

Transmisiones y reducciones

Contenido

1. Transmisiones	3
2. Reducciones.....	5
2.1. Reducciones de precisión	6
3. Accionamiento directo	7

1. Transmisiones

Las **transmisiones** son los elementos encargados de llevar el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones.

Dado que un robot mueve su extremo con aceleraciones elevadas, es de gran importancia reducir al máximo su momento de inercia. Del mismo modo, los pares estáticos que deben vencer los actuadores dependen directamente de la distancia de las masas al actuador. Por estos motivos se procura que los actuadores, por lo general pesados, estén lo más cerca posible de la base del robot. Esto obliga a utilizar sistemas de transmisión que trasladen el movimiento hasta las articulaciones, especialmente a las situadas en el extremo del robot. Las transmisiones también pueden ser utilizadas para convertir movimiento circular en lineal o viceversa.

Tabla 1. Sistemas de transmisión para robots

Entrada-Salida	Denominación	Ventajas	Inconvenientes
Circular-Circular	Engranaje (Figura 2)	Pares altos	Holguras
	Tornillo sin fin (Figura 5)	Distancia grande	Deformabilidad
	Correa dentada	Distancia grande	Ruido
	Cadena	-	Giro limitado
	Paralelogramo (Figura 1)	-	Deformabilidad
Circular-Lineal	Cable		
	Cremallera (Figura 2)	Poca holgura	Rozamiento
Lineal-Circular		Holgura media	Rozamiento
	Biela-Manivela (Figura 3)	-	Control difícil
	Cremallera (Figura 2)	Holgura media	Rozamiento

También existen robots industriales con **acoplamiento directo** entre accionamiento y articulación. Se trata de casos particulares. Lo normal en los robots industriales actuales son los sistemas de transmisión junto con reductores para el acoplamiento entre actuadores y articulaciones.

Un buen sistema de transmisión debe cumplir una serie de características básicas: *tamaño y peso reducidos, sin juegos u holguras considerables y con transmisiones de gran rendimiento.*

Las transmisiones para robots más frecuentes se recogen en la **Tabla 1**. La clasificación se ha realizado en base al tipo de movimiento posible en la entrada y la salida: lineal o circular. También quedan reflejadas algunas ventajas e inconvenientes propios de los sistemas de transmisión. Entre ellas cabe destacar la **holgura o juego**. Es muy importante que el sistema de transmisión a utilizar no afecte al movimiento que transmite, ya sea por el rozamiento inherente a su funcionamiento o por las holguras que su desgaste pueda introducir. También hay que tener en cuenta que el sistema de transmisión sea capaz de soportar un funcionamiento continuo a un par elevado y, a ser posible, entre grandes distancias.

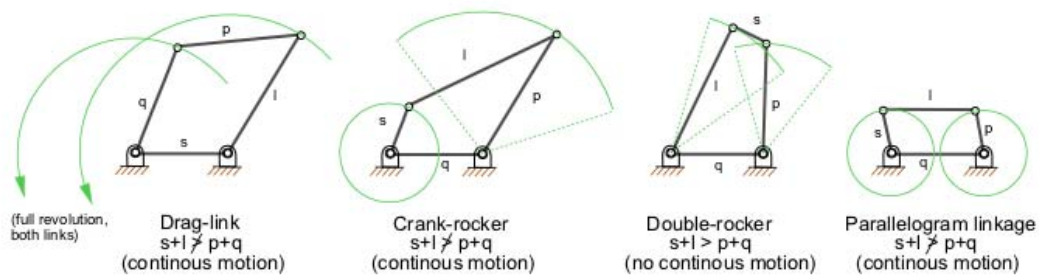


Figura 1. Paralelogramo (circular-Circular)

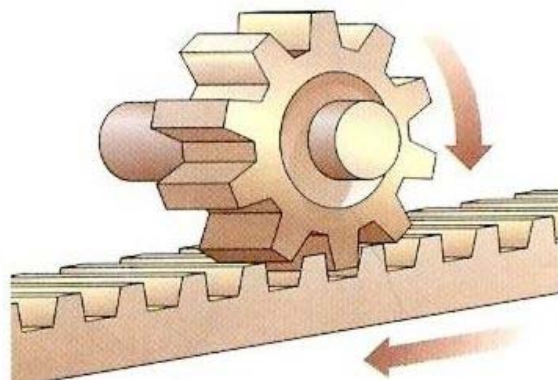


Figura 2. Cremallera (Cicular- Lineal)

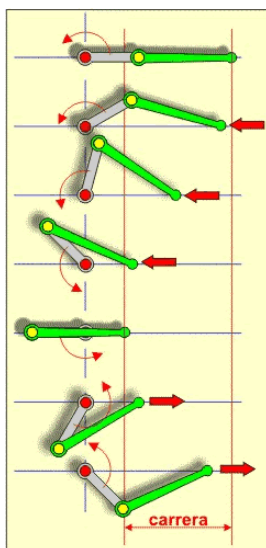


Figura 3. Biela-Manivela (Lineal- Circular y circular lineal)



Figura 4. Paralelogramo (Lineal-lineal)

Las transmisiones más habituales son aquellas que cuentan con movimiento circular tanto a la entrada como a la salida. Incluidas en éstas se hallan los **engranajes**, las **correas dentadas** y las **cadenas**.

2. Reducciones

Las **reducciones** son las encargadas de adaptar el par y la velocidad de la salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento de los elementos del robot.

Existen determinados reductores usados de manera preferente en los robots industriales ya que tienen unas condiciones de funcionamiento muy restrictivas. Ello viene motivado por las altas prestaciones que se le piden al robot en cuanto a precisión y velocidad de posicionamiento. La Tabla 2 muestra valores típicos de los reductores para robótica actualmente empleados.



Figura 5. Engranajes exterior y interior, y tornillo sin fin

El objetivo es disponer de reductores de *bajo peso, reducido tamaño, poco rozamiento y que al mismo tiempo sean capaces de realizar una reducción elevada de velocidad en un único paso*. Se tiende también a minimizar su momento de inercia, de influencia negativa en el funcionamiento del motor. Por motivos de diseño los reductores tienen una velocidad máxima de entrada admisible que suele aumentar a medida que disminuye el tamaño del motor. También existe una limitación en cuanto al par de salida nominal permisible (T_2) que depende del par de entrada (T_1) y de la relación de transmisión a través de la relación:

$$T_2 = \eta T_1 \omega_1 / \omega_2$$

donde el rendimiento (η) puede llegar a estar cerca del 100 % y la relación de reducción de velocidades (ω_1 = velocidad de entrada, ω_2 = velocidad de salida) usualmente varía entre 50 y 300.

Tabla 2. Características de reductores para robótica

Características	Valores típicos
Relación de reducción	50 - 300
Peso y tamaño	0.1 -30 kg
Momento de inercia	10^{-4} kg m ²
Velocidades de entrada máxima	6000 - 7000 rpm
Par de salida nominal	5700 Nm
Par de salida máximo	7900 Nm
Juego angular	0 - 2 "
Rigidez torsional	100 - 2000 Nm/rad
Rendimiento	85 % - 98 %

Puesto que los robots trabajan en ciclos cortos que implican continuos arranques y paradas es de gran importancia que el reductor sea capaz de soportar *pares elevados* puntuales. También se busca que el **juego angular o backlash** sea lo menor posible. Éste se define como *el ángulo que gira el eje de entrada cuando se cambia su sentido*

de giro sin que llegue a girar el eje de salida. Por último, es importante que los reductores para robótica posean una alta **rigidez torsional**, definida como el *par* que hay que aplicar sobre el eje de salida para que, manteniendo bloqueado el de entrada, aquél gire un ángulo unitario.

2.1.Reducciones de precisión

Precision Gearheads

Planetary Gearheads

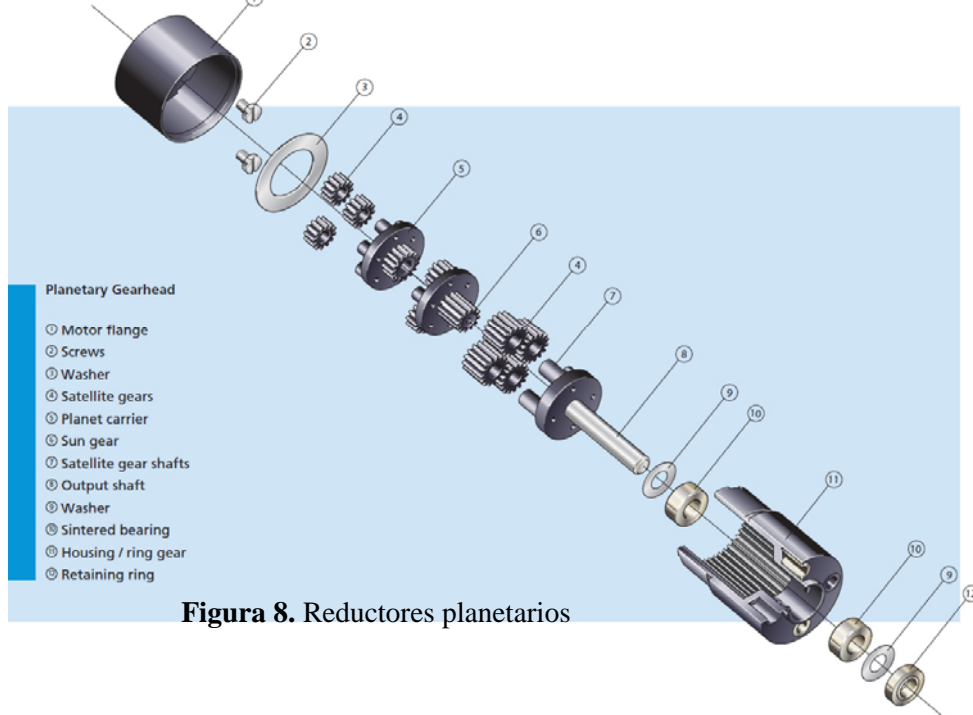


Figura 8. Reductores planetarios

Precision Gearheads

Spur Gearheads

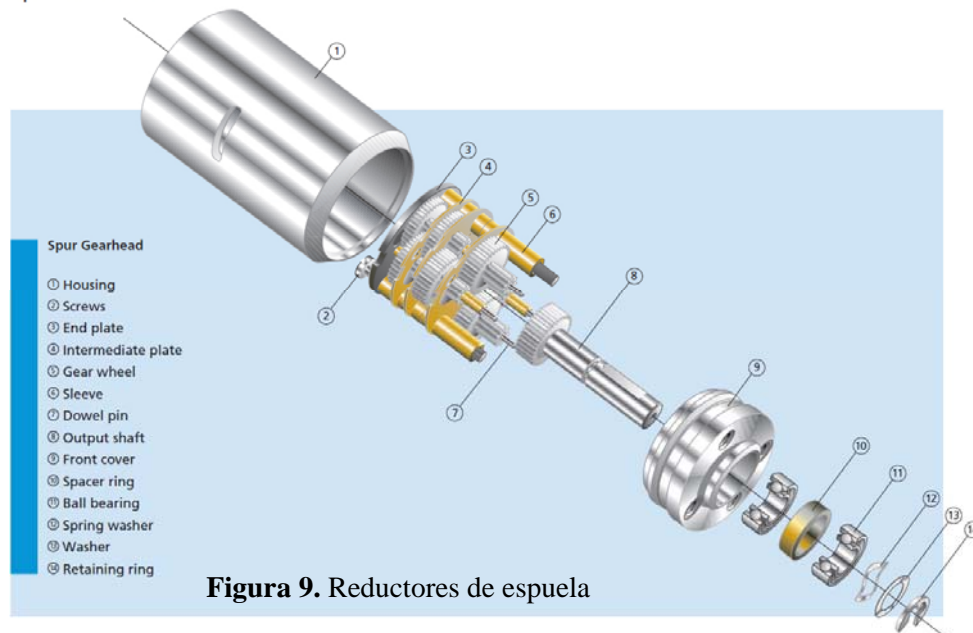


Figura 9. Reductores de espuela

3. Accionamiento directo

Existen en el mercado robots que poseen **accionamiento directo** (*Direct Drive DD*) en los que el eje del actuador se conecta directamente a la carga o articulación, sin la utilización de un reductor intermedio.

Este tipo de accionamiento sirve para aplicaciones que exigen combinar *gran precisión con alta velocidad*, ya que los reductores introducen una serie de efectos negativos, como son juego angular, rozamiento o disminución de la rigidez del accionador, que pueden impedir alcanzar los valores de precisión y velocidad requeridos.

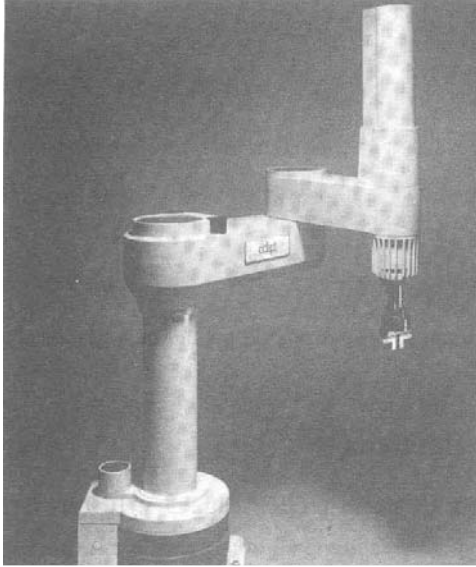


Figura 6. Accionamiento directo

Las principales ventajas que se derivan de la utilización de accionamientos directos son las siguientes:

- *Posicionamiento rápido y preciso*, ya que se evitan los rozamientos y juegos de las transmisiones y reductores.
- Aumento de las posibilidades de *controlabilidad* del sistema, a costa de una *mayor complejidad*.
- *Simplificación del sistema mecánico* al eliminarse el reductor.

El principal problema que existe para la aplicación práctica de un accionamiento directo radica en el motor a emplear. Debe tratarse de motores que proporcionen un *par elevado* (unas 50-100 veces mayor que con reductor) a bajas

revoluciones (las de movimiento de la articulación) manteniendo la máxima rigidez posible. La necesidad de usar motores muy complejos encarece notablemente el sistema de accionamiento¹.

Otra cuestión importante es la propia cinemática del robot. Colocar motores, generalmente pesados y voluminosos, junto a las articulaciones, no es factible para todas las configuraciones del robot debido a las inercias que se generan. La configuración SCARA (en la **Figura**) es la más adecuada para estos casos.

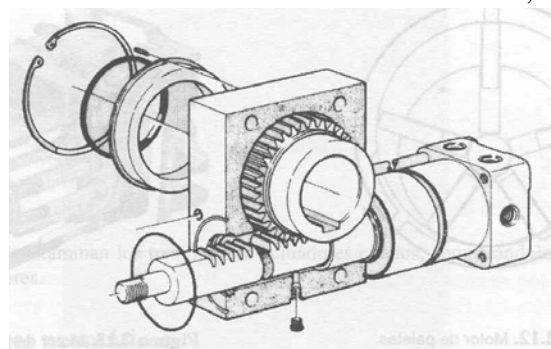


Figura 7. Sistema de piñón-cremallera.

¹ Entre los motores empleados para accionamiento directo se encuentran los motores síncronos y de continua sin escobillas (*brushless*), ambos con imanes permanentes fabricados con materiales especiales (samario-cobalto). También se utilizan motores de inducción de reluctancia variable.