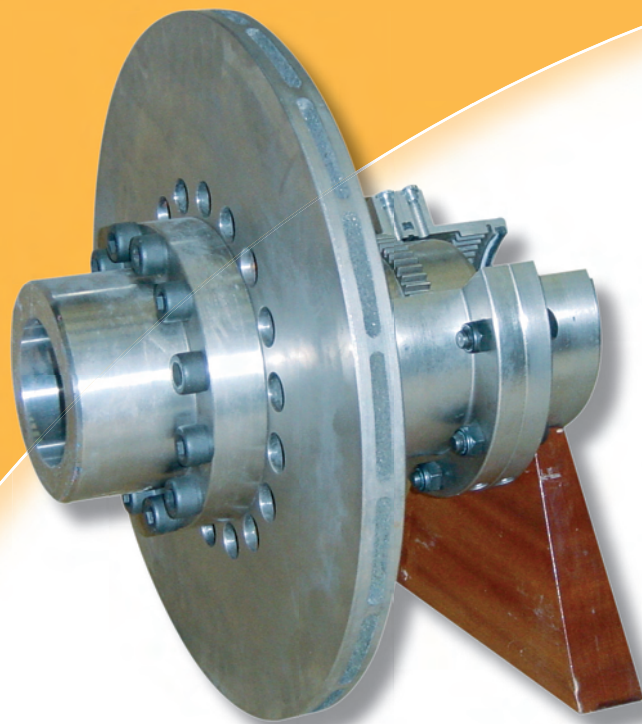


# ACOPLAMIENTOS

## DE DIENTES ABOMBADOS



### INTRODUCCIÓN

Normalmente no se suele prestar gran atención al problema de la unión de árboles giratorios. Con frecuencia se escoge el elemento de unión más simple y, por tanto, menos costoso; se considera suficiente para cumplir la función de acoplar, y nadie piensa en las nefastas consecuencias que esta elección puede acarrear a la calidad y duración de funcionamiento de las máquinas acopladas. Frecuentemente también la elección está orientada según el principio simplista que admite que el órgano de unión debe presentar una elasticidad torsional así como una gran flexibilidad.

Los acoplamientos de dientes son flexibles, pero carecen de esa elasticidad torsional. Por concepción propia, no poseen los inconvenientes que presentan los acoplamientos de diseño diferente. Actualmente existen múltiples aplicaciones en las que, por una parte, los pares de torsión a transmitir, las altas velocidades de rotación y los valores de desalineación, y, por otra parte, los costos de mantenimiento muy reducidos, exigen el empleo de los acoplamientos de dientes tanto por sus cualidades como por el precio. Para comprender y apreciar las numerosas ventajas de los acoplamientos flexibles de dientes, es indispensable una breve revisión de las funciones que cumplen en los casos más generales.

### LAS FUNCIONES DEL ACOPLAMIENTO FLEXIBLE EN GENERAL

Los acoplamientos flexibles son utilizados para la unión de árboles giratorios. Transmiten el par de torsión del árbol conductor al conducido, y al mismo tiempo compensan las desalineaciones y absorben los movimientos axiales de los árboles acoplados.

Es un hecho conocido que una alineación perfecta, difícil de obtener en el montaje de máquina, es aun más difícil conservar durante el funcionamiento.

Los riesgos de modificación normal o accidental de la alineación de los ejes provienen frecuentemente de:

- La dilatación térmica (turbinas de vapor, industrias metalúrgicas y siderúrgicas, industrias químicas, etc.)
- El asentamiento de suelos (minas, cimentaciones, etc.)
- La deformación de los bastidores (grúas puente, navíos, etc.)
- El desplazamiento del árbol receptor (cilindros de laminación, rodillos de planeadoras, bobinadoras, etc.)
- Las vibraciones, desgaste de rodamientos y cojinetes, etc.

Los riesgos de modificación normal o accidental de la alineación de los ejes provienen frecuentemente de:

- a. Transmitir el par entre dos árboles sin variar la velocidad del árbol conducido con relación al árbol conductor.
- b. Compensar toda clase de desalineaciones entre los árboles sin provocar reacciones o esfuerzos anormales en los aparatos acoplados, y sin pérdida de potencia apreciable.
- c. Compensar los movimientos axiales de los árboles acoplados evitando que uno de los árboles ejerza un empuje sobre el otro, y siempre permitiendo a cada uno girar en su posición axial normal.

De la misma forma que el acoplamiento flexible debe responder a las tres funciones, bases esenciales ya reseñadas, debe también compensar tres tipos característicos de desalineación:

1. defecto angular puro de alineación, de uno u otro de los árboles, o de los dos.
2. defecto radial de alineación de los dos árboles.
3. defecto radial y angular combinados entre los dos árboles.

## LOS ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES DE DIENTES CUMPLEN INTEGRAMENTE CON ESTAS CONDICIONES

En estos acoplamientos de dientes, con dentado curvo, la carga se reparte sobre una superficie del lado del diente lejos de las extremidades del dentado.

Un dentado exterior curvo se comporta como un patín oscilante y puede deslizarse libremente sin dejar huellas o empotrarse en el dentado interior.

De esta forma, el lubricante puede cumplir sus funciones y la parte superior del dentado esférico de los moyús permite el centrado en el fondo de las ranuras del dentado interior de la carcasa.

Los acoplamientos de dientes curvos permiten transmitir pares de torsión muy importantes, su duración de vida es grande y no provocan esfuerzos anormales sobre las máquinas acopladas.

Los acoplamientos flexibles de dientes presentan estas ventajas: robustos, totalmente contruidos en acero, no llevan elementos elásticos susceptibles de desgaste, permiten con pequeñas dimensiones transmitir fuertes potencias y grandes velocidades de rotación.

Son utilizados en la actualidad en las más diversas ramas de la industria, donde confirman su superioridad al cumplir con las exigencias deseadas de:

- Potencias: Servicios continuos y fuertes en minas, siderurgias, petroleros y demás navíos de gran tonelaje, etc.
- Velocidades: Bombas de alimentación de centrales térmicas, compresores centrífugos y turbinas, bancos de ensayo de aviación, etc...
- Seguridad: Grúas puente de siderurgia, montacargas o ascensores de minas y portaviones, material rodante de transporte, etc...

## CAPACIDAD DE PAR DE ACOPLAMIENTOS DE DIENTES

Cuando el acoplamiento está perfectamente alineado, es decir, cuando los dentados son coaxiales, todos los dientes contribuyen por igual a transmitir la carga, y el par que son susceptibles de transmitir es superior al que puede transmitir el árbol.

Con una cierta desalineación angular  $\Delta C$ , todos los dientes no contribuyen por igual a transmitir la carga, y algunos de ellos lo hacen en condiciones tanto más desfavorables cuanto mayor es la desalineación.

La capacidad de par disminuye así rápidamente, cuando la desalineación aumenta.

### El par de los acoplamientos ha sido calculado:

#### a) Para un ángulo de desalineación inferior a $\Delta C = 0^\circ 30'$ .

Se ha estimado que las deformaciones accidentales o funcionales de las estructuras y fundaciones, asentamiento de terrenos, etc., pueden a la larga ocasionar un defecto de alineación del orden de  $0^\circ 30'$  (sobre todo si se descuida el mantenimiento de la instalación).

Partiendo de esto, se puede, a título orientativo, dar la curva estadística de la disminución de par cuando aumenta la desalineación.

Se ve, por ejemplo, que si el dentado trabaja accidentalmente con una desalineación de  $1^\circ$  su capacidad de par no es más que el 45 % de la que tiene para una buena alineación (par normal máximo).

La duración del dentado varía con el cubo de la relación de par admisible y el par aplicado.

Si en el ejemplo precedente, el dentado debe soportar el par normal máximo bajo una desalineación de  $1^\circ$ , se gastará 11 veces más rápido que si la alineación fuese correcta.

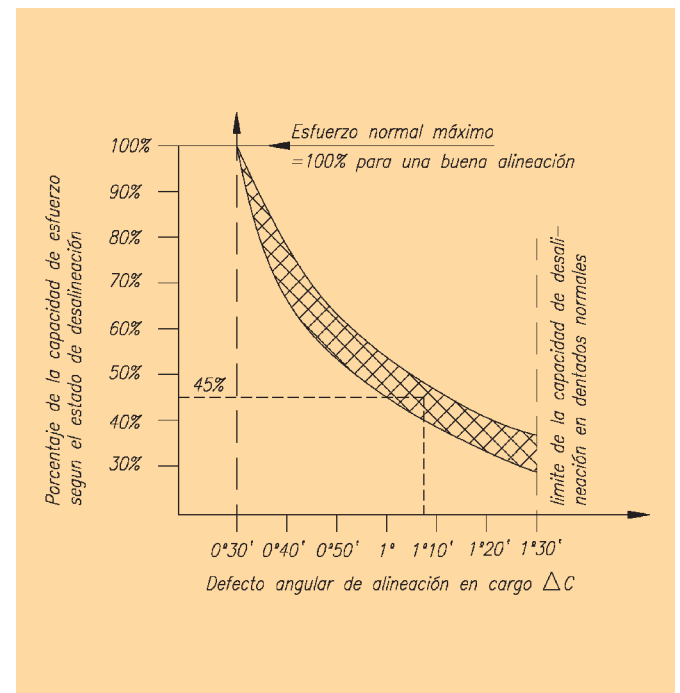
Insistiendo sobre el hecho de que el valor  $\Delta C = 0^\circ 30'$  adaptado para el cálculo es un LÍMITE DE SEGURIDAD PARA IMPREVISTOS,

aconsejamos al usuario que se percate de la necesidad de alinear cuidadosamente los acoplamientos de dientes, si desea que dure mucho tiempo en servicio, y tanto más cuidadosamente cuanto mayor sea la velocidad de rotación. Esta ley es por otra parte general para todo tipo de acoplamientos. Es necesario además controlar periódicamente la alineación.

#### b) Para un factor de servicio $C_s=1$ .

Para una aplicación y dadas las condiciones de trabajo, el factor selección se determina según:

- El grado de choque del órgano receptor I, II ó III.
- El tipo de órgano de motor (categoría A, B o C) y el tiempo de funcionamiento al día.



Grado de Choque	Organo receptor
I Funcionamiento prácticamente sin choque.	Generadores eléctricos de funcionamiento continuo – Soplantes de funcionamiento continuo – Ventiladores de uso corriente – Bombas centrífugas de funcionamiento continuo – Compresores centrífugos – Transportadores de cintas o cadenas – Montacargas ligeros
II Funcionamiento con choques moderados.	Generadores eléctricos y soplantes frecuentes de arranque – Ventiladores de minas – Bombas centrífugas para aceites calientes, hidrocarburos, etc.. – Bombas de engranes – Compresores de paletas – Montacargas pesados – Tambores de arrollamiento en grúas
III Funcionamiento con choques importantes o irregularidades cíclicas.	Centrifugadoras pesadas – Aparatos alternativos: compresores y bombas de pistones – Bombas centrífugas para descalaminadoras – Palas y excavadoras mecánicas – Vehículos de tracción – Grúas puente de acerías – Molinos de caucho – Molinos de bolas y Barras

Organo Motor	Grado de choque Organo receptor	Duración en horas de funcionamiento continuo		
		3	8 a 11	24
A motor eléctrico y turbina	I	1	1,25	1,5
	II	1,25	1,5	1,75
	III	1,75	2,25	2,5
B Aparato de engranajes	I	1,25	1,5	2
	II	1,5	2	2,25
	III	2,25	2,5	3
C Motor de pistones	I	1,5	2	2,25
	II	2	2,25	2,5
	III	2,5	3	3,5

Si el tipo de órgano motor o receptor no figura en las tablas, proceder por analogía.

Ejemplo: Acoplamiento entre variador mecánico(B) y agitador para líquido homogéneo (I).

Funcionamiento las 24 horas del día  $K = 2$ .

Los pares de transmisión, indicados en las tablas de los distintos acoplamientos, están calculados sobre las bases siguientes:

- Desalineación de los dientes, inferior a  $0^\circ 30'$ .
- Factor de servicio.
- Duración de funcionamiento 50.000 horas.

El par de selección se halla:

$$Cs = Cnx K$$

Con  $Cn =$  Esfuerzo máximo en funcionamiento normal a transmitir en da N.m.

$K =$  Factor de selección de la máquina según la tabla.

- Seleccionar el acoplamiento que tenga el esfuerzo de transmisión superior o igual a  $Cs$ .
- Comprobar que el acoplamiento es el adecuado en función del diámetro de los ejes y de la velocidad de transmisión. Para velocidades superiores a las señaladas en las tablas, tendrán que llevar un equilibrado dinámico.
- Para una duración de funcionamiento de 24 horas y cuando las condiciones de trabajo se desconocen se debe de adoptar un factor mínimo de  $K = 2,5$ .

**c) Para una duración de funcionamiento de 50.000 horas.**

Esta duración es siempre suficiente y en algunos casos puede ser incluso excesiva; pero en la práctica no interesa reducirla, desde el punto de vista de la economía, puesto que el diámetro del árbol condiciona en general el tipo de acoplamiento.

## DETERMINACION DE LOS ACOPLAMIENTOS DE DIENTES

### 1. Unión de árboles y moyú dentado.

Puede ser realizado por:

- Enchavetado o acanalado.
- Duración de funcionamiento 50.000 horas.

Ya se trate de un enchavetado, cuya ranura debilita al moyú y crea bajo cargas importantes tensiones localizadas, o del montaje a presión en caliente y sin chaveta, que introduce en toda la masa del moyú importantes tensiones de tracción, hay que prestar gran atención a la unión árbol-moyú. Si está mal estudiada o realizada puede presentar algún punto débil, ya que los acoplamientos flexibles de dientes tienen una capacidad de par generalmente superior a la del eje de máximo diámetro que pueden admitir.

Para calcular los cubos en los ejes con chaveta recomendamos el ajuste siguiente:

Diámetro de los árboles		TOLERANCIAS			
Desde	Hasta	Moyú	Arbol	Moyú	Arbol
-	100	H7	m6	H7	m6
100	200	H7	n6	J7	m6
200	500	H7	p6	K7	m6

### 2. Unión entre las semi-carcasas.

Esta unión esta prevista para oponerse eficazmente a:

- Los esfuerzos radiales de separación.

Gracias al encaje entre las cajas hembras de las dos semi-carcasas junto con un anillo común que encaja en las dos. La precisión de centrado está garantizada por la tolerancia H6/h6. Su eficacia libra a los tornillos de fijación de cualquier esfuerzo de cortadura provocando por esfuerzos radiales exteriores de separación.

• **Los esfuerzos radiales de separación.**

Gracias a un conjunto de tornillos calculados teniendo en cuenta un gran coeficiente de seguridad. Con un apriete normal de los tornillos, el esfuerzo tangencial susceptible debe ser transmitido por la simple acción del frotamiento de las bridas entre ellos suficiente para transmitir el par normal. Los bulones no trabajan pues a cortadura bajo la acción del esfuerzo tangencial debido al par a transmitir.

Unas arandelas dentadas o unas arandelas de seguro para los acoplamientos grandes están previstas tanto en la tuerca como en la cabeza de cada tornillo de fijación. Por tanto, se garantiza que se conserve el apriete de los tornillos cualquiera que sea la aplicación, la frecuencia de los choques o la intensidad de las vibraciones.

Los tornillos están rectificadas y son montados en los agujeros de las bridas con un ajuste bien controlado. Esto confiere gran seguridad y facilidad desde el punto de vista de la intercambiabilidad de las dos mitades flexibles.

**3. Unión entre moyú dentado y semicarcasa dentada.**

Está realizada por el dentado. En nuestros acoplamientos dentados, no previstos para grandes desalineaciones, y cuyos dentados están tallados con el material previamente tratado hasta conseguir la dureza definitiva, se puede decir esquemáticamente que:

- El dentado interior de la carcasa está más ampliamente dimensionado respecto al desgaste y a la rotura que el dentado exterior del moyú.
- El dentado exterior del moyú está más ampliamente calculado con relación al desgaste que con la relación a la rotura.

Es pues la resistencia a la rotura del dentado exterior del moyú lo que condiciona la capacidad de par del acoplamiento.

**4. Precisiones sobre la noción de par.**

- Par normal máximo.
- Par de punta.
- Par accidental.

**Par normal máximo:**  $C_n$  es el par dado en las tablas de características. Esta calculado sobre los datos indicados anteriormente.

Para una aplicación dada se deduce de la potencia absorbida en marcha normal.

**Par máximo de punta:**  $C_p = 1,5 C_n$ .

Para una aplicación dada se deduce de la potencia transmitida, generalmente durante un intervalo corto de tiempo, en ciertos casos como:

- Arranque de un motor.
- Puntas de laminación.
- Operación de cizallado, etc.

**Par crítico accidental:**  $C_a = 2 C_n$ .

Para una aplicación dada se deduce que la potencia transmitida instantáneamente, por ejemplo, el bloqueo brusco de la línea de árbol de gran inercia lanzada a velocidad alta.

**5. Ejemplos de selección de acoplamientos de dientes.**

- Acoplamiento entre reductor y convertidor de acero en siderurgia.

Diámetro de los ejes 600 mm.

Esfuerzo máximo normal 110.000 da N.m.

La duración diaria de funcionamiento puede ser estimada solo en algunas horas y por debajo del esfuerzo máximo.

Angulo de desalineación inferior a 0°30'.

Factor de servicio 1.

Grado de trabajo muy duro  $K = 1,75$ .

Esfuerzo máximo corregido =  $110.000 \times 1,75 = 192.500$  da N.m.

Par crítico accidental =  $110.000 \times 2 = 220.000$  da N.m.

Acoplamiento de dientes tamaño 680 con un par nominal de 210.000 da N.m.

- Acoplamiento entre reductor de un alimentador de cinta:

Potencia motor  $P_m = 60$  Kw.

Velocidad de polea  $n = 65$  rpm

Eje de polea  $d_p = 100$  mm.

Factor de servicio 1.

Factor de selección  $K = 1,5$ .

Par de selección =  $(956 \times 60/65) \times 1,5 = 1.324$  da N.m.

Por cálculo se elige el tamaño 125.

Por ejes se elige el tamaño 145.

- Acoplamiento entre reductor y eje de transmisión de un carro:

Potencia de motor 9 CV.

Velocidad del eje de transmisión 60 rpm. Eje reductor 60 mm.

Eje de transmisión 65 mm.

Ángulo de desalineación 1°.

Factor de servicio 1.

Factor de selección  $K = 1,5$ .

Factor de disminución de capacidad  $1^\circ = 45\%$ .

Par de máquina =  $716,2 \times 9/60 = 108$  da N.m.

Par de selección =  $108 \times 1,5/0,45 = 360$  da N.m.

Acoplamiento de dientes tamaño 90 admite hasta 580 da N.m. y ejes de 90 mm.

**MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN**

Una vez instalado el acoplamiento en la máquina, introducir el lubricante con la cantidad señalada en las tablas de dimensiones.

El lubricante de los acoplamientos será renovado de 2.500 a 3.000 horas de servicio.

Grasas para temperaturas de -10° C hasta + 80° C.

NACIONALES		EXTRANJERAS	
Fabricante	Tipo de grasa	Fabricante	Tipo de grasa
Brugarolas	Aguila Nº. 80 EP-00	Socony mobil oil Co.	Mobiplex EP-0
Verkol, S.A.	Kalor Verkol EP-00		
Kraff	KEP-00	Kluber	KR29 BHD
Gabin Soprograsa, S.A.	MGL-00 Supergras 712 Ep-00	BP	BP Energreuse
Repesa	Repsol EP-0	Chevron	Chevron Dura-Lith Grease EP-0
GPM	GPM Lithium AV (EP-0)	Esso	PEN-0-LED EP 360
Cepsa	EP-024	Shell	Shell Simnia Grease 0
		Texaco	Texaco Multifak EP-0
		Aral	Aral Fett FDP-0

Para temperaturas superiores consultar.

Periódicamente deberá realizarse un control del acoplamiento, comprobándose si las carcasas exteriores pueden desplazarse axialmente con facilidad.

En el caso de que las carcasas no se desplacen, conviene alinear los elementos acoplados y centrar el acoplamiento.