

Engranés Gears

Martín Ortiz-Domínguez^a, Arturo Cruz-Avilés^b, Angélica V. Duran-Sarabia^c, Janet Valerio-Delgado^d

Abstract:

In this laboratory practice, the output speed of a gear train will be determined, when a given power is selected, through the gear modulus ($m = D / N$) and the tangential speed ($v = \omega r$), for gearbox design.

Keywords:

Gears, diametrical pitch, rack and pinion, angular velocity, tangential velocity

Resumen:

En la presente práctica de laboratorio se determinará la velocidad de salida de un tren de engranes, cuando se selecciona una potencia determinada, a través del módulo del engrane ($m = D / N$) y la velocidad tangencial ($v = \omega r$), para diseño de caja de velocidades.

Palabras Clave:

Engranés, paso diametral, piñón-cremallera, velocidad angular, velocidad tangencial

Introducción

Los engranajes son juegos de ruedas que disponen de unos elementos salientes denominados “dientes”, que encajan entre sí, de manera que unas ruedas (las motrices) arrastran a las otras (las conducidas o arrastradas). El objetivo de los engranes es transmitir una rotación entre dos ejes con una relación de velocidades angulares constante. Así, se habla de “Par de engranajes, Ruedas dentadas o Engrane” para referirse al acoplamiento que se utiliza para transmitir potencia mecánica entre dos ejes mediante contacto directo entre dos cuerpos sólidos unidos rígidamente a cada uno de los

ejes (ver Figura 1) (Beléndez, et al. 2002; Cengel y Cimbala, 2006; Gere, 2002).

^a Autor de Correspondencia, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ciudad Sahagún, UA EH, Tepeapulco, Hidalgo, México, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4475-9804>, Email: martin_ortiz@uaeh.edu.mx;

^b Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ciudad Sahagún, UA EH, Tepeapulco, Hidalgo, México, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0455-1646>, Email: arturo_cruz8085@uaeh.edu.mx;

^c Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ciudad Sahagún, UA EH, Tepeapulco, Hidalgo, México, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0008-5249>, Email: du419751@uaeh.edu.mx;

^d Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ciudad Sahagún, UA EH, Tepeapulco, Hidalgo, México, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6498-0306>, Email: va419499@uaeh.edu.mx;

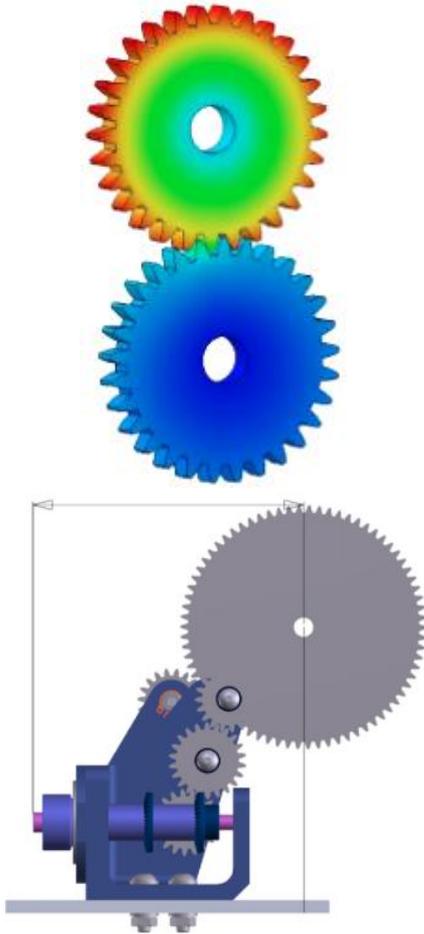


Figura 1. Transmisión e potencia mecánica entre dos ejes mediante contacto directo entre dos engranes.

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo general

Determinar la velocidad de salida de un tren de engranes, cuando se selecciona una potencia de terminada, a través del módulo del engrane ($m = D / N$) y la velocidad tangencial ($v = \omega r$), para diseño de caja de velocidades.

Objetivos específicos

- Determinar el diámetro de paso (D_p) de los diferentes engranes que integran la caja de velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, a través del empleo de un vernier, para determinar el módulo de cada engrane (m).
- Determinar el número de dientes (N) de los diferentes engranes que integran la caja de

velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, a través del conteo directo, para determinar el módulo de cada engrane (m).

- Determinar la velocidad angular de salida (ω) la caja de velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, con ayuda de un tacómetro digital de mano de contacto, para determinar la velocidad tangencial de salida (v).

Aplicaciones prácticas

Caja de velocidades

Para entender el funcionamiento de la caja de cambios o funcionamiento de la caja de velocidades, antes debemos conocer qué es el par motor de nuestro coche. El par motor, también conocido como torque, y que suele darse siempre junto con la cifra de potencia de un propulsor en las fichas técnicas, es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de la transmisión. Es decir, es la fuerza necesaria para que el cigüeñal del motor gire y consiga transmitir el movimiento al resto de los elementos mecánicos necesarios para que el vehículo se mueva. Esta "magia" la realiza la caja de cambios gracias a diversos engranes (ver Figura 2).

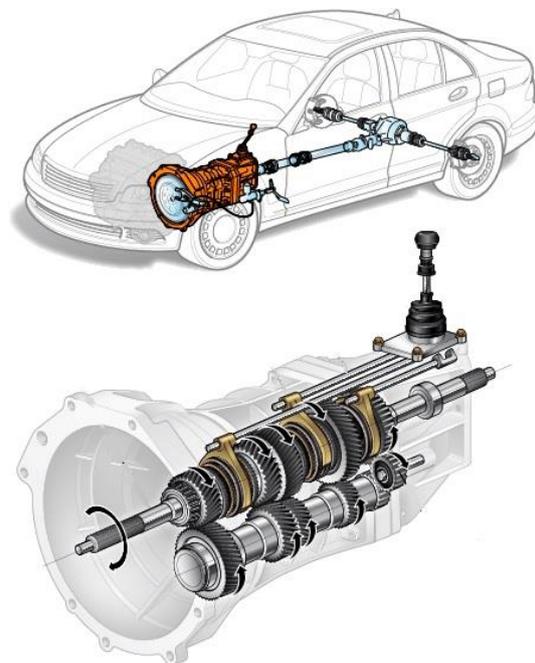


Figura 2. Caja de velocidades de un automóvil.

Fuente: Elaboración propia.

La caja de cambios, o caja de velocidades, se incluye en el sistema de transmisión, que es el sistema que intermedia entre el cigüeñal y las ruedas. Se encarga de transmitir esta fuerza desde el motor a las ruedas de manera correcta. Y hacer, así, que el coche se mueva desde parado, y que una vez en marcha sea capaz de desplazarse luchando contra el rozamiento aerodinámico y de rodadura, pendientes, etc.

Piñón-cremallera

Este sistema está formado por un piñón, rueda dentada normalmente cilíndrica, que describe un movimiento de rotación alrededor de su eje y una cremallera, elemento lineal dentado que describe un movimiento rectilíneo en uno u otro sentido según la rotación del piñón (ver Figura 3). El mecanismo piñón-cremallera permite transformar el movimiento de rotación del piñón en el rectilíneo de la cremallera o viceversa. El funcionamiento es similar al de un engranaje simple, por tanto, la cremallera y el piñón deben tener el mismo paso y el mismo módulo (Beléndez, et al. 2002).



Figura 3. Piñón-cremallera.

Fuente: *Elaboración propia.*

Engranajes planetarios

Un resorte amortigua los efectos

Los engranajes planetarios a menudo se usan cuando el espacio y el peso son un problema, pero se necesita una gran cantidad de reducción de velocidad y torque (ver

Figura 4). Este requisito se aplica a una variedad de industrias, incluidos tractores y equipos de construcción, donde se necesita una gran cantidad de torque para conducir las ruedas. Otros lugares donde encontrará juegos de engranajes planetarios incluyen motores de turbina, transmisiones automáticas e incluso destornilladores eléctricos. Los sistemas de engranajes planetarios pueden producir una gran cantidad de torque porque la carga se comparte entre múltiples engranajes planetarios. Esta disposición también crea más superficies de contacto y un área de contacto más grande entre los engranajes que un sistema de engranaje de eje paralelo tradicional. Debido a esto, en la carga se distribuye de manera más uniforme y, por lo tanto, los engranajes son más resistentes al daño. (Sthyamoorthy, 1998; Timoshenko, 1998; Gere, 1999).



Figura 4. Engranajes planetarios: Es un conjunto de engranajes con el eje de entrada y el eje de salida alineados. Se utiliza una caja de engranajes planetarios para transferir el mayor par en la forma más compacta (conocida como densidad de par).

Fuente: *Elaboración propia.*

Teoría

$$v_s = v_e \quad (1)$$

Velocidad angular de salida

Ejemplo I: En la Figura 5, se presenta un tren de engranes de ejes fijos compuesto por dos engranes (N_e y N_s):

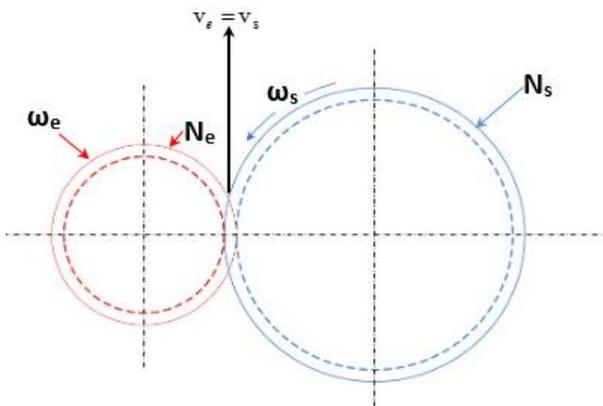


Figura 5. Tren de engranes de ejes fijos compuesto por dos engranes N_e y N_s .

Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura:

ω_e = velocidad de entrada

ω_s = velocidad de salida

N_e = Número de dientes del engrane de entrada

N_s = Número de dientes del engrane de entrada

v_e = velocidad tangencial de entrada

v_s = velocidad tangencial de salida

Si queremos determinar la velocidad de salida del engrane azul (ω_s), debemos conocer la velocidad del piñón (ω_e) (engrane rojo), así como el número de dientes de ambos engranes N_e y N_s respectivamente. Si los engranes están en fase, es decir que estén en contacto la velocidad tangencial para ambos engranes debe ser la misma y sólo esto se cumple cuando los engranes están en contacto, es decir:

Por otro lado, sabemos que la velocidad tangencial también se puede escribir como:

$$v = \omega r \quad (2)$$

Con la idea de la Ec. (2), podemos reescribir la Ec. (1), es decir:

$$\omega_s R^s = \omega_e R^e \quad (3)$$

Para asegurar que los engranes van a estar en contacto o en fase, los módulos deben de ser los mismos, es decir:

$$m_e = m_s \quad (4)$$

En Europa, el método de clasificación consiste en especificar la relación del diámetro de paso con respecto al número de dientes, y a esta relación se le denomina módulo. Por lo tanto, el módulo es el recíproco del paso diametral y se expresa como:

$$\frac{D_e}{N_e} = \frac{D_s}{N_s} \quad (5)$$

Sabiendo que el diámetro es dos veces el radio, la Ec. (5), se transforma en:

$$\frac{2R^e}{N_e} = \frac{2R^s}{N_s} \quad (6)$$

Reduciendo términos:

$$\frac{R^e}{N_e} = \frac{R^s}{N_s} \quad (7)$$

Separando variables:

$$\frac{R^e}{R^s} = \frac{N_e}{N_s} \quad (8)$$

Como deseamos conocer la velocidad de salida, entonces de la Ec. (3), podemos despejar a la velocidad ω_s :

$$\omega_s = \omega_e \frac{R^e}{R^s} \quad (9)$$

Finalmente sustituyendo la Ec. (8) en la Ec. (9), obtenemos:

$$\omega_s = \frac{N_e}{N_s} \omega_e \quad (10)$$

Ejemplo II: En la Figura 6, se presenta un tren de engranes de ejes fijos compuesto por cuatro engranes (N_1, N_2, N_3 y N_4):

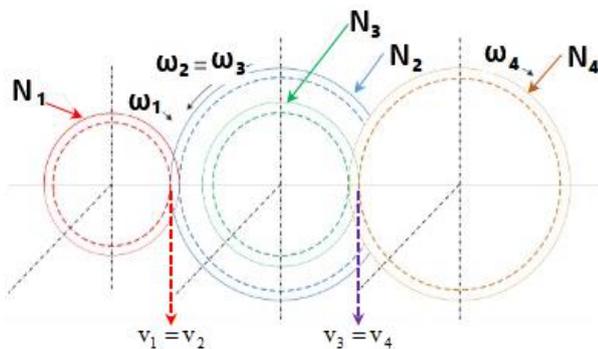


Figura 6. Tren de engranes de ejes fijos compuesto por cuatro engranes N_1, N_2, N_3 y N_4 .

Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura:

ω_1 = velocidad del engrane 1

ω_2 = velocidad del engrane 2

ω_3 = velocidad del engrane 3

ω_4 = velocidad del engrane 4

N_1 = Número de dientes del engrane 1

N_2 = Número de dientes del engrane 2

N_3 = Número de dientes del engrane 3

N_4 = Número de dientes del engrane 4

v_1 = velocidad tangencial del engrane 1

v_2 = velocidad tangencial del engrane 2

v_3 = velocidad tangencial del engrane 3

v_4 = velocidad tangencial del engrane 4

De acuerdo con el ejemplo I, considerando el engrane 1 y el engrane 2, tenemos que la velocidad ω_2 es:

$$\omega_2 = \frac{N_1}{N_2} \omega_1 \quad (11)$$

Ahora considerando el engrane 2 y el engrane 3, tenemos que la velocidad ω_3 es:

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{N_1}{N_2} \omega_1 \quad (12)$$

Entre el engrane 3 y el engrane 4, tenemos que la velocidad ω_4 es:

$$\omega_4 = \frac{N_3}{N_4} \omega_3 = \frac{N_1}{N_2} \frac{N_3}{N_4} \omega_1 \quad (13)$$

Materiales y procedimiento

Esta práctica permite que los estudiantes puedan estimar la velocidad de salida de una caja de velocidades de un mini torno paralelo.



Figura 7. Caja de engranes de un mini torno paralelo Grizzly.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se muestra la caja de engranes en un mini torno paralelo, es un mecanismo compuesto de varios engranajes, que fue inventado y patentado en 1890, que se incorpora a los tornos paralelos y dio solución al cambio manual de engranajes para fijar los pasos de las piezas a roscas. Asimismo conecta el movimiento del cabezal del torno con el carro portaherramientas que lleva incorporado el husillo de rosca cuadrada.

Engranes de la caja

En la Tabla 1 se muestran las características generales de la caja de engranes de un mini torno paralelo Grizzly.

Tabla 1. Características generales de la caja de engranes de un mini torno Grizzly.

Fuente: Elaboración propia.

No. de engrane	No. de dientes	Ancho del engrane	Diámetro exterior
1	45	8.3 mm	48 mm
2	25	8.3 mm	22 mm
3	45	8.3 mm	47 mm
4	20	8.3 mm	22 mm
5	80	8.3 mm	82 mm
6	20	8.3 mm	22 mm
7	80	8.3 mm	82 mm

1.- Tacómetro digital de mano de contacto: es un tacómetro profesional y práctico con amplio tipo de medición y rango (0.5-19999RPM) se utiliza para detectar velocidad de rotación lineal de velocidad o frecuencia del motor. Puede ser ampliamente utilizado en el motor eléctrico ventilador fabricación de papel de la industria de plástico máquinas de lavado de fibra química coche fabricación aviones automóviles y otras industrias.



Figura 8. Tacómetro digital de mano de contacto.

Fuente: Elaboración propia.

2.- Vernier: un instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades.



Figura 9. Vernier.

Fuente: Elaboración propia.

3.- Aceite para lubricar: los lubricantes de la serie 600 de Mobil SHC™ son aceites de excepcional desempeño para engranajes y cojinetes diseñados para proporcionar un servicio sobresaliente en términos de protección de los equipos, de vida útil del aceite y de una operación sin problemas.



Figura 10. Aceite para lubricar.

Fuente: Elaboración propia.

4.- Llaves Allen milimétricas: una llave Allen es una herramienta hecha de acero, a veces de cromo-vanadio, y con forma hexagonal (que tiene seis ángulos y seis lados). Esta herramienta manual se usa con los tornillos con cabeza hexagonal.



Figura 11. Llaves Allen.

Fuente: Elaboración propia.

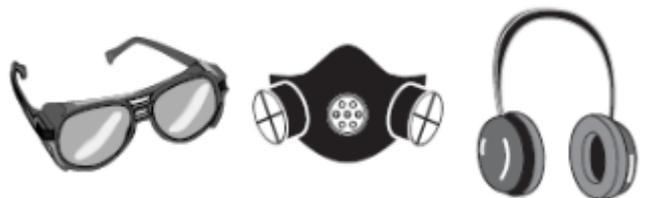
Procedimiento experimental

Equipo de protección individual a utilizar:

- Bata blanca
- Botas de seguridad
- Guantes de látex blandos
- Gafas de protección
- Cubrebocas
- Orejeras de doble cubierta

Advertencia

El uso de esta máquina sin el equipo de protección adecuado podría dañar sus ojos, pulmones y oídos. Utilice siempre gafas de seguridad, un respirador y protección auditiva cuando utilice esta máquina.



El cabello y la ropa sueltos pueden quedar atrapados en la maquinaria y causar lesiones personales graves. Mantenga la ropa suelta y el cabello largo lejos de la maquinaria en movimiento.



Nota

Si nunca antes ha usado este tipo de máquina o equipo, LE RECOMENDAMOS ENCARECIDAMENTE que lea libros, revistas especializadas o reciba capacitación formal antes de comenzar cualquier proyecto. Independientemente del contenido de esta sección.

Controles de velocidad y potencia

Es importante conocer todos los controles del mini torno Grizzly antes de utilizarlo (ver Figura 12).



Figura 12. Controles de velocidad y potencia de un mini torno Grizzly.

Fuente: Elaboración propia.

¡NO cambie la dirección del husillo o del husillo cuando el torno esté funcionando! ¡Se producirán daños en su torno!

1.- Toma de fusible: Contiene el fusible de protección contra sobrecargas.

2.- Dial de control de velocidad variable: Controla el rango de velocidad del husillo de 0 a 2500 rpm.

3.- Conmutador ADELANTE / APAGADO / ATRÁS: Cambia la dirección del husillo de sentido horario / neutral / antihorario. NO cambie de dirección mientras el torno está en funcionamiento.

4.- Botón de PARADA DE EMERGENCIA: Corta la energía al motor cuando está cerrado como se muestra.



Figura 13. Control de rango High/Low, palanca del tornillo hacia adelante/neutro/atrás y carcasa protectora del tren de engranes de un mini torno Grizzly.

Fuente: Elaboración propia.

5.- Control de rango HIGH / LOW: Cambia el rango de velocidad del husillo de rango HIGH, 0 - 2500 rpm a rango LOW, 0 - 1000 rpm.

Nota: ¡NO cambie de ALTO A BAJO mientras el torno está funcionando!

6.- PALANCA DEL TORNILLO HACIA ADELANTE / NEUTRO / ATRÁS: Cambia la dirección de rotación del husillo para operaciones de alimentación o roscado.

Nota: ¡NO cambie la dirección del husillo mientras el torno está funcionando!

7.- Carcasa protectora del tren de engranes.

Procedimiento para llevar a cabo la determinación de la velocidad de salida del tren de engranes. Lee cuidadosamente los siguientes pasos, si tienes alguna duda pregunta a tu docente o encargado de laboratorio correspondiente:

1. Leer el manual teórico de la práctica proporcionado por el docente o encargado de laboratorio para entender los principios fundamentales del sistema mecánico (tren de engranes).
2. Visualizar y conocer todos los componentes del dispositivo (ver Figuras 12 y 13).
3. Identificar todos los componentes del tren de engranes, en la Figura 14, se presenta un esquema del tren de engranes del mini torno Grizzly.

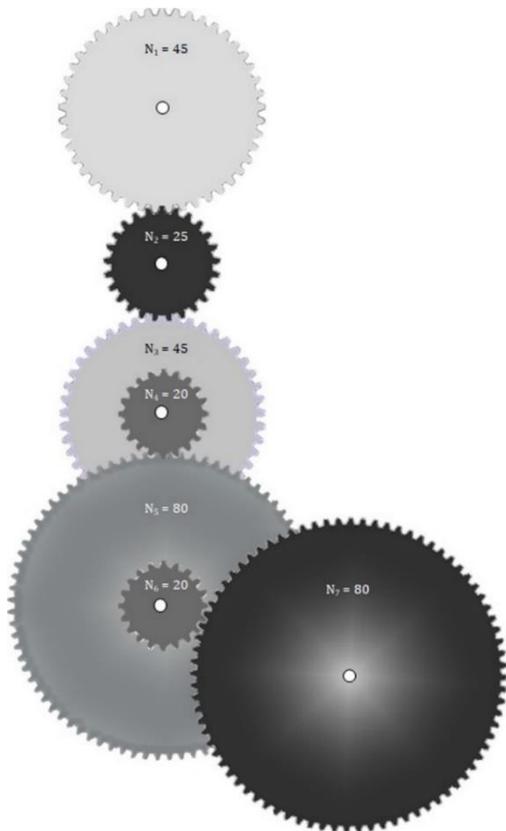


Figura 14. Tren de engranes del mini torno Grizzly.

Fuente: Elaboración propia.

4. Contar el número de dientes de cada engrane que compone el tren de engranes.
5. Con ayuda del dial de control de velocidad variable, seleccione la velocidad de entrada del tren de engranes (1756 rpm).

6. Con ayuda tacómetro digital de mano de contacto, verificar la velocidad de entrada (1756 rpm).
7. Determinar analíticamente la velocidad de salida (ω_7) del engrane N7.
8. Comprobar la velocidad de salida del engrane N7 con ayuda del tacómetro digital de mano de contacto.

Resultados

Nota: Asegurarse de utilizar las unidades del sistema internacional (SI).

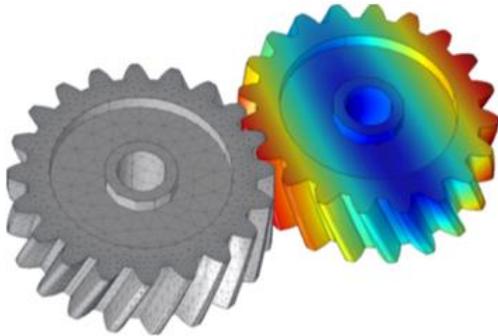
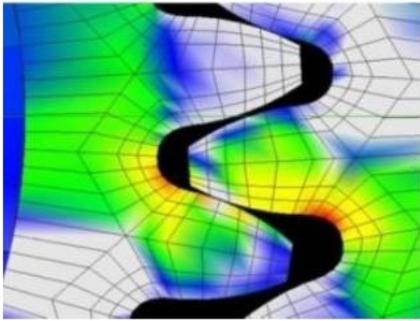
Tabla 2. Datos de la velocidad de entrada (ω_1) y salida (ω_7).

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad de entrada (ω_1) del engrane N1 (rpm)	Velocidad de salida obtenida con el tacómetro del engrane N7 (rpm)	Velocidad promedio de las mediciones del engrane N7	Velocidad teórica de salida del engrane N7
1756	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		

Simulación

Con ayuda del software SolidWorks (es una herramienta simulación CAE multifísico para análisis y simulación por elementos finitos (FEA). Incluye las fases de pre-proceso, resolución y post-proceso en una única plataforma de trabajo. SolidWorks ejecuta análisis a piezas o conjuntos usados en ingeniería y diseño mecánico que están sometidos a uno o varios fenómenos físicos de manera individual o simultánea) se hace una simulación del tren de engranes de la Figura 15.



Referencias

- Beléndez, T., Neipp, C. y Beléndez, A., (2002). Revista Brasileira de Ensino de Física, 24; 399.
- Beléndez, T., Neipp, C. y Beléndez, A., (2002). Eur. J. Phys., 29; 371.
- Çengel, Y. A. and Cimbala, J. M., (2006). *Fluid Mechanics*, Capítulo 5.
- Gere J. (2002). *Mecánica de Materiales*. 5ª edición. Thomson Learning Editores.
- Gere J. y Timoshenko, S. (1998). *Mecánica de Materiales*, Thomson Editores, México.
- Sthymoorthy, M., (1998). *Nonlinear Analysis of Structures*, CRC Press LLC, Boca Raton.
- Timoshenko, S. y Goodier, J. N. (1998). *Theory of Elasticity*, Mc Graw Hill, New York.

Figura 16. Simulación de engranes con SolidWorks.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se determinó teóricamente el diámetro de paso (D_p) de los diferentes engranes que integran la caja de velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, a través del empleo de un vernier, para determinar el módulo de cada engrane (m), además se determinó el número de dientes (N) de los diferentes engranes que integran la caja de velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, a través del conteo directo, para determinar el módulo de cada engrane (m), asimismo se determinó la velocidad angular de salida (ω) la caja de velocidades de un mini torno paralelo Grizzly, con ayuda de un tacómetro digital de mano de contacto, para determinar la velocidad tangencial de salida (V).