

Identificación del Trabajo	
Área:	Aplicaciones mecánicas y mecatrónica
Categoría:	Alumno
Regional:	Santa Fe

Uso de una reducción “Harmonic drive” para aplicaciones económicas de control de movimiento.

Alan Bonetto, Martín Bär.

Universidad Tecnológica Nacional (Lavaisse 610, Santa Fe), Facultad Regional Santa Fe

E-mail de autores: alanbonetto@hotmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Dra. Gloria E. Alzugaray, Co-dirección, Ing. Matías Orué y Coordinación del Trabajo: Téc. Martín Bär, en el marco del proyecto “El laboratorio de Tecnologías aplicadas: Experiencias en contexto para desarrollar competencias en carreras de Ingeniería Mecánica y Eléctrica” Código TEUTIF0004051TC.

Categoría: Becario investigación.

Resumen

El objetivo de este proyecto es el de obtener una reducción económica, de bajo error en la transmisión del movimiento y confiable para poder aumentar el torque de pequeños motores eléctricos, tales como: paso a paso (nema 17 o 23), BLDC, etc.

En este caso, se priorizo una fabricación mediante un método económico para estudiantes de ingeniería o carreras técnicas, o hobbistas del diseño de elementos de máquinas pueda acceder, como por ejemplo la manufactura aditiva (impresión 3D); ya sea para prototipado o uso intensivo. Este dispositivo es de especial aplicación en donde se requiera movimiento controlado con precisión, como automatización y robótica.

Palabras Claves: reducción; económica; impresión; precisión

1. Introducción

El dinamismo actual dentro del sector de las tecnologías para la manufactura de bienes y servicios es cada vez mayor, por lo que el sector de la industria dedicado al diseño y desarrollo de piezas útiles para mecanismos debe procurar no perderle el paso a los avances tecnológicos, más precisamente quienes se suscriben dentro de los campos de la robótica y automatización que van cobrando mayor relevancia al pasar el tiempo, y están cada vez más al alcance de la mano del ciudadano común.

En países como Argentina, donde la situación económica fomenta el entusiasmo y la creatividad para sortear distintos obstáculos técnicos, no podemos relegar lo que el mundo adopta y limitarnos con las tecnologías convencionales, menos eficientes, por las mayores inversiones iniciales que los últimos avances demandan. Sino que debemos buscar caminos alternativos para poder ser competitivos en el mundo.

Lo que se propone humildemente desde este proyecto es contribuir a lo anteriormente mencionado brindando el diseño de un producto de manera gratuita para que cualquiera lo pueda tomar y aplicar

en su maquina o dispositivo sin que el factor económico sea un limitante para la realización de sus ideas.

2. Desarrollo

La reducción armónica o Harmonic drive es un tipo de reducción bastante ingeniosa que se diferencia ampliamente respecto a otras opciones por su principio de funcionamiento. Esto se encuentra bien explicado en la patente de Strain Wave Gear con las múltiples fórmulas que gobiernan la geometría de las piezas. No se expone el tema en ese nivel de detalle en el presente trabajo ya que su nivel de complejidad es elevado y excede al propósito que se le podría dar a la reducción desarrollada en el proyecto ya que los elementos para su fabricación y el presupuesto son los grandes factores limitantes y con simplificaciones de lo anterior se puede llegar a un resultado satisfactorio.

Las patentes que contemplan al mecanismo son US2906143 (Strain wave gear) y la US3214999A (Harmonic drive) cuyo año de publicación es en 1955 y 1965 respectivamente por lo que ya expiraron y no habría problemas legales al usar la idea.

2.1 Componentes.

El diseño consta básicamente de tres conjuntos, que se pueden apreciar en la ilustración 1.



Ilustración 1. Componentes reducción

Mencionados de izquierda a derecha son:

- 1) Corona circular (circular spline): Está fija al motor que será reducido. Posee dientes internos.
- 2) Corona flexible (flex spline): Es la salida de la reducción, por lo que gira a bajas revoluciones. Posee 2 dientes menos que la corona circular y son externos. Debe ser lo suficientemente flexible para poder deformarse, pero torsionalmente rígido para transmitir el torque a la salida.

- 3) Generador de ondas (wave generator): Es la entrada del conjunto, por lo que gira a altas revoluciones. Su función es deformar la corona flexible a la forma de elipse.

En la ilustración 2 se muestra de manera esquemática los tres conjuntos. La diferencia a marcar es con el generador de ondas de la ilustración 1, que si bien ambos generarán dos puntos de engrane, varía la complejidad de la pieza, siendo el de la figura 2 el más sencillo para su fabricación, pero probándolo se pudo ver que genera muchas vibraciones y la deformación de la corona flexible no es la adecuada, generando un momento resistente importante al modificar la forma de esta lo que se traduce en una gran ineficiencia. Por eso en futuras iteraciones probaremos un generador de ondas que se acerque más al de la figura 1 con seis puntos de contacto entre 2 y 3 (ver en ilustración 7) para reducir la diferencia entre la elipse ideal buscado y el que se obtiene, reduciendo las pérdidas de la transmisión.

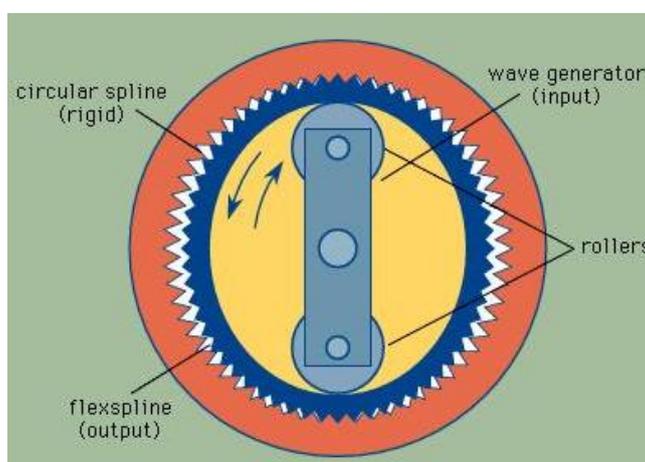


Ilustración 2. Vista interna de la reducción.

2.2 Principio de funcionamiento.

El motor cuyas revoluciones se desean reducir posee su salida fija a 3. Este girara deformando continuamente la corona flexible que tomara la forma de elipse.

En eje mayor de la elipse se producirá el engrane entre los dientes externos de 2 y los internos de 3 transmitiendo la potencia con una reducción que es igual a cantidad de dientes de 1 dividido la diferencia de dientes entre 1 y 2. Esta diferencia es igual a la cantidad de puntos de engrane. En el caso de la elipse son dos, pero también hay casos, aunque raros que se usa un generador de ondas con forma triangular por lo que habría 3 puntos de engrane.

Finalmente, la corona flexible gira solidaria a la salida a las rotaciones ya reducidas. Si bien en esta última se obtiene menor velocidad, el torque crece en igual relación ya que el trabajo se conserva, con la excepción de un pequeño porcentaje de pérdidas que se transforma en calor por ineficiencias en la transmisión.

2.3 Ventajas y desventajas.

A continuación, se mencionarán las ventajas (+) y desventajas (-) del mecanismo comercial, de uso industrial. En el apartado de resultados mencionaremos las que obtenemos con las restricciones y métodos de fabricación seleccionados.

- + Muy poco juego.
- +Grandes reducciones en poco espacio.
- +Pocas piezas que generan un mecanismo de alta confiabilidad.
- +Gran precisión.

- Complejidad para su fabricación.
- Alto costo comparándolo con otros tipos de reducciones.

3. Metodología

Se utilizó la secuencia de pasos normal para el desarrollo de un producto, que consiste básicamente en:

- Estudio del mecanismo de la reducción.
- Búsqueda de referencias de diseños en internet como guía para el desarrollo. Se tuvieron en cuenta múltiples alternativas y se evaluaron sus ventajas y desventajas para poder obtener croquis básicos que nos dieron un punto de partida.
- Una vez definidos los principales aspectos del diseño se procedió al diseño en programas CAD (computer aided design). En este caso utilizamos uno llamado SolidWorks, impartido como herramienta de diseño específicamente en una cátedra de Ing. Mecánica.
- Una vez concretado el diseño se procedió a fabricar mediante impresión 3D las piezas. Obteniéndose un prototipo para probarlo y analizarlo, tomando nota de las fallas y posibles mejoras a realizarse.
- Se realiza un ida y vuelta entre el diseño CAD y el prototipado al retroalimentar con información obtenida de estos últimos mejorando el producto mediante iteración.

Cabe destacar que al ser la mayoría de las piezas impresas en 3D, su costo de fabricación es bajo y la mano de obra en la fabricación es mínima, solo se requiere tiempo en el diseño. Por lo que es de gran viabilidad la verificación del diseño mediante prototipos. En el caso de este proyecto en particular hubo gran cantidad de modificaciones que se dieron por el surgimiento de problemas en la prueba de las partes físicamente pero no eran evidenciables en el modelo CAD.

El material utilizado para las piezas es ABS por ser resiliente y bueno contra el desgaste. Para la corona flexible se utilizó un filamento flexible porque de usar uno rígido, como el ABS se necesitaba mucha fuerza para deformarla y generar el engrane, además al estar sometida la pieza a cargas repetitivas se generaba fatiga en el material y se deslaminaba (separación entre las capas) fallando en servicio.

Hay unas piezas metálicas que deben ser soldadas, pero se intentará en futuras iteraciones de eliminar este proceso ya que, si bien no es nada raro, es algo a lo que no muchos estudiantes tienen acceso. Esto se realizará siempre haciendo un balance entre el costo y los beneficios en cuanto a facilidad de fabricación y funcionamiento obtenidos.

4. Resultados

En las siguientes imágenes se ve el modelo diseñado en computadora en diferentes vistas para su mejor apreciación.

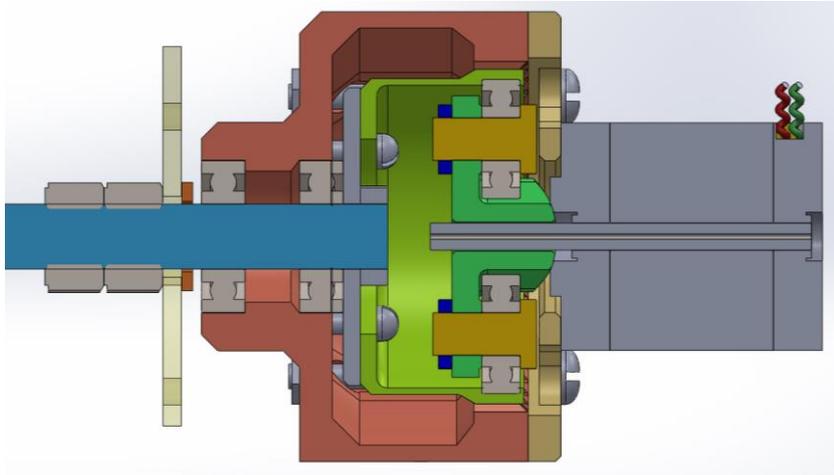


Ilustración 3. Corte ensamblaje

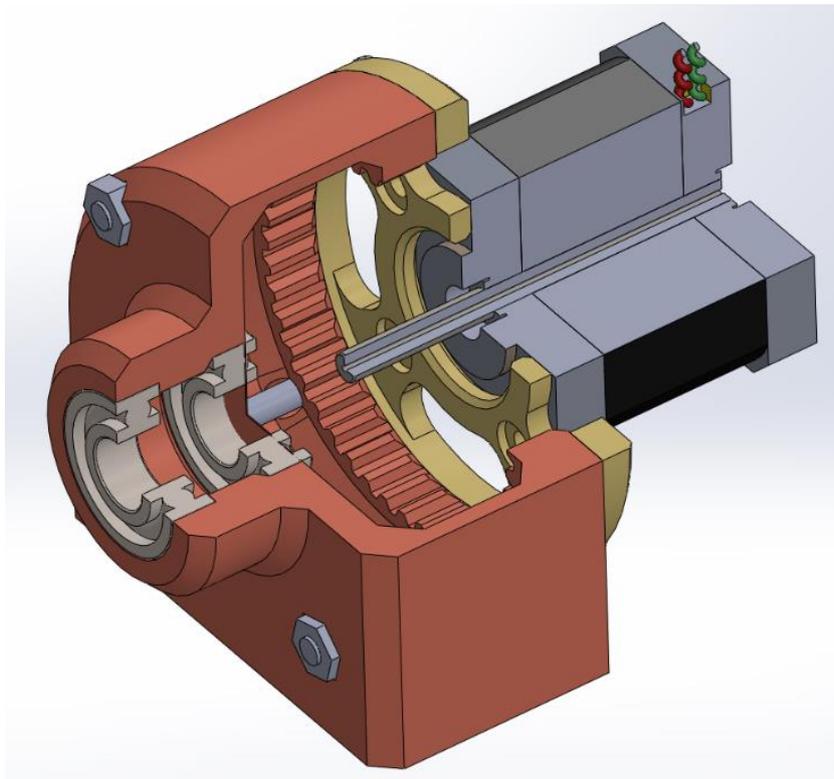


Ilustración 4. Cuerpo exterior con corona fija

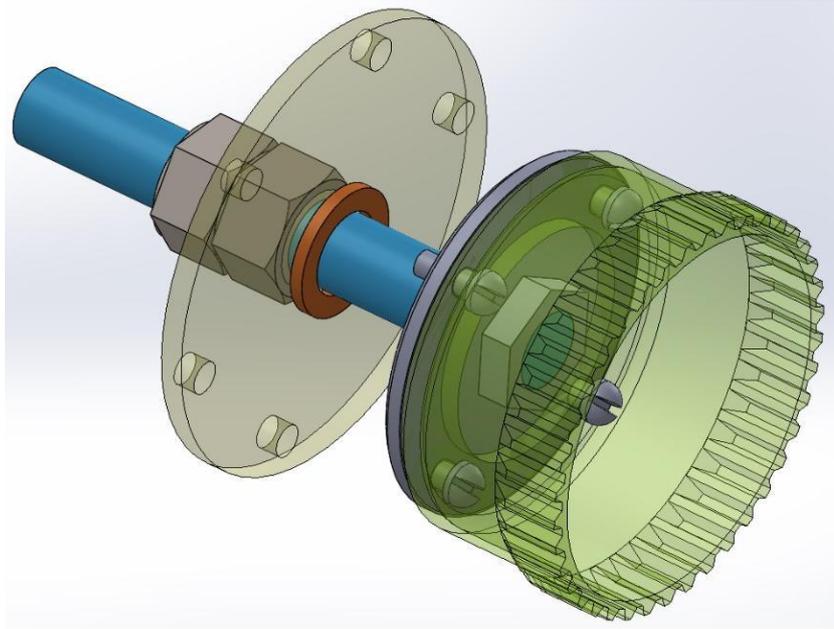


Ilustración 5. Corona flexible con eje sólida.

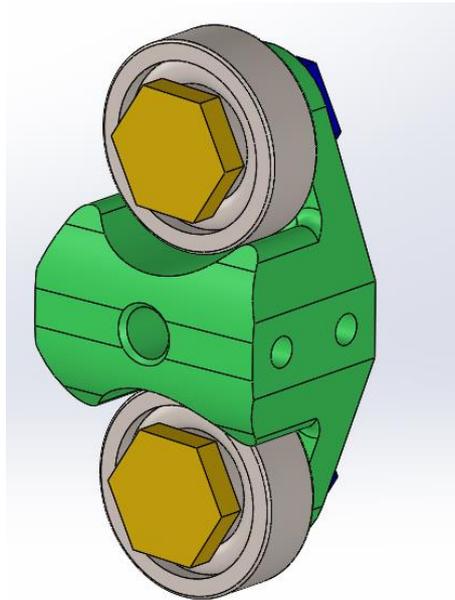


Ilustración 6. Generador de ondas V1

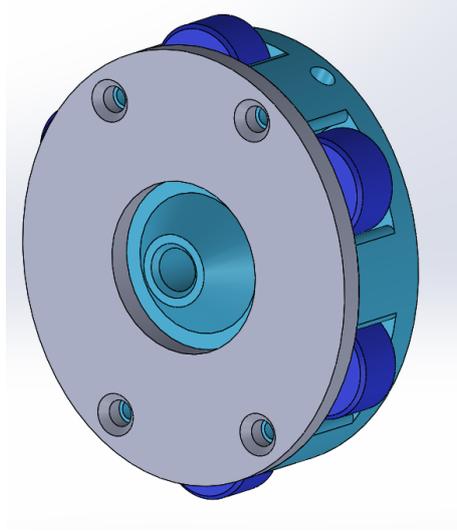


Ilustración 7. Generador de ondas V2

Debajo se pueden observar 2 imágenes del modelo real.

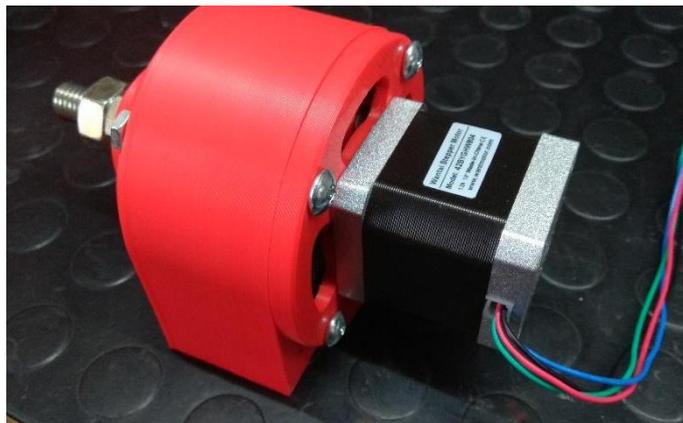


Ilustración 8

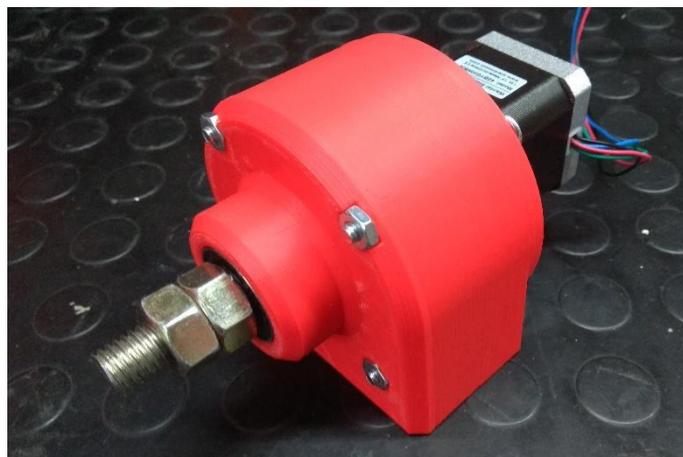


Ilustración 9

El modelo desarrollado genera una reducción 20:1 y en el diseño pueden ser con o sin pedestal, según dónde desee fijarse a la estructura de la máquina donde se utilice. Además, las dimensiones están relacionadas con ecuaciones, por lo que, al cambiar algunos parámetros, como por ejemplo la relación de transmisión necesaria, las dimensiones de las piezas son modificadas automáticamente.

Algunas de las ventajas de esta reducción impresa son.

- Solo hay 2 engranajes, contrario a un tren de engranajes común o epicicloidal en donde se requiere de gran cantidad de engranajes para lograr la misma reducción y los juegos entre engranajes se van sumando generando uno considerable entre la entrada y la salida.
- Contacto de rodadura entre el generador de ondas y la corona flexible. Reduciendo el desgaste. Caso contrario sucede en un tren de engranaje convencional el engranaje pequeño de entrada girara a grandes muchas más revoluciones que los que le continúan en la cadena cinemática. Esto significa un desgaste prematuro de los dientes del engranaje de entrada. También en una reducción tornillo corona, que es una posible alternativa, hay deslizamiento, por lo tanto fricción en su engrane.
- Diseño compacto y práctico para adaptar a una máquina ya diseñada.
- Grandes reducciones en pequeños espacios.
- Costo reducido. Una diferencia importante respecto a otras reducciones armonicas de uso similares que se pueden encontrar en internet es que esta utiliza rodamientos pequeños para el eje de salida, cuyo costo es significativamente menor que los de grandes diámetros utilizados en los modelos de internet, que simplifican algunos aspectos en el diseño pero afectan considerablemente el aspecto económico.

Cabe destacar que el desempeño de esta reducción no es comparable con una industrial, ya que su uso sería en proyectos didácticos o nivel hobbista.

5. Discusión

Si bien todavía hay cosas que mejorar, los avances realizados hasta el momento de presentación de este trabajo podemos decir que, se alcanzaron muchas de las metas mencionadas con antelación y se prevé cumplir el resto.

6. Conclusiones

Aunque no está finalizado el proyecto, se puede decir tiene potencial como un mecanismo que permita a estudiantes y personas interesadas realizar movimientos controlados con precisión con un costo reducido de fabricación y al no necesitar motores y drivers de gran tamaño lo contribuye a elevar los precios. Convirtiendo que el factor limitante no sea lo económico sino lo creativo.

Reconocimientos

Debemos reconocer el soporte tanto económico como intelectual del grupo GIEDI que facilitaron el desarrollo del proyecto al proveer los componentes necesarios para la fabricación de la máquina y su gran predisposición ante los inconvenientes surgidos en el desarrollo del trabajo.

Bibliografía

Las fuentes fueron en su totalidad de internet. No se recurrió a libros o manuales. Y la mayoría de la información salió de fuentes informales como videos de YouTube o foros de aficionados al tema.

- Google patents. Patentes US2906143 (Strain wave gear) y US3214999A (Harmonic drive).
- <https://conedrive.com>
- <https://www.harmonicdrive.net/>
- YouTube
- Foros varios.