda helicoidal.

RUEDA PIÑÓN

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
RUEDA PIÑÓN		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,03	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	1,175	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	7,3	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	0,94	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	20	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	28,33	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	0,5378	cm^3
PESO DE LA PIEZA:	0,6593	gr.

Tabla39.- Ficha técnica de inyección de la rueda piñón.

RUEDA SATÉLITE

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
RUEDA SATÉLITE		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,029	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	1,698	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	7,054	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	1,3584	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	25	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	33,083	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	1,2362	cm^3
PESO DE LA PIEZA:	1,4975	gr.

Tabla40.- Ficha técnica de inyección de la rueda satélite.

RUEDA CORONA

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
RUEDA CORONA		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,046	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	22,05	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	6,259	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	17,64	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	11	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	18,305	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	6,3378	cm³
PESO DE LA PIEZA:	7,9042	gr.

Tabla41.- Ficha técnica de inyección de la rueda corona.

CARCASA SUPERIOR

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
CARCASA SUPERIOR		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,049	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	33,25	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	8,301	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	26,6	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	16,27	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	25,62	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	11,4425	cm³
PESO DE LA PIEZA:	14,1323	gr.

Tabla42.- Ficha técnica de inyección de la carcasa superior.

CARCASA INFERIOR

FICHA TÉCNICA DE INYECCIÓN		
CARCASA INFERIOR		
PARÁMETROS TÉCNICOS	RESULTADO	UNIDADES
TIEMPO DE LLENADO:	1,051	Seg.
PRESIÓN DE LLENADO OBTENIDA:	28,79	Mpa
TIEMPO DE COMPACTACIÓN:	8,0206	Seg.
PRESIÓN DE COMPACTACIÓN (80% PRESIÓN DE LLENADO):	23,032	Mpa
TEMPERATURA DE INYECCIÓN:	215	ºC
TEMPERATURA DEL MOLDE RECOMENDADA:	90	ºC
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN:	70	ºC
TIEMPO DE EMFRIAMIENTO:	21	Seg.
TIEMPO DE CICLO TÉCNICO:	30,0716	Seg.
VOLUMEN DE LA PIEZA:	19,8345	cm^3
PESO DE LA PIEZA:	24,6342	gr.

Tabla43.- Ficha técnica de inyección de la carcasa inferior.

9 PRESUPUESTO

Por último, una vez concretadas las optimizaciones de los parámetros técnicos del proceso de inyección para cada uno de los elementos inyectados, realizamos un presupuesto aproximado del coste unitario de cada una de las piezas inyectadas que componen el conjunto reductor.

Para ello, descomponemos el coste unitario como:

$$\text{COSTE PIEZA} = \text{COSTE MATERIAL} + \text{COSTE MÁQUINA} + \text{COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE}$$

Siendo:

$$\text{COSTE MATERIAL} = \text{COSTE POM} (\text{€/Kg}) \times \text{PESO INYECTADO}$$

Para ello, buscamos el precio del material en la base de datos que nos proporciona la página web de Plasticsnews (www.plasticsnews.com). En cuanto al peso del material lo obtenemos mediante los resultados obtenidos en la simulación de proceso de inyección que nos proporciona el programa Moldflow.

$$\text{COSTE MÁQUINA} = \frac{15 \left(\frac{\text{€}}{\text{h}} \right)}{\text{Nº de pieza por hora}}$$

EL coste de la maquina por hora trabaja se estima en 15 €, teniendo en cuenta todos los gastos que suponen el funcionamiento de la máquina de inyección. Por otro lado, el número de piezas inyectadas por hora se calcula a partir del tiempo de ciclo del proceso.

$$\text{COSTE AMORTIZACIÓN MOLDE} = (\text{COSTE MOLDE}/5 \text{ AÑOS}) / (\text{Nº PIEZAS/AÑO})$$

En primer lugar, obtenemos el precio del molde consultando en diferentes empresas del sector, siendo este de un valor aproximado de 4.000 €. El tiempo de amortización para dicho molde, lo fijamos en cinco años. De tal manera, como se muestra anteriormente, calculamos el coste de amortización del molde, dividiendo este coste entre el tiempo de amortización y el número de piezas fabricadas anualmente. Este número lo estimamos a partir de los datos de fabricación de las principales fabricantes de vehículo, siendo esta 100.000 unidades. Por lo tanto el número de piezas necesarias son 200.000 unidades por año.

A continuación se detallan los presupuestos para cada una de las piezas inyectadas:

RUEDA HELICOIDAL

PRESUPUESTO			
RUEDA HELICOIDAL			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	1,170E-03	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	4,233E-04	Kg/pieza
PESO PIEZA	DATO	3,848E-04	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	9,567E-02	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	156,794	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRRIAMIENTO+5 Seg.	22,960	Seg/piez a
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	4,000E-03	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,101	€

Tabla44.- Presupuesto del proceso de inyección de la rueda helicoidal.

RUEDA PIÑÓN

PRESUPUESTO			
RUEDA PIÑÓN			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	2,005E-03	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	7,252E-04	Kg/pieza
PESO PIEZA	DATO	6,593E-04	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	0,139	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	108,011	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRIAMIENTO+5 Seg.	33,330	Seg/pieza
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	0,004	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,145	€

Tabla45.- Presupuesto del proceso de inyección de la rueda piñón.

RUEDA SATÉLITE

PRESUPUESTO			
RUEDA SATÉLITE			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	0,005	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	0,002	Kg/pieza
PESO PIEZA	DATO	0,001	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	0,159	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	94,53	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRIAMIENTO+5 Seg.	38,083	Seg/pieza
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	0,004	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,167	€

Tabla46.- Presupuesto del proceso de inyección de la rueda satélite.

RUEDA CORONA

PRESUPUESTO			
RUEDA CORONA			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	0,024	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	0,009	Kg/pieza
PESO PIEZA		0,008	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	0,097	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	154,473	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRIAMIENTO+5 Seg.	23,305	Seg/pieza
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	0,004	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,125	€

Tabla47.- Presupuesto del proceso de inyección de la rueda corona.

CARCASA SUPERIOR

PRESUPUESTO			
CARCASA SUPERIOR			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	4,298E-02	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	1,555E-02	Kg/pieza
PESO PIEZA	DATO	1,413E-02	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	1,276E-01	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	117,57	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRIAMIENTO+5 Seg.	30,62	Seg/pieza
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	4,000E-03	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,175	€

Tabla48.- Presupuesto del proceso de inyección de la carcasa superior.

CARACASA INFERIOR

PRESUPUESTO			
CARCASA INFERIOR			
PARÁMETROS	FÓRMULA	RESULTADO	UNIDAD ES
COSTE MATERIAL	COSTE POM (€/Kg)* PESO INYECTADO	7,491E-02	€/pieza
COSTE POM	DATO	2,765	€/Kg
PESO INYECTADO	PESO PIEZA + PESO CANALES Y BEBEDERO(10% PESO PIEZA)	2,710E-02	Kg/pieza
PESO PIEZA		2,463E-02	Kg
COSTE MAQUINA	15€/h/Nº PIEZAS/h	1,461E-01	€/pieza
Nº PIEZAS/h	3600 seg./TIEMPO CICLO(seg.)	102,647	pieza/h
TIEMPO DE CICLO	T.LLENADO+T.COMPACTACIÓN+T.ENFRIAMIENTO+5 Seg.	35,072	Seg/piez a
COSTE AMORTIZACIÓN DEL MOLDE	COSTE MOLDE/5 AÑOS / Nº PIEZAS/AÑO	4,000E-03	€/pieza
COSTE MOLDE	DATO	4000,00	€
Nº PIEZAS/AÑO	DATO	200000,00	piez/año
COSTE PIEZA	COSTE MATERIAL + COSTE MÁQUINA+ COSTE DE AMORTIZACION DEL MOLDE	0,225	€

Tabla49.- Presupuesto del proceso de inyección de la carcasa inferior.



Universidad
Zaragoza

1542

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO V

PLANOS

Autor

Pablo López Domingo

Director

Jesús Fuentelsaz Gallego

Departamento/Facultad

Año

Escuela ingeniería arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

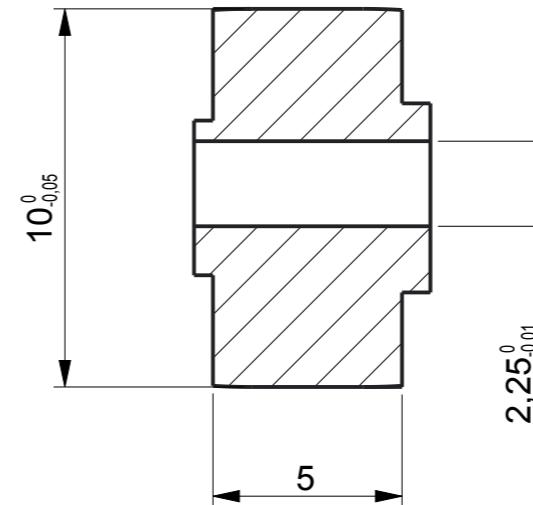
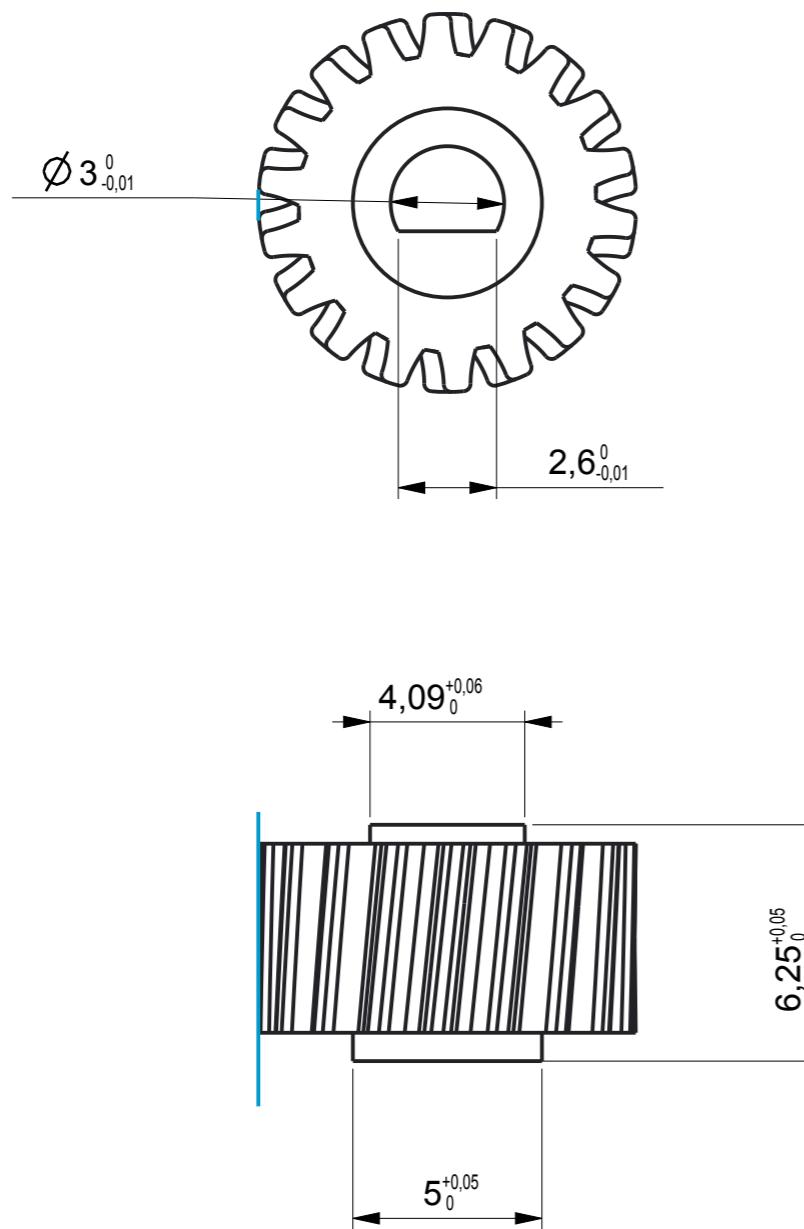
Zaragoza

25 Septiembre 2015

INDICE

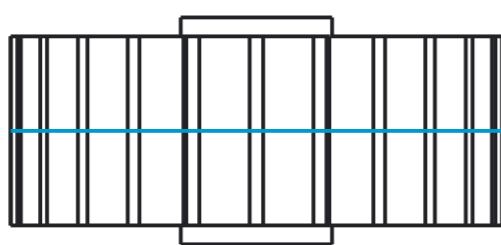
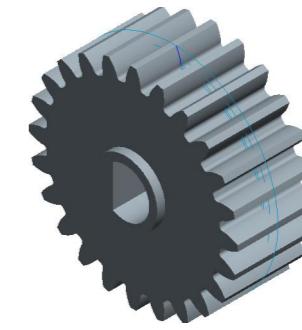
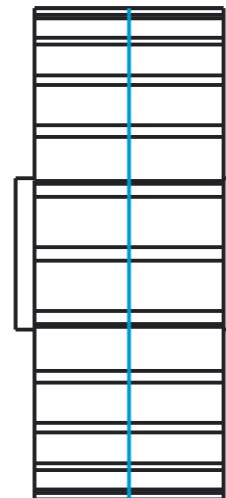
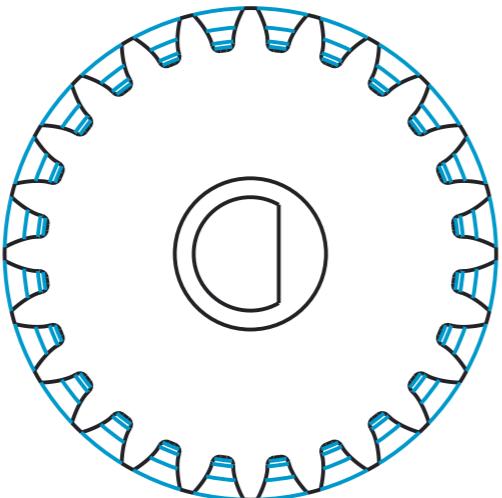
1	PLANO RUEDA HELICOIDAL.....	1
2	PLANO RUEDA PIÑON	2
3	PLANO RUEDA SATÉLITE.....	3
4	PLANO RUEDA CORONA.....	4
5	PLANO PLACA	5
6	PLANO DISTANCIADOR INFERIOR EJE 1	6
7	PLANO DISTANCIADOR SUPERIOR EJE 1	7
8	PLANO DISTANCIADOR SATÉLITE	8
9	PLANO EJE 1.....	9
10	PLANO EJE 2.....	10
11	PLANO CARCASA SUPERIOR	11
12	PLANO CARCASA INFERIOR	12

SECCIÓN A-A



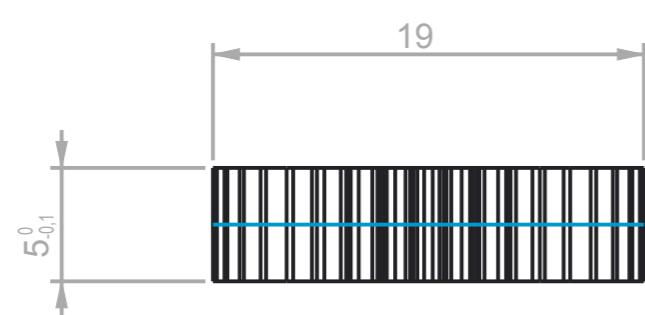
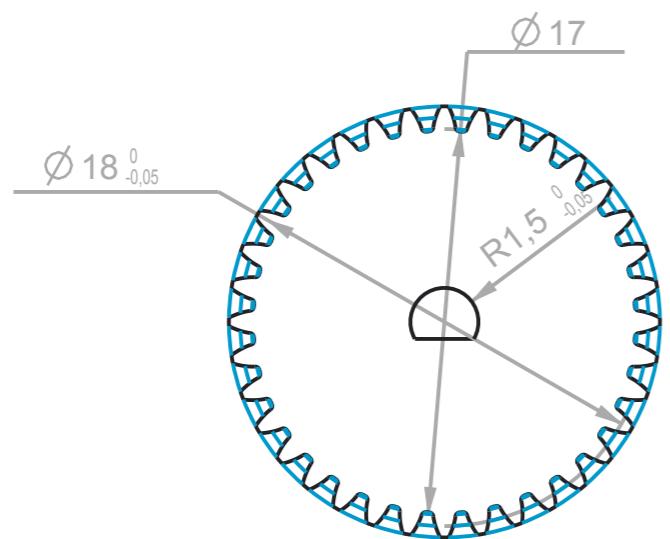
CARACTERÍSTICAS	
Módulo	0.5 mm
Número de dientes	18
Ángulo de helice	11.093 °10'
Diámetro primitivo	9.125 ^0_{-0.05} mm
Diámetro exterior	10.125 ^0_{-0.05} mm
Paso normal	1.571 mm
Ángulo de presión	20 ° 0° 10'
Material	Derlin 100PE NC010
Sentido a derechas	
Dentado helicoidal	

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.		Pablo López Domingo		
Escala	5:1	PLANO RUEDA HELICOIDAL		Numero 1
				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

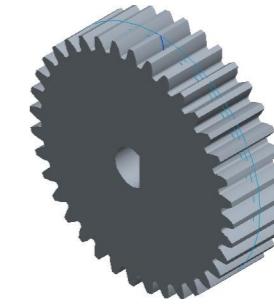
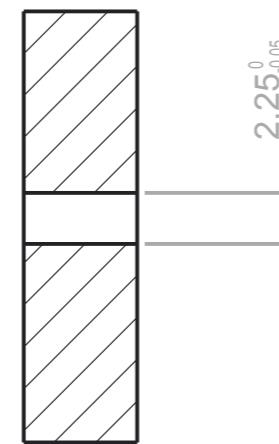


CARACTERÍSTICAS	
Módulo	0.5
Nº de dientes	24
Diámetro primitivo	$12^{+0}_{-0.05}$ mm
Diámetro exterior	$13^{+0}_{-0.05}$ mm
Ángulo de presión	20 °
Paso normal	1.571 mm
Material	Derlin 100PE NC010
Sentido a derechas	
Dentado recto	

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.		Pablo López Domingo		
Escala	5:1	PLANO RUEDA PIÑÓN		Numero 2
				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

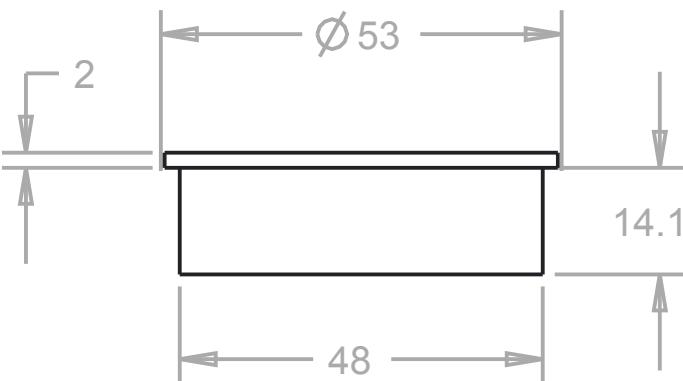


SECCIÓN B-B

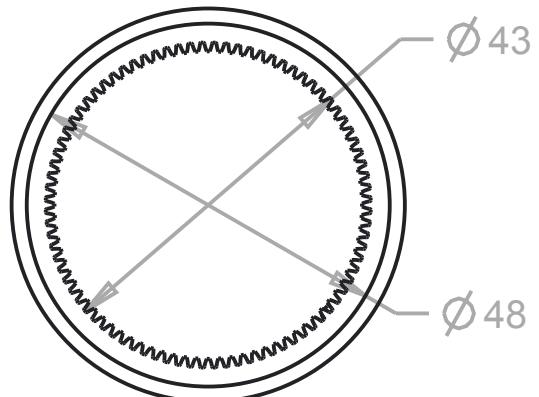
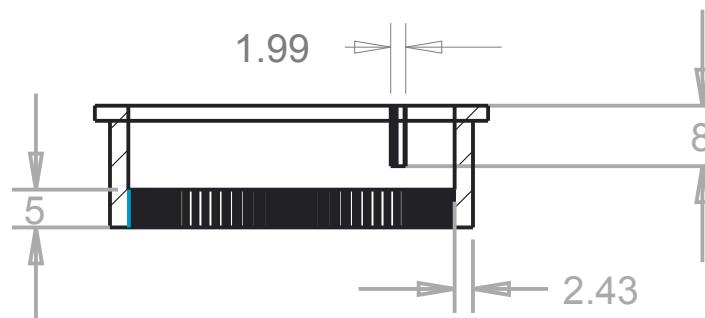


CARACTERÍSTICAS	
Módulo	0.5
Número de dientes	36
Diámetro primitivo	$18^{+0}_{-0.05}$ mm
Diámetro exterior	$19^{+0}_{-0.05}$ mm
Paso normal	1.571 mm
Ángulo de presión	20°
Dentado recto	

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.		Pablo López Domingo		
Escala	3:1	PLANO RUEDA SATÉLITE		Numero 3
				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO



SECCIÓN A-A

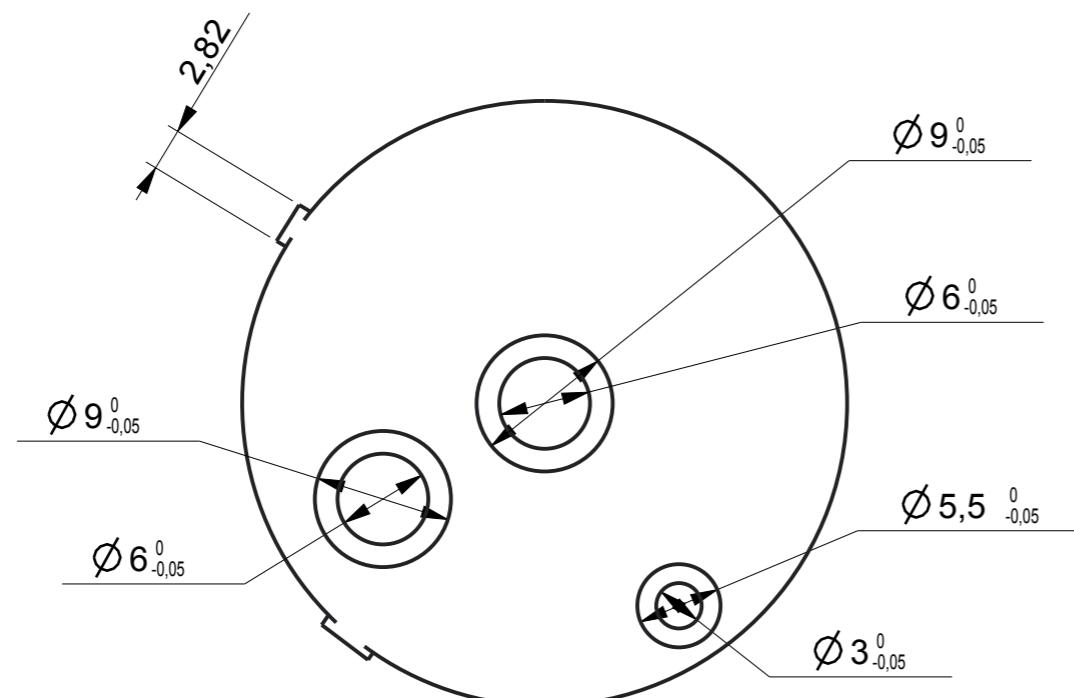


CARACTERÍSTICAS

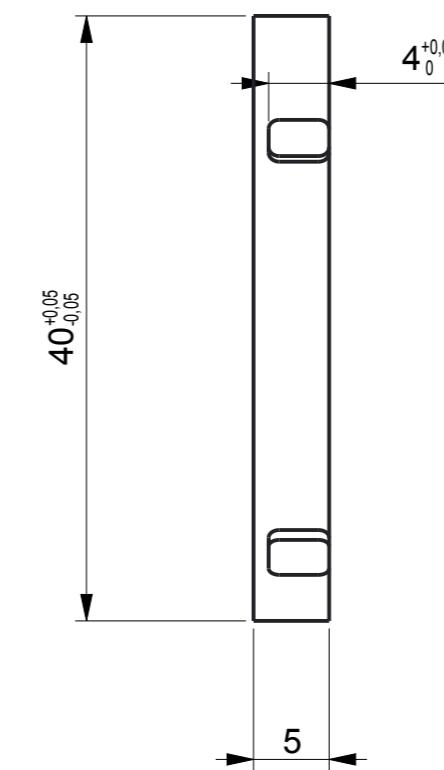
Módulo	0.5
Número de dientes	42
Diámetro primario	$42^{+0}_{-0.05}$ mm
Diámetro exterior	$43^{+0}_{-0.05}$ mm
Paso normal	1.571 mm
Ángulo de presión	20 °
Dentado recto interior	

Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.		Pablo López Domingo		
Escala				Numero 4
1:1				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

PLANO RUEDA CORONA

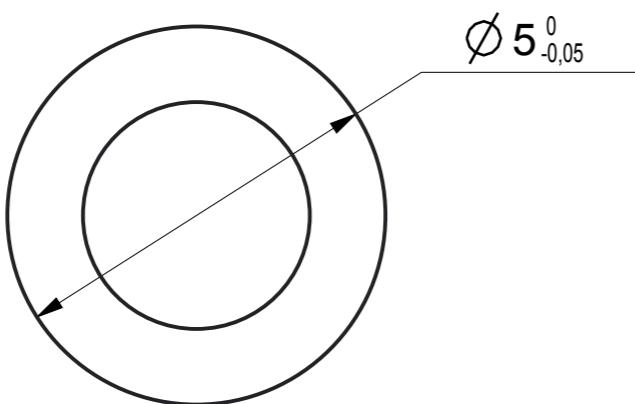
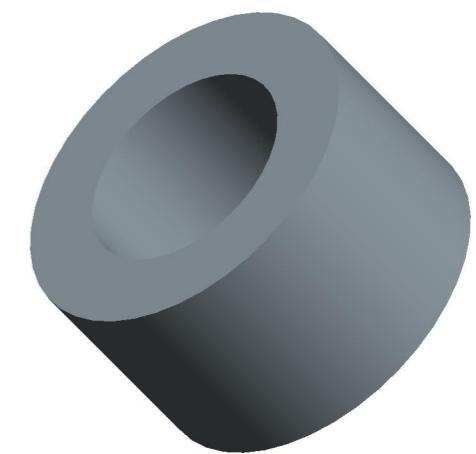
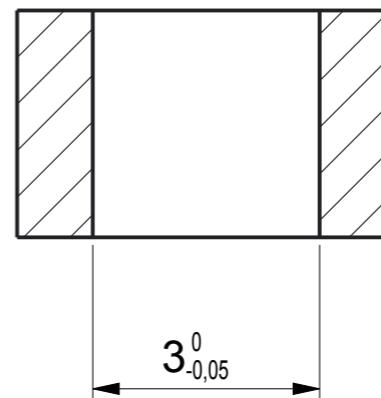


ESCALA 2,000



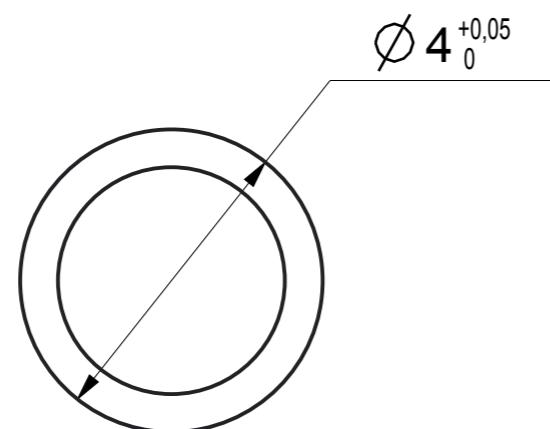
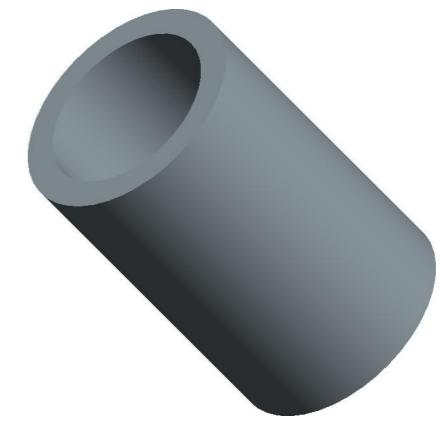
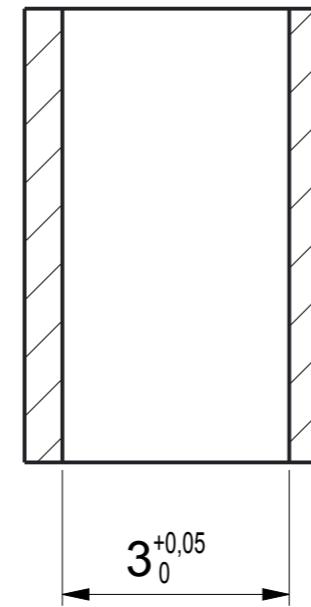
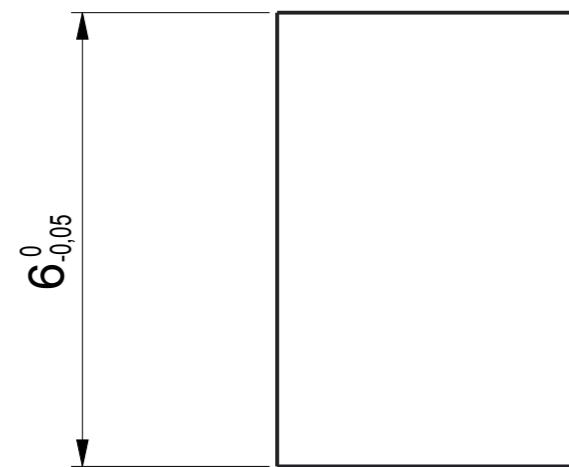
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado	21/09/15	Pablo López Domingo		
Comprob.				
Escala				Numero
2:1	PLANO TAPA DE SUJECIÓN			5
				NºAlumno
				593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

SECCIÓN A-A



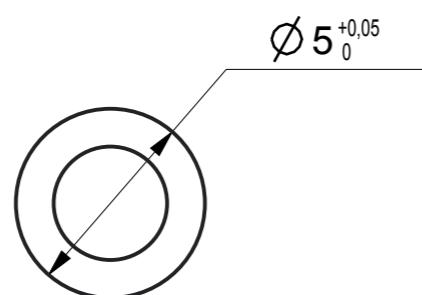
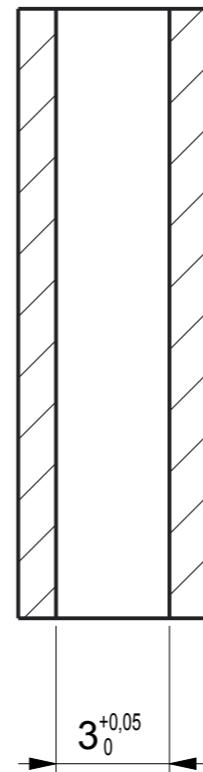
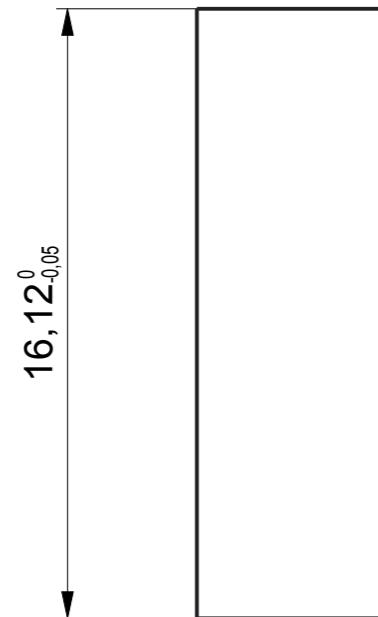
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.				
Escala	10:1	PLANO DISTANCIADOR INFERIOR EJE 1	Numero 6	
			NºAlumno 593230	TRABAJO FIN DE GRADO

SECCIÓN A-A

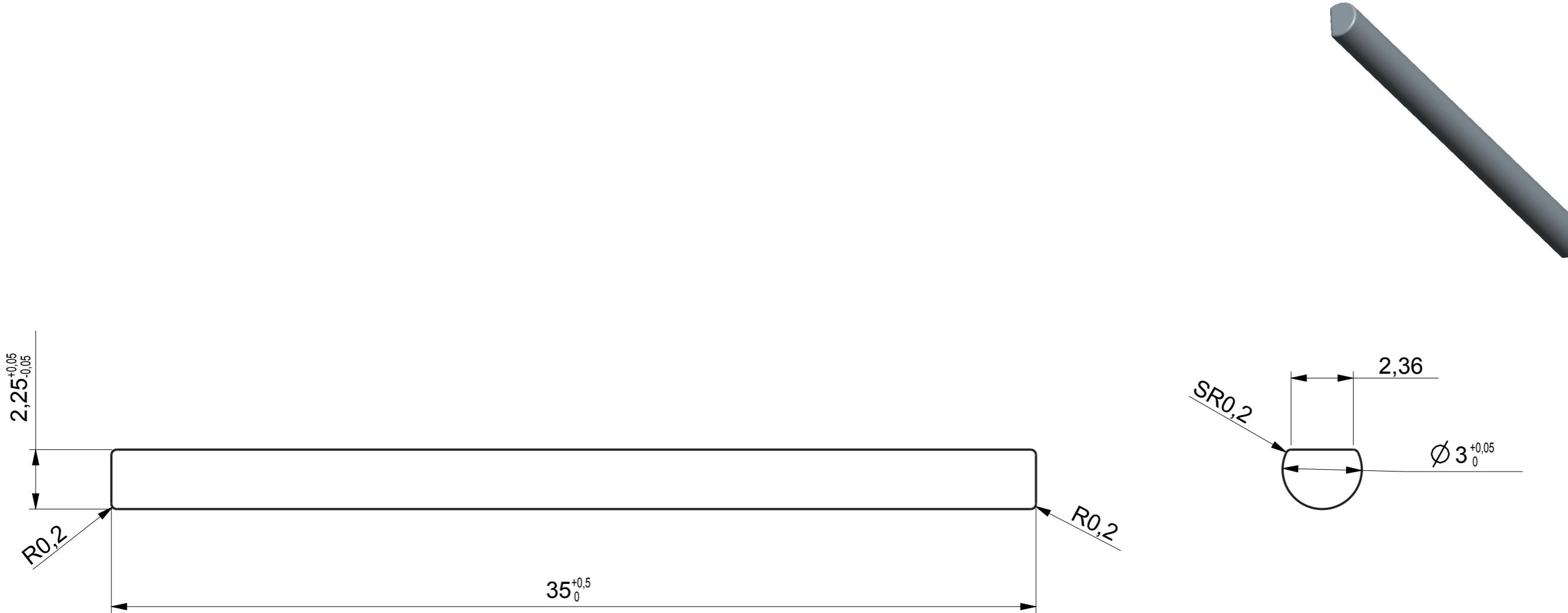


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.				
Escala	10:1	PLANO DISTANCIADOR SUPERIOR EJE 1	Numero 7	NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

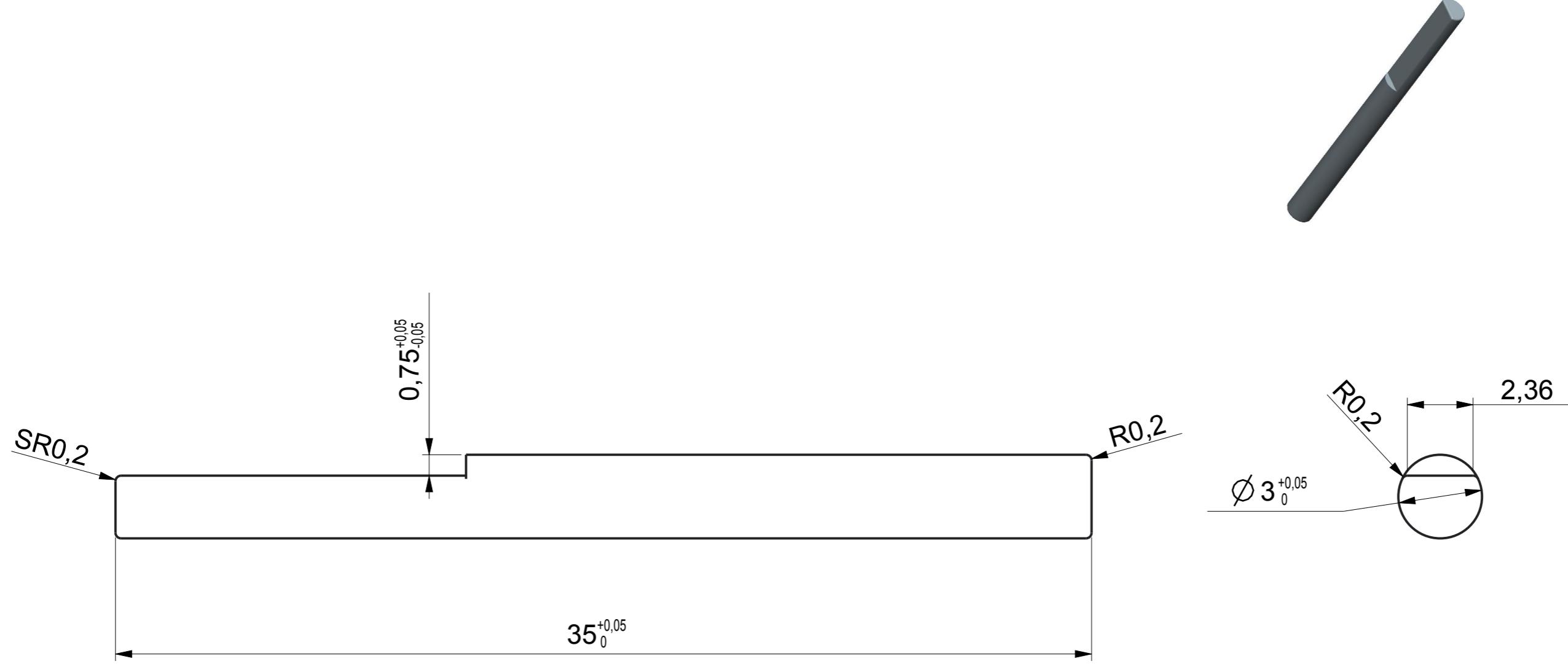
SECCIÓN A-A



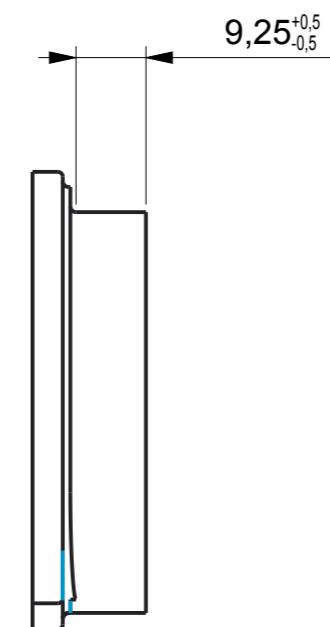
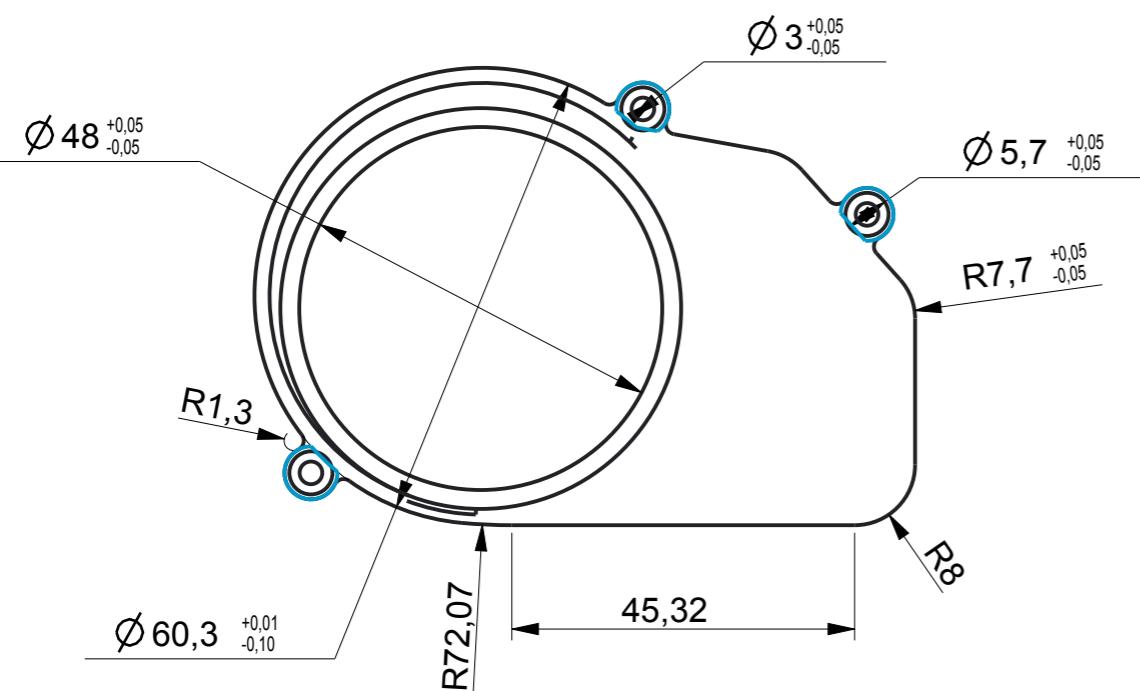
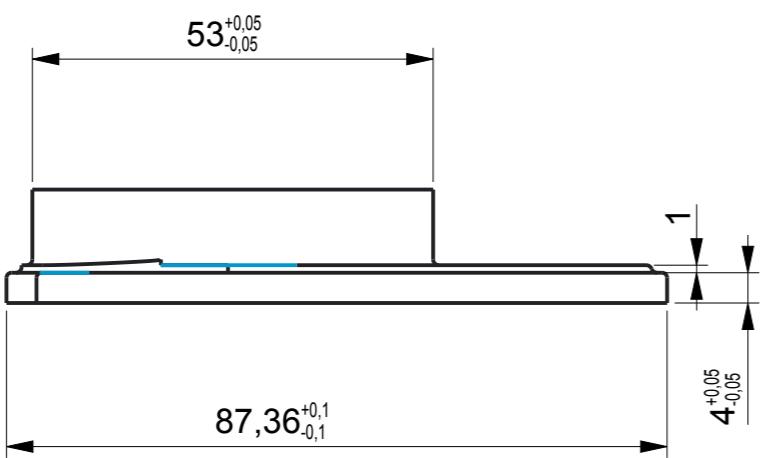
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.				
Escala	PLANO DISTANCIADOR EJE 2			Numero 8
5:1				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
	25/09/15	Pablo López Domingo		
Comprob.				
Escala	5:1	PLANO EJE 1 O CENTRAL	Numero 9	
			NºAlumno 593230	
			TRABAJO FIN DE GRADO	

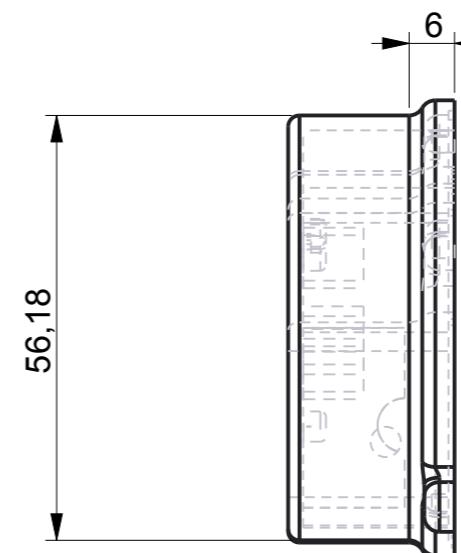
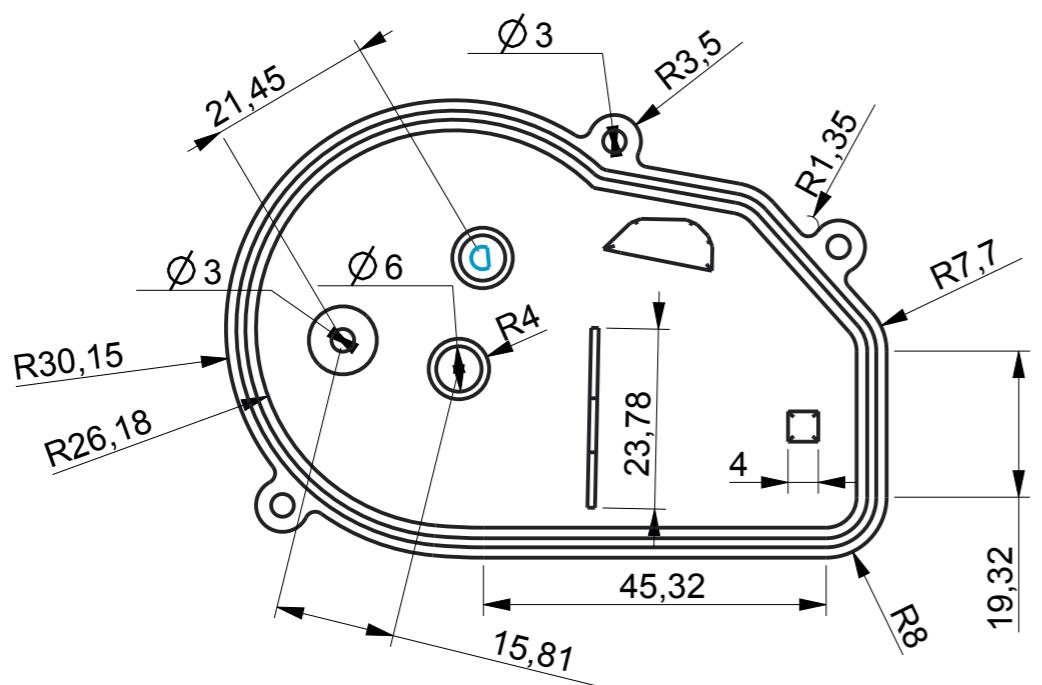
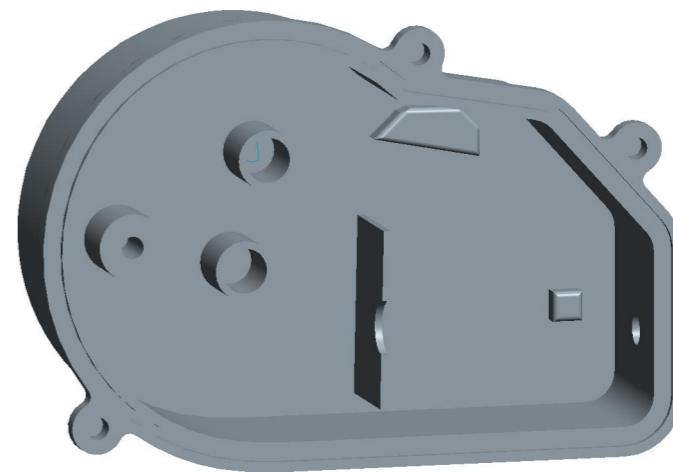
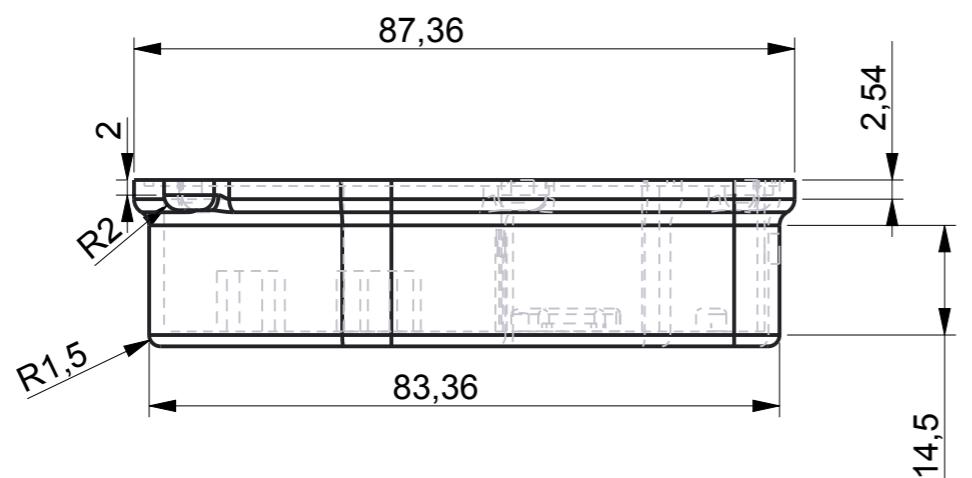


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Comprob.		Pablo López Domingo		
Escala	6:1	PLANO EJE 2 O PLANETA	Numero 10	
			NºAlumno 593230	
			TRABAJO FIN DE GRADO	



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado	25/09/15	Pablo López Domingo		
Comprob.				
Escala	1:1			Numero 11
				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO

PLANO CARCASA SUPERIOR



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado	25/09/15	Pablo López Domingo		
Comprob.				
Escala	PLANO CARCASA INFERIOR			Numero 12
1:1				NºAlumno 593230
				TRABAJO FIN DE GRADO