



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## REDUCTOR PLANOCENTRICO ESPECIAL EN EL MARCO DE APLICACIONES MECATRÓNICAS

**N. Durakbasa<sup>3</sup>, J.M. Bauer<sup>\*1-3-4</sup>, E. Capuano<sup>1-4</sup> J.M. Perdomo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional FRBA, Grupos Meca-Mecatronica

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional FRBA, Grupo GIAR

, Medrano 960 CABA, correo-e: [Doktorjbauer@yahoo.com.ar](mailto:Doktorjbauer@yahoo.com.ar);

<sup>3</sup> AuM – TU – Wien, Technische Universitaet Wien – Austria.

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora

### RESUMEN

En el desarrollo de aplicaciones mecatrónicas en general y en especial en automatización robótica, los reductores de velocidad cada vez más precisos, de menor backlash (juego de giro-contragiro), más pequeños y para potencias crecientes, son un permanente desafío tecnológico. En robots articulados, los sistemas que más se aplican actualmente son mecanismos de tipo Harmonic Drive o Cyclo Drive. Cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas el uno frente al otro en su esquema de funcionamiento, pero ambos necesitan para trabajar con backlash mínimo de piezas Ultra-Precisas mecanizadas en maquinas especiales. La necesidad de maquinas especiales para la fabricación de los componentes y fundamentalmente las patentes internacionales que protegen su fabricación, implican que ambos sistemas se producen en muy pocos puntos de la aldea global. Los reductores inciden fuertemente sobre los costos de fabricación de cualquier robot articulado, en especial cuantos más grados de libertad – articulaciones controladas posea. En la búsqueda de una solución alternativa de prestaciones similares en cuanto a: relaciones de trasmisión de hasta 200:1 en una etapa, peso, volumen y backlash, se ha desarrollado un nuevo concepto de reductor mecánico, que trabaja íntegramente por rodadura y tiene un conjunto de regulaciones internas que permiten reducir el backlash y fabricar todos sus componentes en maquina convencionales CNC.

El presente trabajo se centra en el principio de funcionamiento publicado en la solicitud de patente, presentada en Austria-Europa por el trabajo conjunto TU-Wien-Austria – UTN-FRBA Argentina, comparándolo el desarrollo en prestaciones y posibilidades con los esquemas Harmonic-Drive y Cyclo-Drive y haciendo especial hincapié en el banco de ensayos y procedimiento para la evaluación dinámica del backlash

**Palabras Claves:** Backlash- Juego en reductores, Robótica – Harmonic drive – Cyclo drive



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

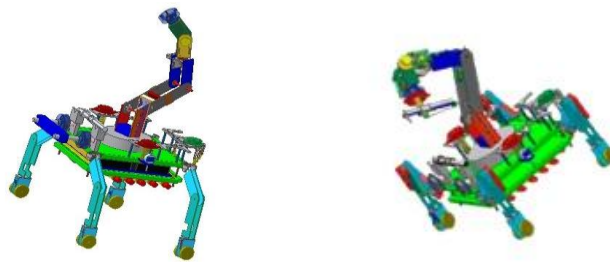
FoDAMI

## 1. INTRODUCCIÓN

La mecatrónica es una disciplina de la ingeniería que integra distintas especialidades, entre las que se nombra generalmente la mecánica, la electrónica y la informática. Independientemente de considerar que la integración que hoy se requiere, y percibe, es de mucho más cantidad de subespecialidades y que la verdadera integración es mucho más que la suma de las partes, es indudable que las tres especialidades nombradas son el eje de la mecatrónica y de la robótica. La electrónica y la informática han tenido un desarrollo exponencial en los últimos 25 años, que sin duda ha impactado en todo los ámbitos de la vida cotidiana y del trabajo en las fábricas. Si nos enfocamos en la robótica industrial o la robótica móvil, en general podemos observar un impulso importante de lo que denominamos la meca-mecatrónica, con exigencia a mayor precisión y fundamentalmente a la miniaturización. En esta dirección se enfoca el desarrollo que pasamos a describir.

### 1.1. El origen del desarrollo

En el marco de las tareas de investigación aplicada en el proyecto binacional Austria-Argentina, se desarrolla la idea de un robot integral para tareas metrológicas de campo, en un entorno industrial. El MFI-Mrobot (Ver Figura N°1) está concebido como robot autónomo, focalizado para tareas metrológicas, aseguramiento de calidad, recolección de datos y evaluación de resultados, para ser aplicado en el marco de teleoperación y tele-presencia en empresas del tipo Multifunction Integrated Factories, PyMEs de base tecnológica y/o áreas calientes (hot áreas). MFI-MRobot es un concepto de unidad autónoma, capaz de moverse en forma independiente de una máquina a otra máquina (o punto metrológico - próxima zona de inspección), tomar una pieza, chequear sus variables principales y transferir los resultados de la medición al sistema de QA (Quality Assurance). [1],



**Figura N° 1** MFI-MRobot dibujado en entorno CAM paramétrico.

El concepto propuesto con el proyecto MFI-MR, es generar una herramienta robotizada para la aplicación de un control capaz de capturar la información relevante de varias máquinas, procesarlas e incorporarlas al sistema de aseguramiento de la calidad. Inclusive en técnicas CEP



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

(control estadístico de proceso) el robot metrológico puede cubrir un número mucho mayor de puestos en un entorno de alta flexibilidad.

La unidad está compuesta de un brazo robótico de siete grados de libertad con un sistema cambiador automático de Gripper/Mano para usar en distintas áreas distintos instrumentales metrológicos o tomar diferentes tipos de piezas. Una plataforma especial permite el traslado del brazo robótico y sus dispositivos complementarios, de una maquina a otra (punto metrológico), ajustar automáticamente su altura para acoplarse geométricamente al equipo a controlar, fijar temporariamente su posición espacial relativa en forma directa a la maquina en la que se acopla y realiza la tarea asignada en el marco del plan inspección-QA. El equipo MFI-MRobot estará provisto de inteligencia independiente para trabajar en forma autónoma y se vinculará vía WI-FI (y otros sistemas inalámbricos) a Internet, para permitir teleoperacion y telepresencia desde una geografía global.

Como robot especial, el equipo MFI-MR posee 22 grados de libertad con articulaciones que permiten movimientos independientes individuales o coordinados. Cada accionamiento está dotado de un servo mecanismo que en función de la lógica general y específica, desarrolla los movimientos asignados como parte del conjunto.

Sobre la base de la gran cantidad de articulaciones servocomandadas que posee el desarrollo, la incidencia en el costo de usar los sistemas tradicionales tipo Harmonic Drive o Cyclo Drive sería muy importante. La necesidad, es sin duda una de las fuentes del ingenio y fue la impulsora para la creación y desarrollo de los dos sistemas de accionamiento de articulaciones que utiliza el MFI-Mrobot. De esta manera, se genero la Patente austriaca PushMePushYou para las patas de la plataforma de traslado y las patentes ante la oficina Argentina IMPI y la oficina de patentes de Austria para los reductores.

Otro impulsor del desarrollo para destacar, es el convencimiento que la universidad pública no debe estar bajo la presión de realizar rápidamente un producto comercial, sino que debe fomentar el desarrollo de toda la tecnología, en especial las piezas claves. El proceso de desarrollo, es tan trascendente como el producto en sí mismo.

La idea central de la fuerte integración de los diferentes grupos de trabajos en coordinación e investigación conjunta, es potenciar el desarrollo e incrementar la experiencia de los diferentes recursos humanos, aportando cada grupo sus mayores saberes específicos y permitiendo la capacitación de colegas, de los otros grupos en temáticas de fuerte complementación.

## **1.2. Reductores especiales en robótica y robótica industrial articulada**

La robótica industrial experimentó y sigue experimentando un crecimiento sostenido en cuanto a cantidad de aplicaciones y sofisticación de los equipos que se aplican. Distintas geometría de



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

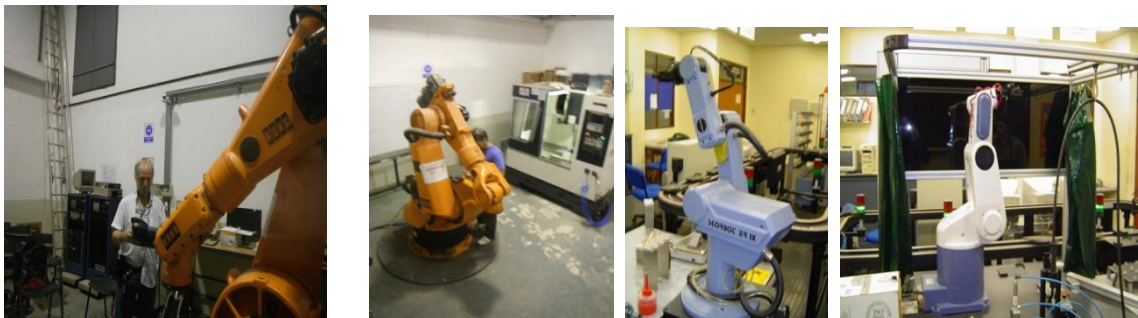


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

robots industriales como ser los cartesianos, scada, esféricos dan paso en forma acelerada a los de tipo angular como son los antropomórficos y los delta. Informática y electrónica siguen siendo un eje clave, pero la mecánica es la que hoy no permite mayores velocidades y prestaciones. Articulaciones libre de juego (backlash mínimo) bajo peso, pequeño volumen, cero vibraciones, son características que se le exigen a los reductores que trabajan sobre cada grado de libertad del robot articulado. El uso de motores eléctricos (de todo tipo) implica que, en la mayoría de los casos, la transformación de la energía eléctrica a mecánica se realiza en una unidad motriz que gira a una velocidad angular muy superior a la que necesita la articulación robótica propiamente dicha. Con ello se recurre a la solución clásica de la mecánica tradicional, es decir, poner un reductor que transforma velocidad en torque, generando a su salida la velocidad angular útil. Podemos observar en la figura N°2 (a) un robot articulado KUKA de 6 grados de libertad, capaz de mover una carga útil de 140 kg en una trayectoria espacial controlada, con una precisión menor a la décima de milímetro. Otra disposición, otro tipo de servo motor, pero idéntico tipo de reductores, se pueden observar en los robots MK3 y ER IX del laboratorio Áulico CIM-Robótica Ver Figura 2 (b)



**Figura N°2 (a)** Robot KUKA –UTN-FRBA **(b)** Robot ER IX y MK3 en el Lab-Aulico CIM-UNLZ

Errores angulares mínimos en sus articulaciones se potencian por el largo de los brazos, generando errores de posicionado muy importantes inadmisibles con el proceso y el trabajo que el robot debe realizar. ¿Que tienen entonces en común robots angulares de características, tecnologías y fabricantes muy dispares como los ilustrados a modo de ejemplo en las figuras? Básicamente reductores de alta precisión del tipo Harmonic drive en estos casos.

No solo robots industriales requieren reductores con las características del Harmonic Drive, también son parte esencial del desarrollo de los tipos exoesqueleto y bípedos robóticos ver Figuras N° 3 + 4



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI



Figura N°3 Exoesqueleto y Bípedo robótico



Figura N° 4 desarrollo UTN-FRBA

## 2. Reductores de alta precisión usados en robótica industrial clásica

### 2. 1. El funcionamiento del reductor Harmonic Drive

El mecanismo *Harmonic Drive* (HD) es un sistema de transmisión de potencia capaz de desarrollar elevadas relaciones de transmisión, aportando al conjunto una elevada exactitud en su posicionamiento, con una relación peso / potencia baja. Fue creado en el año 1955 por Musser [3], y es actualmente aceptado como parte de muchos desarrollos mecatrónicos y componente primario de la gran mayoría de los robots industriales de marca. El *Harmonic Drive* está compuesto por 3 elementos distintos y con funciones bien definidas, como lo son: el *Wave Generator* (WG), el *FlexSpline* (FS) y el *Circular Spline* (CS), elementos se presentan en la Figura N°5. . La configuración básica, consiste en la fijación del *Circular Spline*, que permite una rotación de alta velocidad en el *Wave Generator* y una baja velocidad en el *FlexSpline*.



Figura N°5 . (a) Despiece del HD (b) Ensamblaje de HD típico (c) modo de operación.

#### 2.1.1 El error cinemático en el *Harmonic drive*

En aplicaciones que requieren de alta precisión en la posición, el error cinemático del HD expone los puntos débiles de un modelo de transmisión ideal. Este error de posición ( $\Delta\theta$ ), se calcula restando la rotación a la salida del HD de la rotación de entrada dividida por la relación de transmisión ideal.

En la configuración estudiada, la rotación de entrada del motor es la que imprime el *Wave Generator* al mecanismo, y la rotación de salida es la proporcionada por el *FlexSpline*.

El error está definido principalmente por los errores y tolerancias de fabricación de las piezas, los errores de montaje, la flexibilidad de los componentes y la fricción; y es necesario considerarlo a la



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

hora de conocer la posición exacta de cada uno de los componentes del mecanismo. Los fabricantes *Harmonic Drive Technologies Nabtesco inc - HDsystems* [3], aseguran que se puede lograr una precisión de 0.08 grados es decir 4,8 minutos angulares o 288 segundos angulares. En este tipo de mecanismo, las piezas se construyen con tolerancias milesimales sobre maquinas especiales, esta es una de las razones del elevado costo de estos reductores. Las piezas montadas en el conjunto final no admiten ningún tipo de regulación, por lo que las tolerancias de fabricación y montaje serán externadamente reducidas para que el efecto del sistema integral se comporte con la precisión requerida.

## 2.2. El funcionamiento del reductor Cyclo Drive

El Cyclo Drive es diferente a los mecanismos de transmisión convencionales ya que la transmisión de par se realiza por rodadura pura, mediante numerosos puntos de contacto y su mecanismo no está expuesto a fuerzas de cizallamiento. En comparación con los reductores de engranajes clásicos de tren de engranajes, los Cyclo Drive son más resistentes y pueden absorber mejor choques de carga extremas. Esto se debe a la distribución uniforme de la carga en su mecanismo. Se usan mucho en robots grandes, en especial en las articulaciones que están cerca de la base y que transmiten mayor potencia y torque. En comparación con el sistema Harmonic Drive, logran reducciones mucho menores en una etapa, pero la capacidad de generar un esquema de etapas sucesivas permite llegar a una desmultiplicación total importante. Para su funcionamiento, al igual que los Harmonic drive, se requiere piezas fabricadas con tolerancias milesimales, que por las formas complejas solo se logran con maquinas especiales. Al igual que en el sistema Harmonic Drive descrito anteriormente, en el sistema Cyclo Drive ver Figura N°6 las piezas montadas en el conjunto final no admiten ningún tipo de regulación, por lo que las tolerancias de montaje serán externadamente reducidas para que el efecto del sistema integral se comporte con la precisión requerida

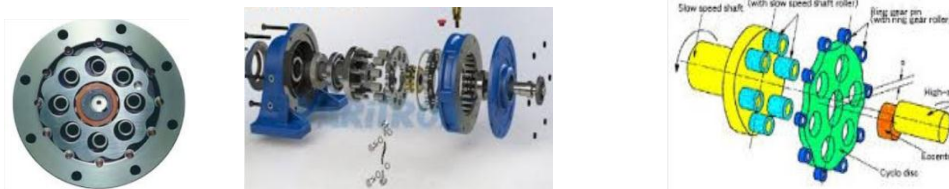


Figura N°6 . Mecanismo de operación y despiece de un Cyclo Drive

## 2.3 Reductores de ultra alta precisión

Sobre la base que tanto en el sistema Harmonic drive como en el sistema Cyclo Drive el comportamiento del conjunto armado depende del sistema, pero también en manera



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

preponderante de la precisión de sus componentes primarios, las empresas proveedoras pueden entregar unidades de ultra-precisión que poseen un comportamiento como conjunto mejor con menor error angular. En general estos conjuntos salen estadísticamente de un lote normal de fabricación. La distribución gaussiana en la evolución de las tolerancias influye también sobre el conjunto completo, con lo cual luego del montaje y ensamble final se ensayan y vuelven a clasificar las unidades completas. Los mejores, surgen de ese modo por distribución y clasificación estadística y logran llegar a una precisión que oscila entre 30 y 20 segundo angulares.

### 3. Reductor planocentrico especial libre de Juego

El nuevo desarrollo que conforma la solicitud de patente IMPI-Argentina + solicitud de patente oficina de patentes Austríaca, y que recibió premio INNOVAR 2012 categoría robótica, está formado por un mecanismo de características diferentes, a los descriptos anteriormente.

El sistema consta de 4 etapas a saber:

1. Desmultiplicación planetaria.
2. Excéntrico regulador del engrane.
3. Transformación del movimiento excéntrico (desmultiplicado) en un movimiento concéntrico colineal con el eje de salida.
4. Sistema de regulación para eliminar juegos internos.

La geometría de las piezas y el mecanismo, admite la fabricación en centros de mecanizados de mediana precisión. El ensamble del conjunto se complementa con rodamientos estándar, que como están montados en piezas regulables no solo permiten una desmultiplicación en esquema de rodadura, sino admite eliminar los juegos en la etapa de armado. Ver figura N° 7

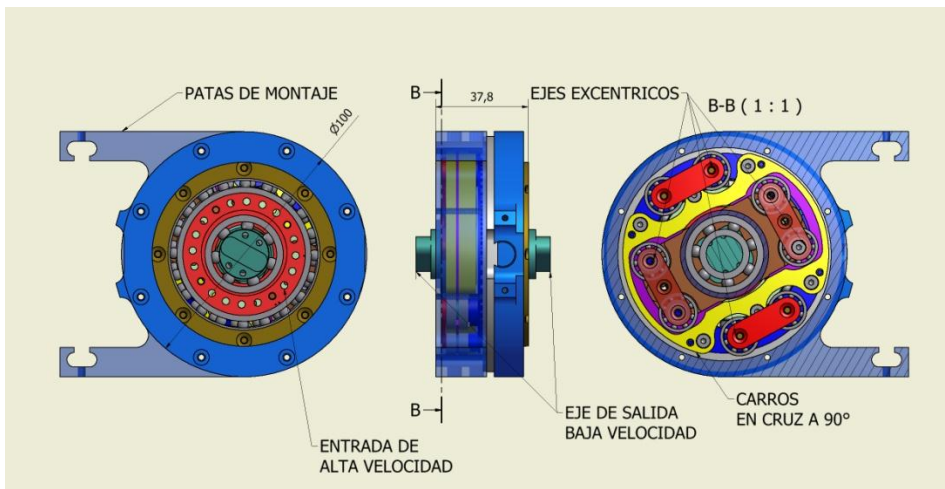


Figura N°7: perspectiva



### 3.1 Desmultiplicación planetaria

Consta de un par de elementos de engrane clásicos (ver Figura N°8), uno con dentado interior engranando con otro de dentado exterior. La cantidad de dientes del dentado interior y la diferencia entre los 2 engranajes, determinan la desmultiplicación total del reductor según la fórmula:

$$DESMULTIPLICACION\ TOTAL = \frac{Z\ ENGRANE\ INTERIOR}{Z\ ENGRANE\ INTERIOR - Z\ ENGRANE\ EXTERIOR}$$

### 3.2 Excéntrico regulador del engrane.

Por medio de dos piezas con idéntica excentricidad (ver figura N°9). El ángulo relativo entre una y otra pieza permite regular la distancia entre ejes de los 2 engranajes, desde colineal (cuando las 2 excentricidades se compensan) hasta un máximo (cuando las 2 excentricidades se suman). El valor teórico de distancia entre ejes de los engranajes, es un valor intermedio entre los 2 límites descriptos. Con esta regulación, se logra encontrar una solución que permita un óptimo engrane, minimizando el backlash entre las 2 piezas en contacto.

Un conjunto de agujeros y roscas desfasados angularmente entre sí, permiten fijar la posición una vez regulada la posición.

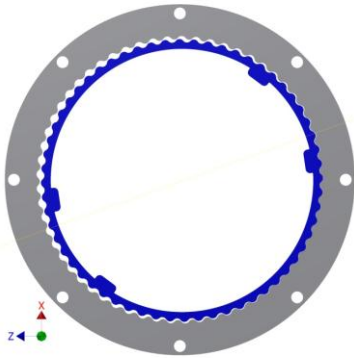


Figura N°8: engranaje interior y exterior

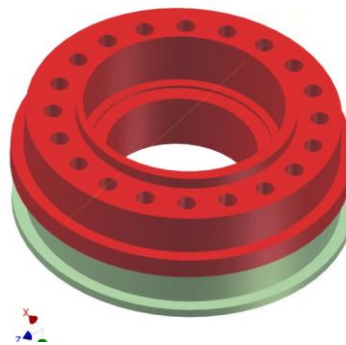


Figura N°9: excéntrico regulador de engrane

### 3.3 Transformación del movimiento excéntrico (desmultiplicado) en un movimiento concéntrico colineal con el eje de salida.

Por medio de un conjunto de carros en cruz a 90° uno respecto del otro (ver figura N°10), se transforma el movimiento desmultiplicado de baja velocidad excéntrico, en un movimiento concéntrico con el eje de salida.

Los carros se desplazan linealmente el uno respecto del otro por medio de rodamientos estándar. Esta rodadura pura, minimiza las pérdidas de potencia y el desgaste de las piezas del mecanismo.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

### 3.4 Sistema de regulación para eliminar juegos internos

Para evitar juegos internos entre las superficies de rodadura del carro en cruz a  $90^\circ$  que aumentarían el backlash, los rodamientos están montados sobre ejes excéntricos (ver figura N°11). Un giro relativo de dichos ejes, produce una precarga sobre los rodamientos que eliminan los juegos internos entre carros.

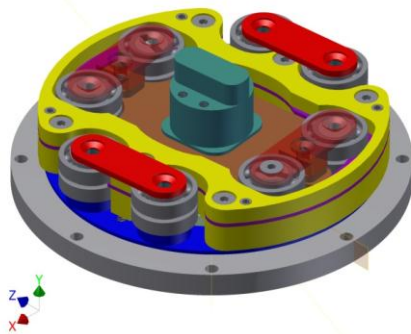


Figura N°10: carros en cruz a  $90^\circ$

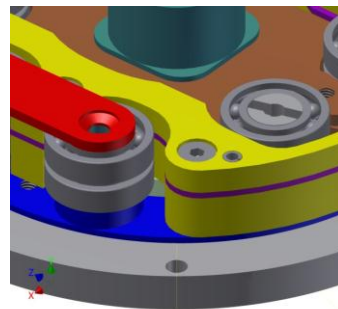


Figura N°11: ejes excéntricos de rodamiento.

## 4- Banco de ensayos y procedimiento para la evaluación dinámica del backlash

### 4.1 Criterios para definir el backlash

Para una rotación suave de marchas en reductores de engranajes clásicos un mínimo juego (backlash) es imprescindible en función del deslizamiento entre flancos de dientes. La figura ilustra el backlash entre dientes de engranajes para reductores clásicos. La normativa ISO, esta armada para reductores clásicos y estructura el backlash sobre el juego de engranaje en la etapa. Ver Figura N°12

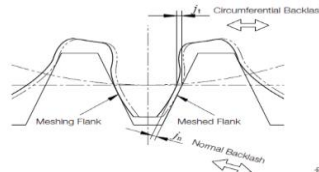


Figura N° 12 Backlash = Juego entre dientes en engranajes clásicos

Sobre la base que los reductores de tipo Harmonic Drive, Cyclo Drive y el Reductor Especial libre de juego trabajan con esquemas muy diferentes del tipo rodadura, se requiere una nueva interpretación del backlash que, a los fines de poder comparar los tres sistemas, la caracterizamos como: el juego total de inversión de marcha en la respuesta del eje de salida, al cambiar el sentido de rotación del eje de entrada.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## 4.2 Microsensores de efecto Hall como encoders absolutos

Para registrar los movimientos angulares de eje de entrada y del eje de salida en los ensayos del reductor especial libre de juego, se utilizó un encoder absoluto formado por un microsensor que trabaja por efecto Hall. Los encoders absolutos son productos de **Austrian Micro Systems AMS** y fueron donados al grupo de investigación-desarrollo. La característica de estos sensores es que, toman en forma absoluta y libre de contacto la posición angular con una resolución de 12 bits por vuelta, lo cual implica saltos de 0,088 grados es decir 5,27 minutos angulares. En cooperación con el grupo GIAR y sus especialistas electrónicos, se desarrolló el montaje de los micro imanes y las micro-placas electrónicas, sobre los ejes de entrada y salida del reductor (ver Figura N°13). El sistema armado y la información que brindan los dos sensores, fue contrastado contra un reductor 1:1, es decir un eje recto, de manera que ambos sensores deben registrar un giro angular idéntico.

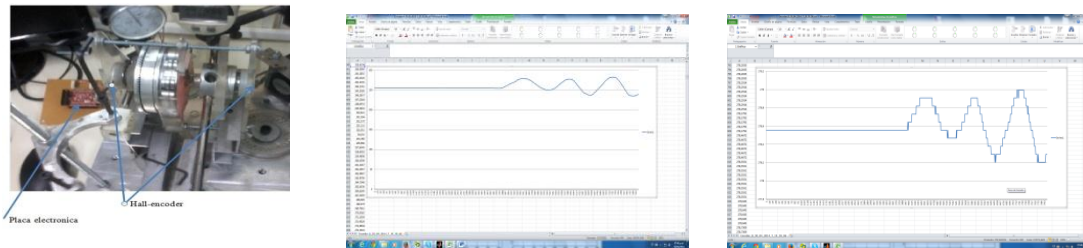


Figura N°13. Microsensores angulares, encoder absoluto por efecto Hall

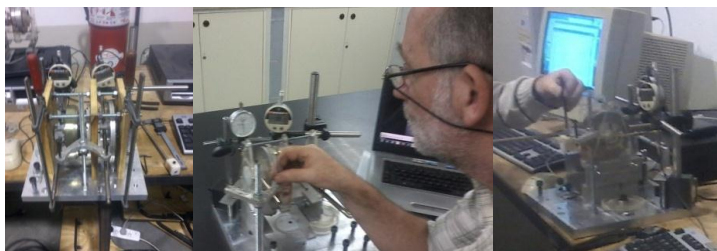
De esta manera, se generaron los gráficos dinámicos entre el eje de entrada del reductor especial (relación 120:1) y el eje de salida, comprobándose que el error no se puede apreciar correctamente, ya que es muy inferior a lo que nos permite medir el sistema metrológico construido sobre micros de 12 bits. A los fines comparativos, se realizaron ensayos análogos con idénticos sensores y metodología, sobre el Harmonic drive de la segunda articulación de un robot antropomórfico estándar, marca Yaskawa modelo MK3. También en esta unidad los errores son menores a los que se puede apreciar con el dispositivo y sensores electrónicos 12 bits descriptos

## 4.3 Triangulación con micrómetro milésimal y captura dinámica de la información en PC

Buscando otros métodos metrológicos más precisos y que permitan contrastar la información, se montaron solidariamente a los ejes de entrada y salida del reductor a ensayar dos barras rectificadas. Perpendicularmente a 100 mm = 100000 micrones se apoyaron micrómetros milésimales digitales cuya información se relevaba en forma computarizada ver Figura N° 14.

De esta manera, por triangulación, se deberían poder medir ángulos de 1/100000 es decir aprox 2 segundos angulares. Considerando las incertidumbres propias del sistema, vibraciones, errores

de apoyo, etc., se considera que los datos obtenidos tienen validez y muestran errores en orden menor a los 15 segundos angulares.



**Figura N° 14** Triangulación con micrómetros milésimales interrogados desde PC

#### 4.3.3 Ensayos en el laboratorio de Micro y Nano metrología de la TU-Wien

Con el objeto de perfeccionar los ensayos, próximamente se realizarán análisis de comportamiento del reductor planocéntrico especial sobre la máquina CMM (metrología por coordenadas) del laboratorio AuM-TU-Wien cuya mesa rotativa permite apreciar correctamente 0,5 seg. Angulares.

### 5. CONCLUSIONES

Sistemas de registro ultra-preciso de giros angulares, son componentes básicos de la robótica de hoy. Las exigencias plantean necesidad de unidades cada día más pequeñas y precisas. El desarrollo descrito, va en esa dirección y el patentamiento internacional obtenido en julio del año 2014 permitirá abrir el conjunto, incorporando a nuevos integrantes y especialidades de la ingeniería al desarrollo de base y el desarrollo de aplicaciones como robots industriales, exoesqueletos o bípedos. Se prevé incorporar en breve los encoders de 14 de AMS y otros sistemas, multiplicando la precisión de retroalimentación. A futuro, se prevé que distintos grupos interdisciplinarios aporten al desarrollo la medición de el rendimiento, torque máximo dinámico, vida útil, desgaste etc. del reductor perfeccionando las partes.

### 6. REFERENCIAS

- [1 ] *Bauer, Jorge, Ferradás, Eugenio , Riepl, David, Laguyás, Hernán*, MFI-MR, Robot autónomo especial de 22 grados de libertad para tareas de metrología autónoma en planta. CAIM 2012
- [2 ] Sistema "Reductor planetario - solicitud de patente IMPI Bauer Cohen" N°Tr. :21134 01/10/2009 14:20:50.987 Ex.: 20090103804
- [3 ] Dennis E. Leon Becerra, Modelamiento computacional en condiciones de hiperelasticidad para el diseño de una transmisión armónica de uso y condiciones generales, Tesis Magíster - Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia, 2012