



**Tecnologías para la Productividad y Competitividad con
Impresoras 3D. Caso: fabricación de engranajes**
Exposición para la Facultad de Ciencias de la UNI

Expositor :

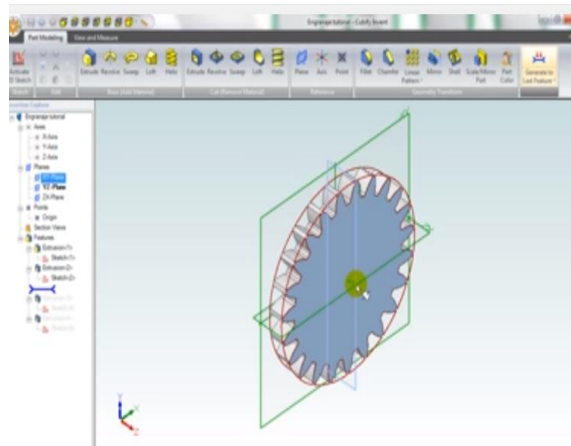
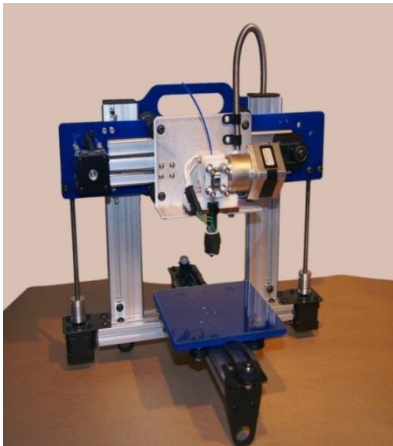
Ing. Manuel Luque Casanave
Profesor-Investigador
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Ingeniería

16 de mayo 2019

Lima - Perú

Definición de Impresión 3D

- La impresión 3D es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. El proceso es controlado por computadora. Los objetos pueden ser de la forma y geometría que diseñe el usuario y se fabrican mediante software específicos o por un diseño 3D importado de programas como Autocad, Solidworks, convirtiendo los archivos a formatos con extensión *.STL, que son los que admiten las impresoras 3D.



Historia de la Impresión 3D

- **Año 1983**

Chuck Hull, un inventor destacado en el campo de la óptica iónica, idea el primer método de impresión 3D: la estereolitografía.

- **Año 1988**

La compañía [3D Systems](#), fundada por Chuck Hull, comercializa las primeras máquinas de impresión estereolitográficas.

- **Años 1988 – 1990**

Se desarrollan nuevos métodos de impresión:

la impresión por deposición de material fundido (*fused deposition modelling* o FDM).

la impresión por láser (*selective laser sintering* o SLS).

- **Año 2005**

El Dr Bowyer, de la Universidad de Bath, Reino Unido, desarrolla la primera máquina 3D autorreplicante: la RepRap, que supone un salto adelante en la normalización y acceso a las impresoras tridimensionales.

- **Año 2009**

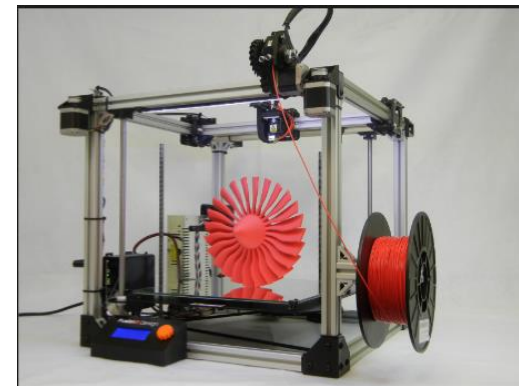
La empresa [Organovo](#) ingenia la impresora 3D MMX Bioprinter, la primera capaz de fabricar tejidos orgánicos.

Tecnologías disponibles para la impresión 3D

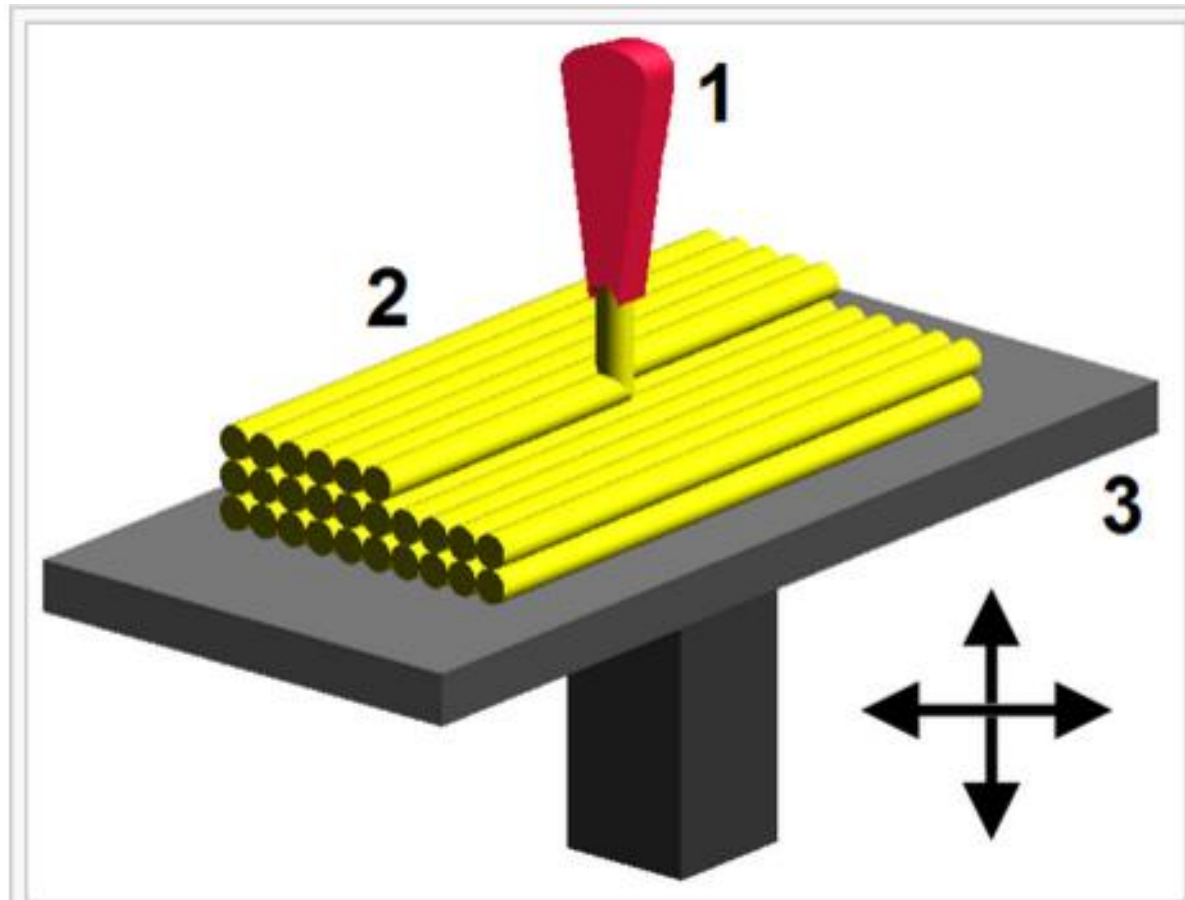
Tipo	Tecnologías	Materiales
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos (por ejemplo PLA, ABS), HDPE, metales eutécticos, materiales comestibles
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF ³)	Casi cualquier aleación
Granulado	Sinterizado directo de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	fotopolímero
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	fotopolímero

Tecnologías disponibles para la impresión 3D

- Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes; por ello, algunas compañías ofrecen elegir entre polvos y polímero como material de fabricación de la pieza según sean las prioridades del cliente.
- Las consideraciones principales para la adquisición de una impresora 3D son : dimensiones de impresión (mm x mm), velocidad de deposición (mm/s), profundidad (micras/capa), costo del prototipo impreso, costo de la impresora 3D, tipo y costo de materiales, así como capacidad para elegir el color.



Tecnologías para la impresión 3D



Modelado por deposición fundida: 1 - boquilla depositando material fundido, 2 - material depositado (pieza modelada), 3 - plataforma móvil

MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D



ABS

- En el mundo de la impresión 3D, el ABS es uno de los materiales que en la actualidad más se utiliza para llevar a cabo los procesos de impresión. El ABS convive con otros materiales sustitutivos como el PLA y aunque sus aplicaciones son muy parecidas, uno es más indicado que otro según el objetivo.
- El ABS está más indicado cuando se busca la fuerza en el resultado o cuando lo que se va a imprimir va a quedar expuesto a temperaturas extremas. Está disponible en un abanico más amplio de colores sobretodo por la buena tolerancia de éste a la pigmentación de sí mismo, aunque su precio es más elevado que el PLA. Algunos usuarios consideran que el ABS es más difícil de utilizar pero eso, es cuestión de opiniones.

ABS

- El Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) es un plástico muy resistente al impacto, utilizado especialmente en la industria de la automoción pero en ocasiones también en la doméstica.
- El ABS se considera un termoplástico amorfo. Un *termoplástico* es un plástico que sometido a la exposición de temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible llegando incluso a derretirse, mientras que cuando se enfría lo suficiente, se endurece.
- Se le suele llamar *plástico de ingeniería* porque su elaboración y procesamiento es algo más compleja que en los plásticos comunes.
- El ABS es un polímero compuesto por tres bloques, *acrilonitrilo*, *butadieno* y *estireno* por lo que se le denomina *terpolímero*.
- Cada uno de los tres bloques aporta características distintas. El *acrolonitrilo* rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas. El *butadieno*, tenacidad a la temperatura cuando ésta es especialmente baja y resistencia a impacto; y el *estireno*, resistencia mecánica, rigidez, brillo, dureza.

ABS

- El ABS se usa extensivamente en los procesos de fabricación actuales: piezas de Lego, carcasas de electrodomésticos, componentes de automóvil... Al tener un punto de fusión alto, se puede utilizar para fabricar contenedores de líquidos calientes, hay que extruirlo a unos 230-260 grados y hay que imprimirlo en impresoras con base de impresión caliente (unas resistencias que calientan la base dónde se deposita el material).
- Al llegar al punto de fusión el ABS desprende gases que en concentraciones altas pueden ser nocivos. Se puede utilizar sin problemas en casa o en la oficina, pero para evitar las concentraciones altas no se recomienda tener varias impresoras funcionando en un espacio pequeño y sin ventilar.
- El ABS se puede mecanizar, pulir, lijar, limar, agujerear, pintar, pegar etc. con extrema facilidad, y el acabado sigue siendo bueno. Además, es extremadamente resistente y posee un poco de flexibilidad. Todo esto hace que sea el material perfecto para aplicaciones industriales. Con las nuevas recicladoras que están apareciendo en el mercado (la más conocida, Filabot) el ABS sobrante se pone en cajas y a partir de él la recicladora hace una bobina nueva.

Materiales alternativos para Impresión 3D

- El uso de materiales no degradables generó preocupación lo que llevo a desarrollar investigaciones para la obtención de polímeros biodegradables como alternativa y aparecen comercialmente los ácidos polilácticos (PLA), comercializándose desde 1990.
- Sin embargo ya había sido estudiado desde los años 80 del pasado siglo debido a su biodegradabilidad.
- Muchos investigadores intentaron producir PLA como Pelouze (1845), Bischoff y Walden (1894), Wallance Carothers (1932), Lipinsky y Sinclair (1986), y Cargil fue la primera empresa que empezó a producir ácido poliláctico
- La polimerización del ácido láctico da lugar a polímeros de ácido poliláctico (PLA) que, con otras moléculas poliméricas naturales, permiten la obtención de productos reabsorbibles y biodegradables. Entre los materiales plásticos biodegradables, el PLA es uno de los de mayor potencial para sustituir a los plásticos convencionales por sus excelentes propiedades físicas y mecánicas y porque puede procesarse utilizando las maquinarias existentes con solo ajustes menores.

PLA

- El PLA es menos conocido que el ABS, se utiliza comparativamente mucho menos en la industria. Es un producto que se vende como “natural”, pues los componentes básicos son plantas como el maíz.
- Actualmente el PLA tiene dos ventajas principales sobre el ABS: no emite gases nocivos (se pueden tener varias impresoras funcionando en un espacio cerrado y no hay problema) y hay un rango más amplio de colores (fluorescente, transparente, semitransparente...). Se puede imprimir con todo tipo de impresoras (no necesita base de impresión caliente) y se puede imprimir sin base.
- Sus inconvenientes respecto al ABS son básicamente dos: no resiste las altas temperaturas (se empieza a descomponer a partir de 50-60 grados centígrados) y el postproceso (mecanizar, pintar y, sobre todo, pegar) es mucho más complicado. Se utiliza básicamente en el mercado doméstico.
- Los precios de los dos materiales son bastante similares. El mercado de las impresoras 3D personales es muy nuevo y hay dos tendencias opuestas. Por un lado, están las marcas que intentan copiar el modelo de las impresoras de papel: una vez el cliente ha comprado la impresora, se le cobra el consumible caro, pues ya es cliente cautivo.

PLA

- Y hay marcas que intentan hacer la impresora 3D más abierta, para que el cliente pueda utilizar material de cualquier fabricante.
- La impresión por FMD consiste en un hilo de plástico de un diámetro determinado que pasa por un agujero y se calienta, hay cantidad de empresas y fábricas que ofrecen material. Hay que decir que hay fábricas y fábricas, y comprar demasiado barato sale caro, con bloqueos frecuentes del cabezal de extrusión. Pero el rango de material a precios a partir de 15 Euros/kg suele dar buenos resultados.
- Antes de comprar una impresora es recomendable verificar el precio del consumible. Por el bien del consumidor se debe imponer el mercado de consumible abierto, y a medida que el volumen suba, los precios sigan bajando y los materiales sean cada vez mejores.

Trabajo de Investigación FIM -UNI

- **Título del Proyecto**
- Diseño por método de elementos finitos y construcción de un engranaje cilíndrico de dientes rectos en impresora 3D
- **Objetivo : Caracterización física del material PLA**
- El trabajo se inició a raíz de la propuesta que hice a los alumnos como profesor del curso de Instalaciones industriales (MN-183) de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM)-UNI, para fabricar un prototipo de engranajes utilizando la tecnología de impresión en 3D.
- Se explicó a los alumnos lo relevante para la carrera el involucrarse en forma práctica con esta tecnología.
- **Grupo de Trabajo**
- Hubo interés en los alumnos y se formó un grupo de trabajo compuesto por:
- Ing. Manuel Humberto Luque Casanave, Jefe de Proyecto
- Diana Bianca Mandujano De la Cruz, alumna
- Wilser Alur Altamirano Uribe, alumno

- Se planificó el trabajo y se determinaron las actividades a realizar para cumplir con el diseño y cálculo del prototipo en un cronograma que abarcaba un semestre académico (Ciclo 2015-II).
- Dentro de este alcance contactamos con el FabLab de la Facultad de Arquitectura-UNI para utilizar la impresora 3D para fabricar los engranajes prototipo.
- El FabLab de la UNI posee una impresora 3D con dimensiones de impresión de 200 mm x 250 mm, que crea las restricciones iniciales para las dimensiones del prototipo o pieza a fabricar. Por la facilidad de disponer el material PLA en el FabLab se decidió utilizarlo para la fabricación de los engranajes prototipo.
- Para hacer los cálculos de los engranajes y determinar su geometría (diámetro, módulo, paso diametral, otros) utilizando el programa de Elementos Finitos, se necesitaba contar con los valores de parámetros físicos del PLA, como el módulo de elasticidad o de Young (E), coeficiente de Poisson (ν), resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión.

- Se hizo la búsqueda de dichos valores en la Web y al no encontrarse valores confiables en una sola fuente de información, optamos por aplicar el Plan B, es decir determinarlos con la infraestructura de equipos de ensayos disponible en el Laboratorio N° 4 de la FIM realizando ensayos de laboratorio aplicando normas técnicas
- Nuestro objetivo al diseñar un engranaje de dientes rectos por el Método de Elementos Finitos (MEF) con construcción de un prototipo con el material plástico PLA para aplicación industrial, tenía un objetivo complementario que era el de fortalecer el conocimiento de esta tecnología en la facultad para impulsar futuras aplicaciones de prototipos dentro del alcance de los proyectos de investigación de la facultad.

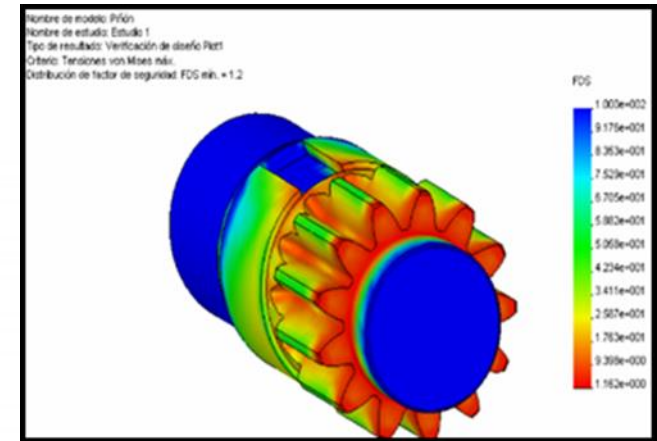
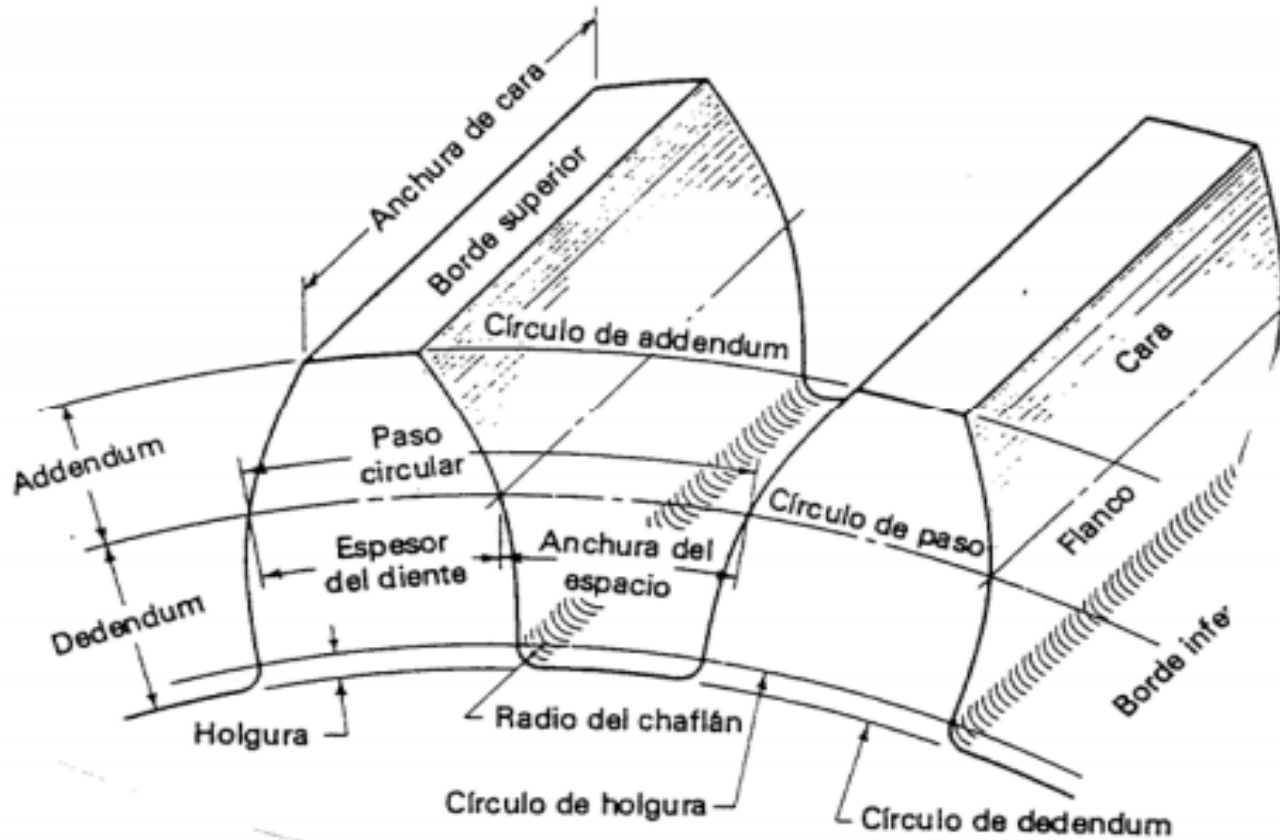
Tecnología utilizada para la impresión 3D

- El modelado por deposición fundida (MDF) es un proceso de fabricación utilizado para el modelado de prototipos y la producción a pequeña escala en impresoras 3D.
- El modelado por deposición fundida utiliza una técnica aditiva, depositando el material en capas, para conformar la pieza. Un filamento plástico o metálico que inicialmente se almacena en rollos, es introducido en una boquilla. La boquilla se encuentra por encima de la temperatura de fusión del material y puede desplazarse en tres ejes controlada electrónicamente. La boquilla normalmente la mueven motores de pasos o servomotores. La pieza es construida con finos hilos del material que solidifican inmediatamente después de salir de la boquilla.

Tipo	Tecnologías	Materiales
Extrusión	<u>Modelado por deposición fundida</u> (FDM)	<u>Termoplásticos</u> (por ejemplo <u>PLA</u> , <u>ABS</u>), <u>HDPE</u> , metales <u>eutécticos</u> , materiales comestibles

Desarrollo de Prototipos en Impresora 3D: Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

Bases para la
Memoria de Cálculo



Definiciones :

Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

- **Circunf. Primitiva (R)**, o de paso: la del cilindro rodante o de fricción equivalente.
- **Circunf. Exterior (Re)**: llamada también de cabeza o de addendum.
- **Circunf. Interior (Rp)**: Llamada también de fondo, de pie o de dedendum.
- **Anchura de cara o Longitud del diente**: dimensión del diente medida en dirección axial.
- **Addendum (a)**: distancia radial entre la c. primitiva y la de cabeza.
- $a = R_e - R$

Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

➤ **Dedendum (I):** distancia radial entre la c. primitiva y la de pie:

➤ $I = R - R_p$

➤ **Paso circular (p):** distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos. En general, se mide sobre la c. primitiva:

➤ $p = 2\pi R / z$

➤ **Paso angular (p_α):** ángulo entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos.

➤ $p_\alpha = 2\pi / z$

Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

➤ **Hueco (h):** anchura del hueco entre dientes sobre la c. primitiva:

$$➤ h = p - e$$

➤ **Juego (j):** diferencia entre el hueco de un diente y el espesor del que engrana con él:

$$➤ j = h_1 - e_2$$

➤ **Holgura o espacio libre de fondo (c):** diferencia entre el dedendum de un diente y el addendum del que engrana con él:

$$➤ c = I_2 - a_1$$

Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

➤ **Altura del diente (h_T):** distancia radial entre la c. de pie y la de cabeza:

➤ $h_T = a + I$

➤ **Espesor del diente (e):** medido sobre la c. primitiva.

➤ $e = \frac{2\pi r}{z} / 2$

➤ **Nº de dientes (z):** nº de dientes que tiene el engranaje.

➤ **Módulo o paso diametral (m , pd):** cociente entre el diámetro primitivo del engranaje y el nº de dientes:

➤ $m = \frac{2R}{z} = \frac{p}{\pi}$

➤ $m = \frac{Z_1}{Z_2}$

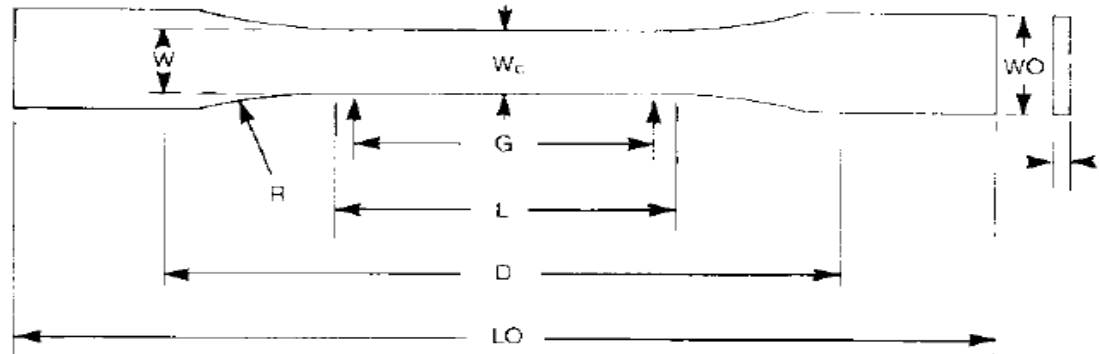
Modelamiento

- Para caracterizar al material PLA se identificaron las normas ISO y ASTM aplicables a fin de realizar las pruebas de laboratorio en base a estándares.
- Se prepararon probetas según normas. Las normas ISO y ASTM que se aplicaron para realizar las pruebas del PLA en el Laboratorio 4 FIM-UNI fueron :

NORMAS			
	ISO	ASTM	
Densidad	1183	D-1505	g/cm ³
Dureza Rockwell	2037/2	D-785	dial real
Resistencia a la cizalla		D-732	Pa
Resistencia a la compresión	604	D-695	Pa
Resistencia a la fatiga	3385	D-671	número de ciclos
Resistencia a la flexión	178	D-790	Pa
Resistencia a la tracción	R527	D-638	Pa
Resistencia al impacto -Izod	180	D-256	J/m

Modelamiento

Ensayo de Tracción



TYPES I, II, III & IV

Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^A

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}		
W —Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	± 0.5 (± 0.02) ^{B,C}	
L —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	± 0.5 (± 0.02) ^C	
WO —Width overall, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)	
WO —Width overall, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)	
G —Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	± 0.25 (± 0.010) ^C	
G —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	± 0.13 (± 0.005)
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	± 5 (± 0.2)	
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	± 1 (± 0.04) ^C	
RO —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	± 1 (± 0.04)

Modelamiento

TABLE 1 Designations for Speed of Testing^A

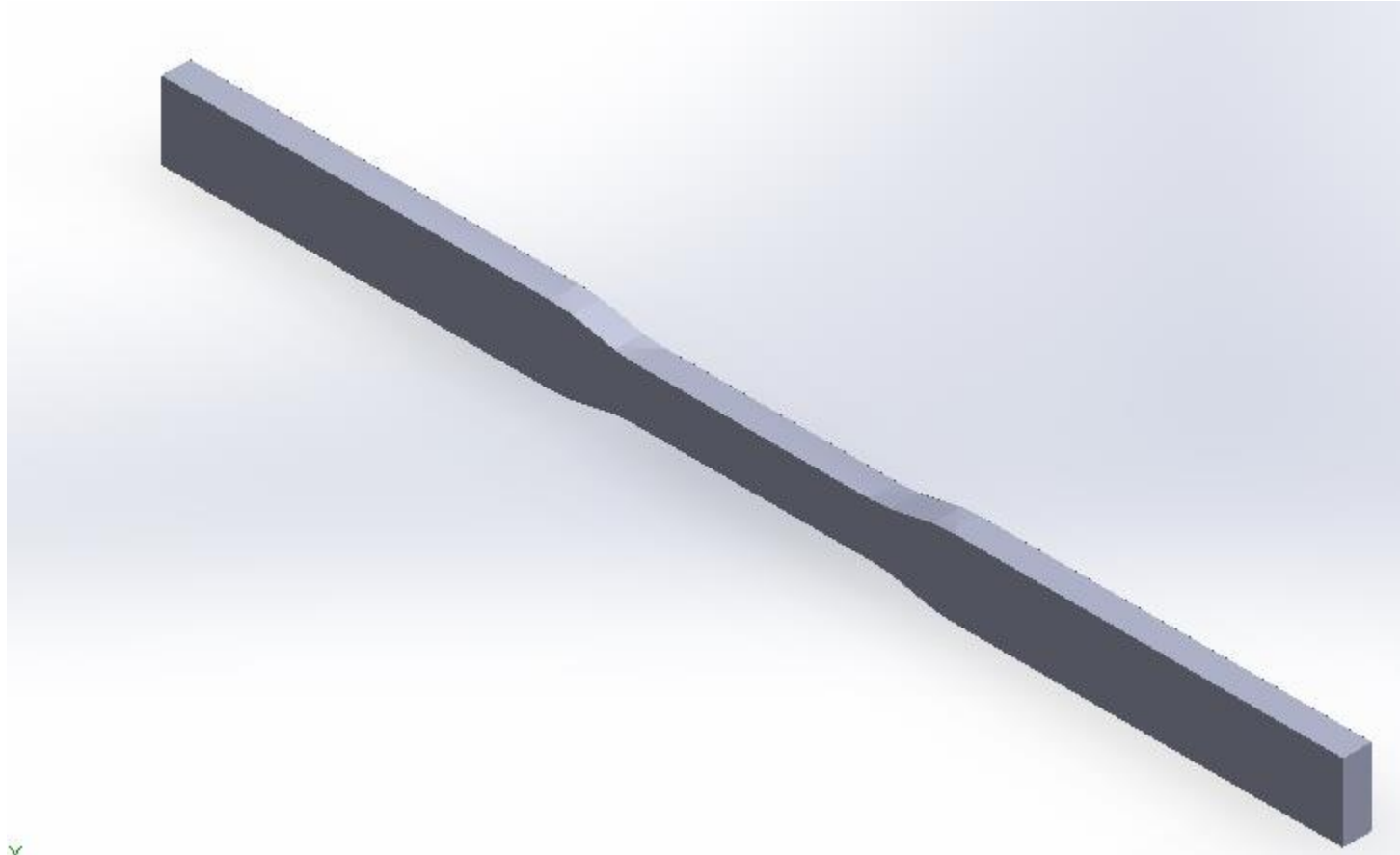
Classification ^B	Specimen Type	Speed of Testing, mm/min (in./min)	Nominal Strain ^C Rate at Start of Test, mm/mm·min (in./in.·min)
Rigid and Semirigid	I, II, III rods and tubes	5 (0.2) ± 25 %	0.1
		50 (2) ± 10 %	1
	IV	500 (20) ± 10 %	10
		5 (0.2) ± 25 %	0.15
		50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15
	V	1 (0.05) ± 25 %	0.1
		10 (0.5) ± 25 %	1
		100 (5) ± 25 %	10
		50 (2) ± 10 %	1
Nonrigid	III	500 (20) ± 10 %	10
		50 (2) ± 10 %	1.5
	IV	50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15

^A Select the lowest speed that produces rupture in ½ to 5 min for the specimen geometry being used (see 8.2).

^B See Terminology D 883 for definitions.

^C The initial rate of straining cannot be calculated exactly for dumbbell-shaped specimens because of extension, both in the reduced section outside the gage length and in the fillets. This initial strain rate can be measured from the initial slope of the tensile strain-versus-time diagram.

Modelamiento



Pruebas de Laboratorio

En las instalaciones del laboratorio N°4 de la facultad de Ingeniería Mecánica realizamos el ensayo de tracción para ambas probetas donde la constante del resorte fue 5 Kgf/mm .Colocamos el papel milimetrado para dibujar el diagrama esfuerzo versus elongación.



Equipo de ensayo de tracción

Prueba de Laboratorio

Ensayo de Tracción

La carga máxima que se generó fue 320 kgf . En el gráfico se apreció el valor de la fuerza de rotura.



Prueba de Laboratorio

Medimos la elongación durante el ensayo y nos dio los siguientes resultados



Prueba de Laboratorio

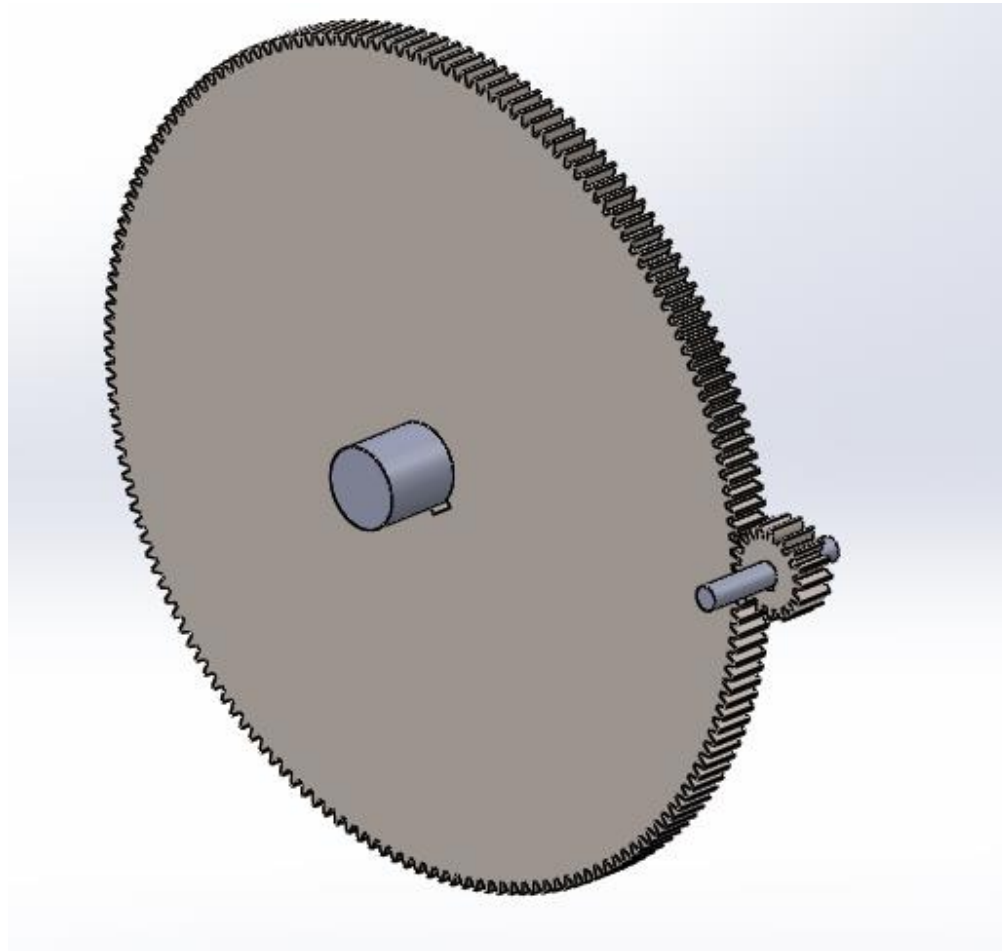
Según el grafico de probeta, se halló la carga de rotura y la deformación unitaria. Lo cual nos permite hallar el módulo de elasticidad (E) y el coeficiente de Poisson (ν)



Prueba de Laboratorio

DATOS				
MEDIDA	PROBETA 1		PROBETA 2	
ESPESOR	7.01	mm	7.01	mm
ancho inicial	13.22	mm	13.19	mm
Lo	50	mm	50	mm
Lf	51.01	mm	50.69	mm
ancho final	13.2	mm	13.15	mm
Frotura	325	Kgf	315	Kgf

Diseño del Piñón y Engranaje



Modelamiento

The screenshot shows the 'Material' dialog box in SolidWorks. The left pane shows a tree view with 'Plástico personalizado' selected. The right pane shows the 'Propiedades' tab with various material properties and a table of values.

Propiedades | Tablas y curvas | Apariencia | Rayado | Personalizado | Datos de apl

Propiedades de material
No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Unidades: SI - N/mm² (MPa)
Categoría: Plástico
Nombre: Plástico personalizado
Criterio de fallos predeterminado: Tensión de von Mises máx.
Descripción: -
Origen:
Sostenibilidad: No definido [Seleccionar...]

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2720	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.03889	N/D
Módulo cortante	1343	N/mm ²
Densidad de masa	1250	kg/m ³
Límite de tracción	30	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.2256	W/(m·K)
Calor específico	1386	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Haga clic [aquí](#) para acceder a más materiales con el portal web de materiales de SOLIDWORKS.

Abrir... | Aplicar | Cerrar | Guardar | Config... | Ayuda

Cálculos

Calculo de módulo de elasticidad (E)

$$E = \frac{\sigma_{rot}}{\epsilon}$$
$$\sigma_{rot} = \frac{F}{A_0}$$
$$\epsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

$A_0 = \text{espesor} \times \text{ancho}$

Dónde:

ϵ : *elongación unitaria*

σ_{rot} : *esfuerzo de rotura*

L_f : *Longitud final*

L_0 : *Longitud inicial*

Calculo de coeficiente de Poisson (μ)

$$\mu = \frac{\Delta a}{\Delta L}$$

Δa : *diferencial de longitud axial*

ΔL : *diferencial de longitud longitudinal*

Resultados

σ_{max}	1.8884	kgf/mm ²	1.893	kgf/mm ²
ϵ	0.0067		0.007	
E	280.4519	kgf/mm ²	274.300	kgf/mm ²
E	2750.3378	Mpa	2690.009	Mpa
μ (Poisson)	0.0198		0.058	

DIAGRAMA DE ESFUERZOS VON MISES

Nombre del modelo: piñon2
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Metric - Spur gear 3M 17T 20PA 35.29FW ---S17N75H50L18S1-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1586.47

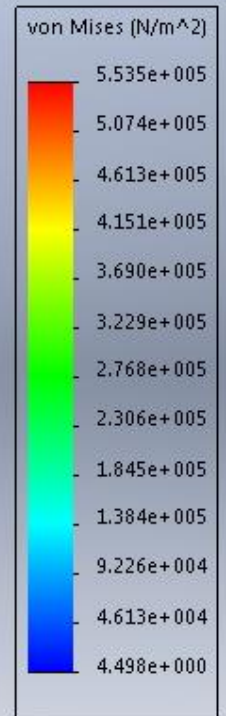
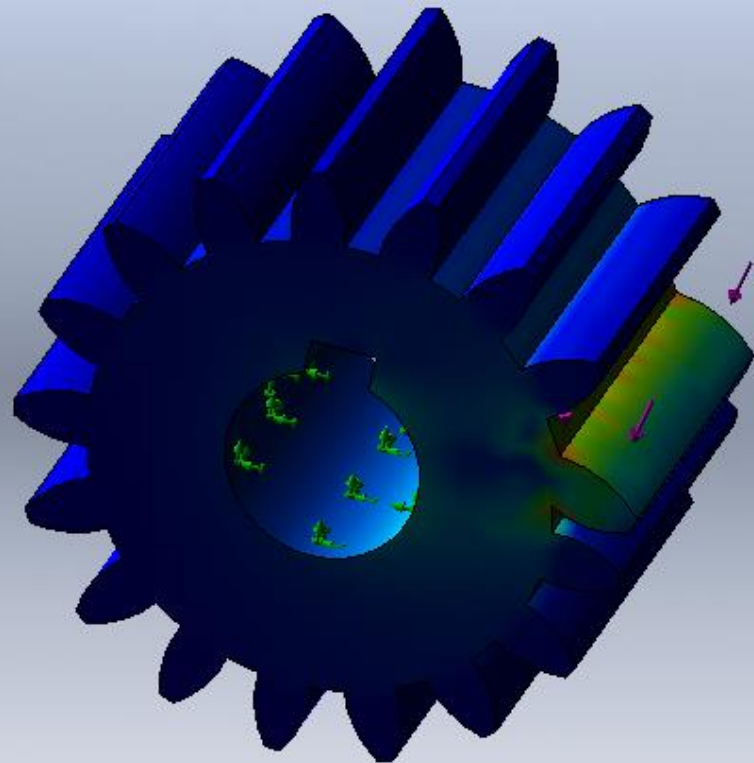
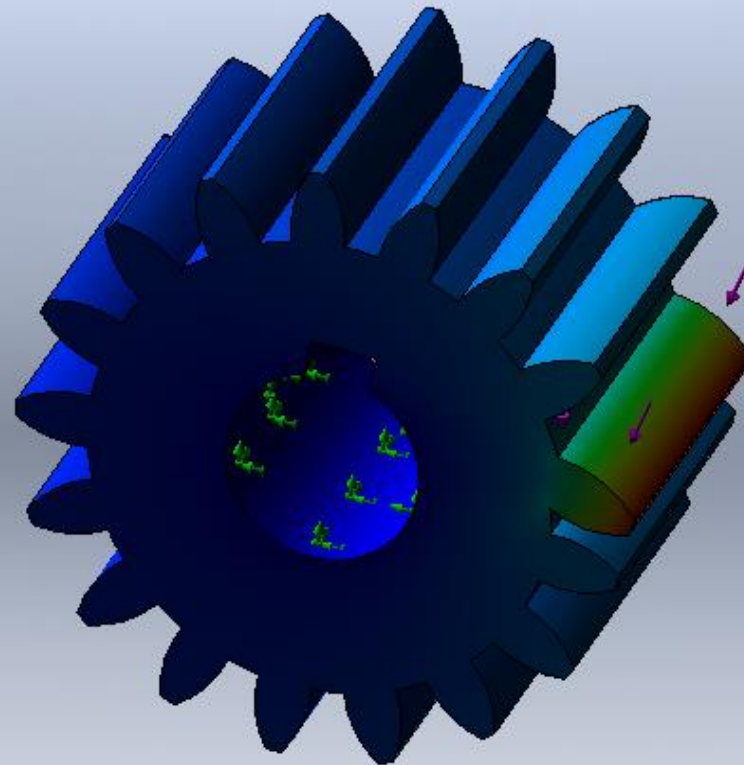


DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTOS

Nombre del modelo: piñon2
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Metric - Spur gear 3M 17T 20PA 35.29FW ---S17N75H50L18S1-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1586.47



URES (mm)

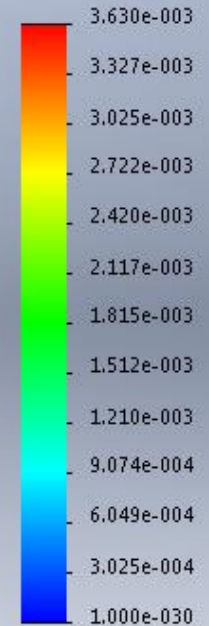


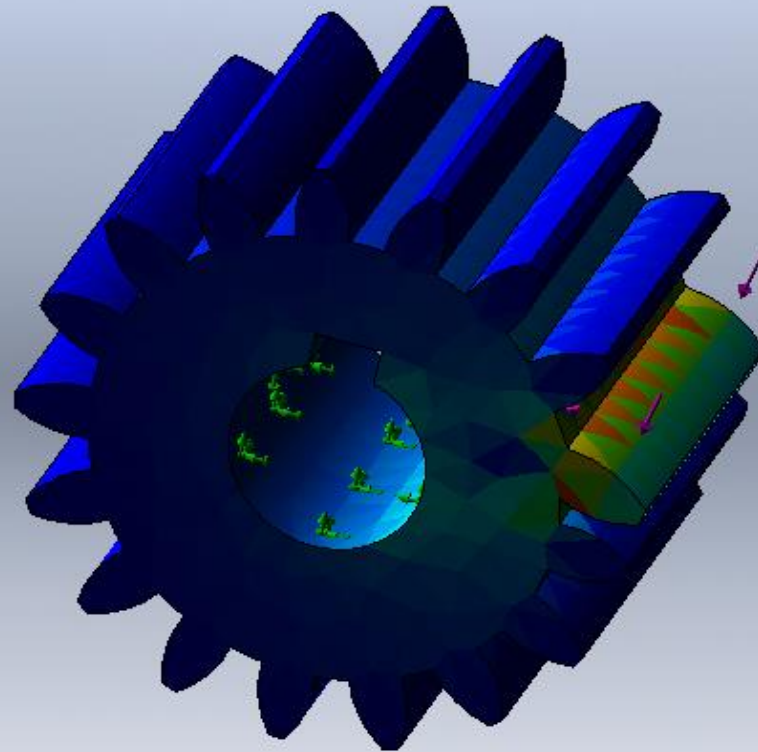
DIAGRAMA DE DEFORMACION UNITARIA

Nombre del modelo: piñon2

Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Metric - Spur gear 3M 17T 20PA 35.29FW ---S17N75H50L18S1-)

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1

Escala de deformación: 1586.47



ESTRN

1.053e-004

9.654e-005

8.776e-005

7.899e-005

7.021e-005

6.143e-005

5.266e-005

4.388e-005

3.511e-005

2.633e-005

1.755e-005

8.777e-006

1.421e-009

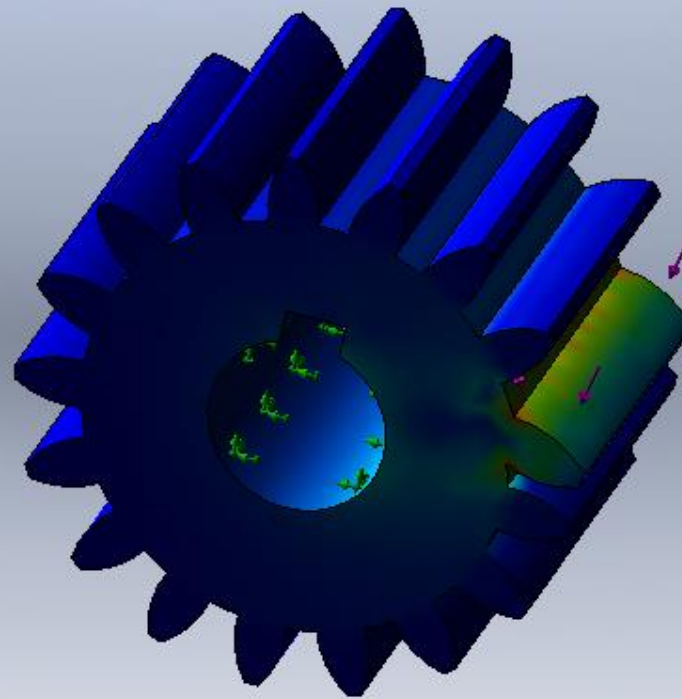


Nombre del modelo: piñon2

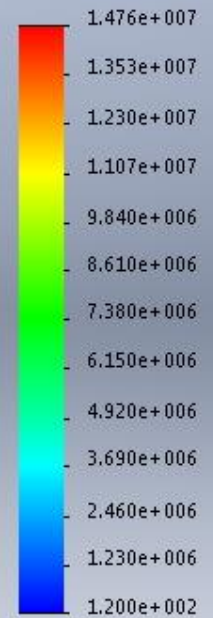
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Metric - Spur gear 3M 17T 20PA 35.29FW---S17N75H50L18S1-)

Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

Escala de deformación: 59.4925



von Mises (N/m²)

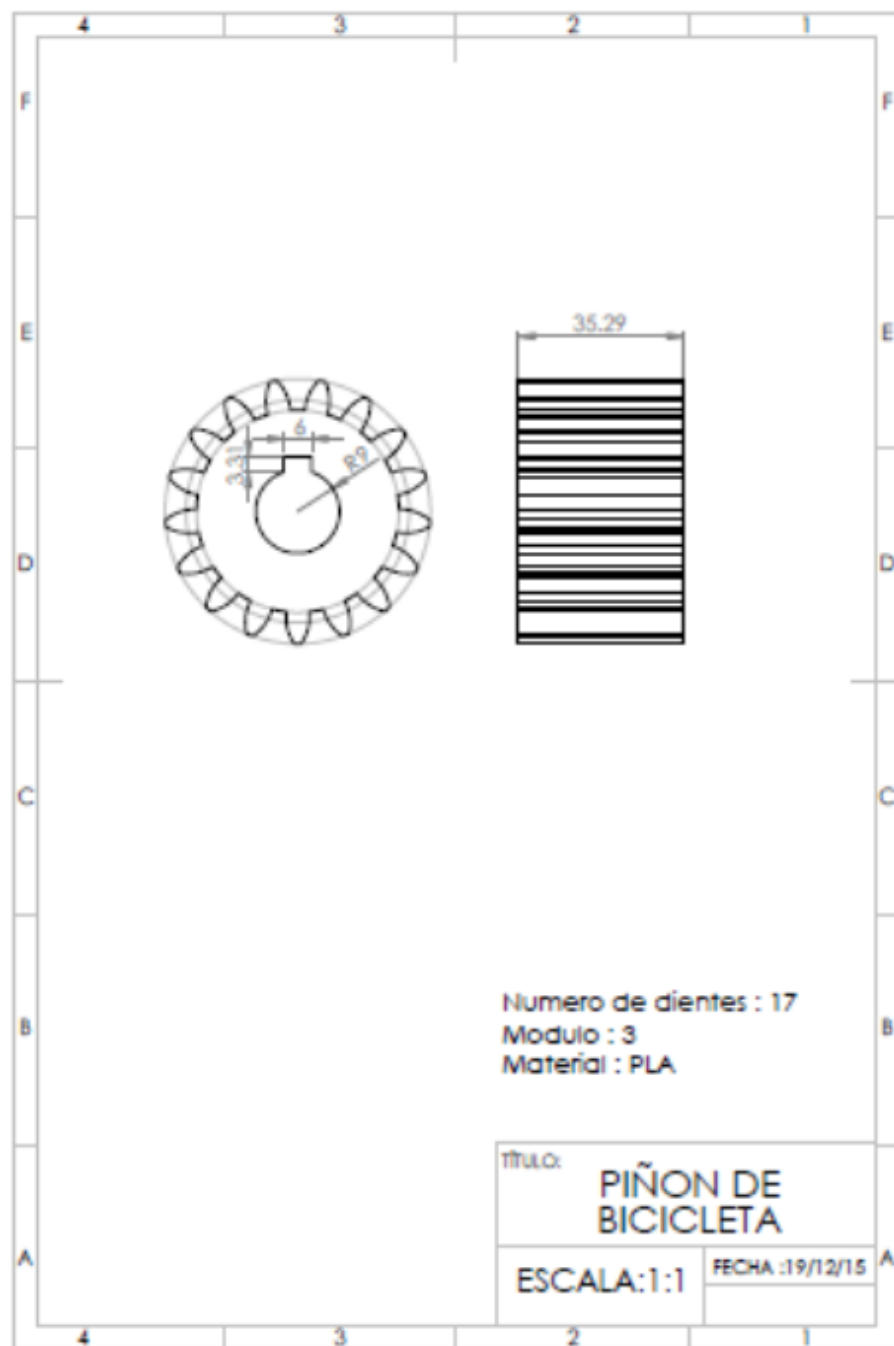


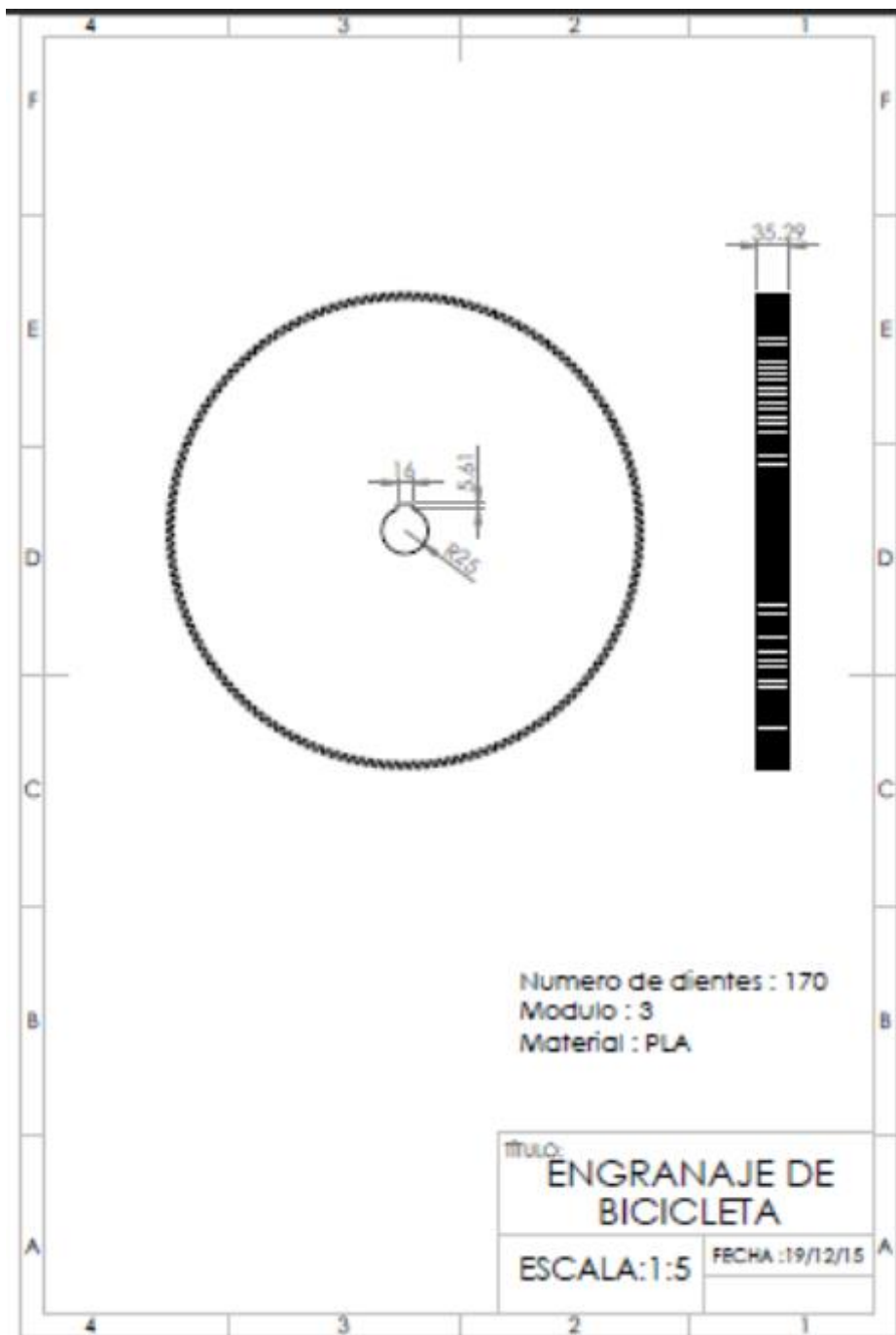
ANALISIS DE RESULTADOS

- Se evalúan las fuerzas necesarias y se hace la comparación entre los esfuerzos de Von Mises y el límite de elasticidad mediante la simulación realizada con el programa Solidworks.
- El resultado más crítico es cuando el torque es 400 N.m y la fuerza tangencial aplicada de 800 N
- Respecto a la aplicación del prototipo de piñón y engranaje a fabricarse en PLA por impresión 3D, para operar como multiplicadores de velocidad del pedal al eje del generador eléctrico incorporado a la bicicleta del ASME estudiantil FIM-UNI, se tiene que la potencia requerida de generación es 700 W; la velocidad 390 rpm; por lo que el torque es 65 N.m, lo que permite establecer que el engranaje y piñón podrán operar sin problemas, al ser 65 N.m menor que el valor 400 N.m que resultó en la simulación.

Piñón y engranaje impreso en 3D con PLA aplicado a Bicicleta ASME estudiantil FIM-UNI, Lima-Perú







CONCLUSIONES

- El material PLA es bastante dúctil ya que su punto de rotura es muy cercano al punto del límite elástico, lo cual ocasionó que el material tenga una elongación ínfima.
- Según lo observado y lo obtenido en los cálculos y mencionado anteriormente en el tópico Análisis de Resultados, el esfuerzo al cual estarán sometidos el piñón y engranaje contruidos con material PLA será menor al esfuerzo máximo que puede soportar el material, por lo que la geometría y dimensiones 3D de dientes consideradas podrán operar sin problemas bajo la fuerza tangencial y torque aplicados en la circunferencia primitiva de los dientes durante su operación acoplados al sistema de generación eléctrica de la bicicleta del ASME estudiantil FIM-UNI.

CONCLUSIONES

- Las probetas de tracción tuvieron una rotura fuera de la marca dada por la norma ASTM D 638 lo cual nos permite asegurar que el material PLA es de baja ductilidad.
- La impresora 3D del FabLab UNI que se usó para imprimir las probetas eran de dimensiones de impresión igual a 200 mm x 250 mm x 150 mm lo cual no permitió que la probeta de tracción fuera impresa de modo longitudinal sino diagonalmente.
- El espacio de impresión era insuficiente para la impresión del engranaje que era de medidas mayores que el apoyo donde se depositaría el material de PLA.
- Por ello se recurrió a una impresora 3D de terceros para la impresión 3D del piñón y del engranaje.

Aplicaciones de impresiones 3D en Biotecnología



La tecnología de impresión 3D está siendo utilizada. Capas de células vivas son depositadas sobre un medio de gel y superpuestas una sobre otra para formar estructuras tridimensionales. Algunos términos han sido usados para denominar a este campo de investigación, tales como impresión de órganos, bio-impresión e ingeniería de tejidos asistida por computadora, entre otros.



La precisión y la calidad en el ámbito dental son especialmente valoradas, ya que, un puente mal ajustado, por ejemplo, puede llegar a causar fuertes dolores de cabeza, náuseas o serios problemas en la boca. Por ello, los dentistas, ortodoncistas y los laboratorios fabrican y prueban los productos dentales con todo el cuidado y calidad posibles.



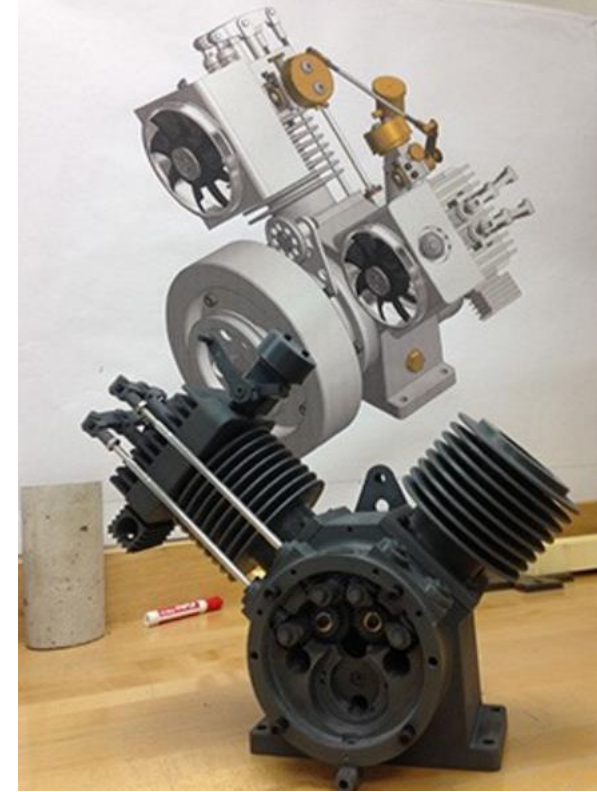
Dado que la **impresión 3D** permite una personalización absoluta, es una tecnología bastante compatible con las necesidades de la **medicina dental**. Por este motivo, cada vez se trabaja más en mejorar técnicas y materiales para aplicarlas a este campo. Referentes españoles de la **impresión 3D** como en este caso Stratasys, investigan, cada vez más profundamente, las posibilidades que ofrece esta técnica de fabricación aditiva a este sector.



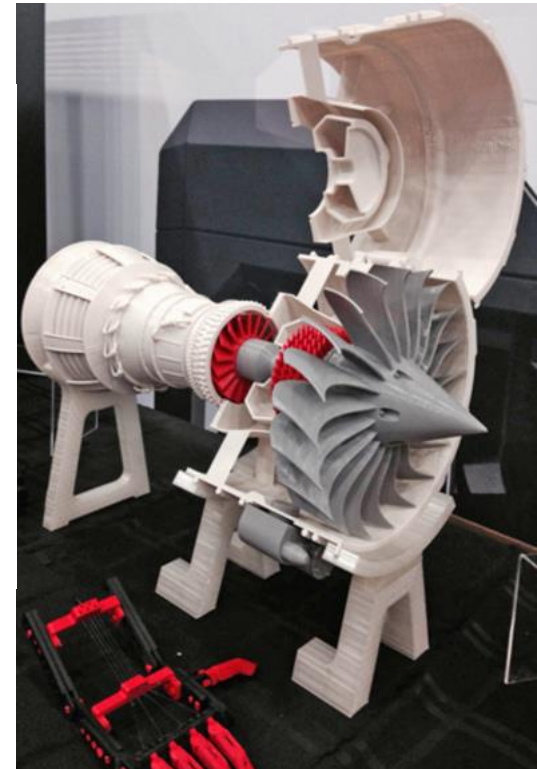
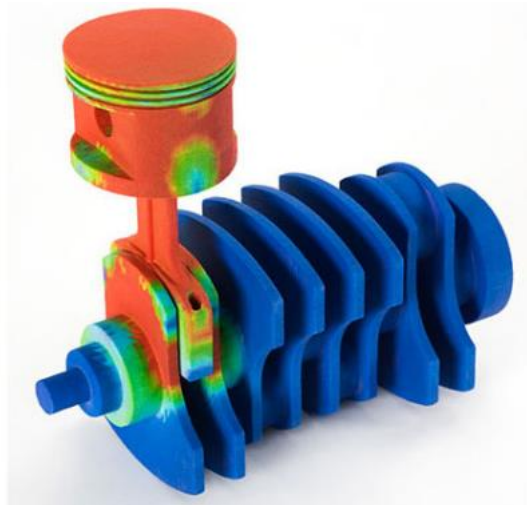
Aplicaciones de impresiones 3D en biomecánica y exoesqueletos



Aplicaciones de impresiones 3D en Ingeniería Mecánica



Aplicaciones de impresiones 3D en Ingeniería Mecánica



Bibliografía y enlaces de interés

<https://www.fayerwayer.com/2013/07/los-7-usos-mas-innov>

<http://ounae.com/25-usos-impresoras-3d-aplicaciones-increibles/adores-de-las-impresoras-3d/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing#Terminology and methods](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing#Terminology_and_methods) (Inglés)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n 3D](http://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D)