

# Acoples

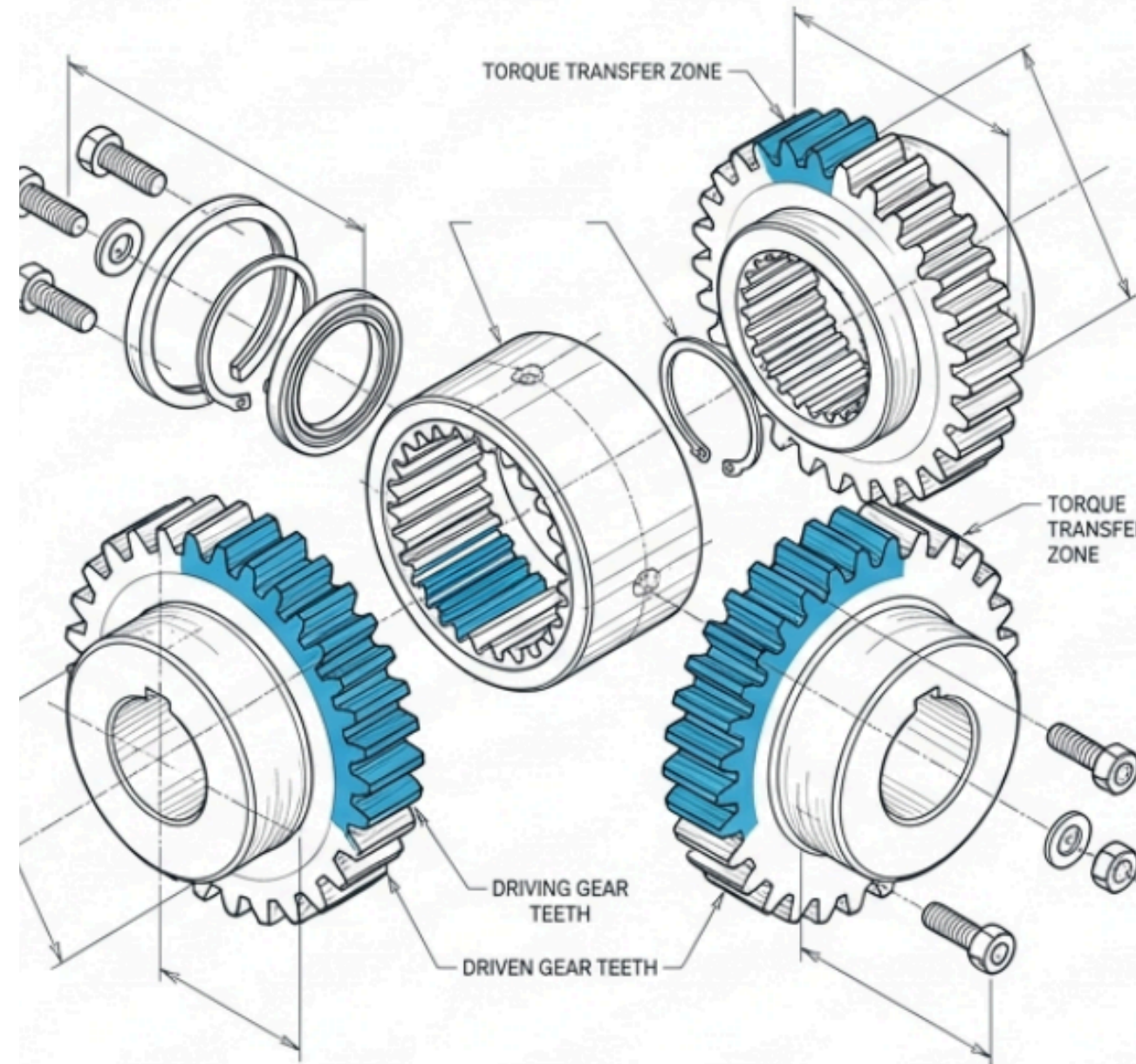
Profesor: Ing. Israel Chaves Arbaiza

Curso: Elementos de Máquinas II



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

EIM Escuela de  
Ingeniería Mecánica

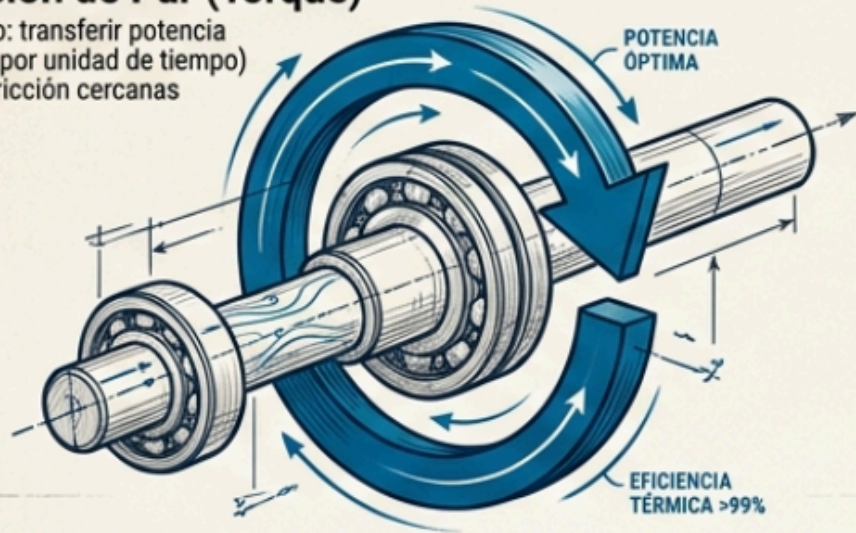


EXPLODED VIEW: GEAR COUPLING ASSEMBLY  
DWG NO. A-401 REV. A DATE: 2024.10.27

# Diseño y funcionalidad

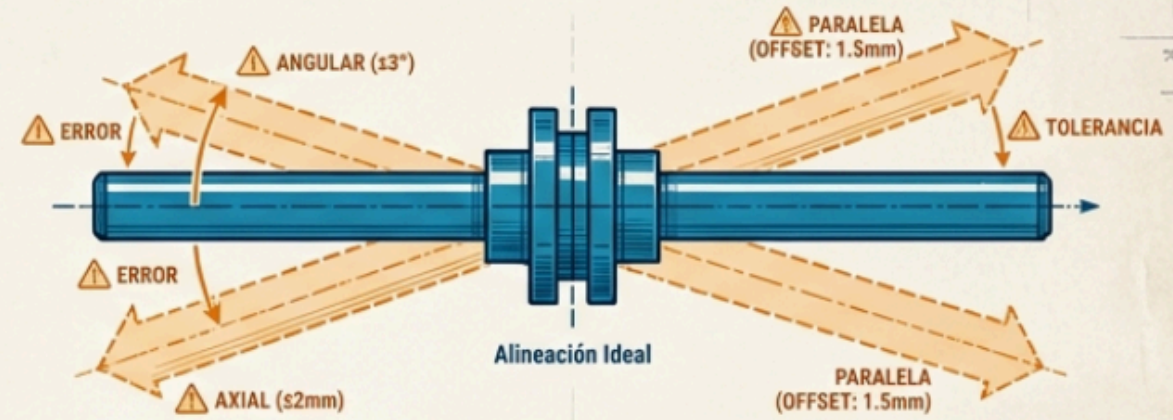
## 1. Transmisión de Par (Torque)

El objetivo primario: transferir potencia mecánica (trabajo por unidad de tiempo) con pérdidas por fricción cercanas a cero.



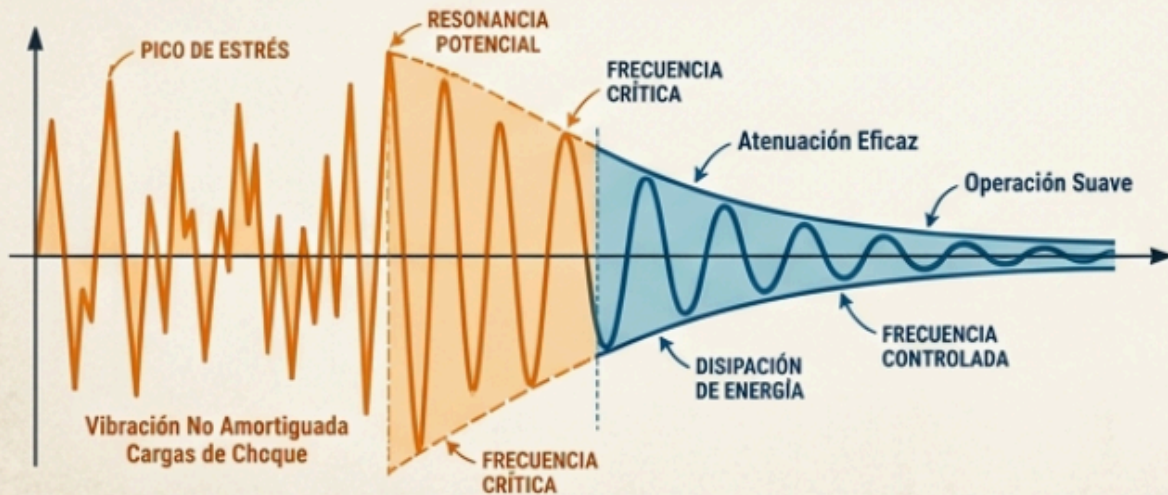
## 2. Compensación de Desalineación

Absorción de tolerancias de montaje y expansión térmica transversal/longitudinal.



## 3. Amortiguamiento de Vibraciones

Reducción de cargas de choque y atenuación de frecuencias naturales que pueden llevar a la resonancia.



## 4. Protección de Equipos

Prevención de fallas por fatiga en cojinetes y ejes al evitar fuerzas flectoras y de empuje no planificadas.



## Sistemas de Conexión de Ejes



### Acoples Rígidos

Sin capacidad de desalineación.  
Alta capacidad de par.



### Acoples Flexibles

Absorben desalineación y  
movimiento axial.

### Mecánicos

Engranajes, Cadena, Malla.  
Requieren lubricación; flexibilidad  
por holgura y deslizamiento.

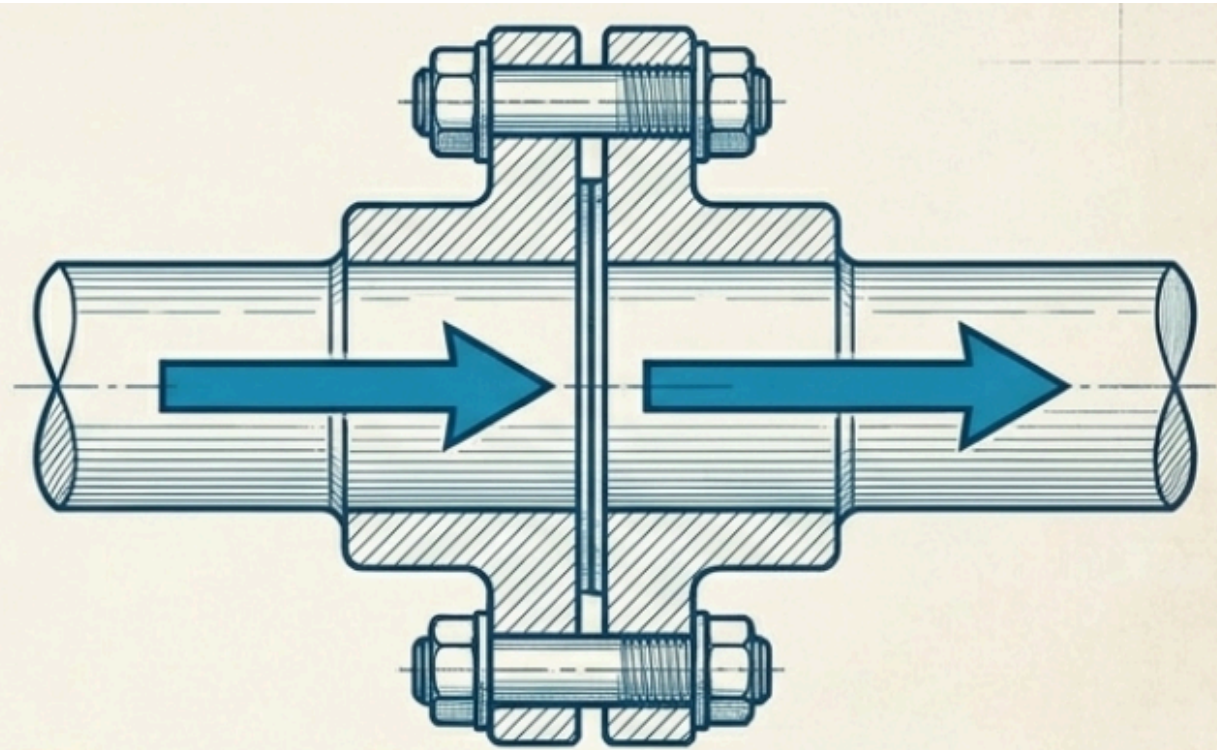
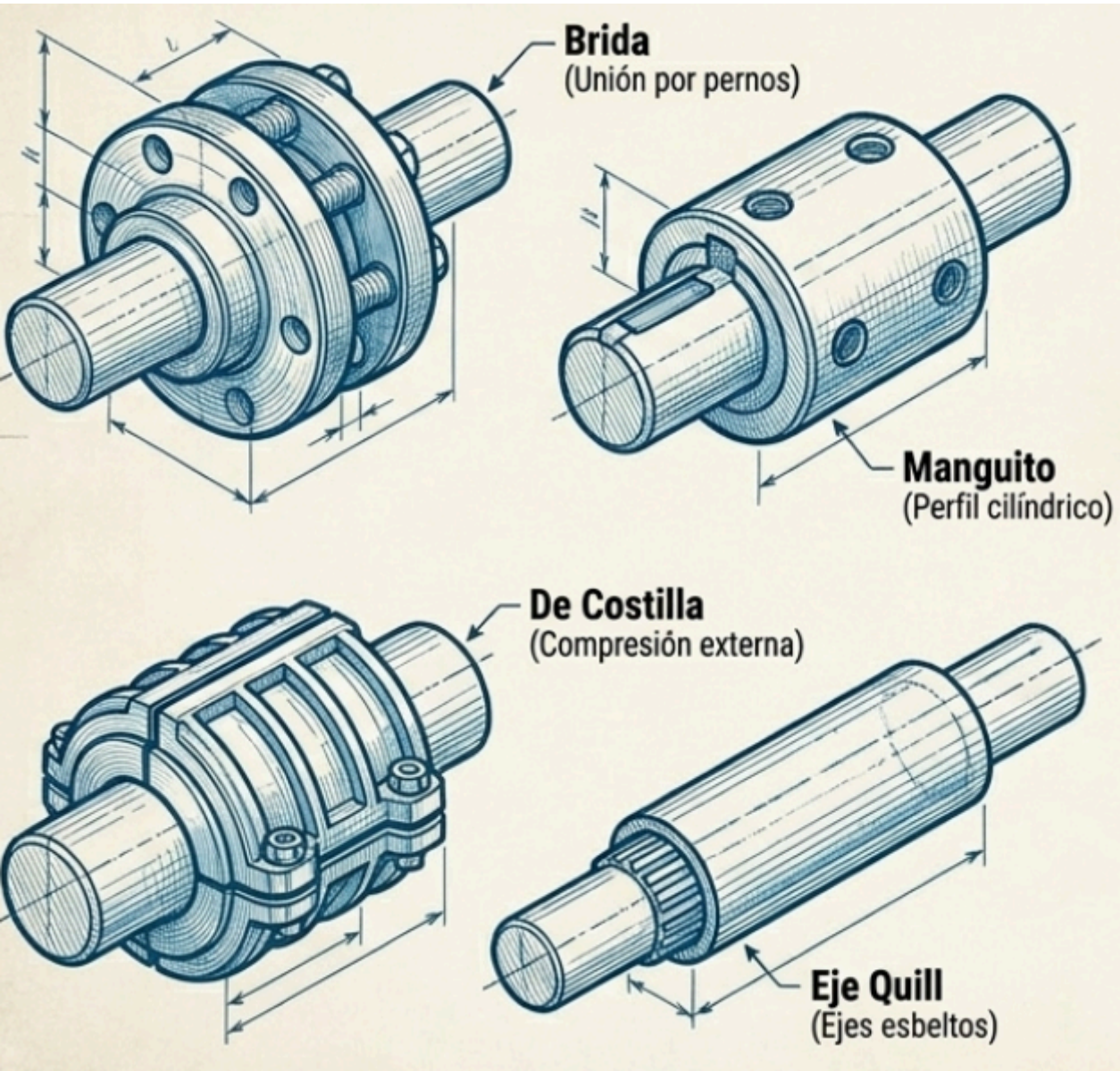
### Elastoméricos

Compresión, Corte.  
Sin lubricación; flexibilidad por  
deformación de polímeros.

### Metálicos

Membrana, Disco.  
Sin lubricación; flexibilidad por  
flexión elástica del metal.

# Acoples rígidos



## ¡ADVERTENCIA DE DISEÑO!

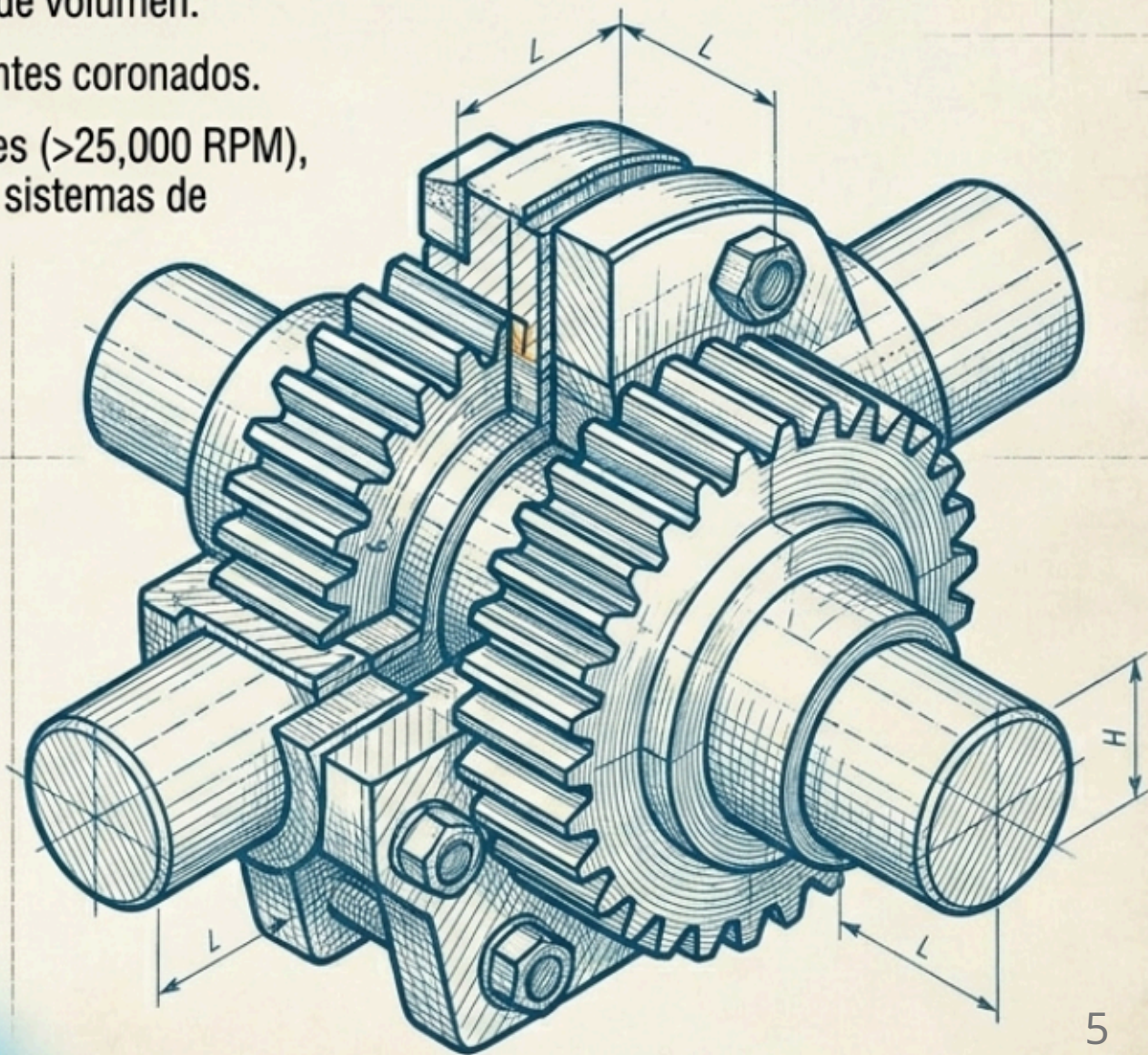
**Tolerancia cero a la desalineación.** Si se instala entre ejes desalineados, el acople actuará como una palanca, imponiendo fuerzas flectoras destructivas que causarán fatiga prematura en los rodamientos.

**Uso ideal:** Bombas verticales o transmisiones montadas en bases de altísima rigidez.

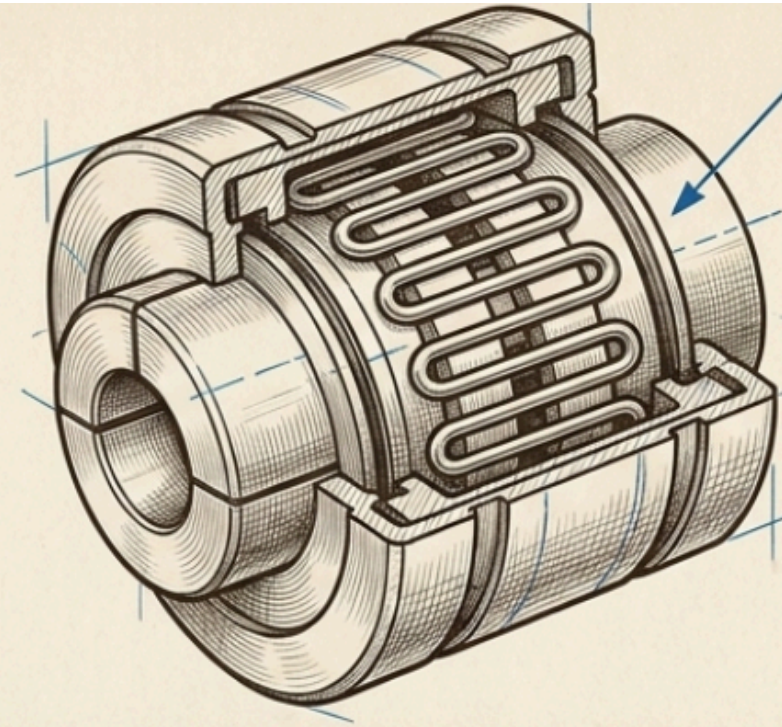
# Acoples de engranes

- **Densidad de Potencia:** Máxima transmisión de torque por unidad de volumen.
- **Cinemática:** Funcionamiento por el deslizamiento continuo de dientes coronados.
- **El Factor Crítico:** Requiere lubricación rigurosa. A altas velocidades ( $>25,000$  RPM), las fuerzas centrífugas separan los aditivos de la grasa, exigiendo sistemas de aceite circulante.

Holgura angular



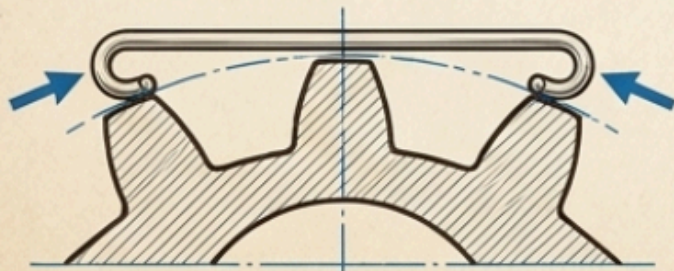
# Acoples tipo Malla: Amortiguamiento pasivo



Requiere retención de grasa lubricante mediante una cubierta particionada.

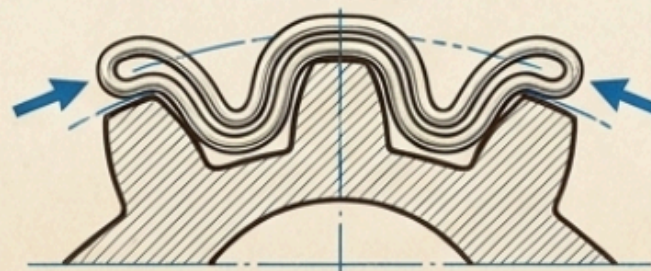
## Fase 1: Carga Ligera

El contacto ocurre solo en los extremos de los dientes. Tramo libre máximo.



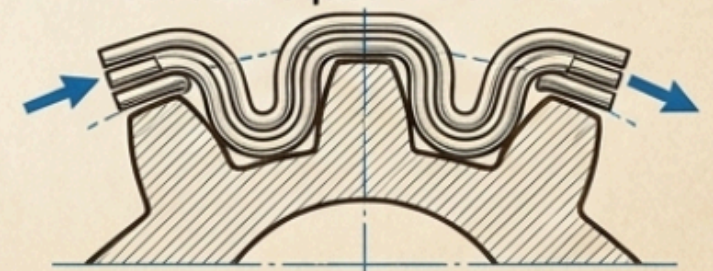
## Fase 2: Carga Normal

El resorte se deforma elásticamente, acortando su tramo libre y amortiguando la vibración.



## Fase 3: Choque Severo

El resorte toca las caras en toda su longitud, actuando como transmisión directa. Reduce choques entre 10-30%.

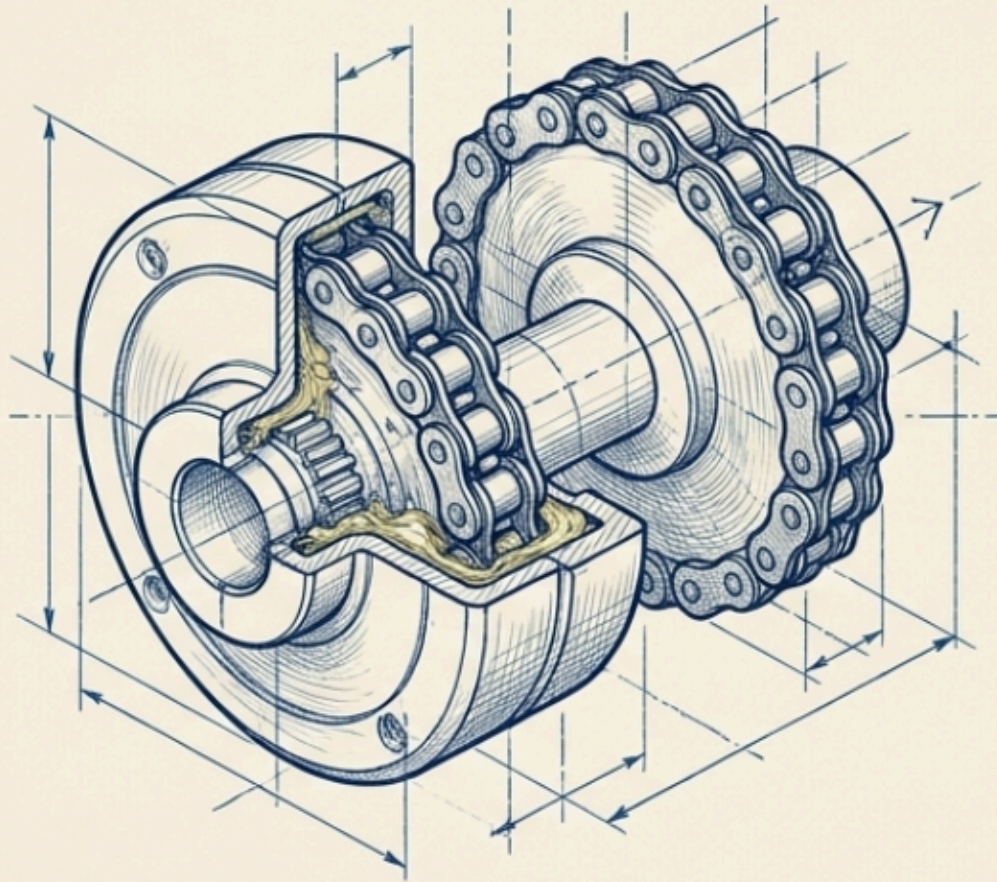


# Acoples de cadena: Robustez mecánica

## Cadena de Rodillos Doble (Roller Chain)

⚙️ **Mecanismo:** La holgura natural entre los rodillos y los dientes de la catarina permite la flexibilidad angular y paralela.

⚙️ **Perfil:** Robusto, extremadamente simple de instalar. Ideal para aplicaciones de alto par y bajas revoluciones.



Ambos sistemas requieren una cubierta hermética rellena de grasa para prevenir el desgaste por fricción y contener la fuerza centrífuga.

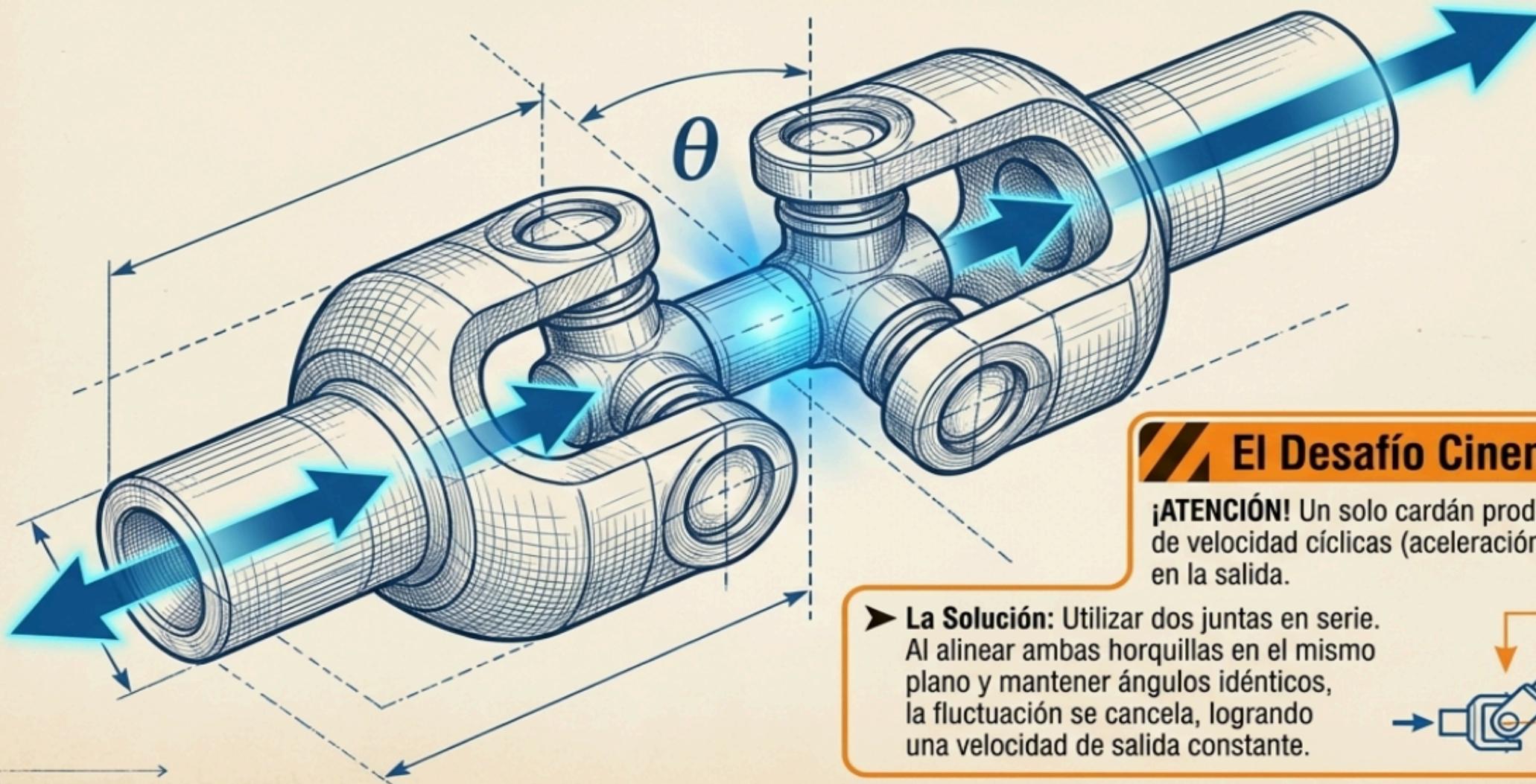
## Cadena Silenciosa (Silent Chain)

⚙️ **Mecanismo:** Eslabones dentados invertidos que se engranan más estrechamente con la catarina.

⚙️ **Perfil:** Distribución de carga más uniforme. Menor holgura, operación significativamente más silenciosa a velocidades moderadas.

# Junta de Cardan (Universal): Cinemática angular

Transmisión de potencia entre ejes que se intersectan a altos ángulos (donde los acoples estándar fallarían). Cero capacidad para desalineación paralela.



## El Desafío Cinemático

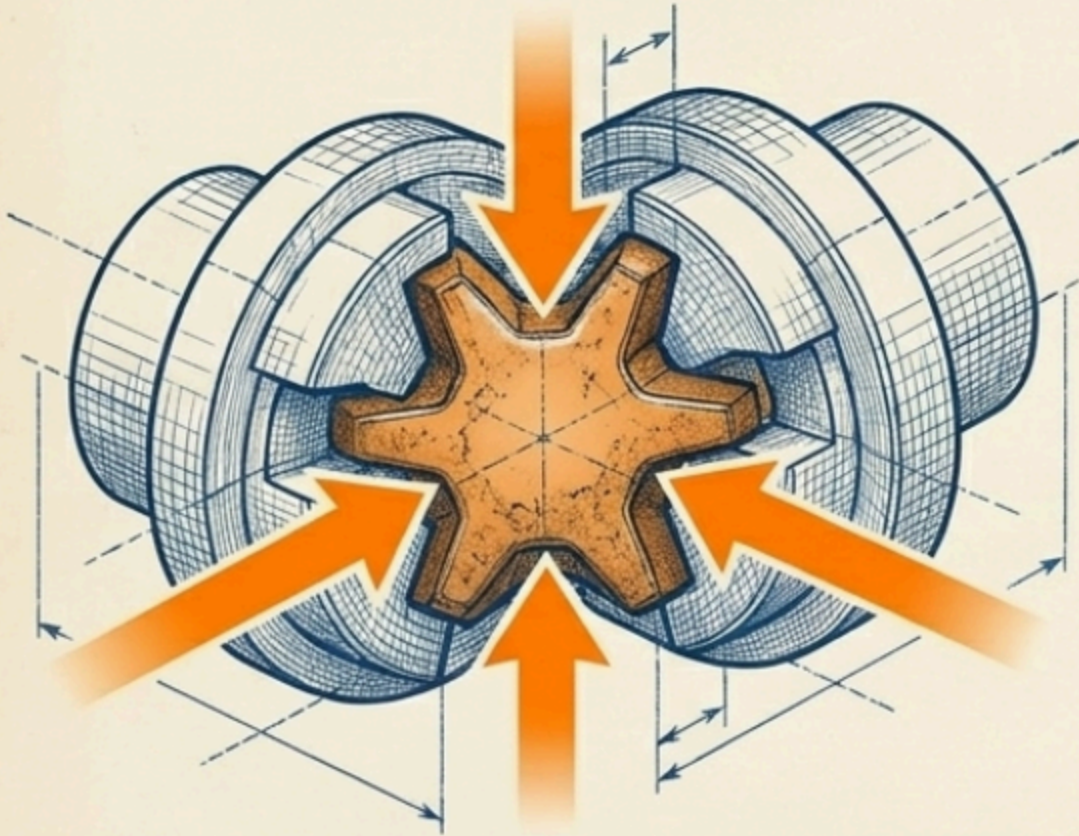
**¡ATENCIÓN!** Un solo cardán produce fluctuaciones de velocidad cíclicas (aceleración/desaceleración) en la salida.

► **La Solución:** Utilizar dos juntas en serie. Al alinear ambas horquillas en el mismo plano y mantener ángulos idénticos, la fluctuación se cancela, logrando una velocidad de salida constante.



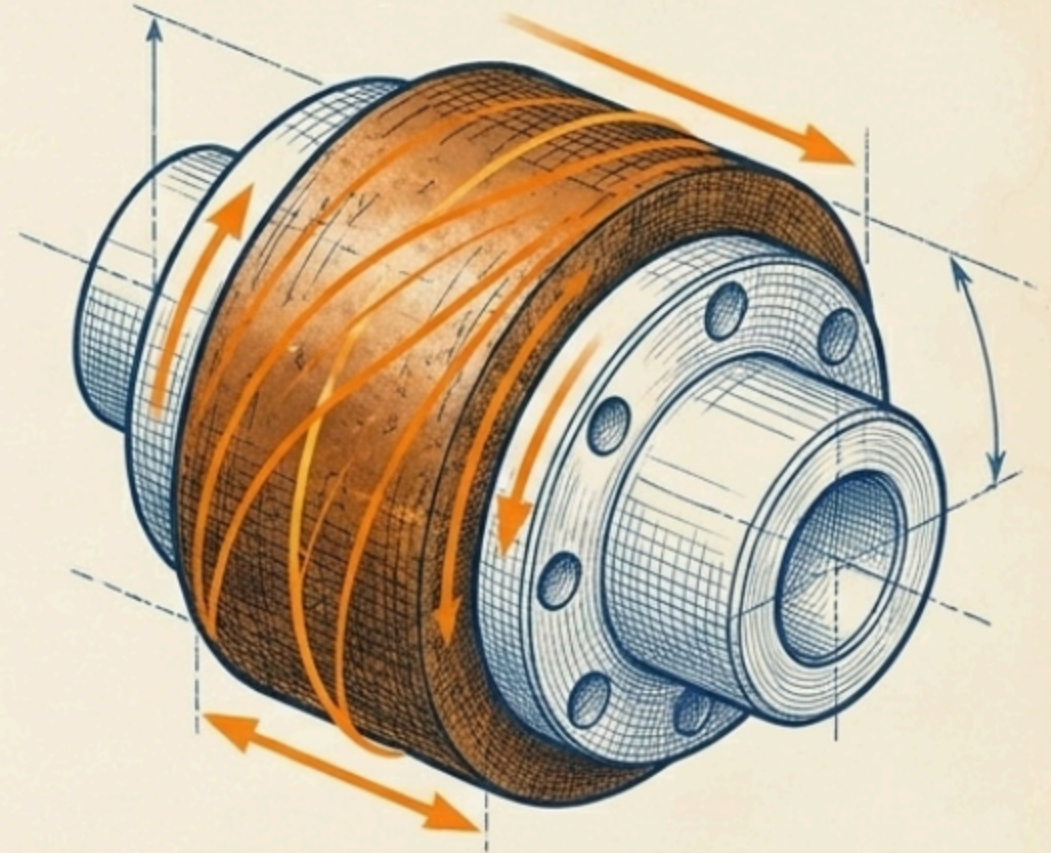
# Acoples elastoméricos: Compresión vs corte

## Trabajo a Compresión (Compression)



- Capacidad de carga entre 5 y 10 veces mayor.
- Absorción de vibración moderada.
- **Falla segura:** Si el elastómero se destruye, los metales se entrelazan y la máquina sigue girando.

## Trabajo al Corte (Shear)

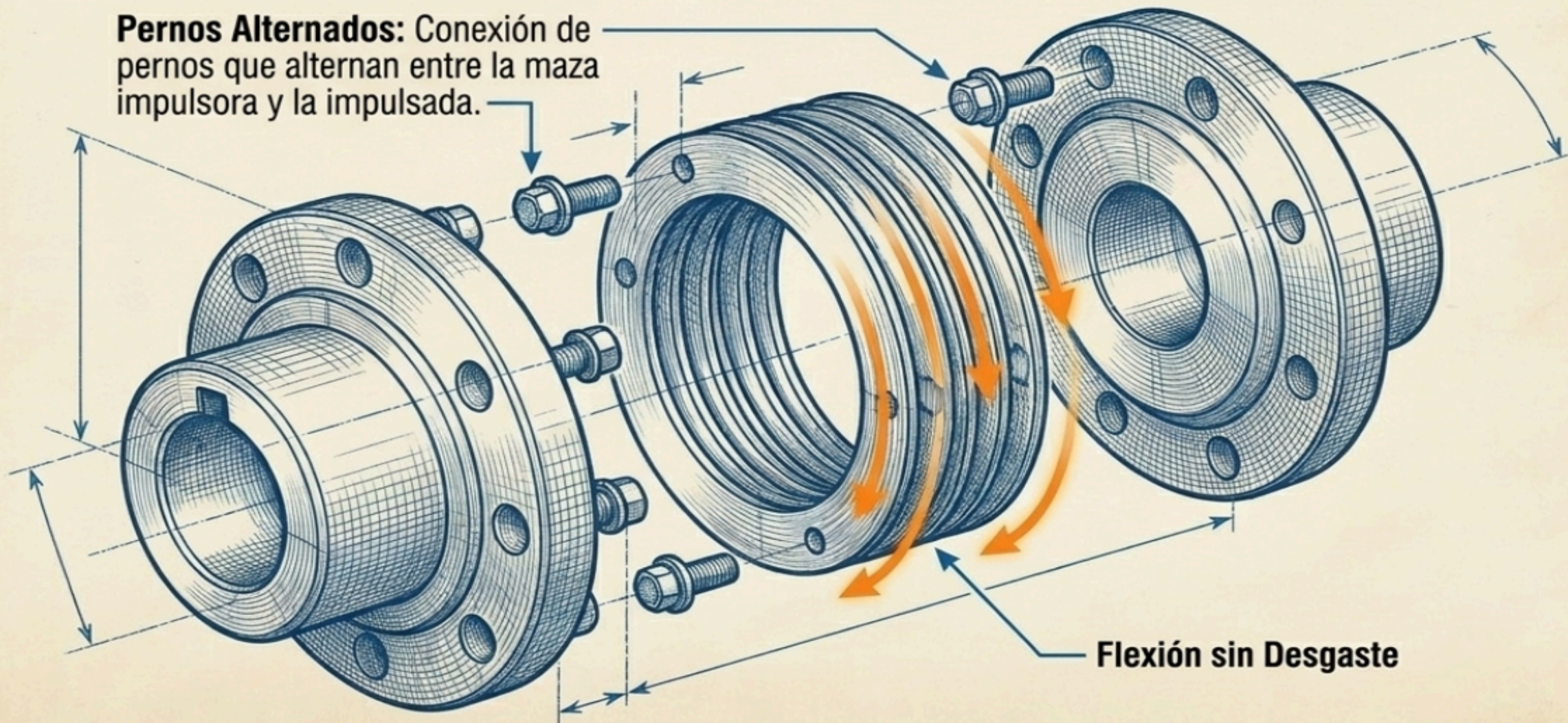


- Altísima capacidad de amortiguamiento torsional.
- Soporta mayor desalineación angular.
- **Falla de desconexión:** Si el elastómero se rompe, la transmisión se detiene, protegiendo el equipo.

# Acoples de discos flexibles

Transmisión de par completamente rígida a la torsión (cero *backlash*). Acomoda desalineación mediante fatiga controlada. Totalmente exento de lubricación: la flexión ocurre dentro del límite elástico sin contacto deslizante.

**Pernos Alternados:** Conexión de pernos que alternan entre la maza impulsora y la impulsada.



# Acoples de discos flexibles

Transmisión de potencia de ultra-alta velocidad sin lubricación.  
Flexión metálica pura para rendimiento extremo.

Diafragma Convolucionado Múltiple

Maza Interior

Brida Exterior

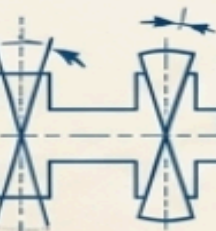
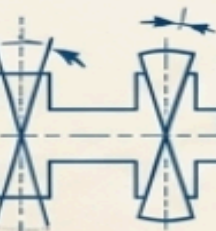
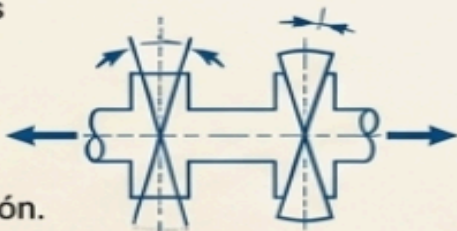
Perfil de Flexión Metálico

Sin Puntos de Desgaste

Tolerancia a Ultra-Alta Velocidad

## El Mecanismo

La flexión de membranas metálicas delgadas permite la deflexión angular y el estiramiento axial sin generar fuerzas reactivas peligrosas sobre los rodamientos a ultra-altas velocidades. La deformación elástica del metal acomoda la desalineación sin contacto deslizante ni fricción.



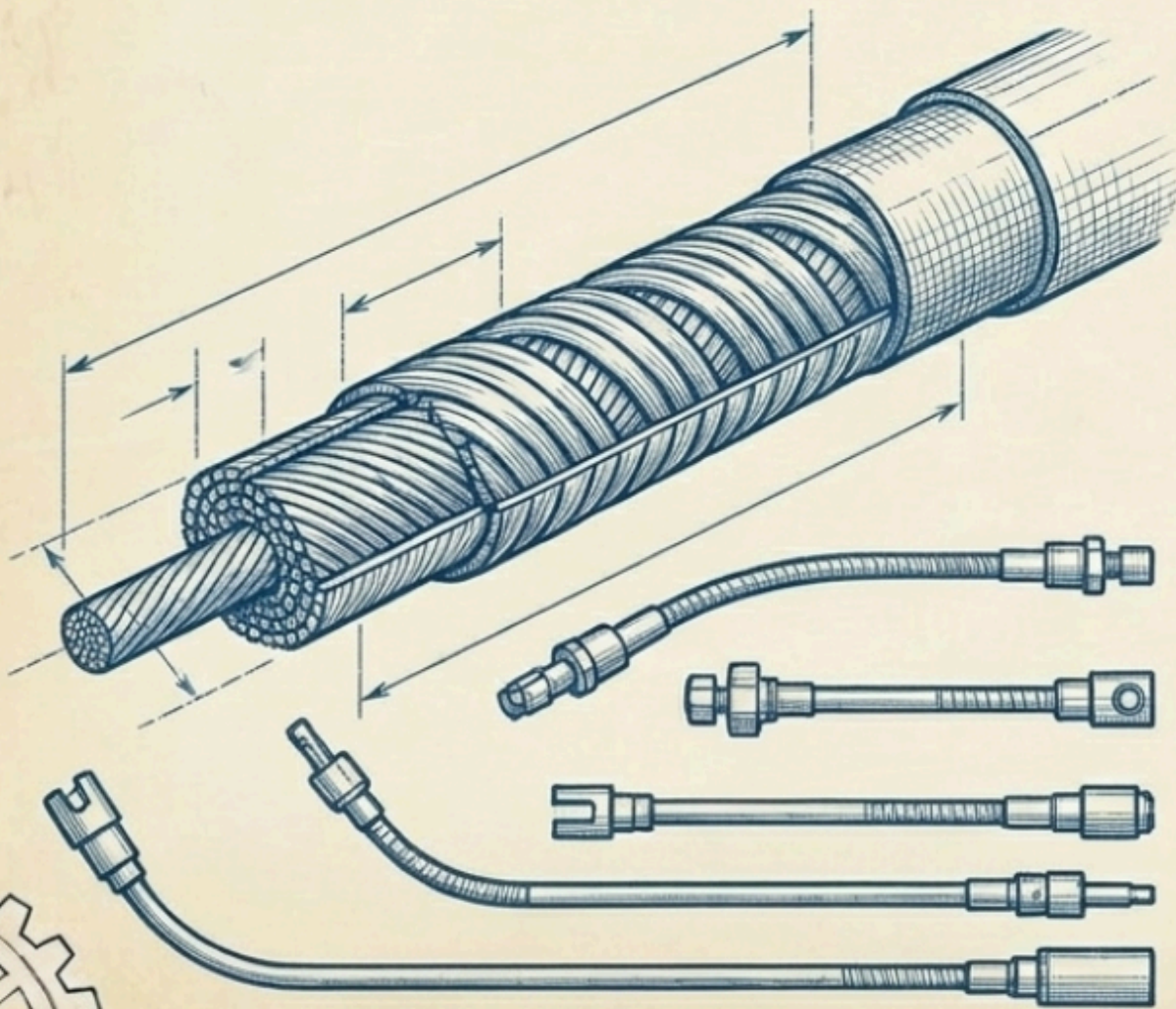
## Métricas de Desempeño

- **Entorno Operativo:** Turbinas de vapor, compresores centrífugos, aplicaciones aeroespaciales.
- **Temperaturas Extremas:** Tolera gradientes térmicos severos donde los elastómeros se derretirían y el aceite se carbonizaría.
- **Capacidad de Velocidad:** Diseñado para operar a velocidades de rotación excepcionalmente altas.

# Escenarios dinámicos extremos

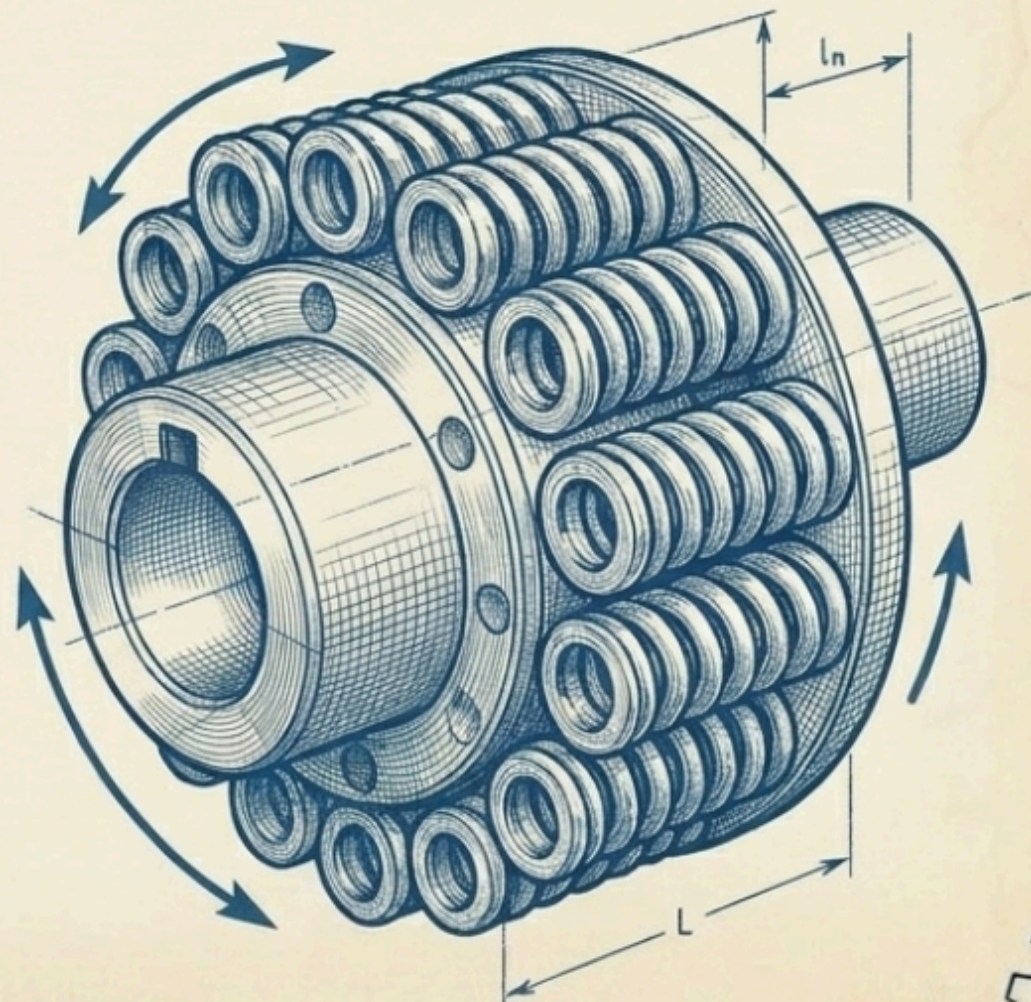
## Ejes Flexibles (Trayectorias Complejas)

Solución geométrica. Permite transmisión de potencia sin engranajes ortogonales, reduciendo el ruido en trayectorias curvas.

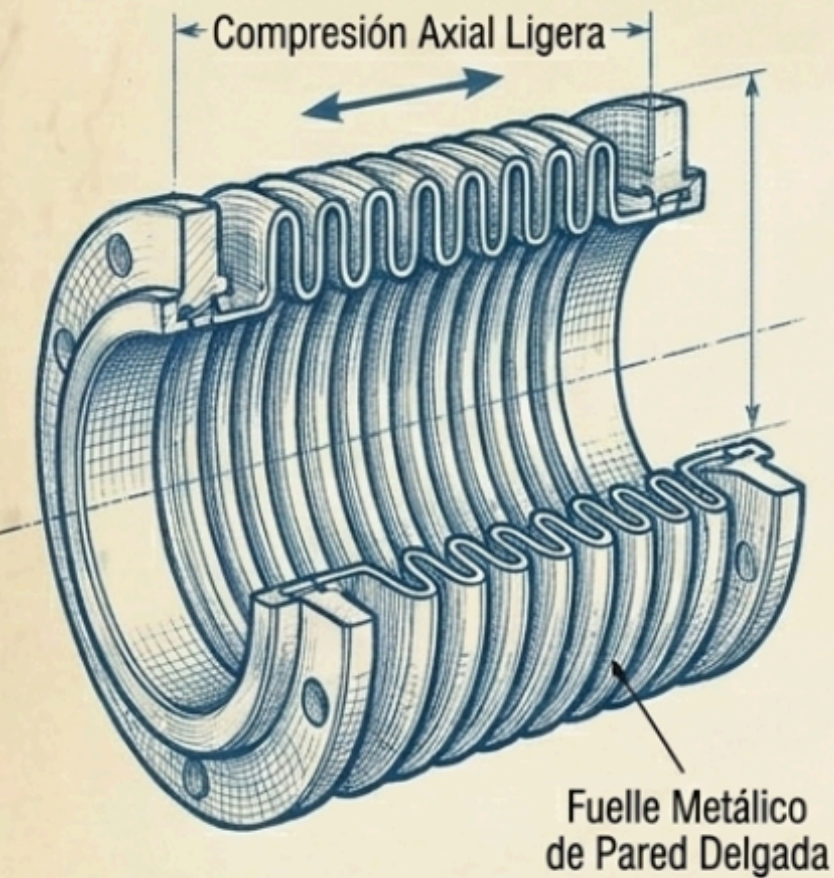


## Juntas de Resorte Tangencial (Choque Colossal)

Protección bruta. Construidos para trituradoras y molinos. Los resortes colapsan bajo compresión para absorber impactos de hasta 15,000,000 lb-in.

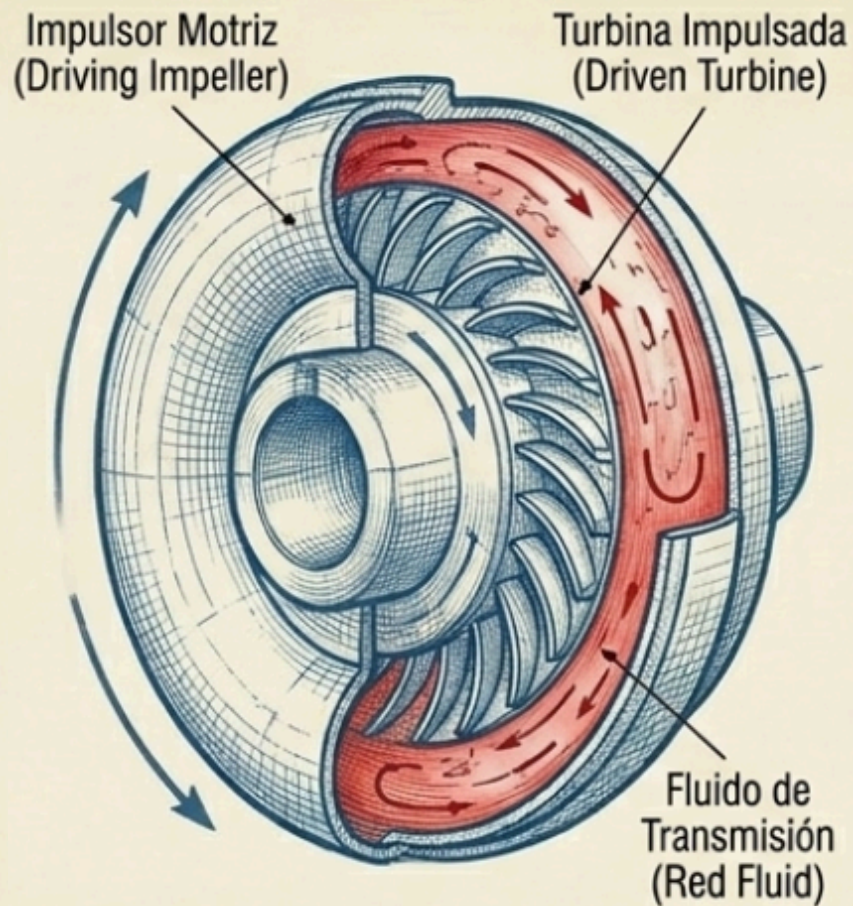


## Junta de Fuelle (Bellows)



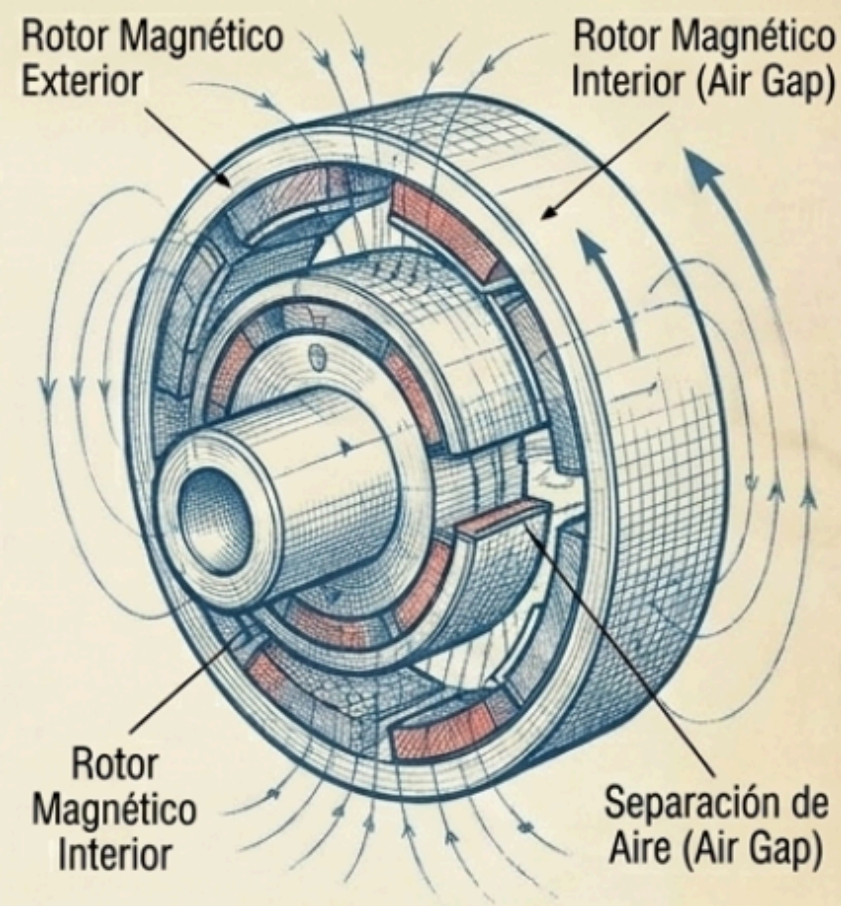
Rigidez torsional absoluta (cero backlash).  
Permite compresión axial severa.  
Dominio: Servomotores y robótica de altísima precisión.

## Acoples Hidráulicos (Fluidos)



Transmisión hidrodinámica pura. Permite un arranque suave (slip) y absorbe el 100% de los picos de choque sin conexión mecánica rígida.

## Acoples Magnéticos (Inducción)



Aislamiento físico total. Utilizado para fluidos tóxicos. El par se transmite a través de barreras estáticas mediante campos magnéticos.

# Acoples hidráulicos

Video: ¿Cómo funcionan?

# Acoples magnéticos

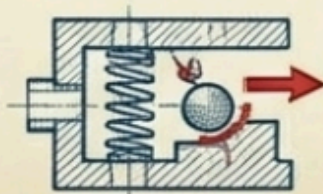
Video: ¿Cómo funcionan?

# Embragues pasivos: Juntas mecánicas inteligentes

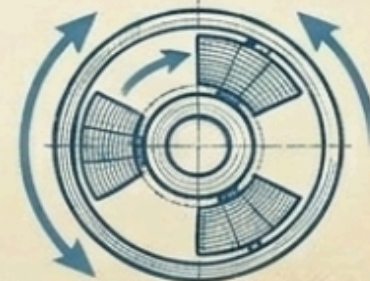


## Otras Variantes de Seguridad:

- **Desconexión por Sobrecarga (Torque Limiters):** Actúan como fusible mecánico, desenganchándose con un chasquido al superar un par calibrado.



- **Centrífugos:** Permiten arranque en vacío. El par transmitido es proporcional al cuadrado de la velocidad.



# Matriz de selección

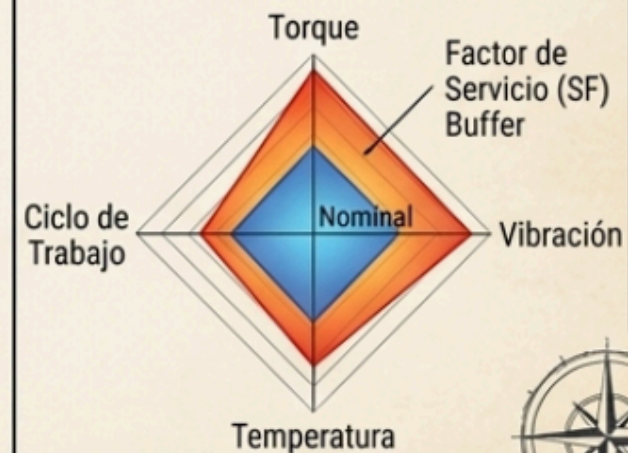
Tecnología	Torque Máximo	RPM Límite	Lubricación	Amortiguación de Choque
1 Engranajes	✓ Alto	✓ Altas	⚠ Requerida	✗ Baja
2 Malla (Grid)	✓ Alto	⚠ Medias	⚠ Requerida	✓ Alta
3 Elastomérico	⚠ Medio	⚠ Medias	✓ Seco	✓ Muy Alta
4 Disco / Membrana	✓ Alto	✓ Muy Altas	✓ Seco	✗ Nula

## La Regla de Oro: Factor de Servicio (SF)

El par nominal de la máquina nunca es suficiente.

$$\text{Par de Diseño} = \text{Par Nominal} \times \text{SF}$$

Multiplicamos la exigencia teórica para compensar riesgos térmicos, vibraciones y cargas de choque reales en la planta.



# Ejemplos de acoples en la realidad

