



FACULTAD  
DE INGENIERÍA

# **ACOPLAMIENTOS TEMPORARIOS**

**MECÁNICA APLICADA  
MECÁNICA Y MECANISMOS**

**Ing. Carlos Barrera - 2025**

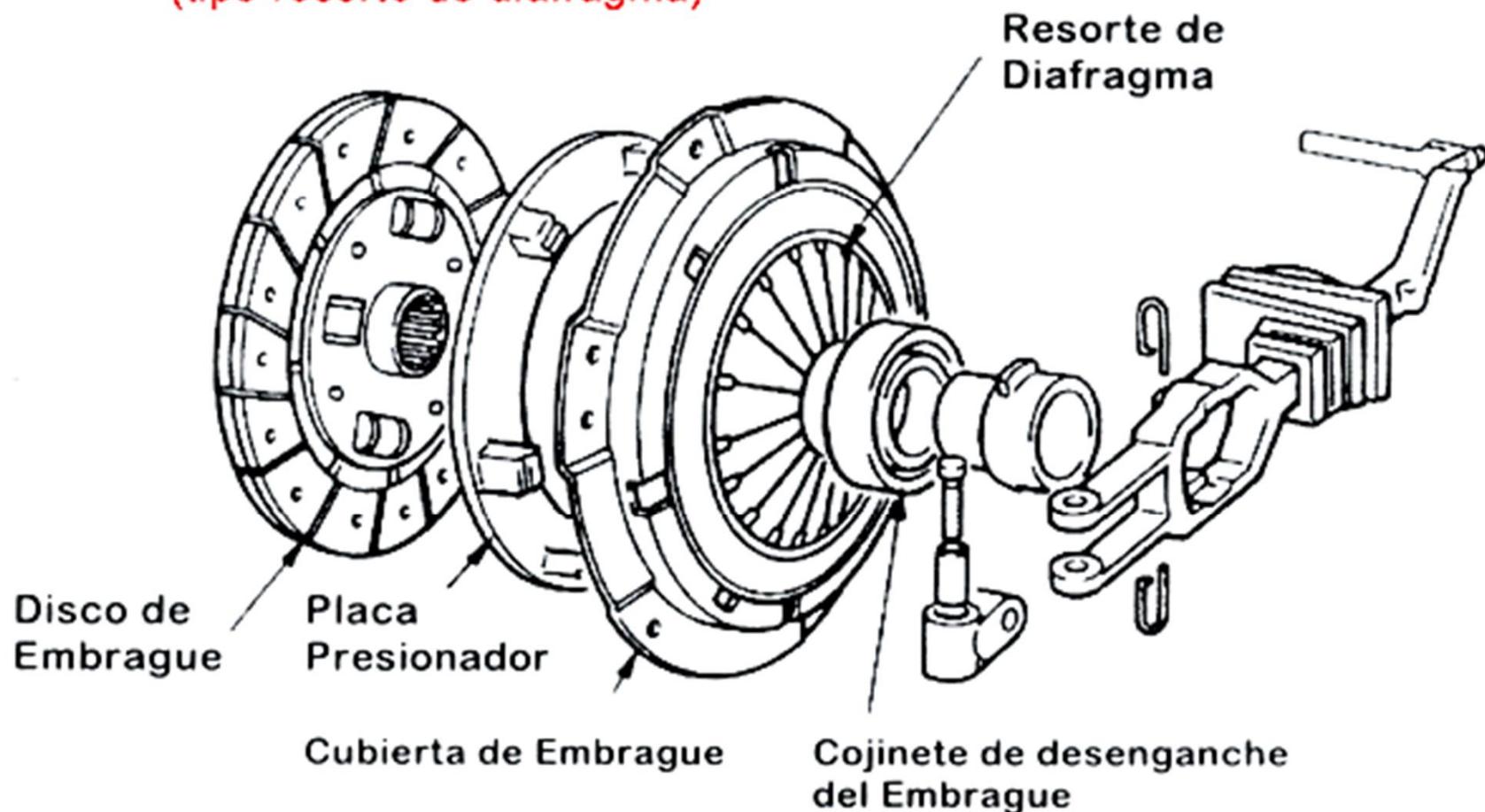
# ACOPLAMIENTOS

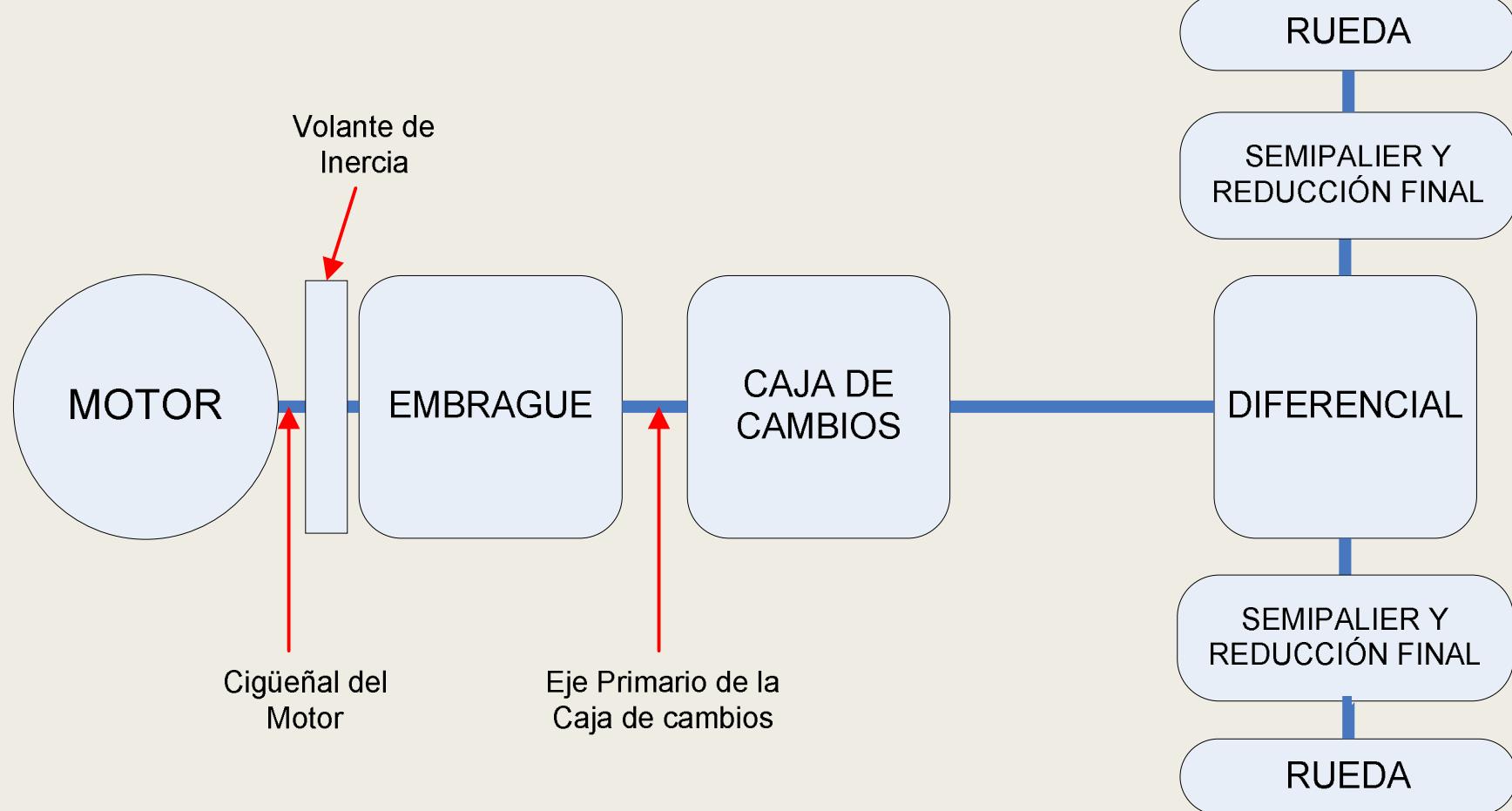
**Se clasifica a los acoplamientos en tres grupos:**

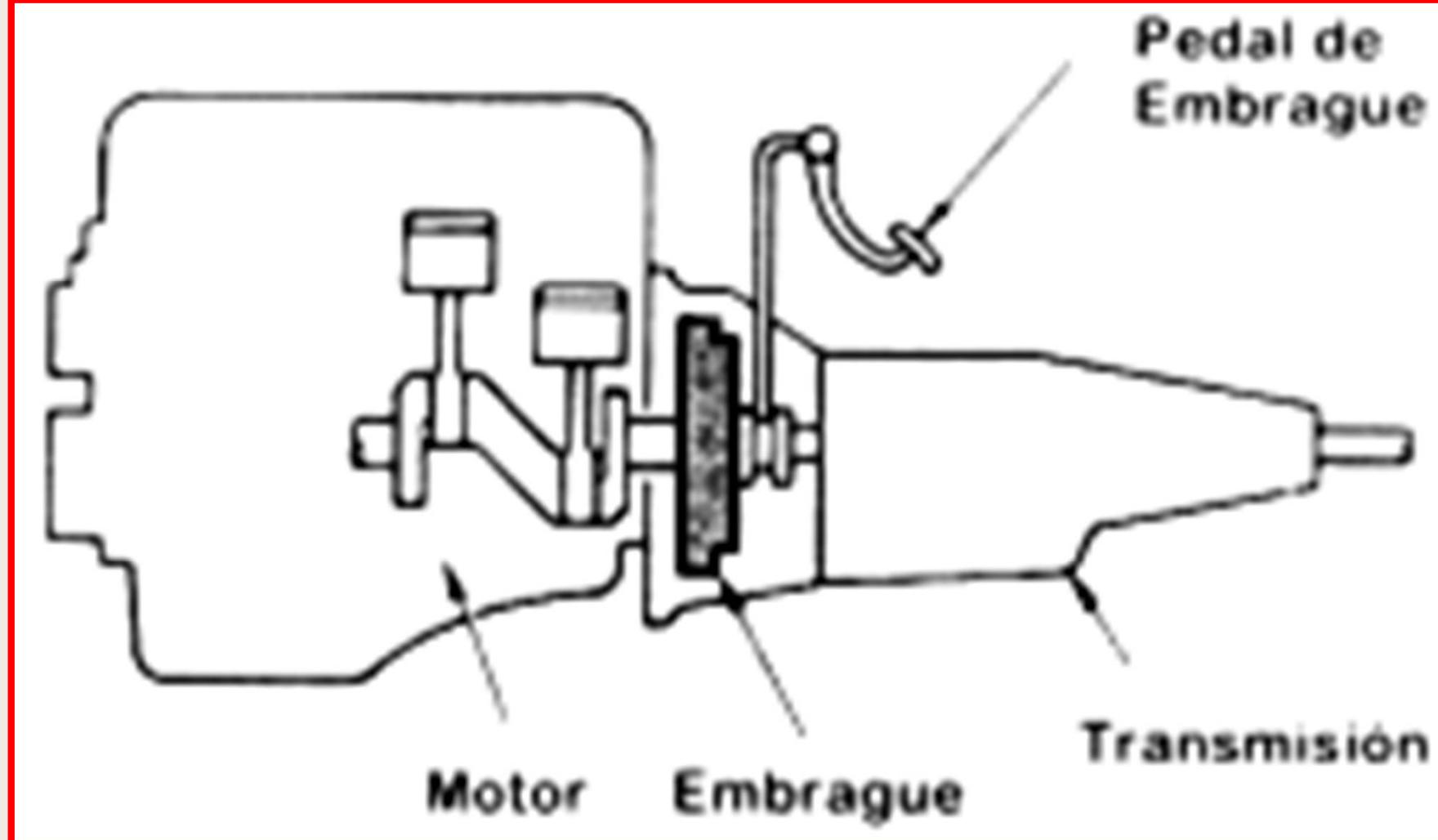
- **Acoplamientos permanentes**
- **Acoplamientos temporarios**
- **Acoplamientos que transmiten sin contacto sólido**

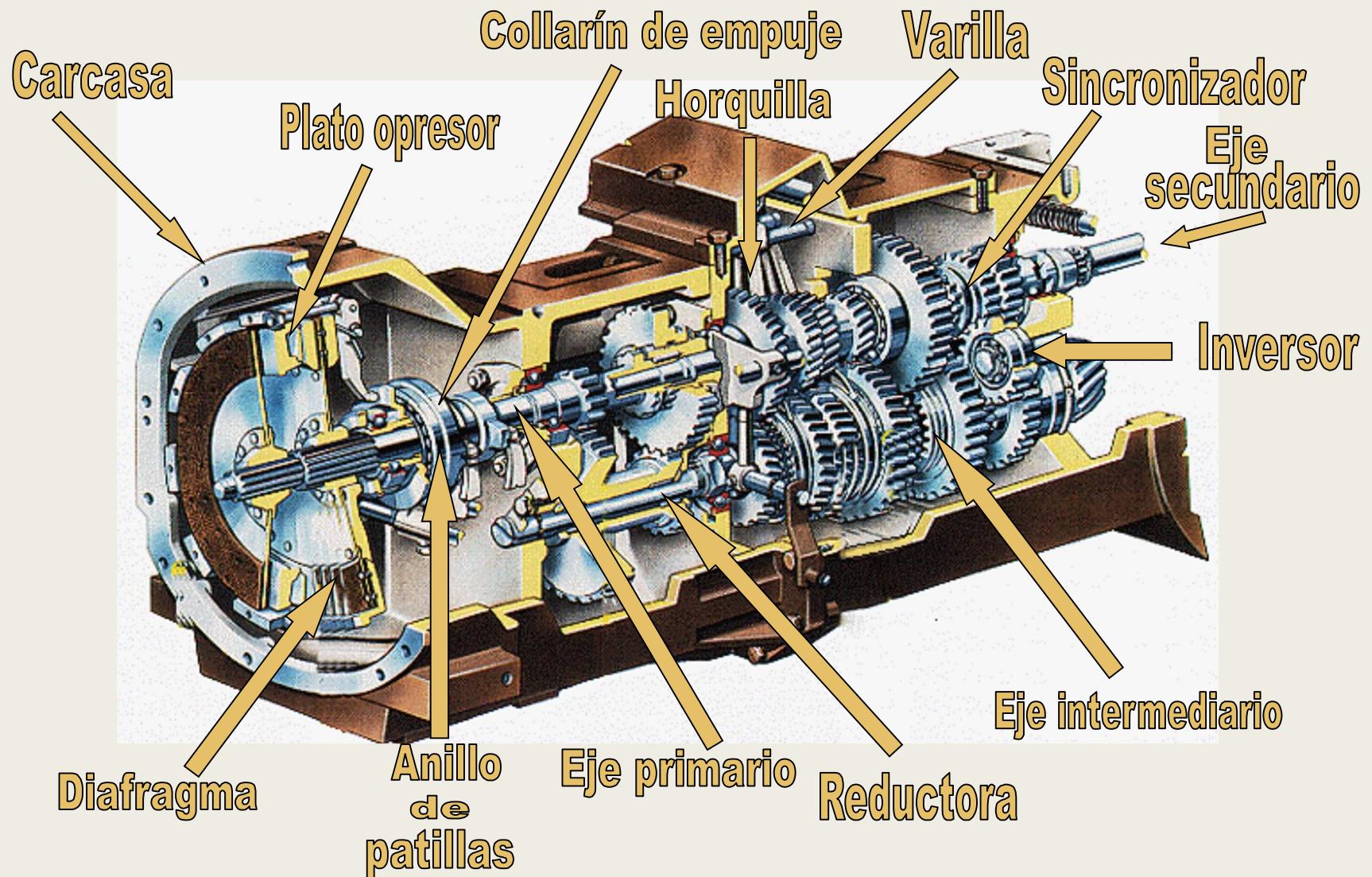
## Configuración del embrague

(tipo resorte de diafragma)









# EMBRAGUE

Es un acoplamiento temporal, empleado para solidarizar dos piezas que se encuentran en un mismo eje, para transmitir a una de ellas el movimiento de rotación de la otra y desacoplarlas a voluntad.

También cuando se desea modificar el movimiento de una sin necesidad de parar la otra.

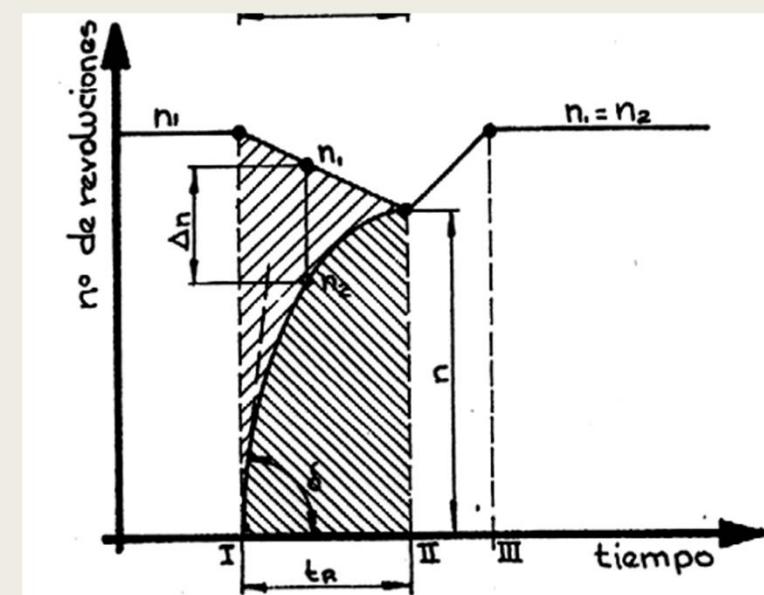
Se halla siempre intercalado entre un motor mecánico o térmico y el órgano de utilización, a fin de detener este último sin que deje de funcionar el motor.

Si se pretende iniciar el movimiento de un vehículo sin disponer de embrague para que pueda girar libremente el motor, no se puede lograr hasta que no alcanza un cierto número de revoluciones, no adquiere el par necesario para vencer la inercia del vehículo y además una vez alcanzado el par motor necesario, el motor no puede acoplarse bruscamente a los órganos de transmisión del movimiento que, al estar parados, ofrecen gran resistencia.

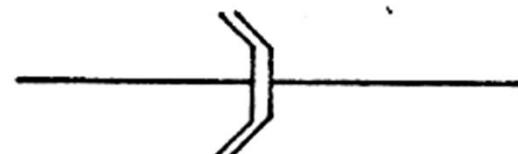
En la figura, puede verse esquemáticamente las variaciones de las velocidades de rotación del árbol motor y del acoplado, en el momento de la conexión. El árbol motor gira a una cierta velocidad de rotación  $n_1$ , el árbol conducido está en reposo  $n_2=0$ , cuando aplicamos el embrague, instante I, el árbol conducido comienza a ser arrastrado con velocidad creciente, mientras que el motriz sufre una disminución de la velocidad.

En cierto momento, las velocidades de los dos árboles se igualan, instante II, y la velocidad en los dos ejes crece hasta llegar a una velocidad de régimen, instante III.

Al período I-II se lo llama período o tiempo de patinamiento. En el tiempo comprendido entre I y II hay un deslizamiento entre las superficies en contacto.



- 1) El embrague está abierto, las superficies de rozamiento están separadas. La parte conducida está inmóvil, mientras la conductora gira con velocidad  $\omega_1$ .



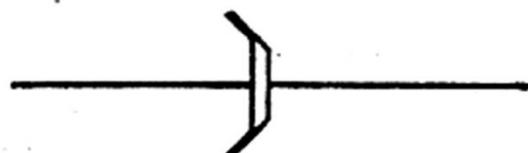
CONDUCTOR " CONDUCTOR

- 2) Se está efectuando el acoplamiento. Las superficies se aproximan y comprimen. La parte conducida tiende a alcanzar la velocidad de la conductora, las superficies rozan generando calor.



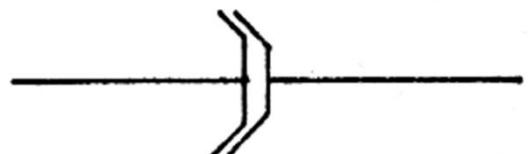
## CONDUCTOR CONDUCTOR

- 3) El embragado ya se ha efectuado. La parte conductora y conducida están acopladas y giran a la misma velocidad



## CONDUCTOR CONDUCTOR

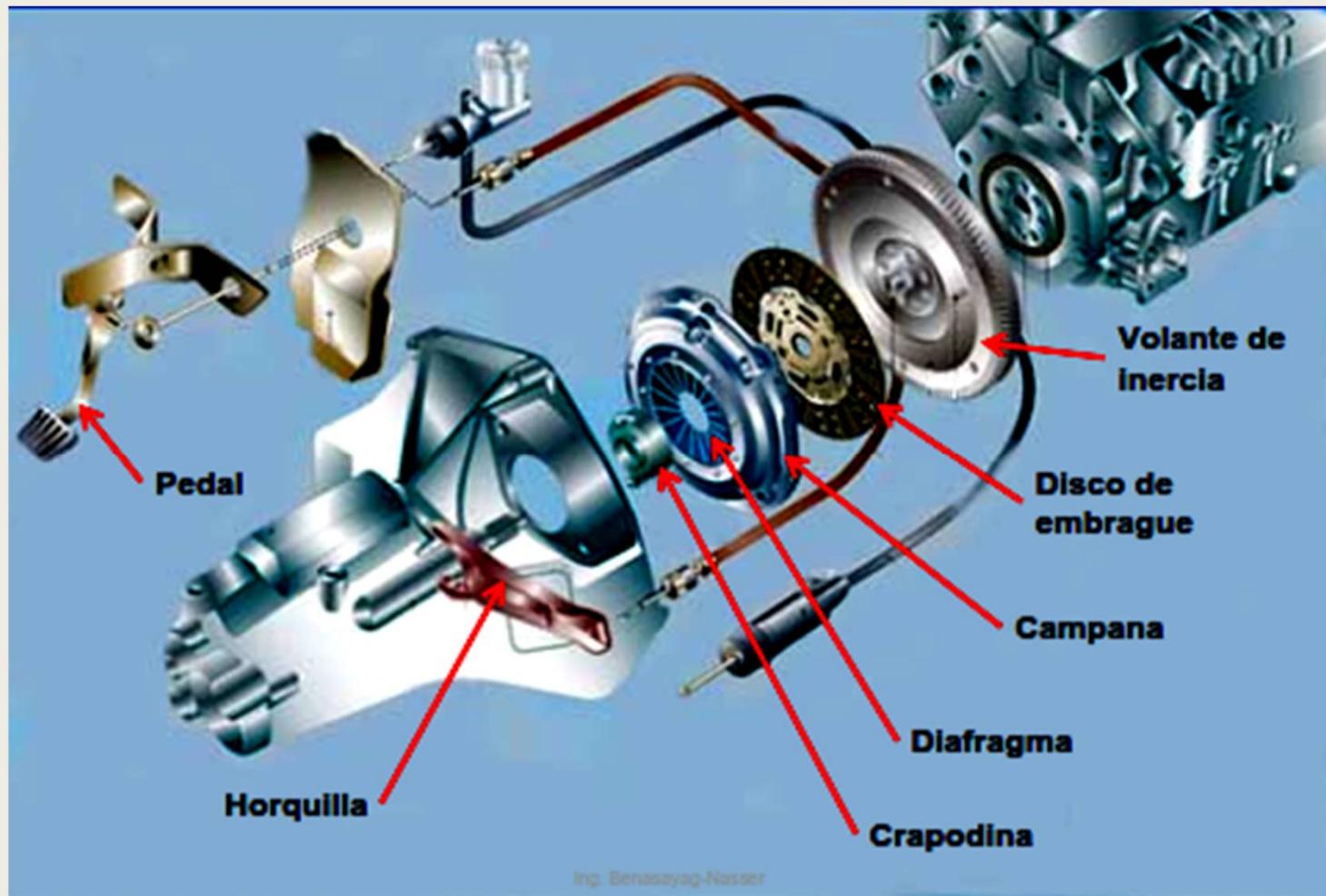
- 4) Se desconecta el embrague. Las superficies se separan. La parte conducida tiende a detenerse.

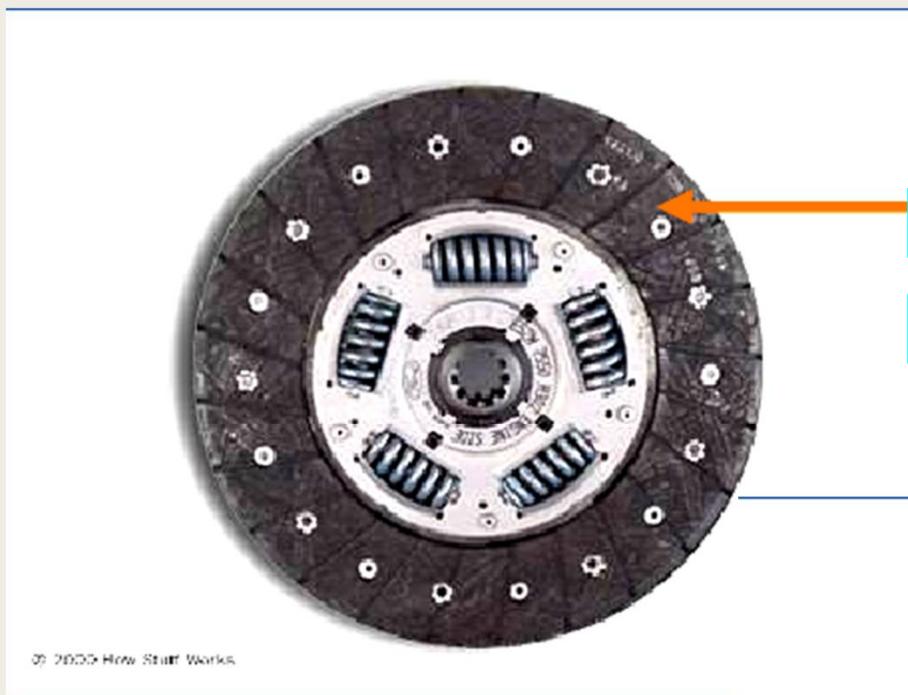


## CONDUCTOR CONDUCTOR

Un embrague es un sistema que permite controlar el acoplamiento mecánico entre el motor y la caja de velocidades.

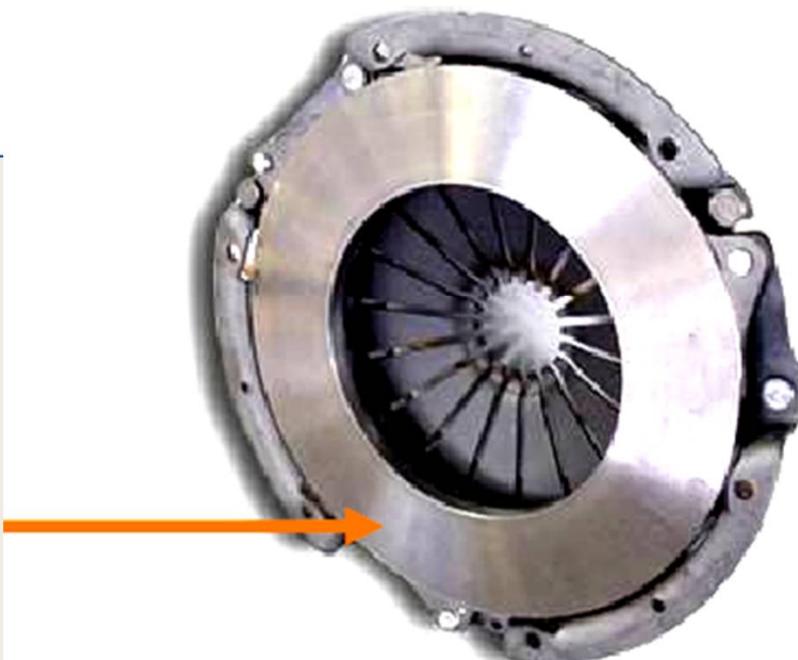
El embrague permite que se puedan insertar las diferentes marchas o interrumpir la transmisión entre el motor y las ruedas.





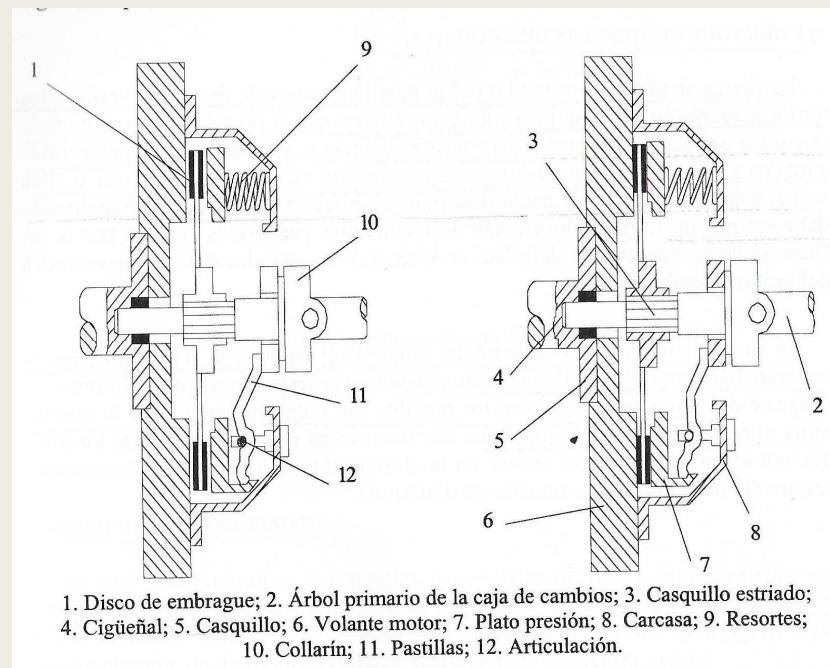
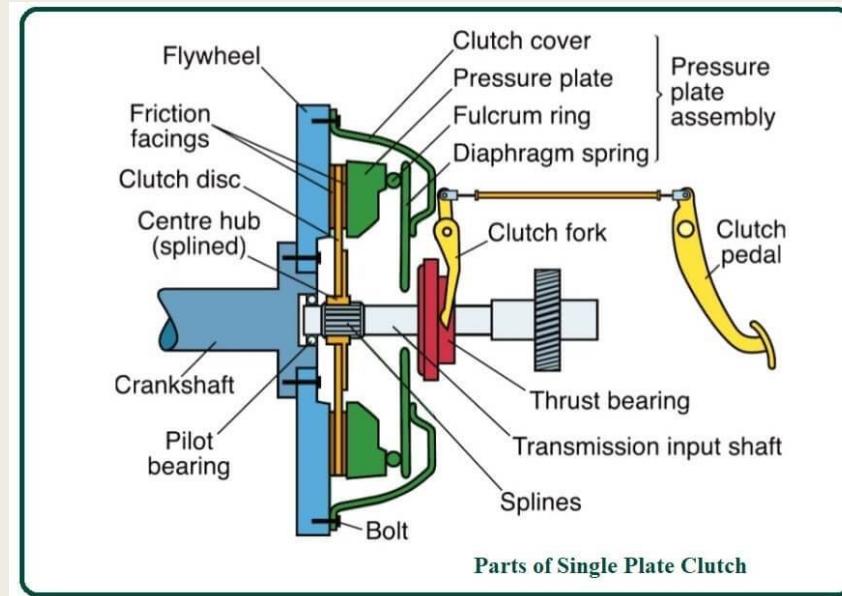
DISCO DE  
EMBRAGUE

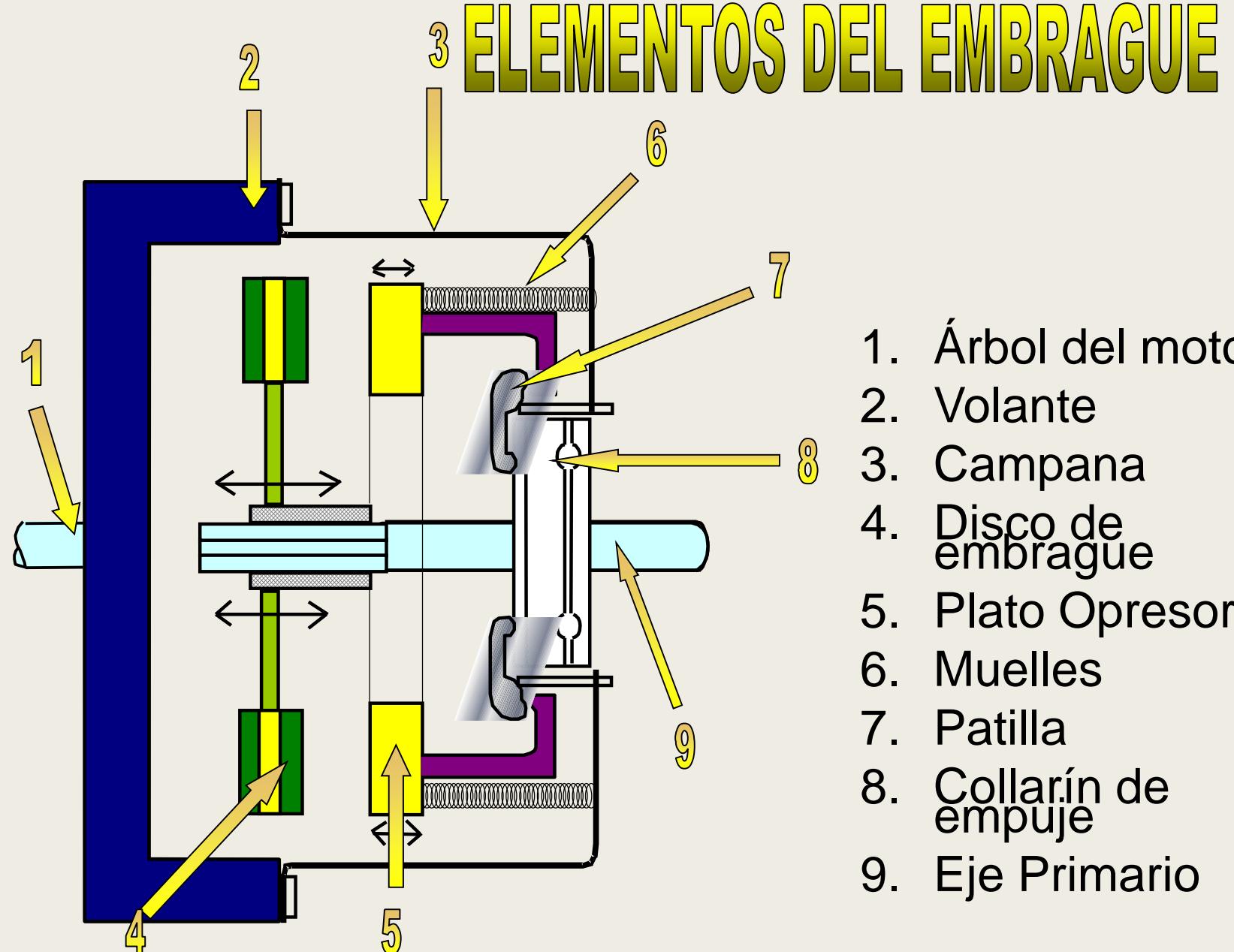
PLATO  
OPRESOR





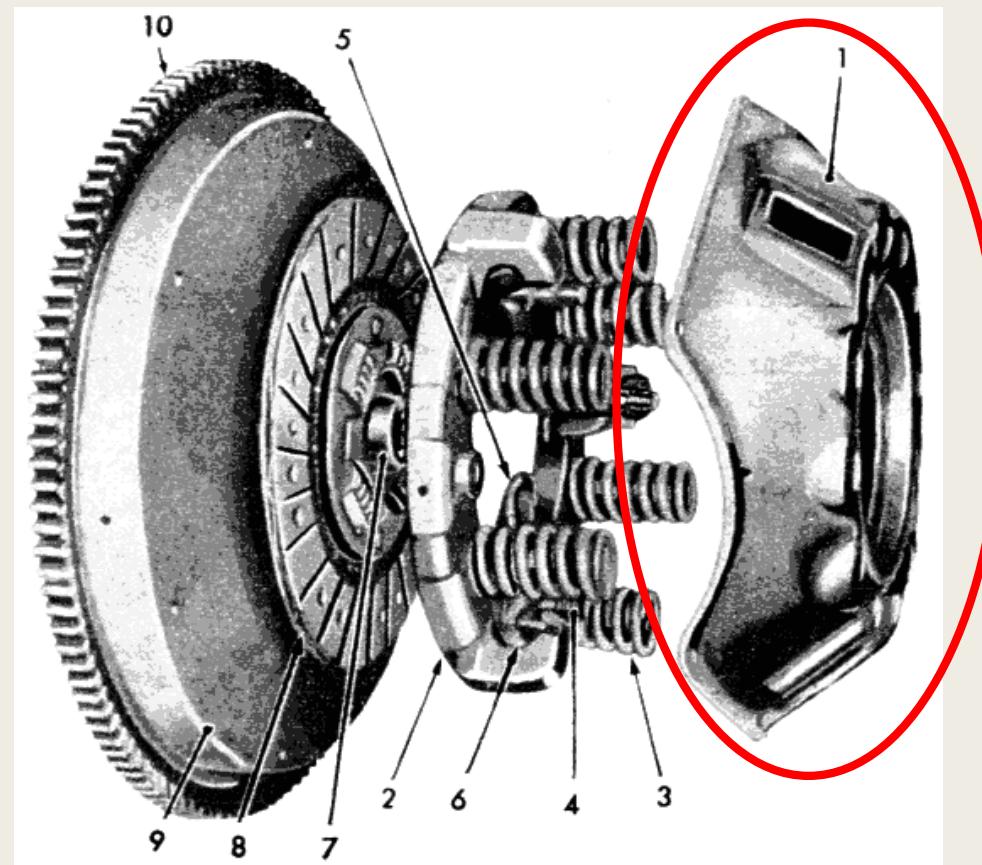
El embrague de fricción está constituido por una parte motriz, que transmite el giro a una parte conducida, utilizando para tal efecto la **adherencia existente entre los dos elementos**, y a los que se les aplica una determinada presión, que los une fuertemente uno contra el otro. El embrague de fricción está compuesto por dos partes claramente diferenciadas, el disco de embrague y el plato de presión, siendo la actuación más extendida del mecanismo, sistema con el que se presiona un elemento contra el otro y con el que, por tanto, se controla la transmisión de par, por resortes o por diafragma. Los dos tipos están formados por un plato de presión, una carcasa y, dependiendo del tipo, unos resortes y patillas de accionamiento, o un diafragma.





## Tapa metálica

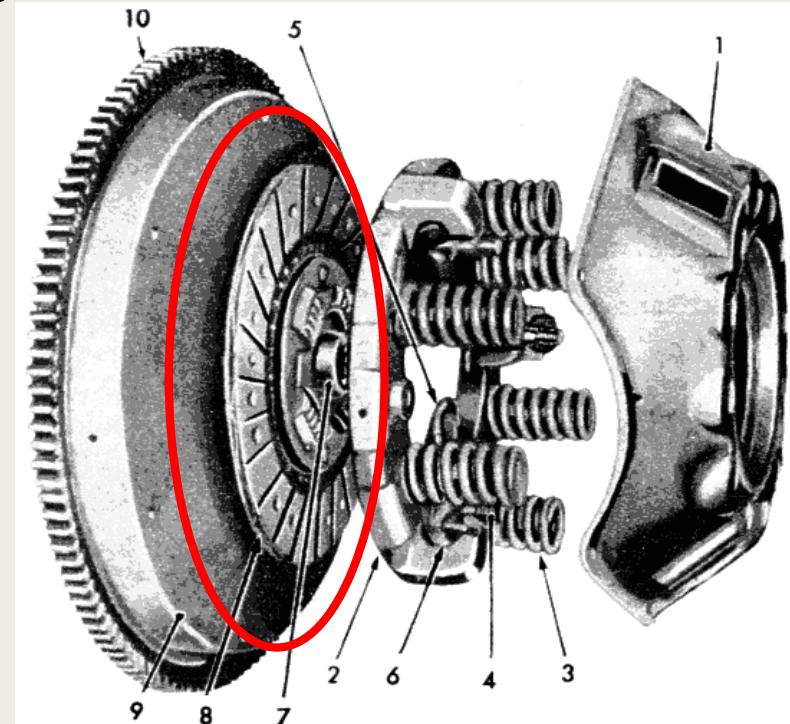
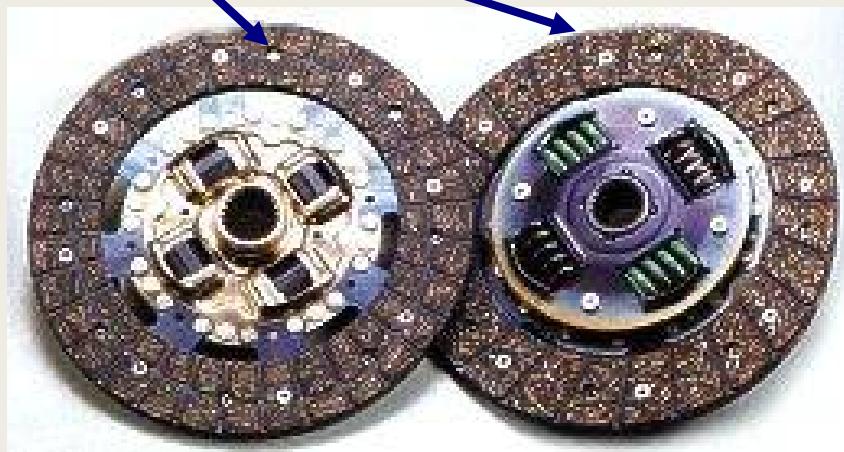
Denominada **campana**. Unida al volante de inercia del motor mediante tornillos, encierra entre ella y el volante al resto de las piezas, y gira solidaria con él.



# Disco de embrague

Es un disco metálico sobre el cual, en su parte periférica, van unidas mediante remaches dos coronas circulares denominadas **forros de embrague**, constituidos por resinas sintéticas e hilos de cobre o latón, que constituyen un material altamente resistente a la fricción. En su parte central lleva un manguito estriado en su interior, dentro del cual se aloja un extremo del **eje primario** de la caja de cambios, que está estriado exteriormente con un diseño acoplable al que el disco de embrague lleva en su interior.

## Forros del embrague

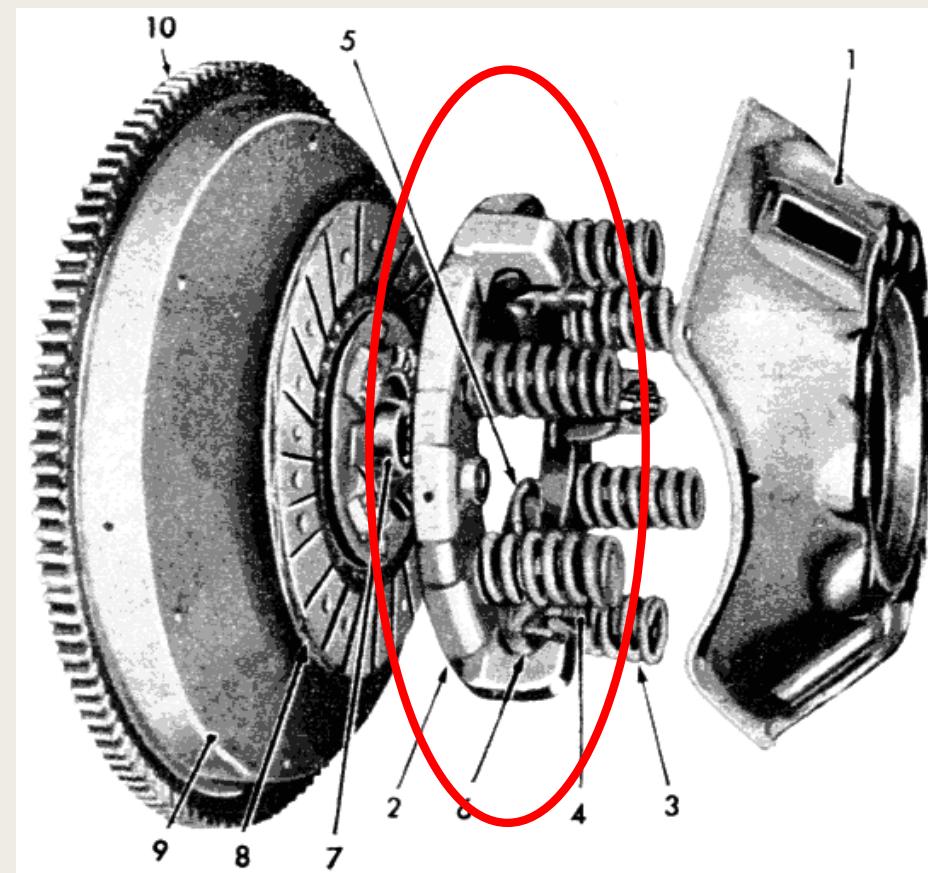


## DISCO DE EMBRAGUE

Este dispositivo está formado por un disco de acero en el que, por medio de unos remaches, van sujetos los forros de material de fricción, de tal manera que la cabeza de los remaches va embutida para que no rocen contra la superficie del asiento del volante de motor. El disco de embrague es el elemento encargado de transmitir a la caja de cambios todo el par motor sin que se produzcan resbalamientos en condiciones estacionarias. Por este motivo, el disco de embrague está forrado de un material de fricción que se adhiere a las superficies metálicas (superficies con las que entra en contacto dicho disco). Este material, muy resistente al desgaste y al calor

## Plato opresor

Metálico, con forma de corona circular del mismo tamaño que los forros de embrague, lleva unos soportes sobre los cuales actúan las patillas.



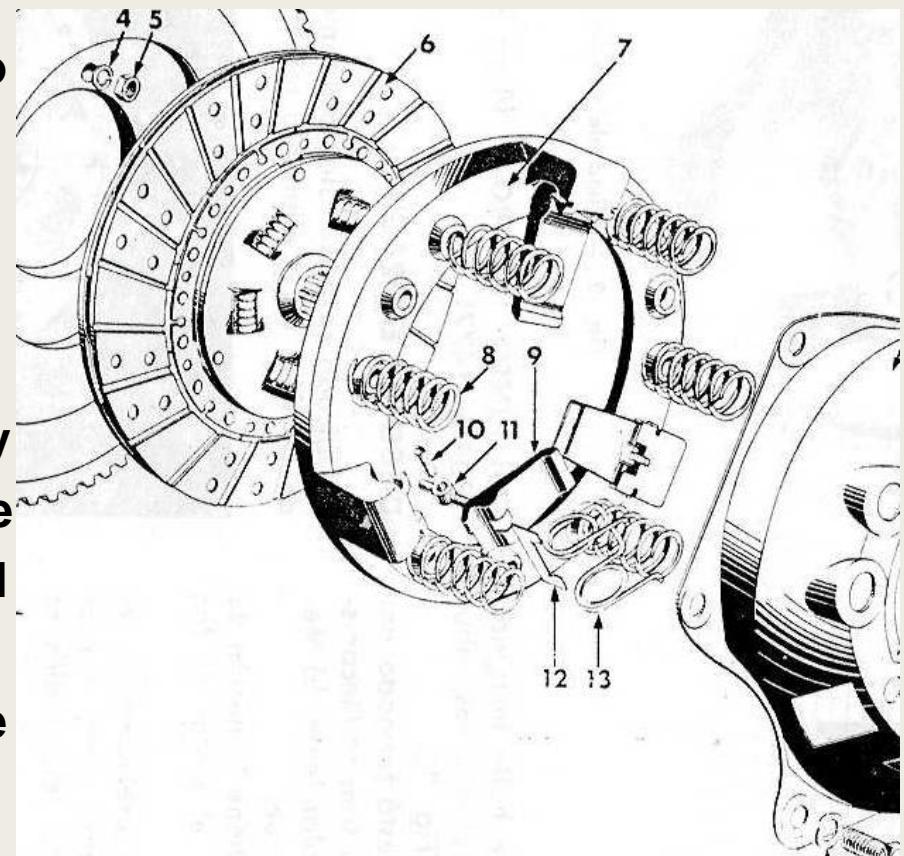
# PLATO DE PRESIÓN

El plato o disco de presión sirve de acoplamiento del conjunto al volante de inercia y va montado entre el disco de fricción y la carcasa. Entre el plato de presión y la carcasa van montados los elementos de presión, que pueden ser resortes helicoidales o un diafragma. También denominado “maza de embrague”, se compone de un disco de acero en forma de corona circular. Por una cara se une a la carcasa del mecanismo de embrague, a través de los resortes o diafragma, y por la otra cara se une a una de las caras del disco de embrague.

# Resortes o Diafragma

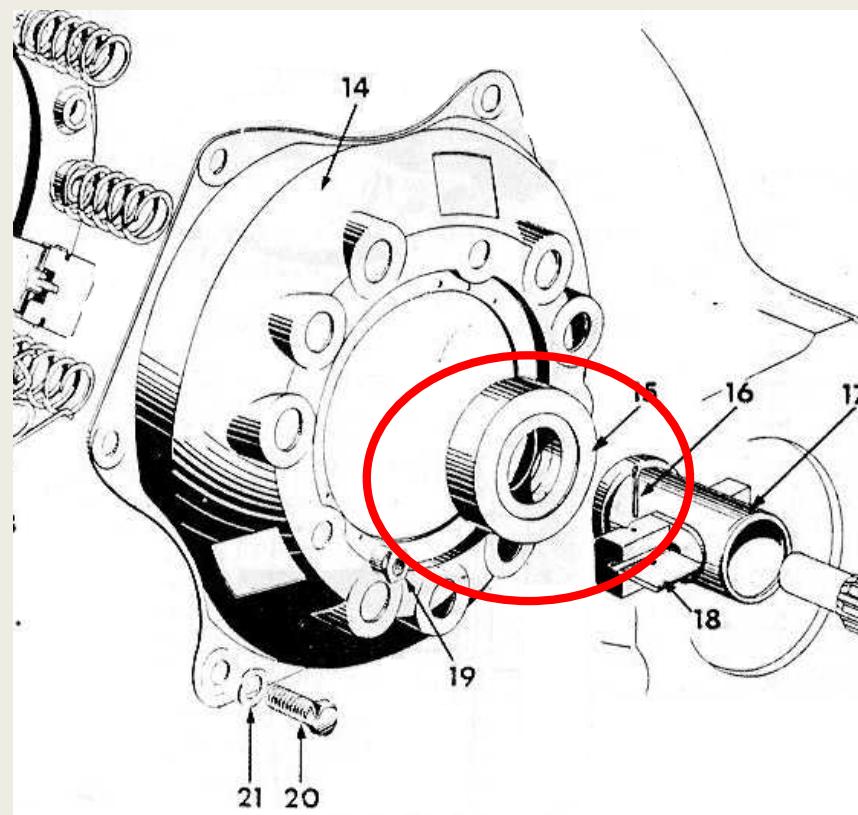
Generalmente 9 ó 12. Se apoyan por uno de sus extremos sobre la campana y por el otro sobre el plato opresor.

**Diafragma:** Por su menor número de componentes reduce la fricción y el desgaste, garantiza un mejor funcionamiento, buen rendimiento y aumenta la durabilidad. La fuerza de apriete aumenta con el desgaste del disco, lo que evita que el embrague patine prematuramente. No requiere de ningún ajuste. Su accionamiento es más suave y más confortable para el conductor. Fácil montaje.



# Collarín

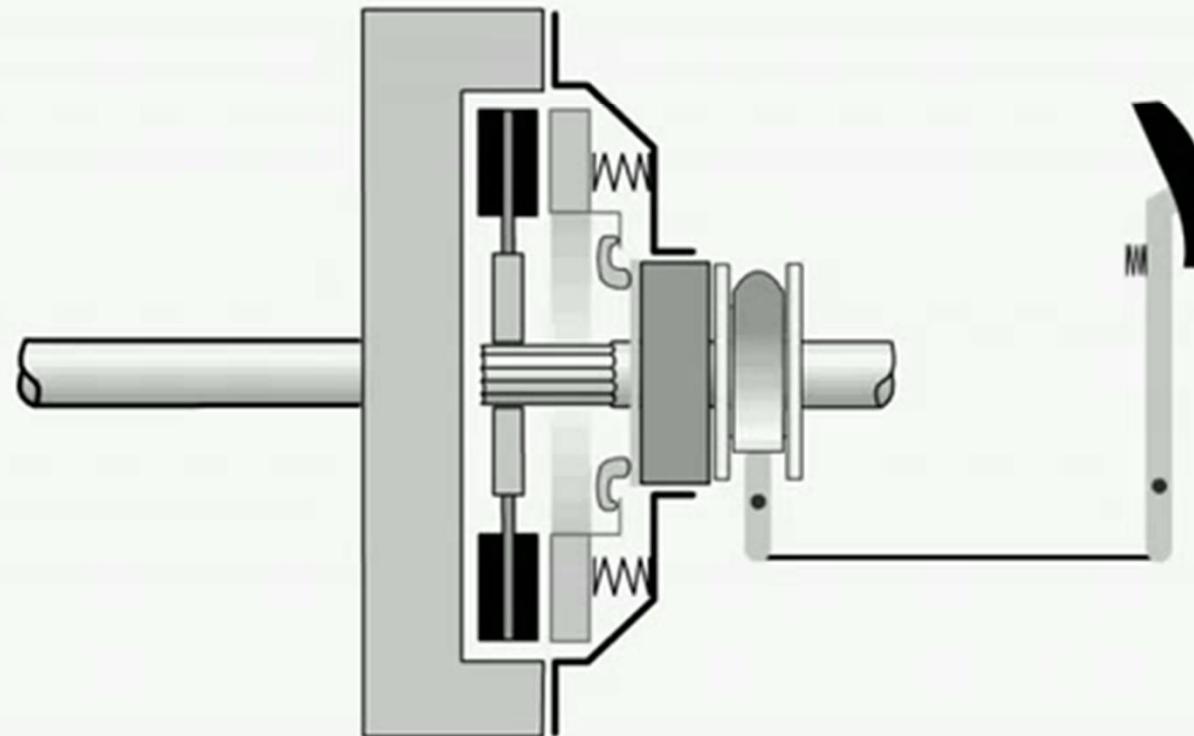
Formado por un *rodamiento axial* con un orificio central por el que pasa el eje primario. Este collarín se apoya por un lado en el *anillo de patillas* y por el otro recibe el empuje de la *horquilla*.



## COJINETE DE EMBRAGUE

Denominado también cojinete axial o collarín de embrague, es el elemento por el que se acciona el mecanismo. Se trata de un rodamiento de bolas que se desliza sobre el tramo del eje primario situado en la campana de la caja de velocidades. Dicho desplazamiento axial se controla por una de sus caras a la que va acoplado un elemento denominado *horquilla*, y por el otro extremo permanece en contacto con las patillas de accionamiento, en el caso de que se trate de un mecanismo de embrague por resortes, o sobre los dedos elásticos, si se trata de un mecanismo dotado de embrague por diafragma, realizando el empuje axial sobre éstos.

## EMBRAGUE DE FRICCIÓN DE DISCO SIMPLE



## MOMENTO DE ROZAMIENTO

El momento de rozamiento  $M_r$ , puede determinarse como:

$$M_r = k \cdot M_n$$

$k$  : Es un factor que depende de la irregularidad del momento motor de la máquina motriz absorbido por la máquina conducida y de la aceleración prevista.

Este valor se lo denomina, **Coeficiente de margen del embrague** y se calcula por:

$k_m$  :

Factor de irregularidad de cupla de la máquina motriz

$k_c$  :

Factor de irregularidad de cupla de la máquina conducida.

$k_{acel.}$

Factor de aceleración

**Factor de irregularidad – máquina motriz  $k_m$**

<b>Motor eléctrico</b>	1 – 1,4
<b>Motor de combustión Interna monocilíndrico – Nafta</b>	1,5
<b>Motor de combustión interna policilíndrico - Nafta</b>	1
<b>Motor diesel rápido</b>	1,5
<b>Motor diesel lento</b>	2

$k_{ace\acute{l}}$  : según las condiciones, motor disponible, etc. 1,5 – 2

$k$  : para el caso de embrague de automóvil  $k = 2 - 2,5$

### Factor de irregularidad – máquina conducida $k_c$

<b>Generador carga constante</b>	1
<b>Generador carga variable</b>	1,5
<b>Ventiladores, sopladores</b>	1
<b>Compresores alternativo</b>	2 – 2,5
<b>Bombas rotativas</b>	1
<b>Bombas alternativas, según el número de cilindros, de si son de simple o de doble efecto.</b>	1,2 – 2
<b>Arbol de transmisión</b>	1,3 – 1,5
<b>Grúas excavadoras</b>	2
<b>Trituradoras</b>	3

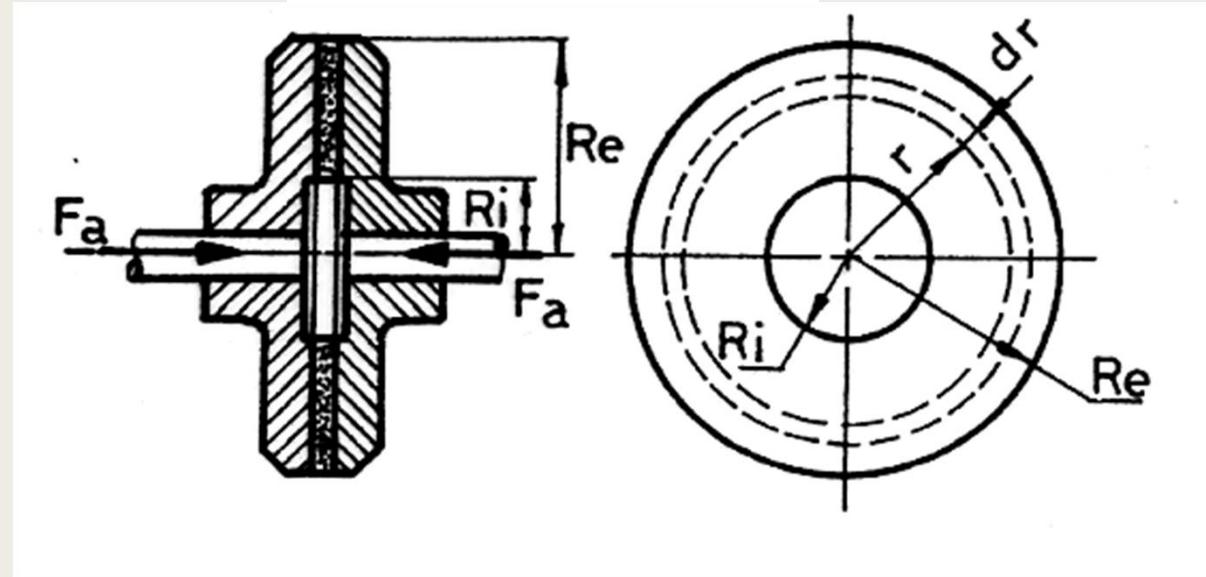
# ALGUNOS CÁLCULOS

Existen dos formas de dimensionar un embrague:

- Presión Uniforme.
- Desgaste Uniforme.

## PRESIÓN UNIFORME

$$dA = 2\pi \cdot r \cdot dr$$



$$dF_n = p \cdot dA = p \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

**Fuerza diferencial  
normal**

$$dF_r = \mu \cdot dF_n = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot p \cdot r \cdot dr$$

**Fuerza elemental de  
rozamiento**

$$dM_r = r \cdot dF_r = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot p \cdot r^2 \cdot dr$$

**Momento diferencial de  
rozamiento**

$$M_r = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot p \int_{R_i}^{R_e} r^2 \cdot dr = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot p \frac{R_e^3 - R_i^3}{3}$$

$$F_a = p \cdot \pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)$$

**Fuerza axial que deben  
ejercer los resortes para  
mantener el mecanismo  
acoplado**

$$p = \frac{F_a}{\pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)}$$

Presión media

$$M_r = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \frac{F_a}{\pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)} \cdot \frac{(R_e^3 - R_i^3)}{3}$$

$$M_r = \mu \cdot F_a \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot \frac{(R_e^3 - R_i^3)}{(R_e^2 - R_i^2)} \right]$$

$$R_f = \frac{2}{3} \cdot \frac{(R_e^3 - R_i^3)}{(R_e^2 - R_i^2)}$$

Radio de fricción o de  
rozamiento

# DESGASTE UNIFORME

El desgaste es proporcional a la presión  $p$  y a la velocidad  $v$ .

$$\delta = k \cdot p \cdot v = k \cdot p \cdot \omega \cdot r \quad \therefore \quad p = \frac{\delta}{k \cdot r \cdot \omega}$$

$$p = \frac{C}{r}$$

$\delta$  y  $k$  son constantes

$$dM_r = \mu \cdot p \cdot 2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr$$

**Momento de Rozamiento  
Diferencial**

$$M_r = \int_{R_l}^{R_e} r \cdot \mu \cdot \frac{C}{r} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

**Momento de Rozamiento**

$$M_r = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot C \cdot \frac{R_e^2 - R_i^2}{2}$$

Para encontrar el valor de la constante C

$$dF_a = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot r \cdot dr$$

$$F_a = \int_{R_i}^{R_e} p \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr = \int_{R_i}^{R_e} \frac{C}{r} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr = 2 \cdot \pi \cdot C (R_e - R_i)$$

$$C = \frac{F_a}{2 \cdot \pi (R_e - R_i)}$$

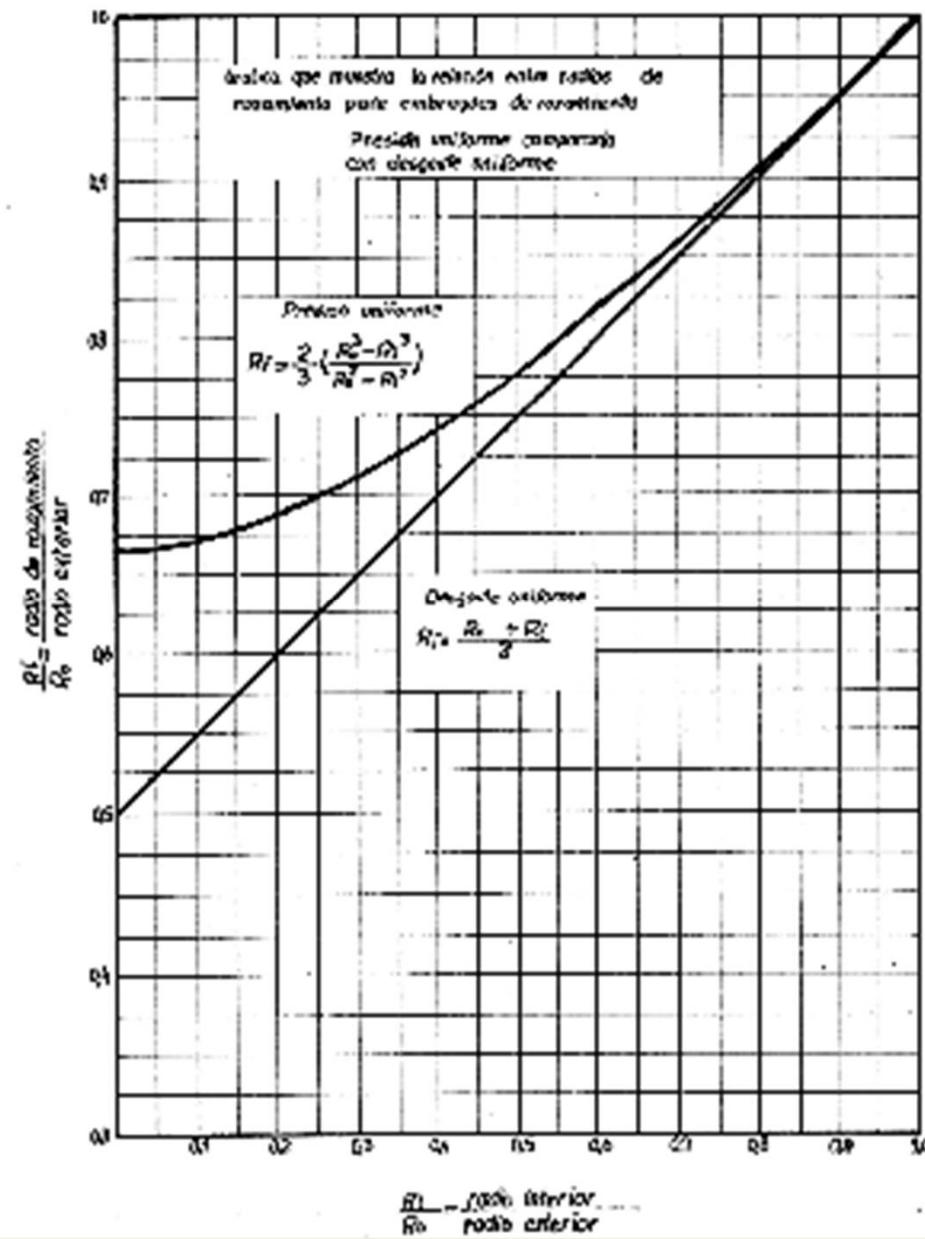
## Reemplazando el valor de C en el Mr

$$M_r = F_a \cdot \mu \cdot \frac{(R_e^2 - R_i^2)}{2} \frac{1}{(R_e - R_i)} = F_a \cdot \mu \cdot \frac{(R_e + R_i)(R_e - R_i)}{2(R_e - R_i)}$$

$$M_r = F_a \cdot \mu \cdot \frac{(R_e + R_i)}{2} = F_a \cdot \mu \cdot R_f$$

$$R_f = \frac{R_e + R_i}{2}$$

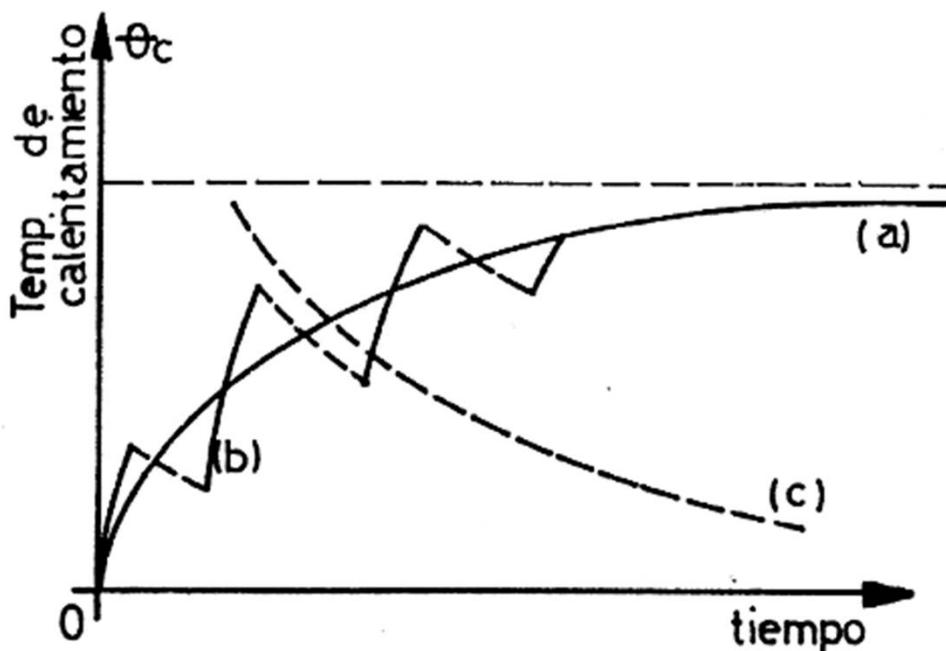
Radio de fricción o de rozamiento



Para valores bajos de la relación  $R_i/R_e$ , la diferencia entre presión uniforme y desgaste uniforme se hace notable y a medida que  $R_i/R_e$  aumenta la diferencia es cada vez más pequeña.

# CALENTAMIENTO

El trabajo que se consume en el rozamiento, durante la conexión y desconexión del acoplamiento va acompañado de **desgaste y calentamiento de las superficies de resbalamiento**. La temperatura de las zonas sometidas a fricción, deben permanecer por debajo de una temperatura denominada límite.



Para un número de revoluciones y potencia de rozamiento constantes se puede trazar la curva "a" de calentamiento del acoplamiento de fricción referida la tiempo . La curva de enfriamiento "c" para el mismo número de revoluciones.

## El calor generado en un acoplamiento es:

$$Q = c \cdot G \cdot (\vartheta_{final} - \vartheta_{aire}) \quad (Kcal)$$

Siendo:

$Q$  : cantidad de calor generado al final de una embragada, en  $Kcal$

$c$  : calor específico del material de la placa de embrague, se puede emplear el valor medio

para el acero o la fundición de aproximadamente  $0,12 \left( \frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C} \right)$

$G$  : representa el peso de las placas del embrague, en  $(Kg)$

$\vartheta_{final}$  : temperatura del acoplamiento, al final del primer embrague, en  $(^\circ C)$

$\vartheta_{aire}$  : temperatura del aire ambiente, en  $(^\circ C)$

## La temperatura de las placas de embrague al final de una aplicación:

$$\vartheta_{final} = \vartheta_{aire} + \frac{Q}{G \cdot c}$$

$$Q = \frac{A_{roz.}}{427}$$

$$\vartheta_{final} = \vartheta_{aire} + \frac{A_{roz.}}{427 \cdot G \cdot c} = \vartheta_{aire} + \frac{A_{roz.}}{427 \cdot 0,12 \cdot G}$$

$$\vartheta_{final} = \vartheta_{aire} + 0,02 \cdot \frac{A_{roz.}}{G}$$

# MATERIALES DE FRICCIÓN

**Los materiales de fricción deben reunir una serie de cualidades:**

- 1. Coeficiente de fricción alto y uniforme**
- 2. Escasa variación del coeficiente de roce con la temperatura, velocidad y presión específica.**
- 3. Buena conductividad térmica.**
- 4. No causar sobre los materiales metálicos de discos o tambores desgastes excesivos.**
- 5. Coeficiente de dilatación aceptable.**
- 6. Plasticidad que permita una buena adaptación a deformaciones.**
- 7. Costo aceptable.**
- 8. Disponibilidad.**
- 9. Resiliencia alta**

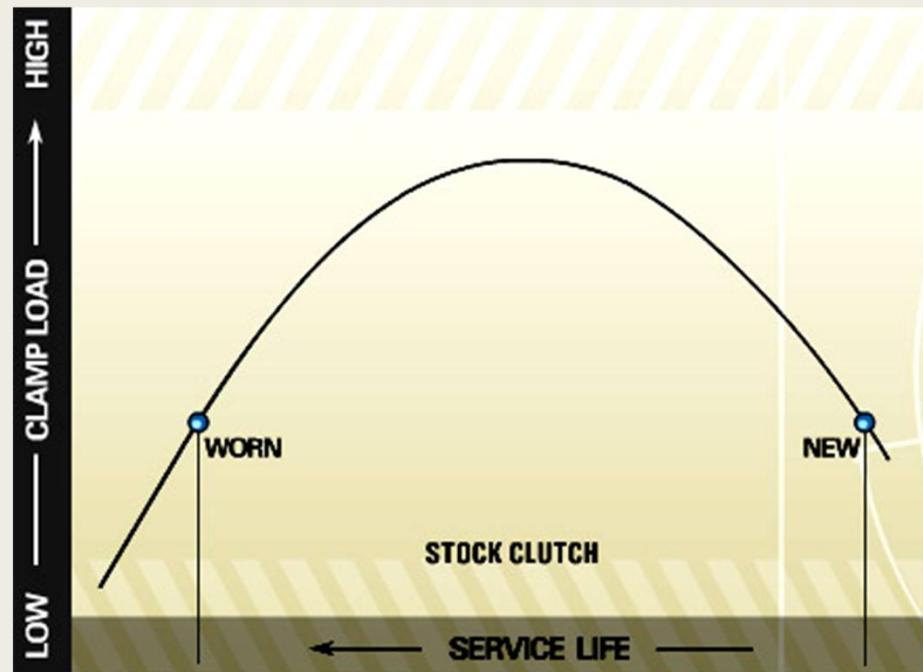
**En la actualidad se dispone de un amplio rango de materiales de fricción disponibles en función de las necesidades específicas del vehículo por potencia y uso.**

**En cuanto a las partes estructurales del embrague, incluido el volante motor y el plato de presión sobre el que fricciona el material del disco de embrague, se utiliza fundición de hierro, aluminio (volante) o acero convencionalmente, y aleaciones especiales de acero, titanio o carbono (carcasa) en la alta competición.**

# ORGÁNICOS

Fibras de metal entretejido compactado de aramida (poliamida aromática, polímero con las propiedades de una cadena razonablemente rígida, estable mecánicamente y muy tenaz) o fibra de vidrio y aglutinado mediante resinas poliméricas. **De accionamiento suave y progresivo, larga vida útil, amplio rango de temperaturas de trabajo y período de desgaste inicial casi nulo.**

Todo material de fricción, como puede observarse en la figura presenta en su ciclo de vida un período inicial de funcionamiento diferente con respecto a su funcionamiento normal, en el que el desgaste generado, así como las temperaturas alcanzadas, son mayores y, por lo tanto, la presión aplicada debe disminuirse.



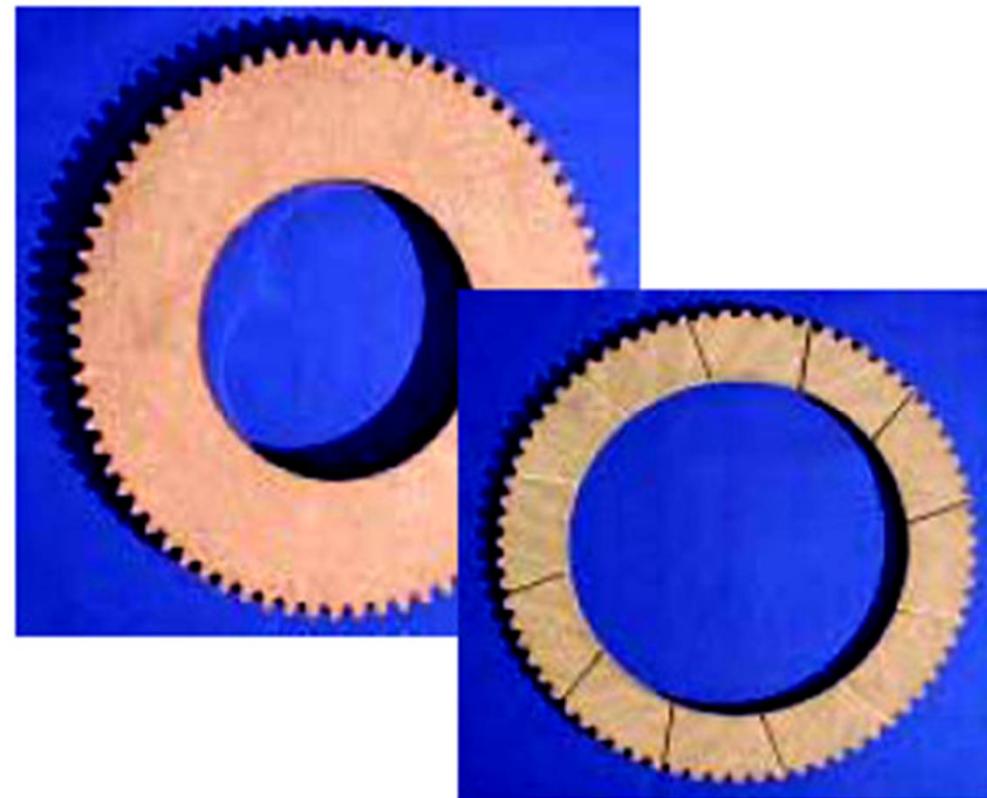
Los forros con este material soportan usos intensos, si bien son intolerantes al uso abusivo repetido (sobrecalentamiento). Retornan a condiciones óptimas de funcionamiento tras sufrir sobrecalentamiento. El material es de color marrón oscuro o negro, con las fibras de metal visibles. El metal empleado es cobre o latón.

## CARBOCERAMICOS

Usualmente encontrados en **sistemas multidisco**, donde se producen elevados deslizamientos, son capaces de soportar **temperaturas muy elevadas**. Soportan **potencias por encima de los 500 CV**. La conexión es más abrupta y, además, erosionan el material del volante motor y disco de presión más rápidamente.

El carbono, formando fibras obtenidas por termólisis de fibras de poliacrilato, presenta una durabilidad ligeramente mayor, menor peso y menor capacidad de erosión, mientras que el material cerámico soporta temperaturas mayores y presenta mayor rigidez.

**Ambos pueden encontrarse por separado formando las pastillas de embrague, de carbono o cerámicos, aunque la tendencia actual es a combinarlos formando el tipo de material aquí expuesto.**



# METAL SINTERIZADO

Capaces de soportar **temperaturas extremadamente altas, y potencias por encima de los 700 CV**. Requiere material especial en la superficie del volante motor. El color es marrón o negro, en función del metal utilizado. **Los dos más usuales son el latón, y principalmente el hierro.**

Los segmentos del forro se fabrican mediante sinterización, es decir, compresión en prensa, de polvo del metal en el interior de un molde con la forma adecuada, y el posterior tratamiento en horno de la pieza generada. Es usual añadir al polvo de metal polvo de zinc, latón (en el caso de segmentos de acero) o polvos cerámicos (materiales ceraméticos) para mejorar la conductividad térmica y la resistencia a abrasión.

Los embragues de metal sinterizado y, particularmente, los carbocerámicos, se diseñaron para aplicaciones donde la calidad del desembragado y la comodidad son aspectos secundarios frente a la capacidad de transmisión de par. Su funcionamiento extremadamente abrupto puede dañar, además, otros componentes de la transmisión, incluyendo rodamientos y juntas.



## Asentamiento irregular del disco de embrague, lado volante motor

### Causas

- No hubo reemplazo del volante
- El volante no fue rectificado
- El volante fue mal rectificado



## Disco de embrague contaminado con aceite

### Causas

- Reten trasero del cigüeñal con filtración
- Reten delantero de la caja de cambios con filtración



## Disco de embrague contaminado con grasa

### Causas

- Exceso de grasa en eje piloto
- Manipulación en el montaje con suciedad



## Lengüetas del diafragma de la prensa desgastadas

### Causas

- Rodamiento embrague de tope
- Horquilla desgastada o rota
- Buje o rodamiento del eje piloto, en mal estado



## Plato opresor de la prensa, rayado

### Causas

Rodamiento embrague de tope  
Horquilla desgastada o rota  
Buje o rodamiento del eje piloto, en mal estado



## Plato parcialmente sobre calentado

### Causas

Disco, contaminado con grasa o aceite  
Rodamiento embrague de tope, fuera de norma especificada por el fabricante del vehículo.  
Mecanismo de embrague con defectos  
**Vicio al conducir con el pie sobre el pedal del embrague**  
El embrague fue forzado a patinar durante mucho tiempo



Ind: Benasavao-Nasser

## Disco de embrague totalmente desgastadas

### Causas

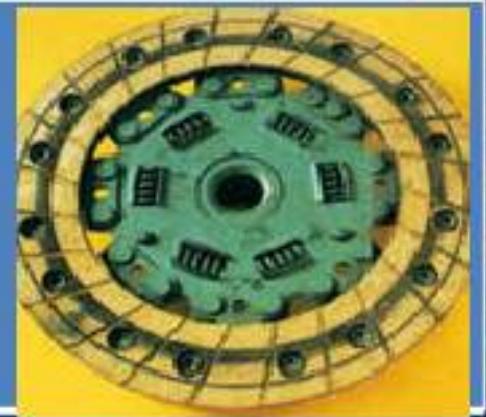
Mecanismo de desembrague defectuoso.  
Vicio al conducir con el pie sobre el pedal del embrague.  
Presión del plato de la prensa, muy baja al ser accionada.  
Por uso indebido o por desgaste natural de la superficie.



## Disco de embrague, rayada por el lado volante motor

### Causas

No hubo reemplazo del volante motor  
El volante motor no fue rectificado  
El volante motor mal rectificado



## Lengüetas del diafragma de la prensa deformadas

### Causas

Fallas de montaje del embrague.  
Lengüetas deformadas al introducir el eje piloto.  
Se dejo colgar transmisión y/o motor



## Lengüetas del diafragma de la prensa excéntricamente desgastadas

### Causas

Rodamiento embrague descentrado.  
Guía y/o punta eje piloto desgastadas.  
Falta de guías en el volante del motor



### Disco de embrague, totalmente desgastado

#### Causas

Mecanismo de desembrague defectuoso.

**Vicio al conducir con el pie sobre el pedal.**



### Disco con excesiva comba (alabeo), en superficie de apoyo

#### Causas

Mal almacenamiento (alabeo máximo de 0,5 a 1,0 mm.).

Manipulación del material sin cuidado.



### Muelle de la prensa embrague deformada

#### Causas

Juntas homocinéticas y/o tren motriz con juego excesivo.

Presa embrague no corresponde a la aplicación.

Aplicación errónea, de velocidades durante la conducción

Almacenaje y manipulación inadecuada.

Apretar pernos de fijación incorrectamente.



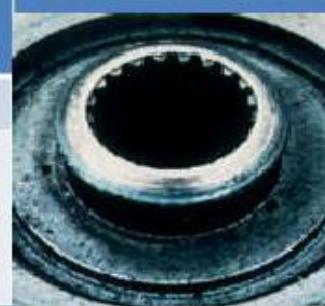
### Masa de núcleo del disco embrague, desgastada en el borde exterior

#### Causas

Montaje del disco embrague invertido

Disco embrague incorrecto, no corresponde a la aplicación.

Error de montaje, el disco no fue montado en posición correcta.



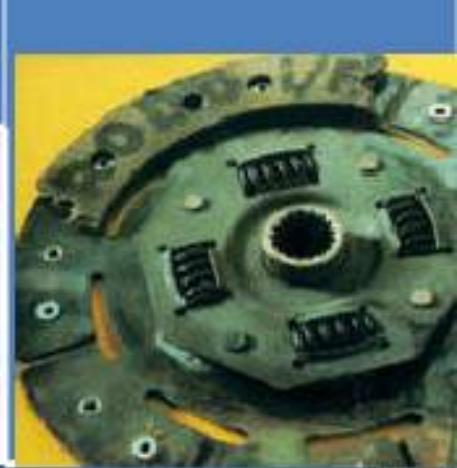
## Disco de embrague desprendido

### Causas

**Conducción incorrecta (abuso del embrague o velocidad errónea).**

Daños por golpe.

Disco incorrecto, mal aplicado.



## Estriado del núcleo del disco de embrague dañado

### Causas

No se centró el disco

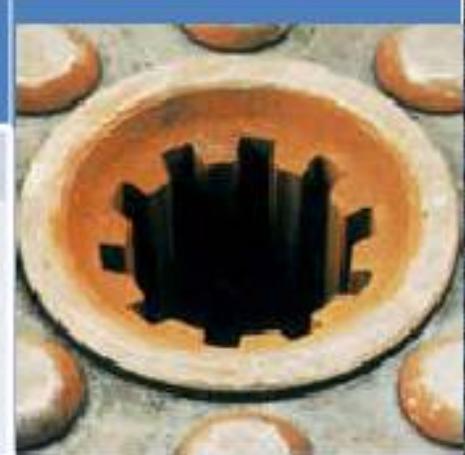
El eje piloto se introdujo a la fuerza o bruscamente.



## Masa del disco de embrague oxidada

### Causas

No se lubricó el eje piloto con grasa  
Vehículo estacionado por largo tiempo



## Masa con desgaste cónico y resortes del amortiguador destruidos

### Causas

Buje piloto y/o rodamiento piloto desgastado o roto  
Desalineamiento entre el motor y la transmisión



## Disco de embrague quemado

### Causas

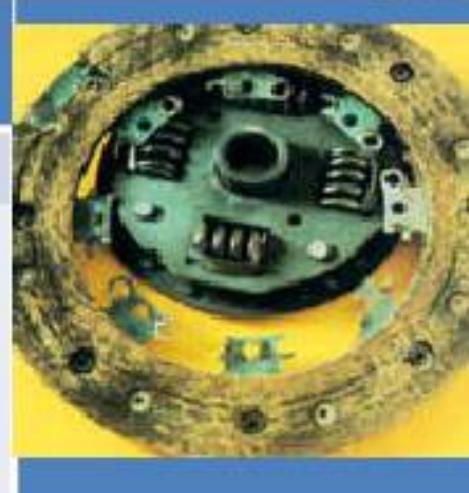
Disco de embrague contaminado con aceite y/o grasa.  
Retenes de motor y transmisión con filtración.  
Volante mal rectificado.  
Excesivo rectificado del volante motor.



## Segmentos del disco embrague rotos

### Causas

Rodamiento y/o buje piloto desgastados o rotos.  
Desalineamiento entre transmisión y/o motor.  
**Error al conducir, motor pasado en RPM, el disco alcanza una rotación por encima de la rotación de ruptura del disco.**



## Lengüetas del diafragma de la prensa embrague quebradas

### Causas

Error de montaje, daños por golpe brusco sobre diafragma de material templado.

Se introdujo a la fuerza punta eje piloto.



## Plato de la prensa embrague quebrado

### Causas

Recalentamiento del plato, por patinaje forzado.

Revestimiento del disco desgastado.

Disco de embrague sucio con aceite por filtración de retenes.



## Contradisco o amortiguador de torsión roto, rondana destruida

### Causas

Conducción inadecuada, bajas RPM y altas velocidades (3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup>).

Punta eje piloto descentrada.



## Resortes del amortiguador rotos o demasiado comprimidos

### Causas

Sistema de desembrague defectuoso.

Desajuste en motor por RPM y tiempo de encendido.

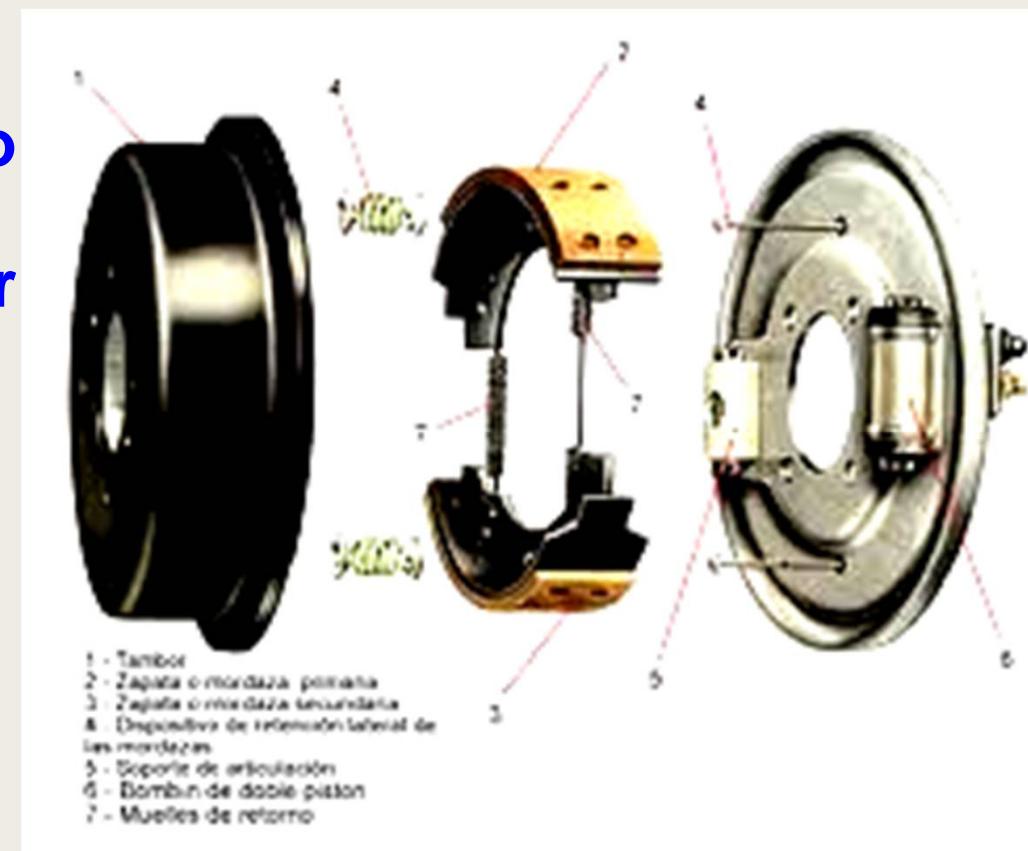




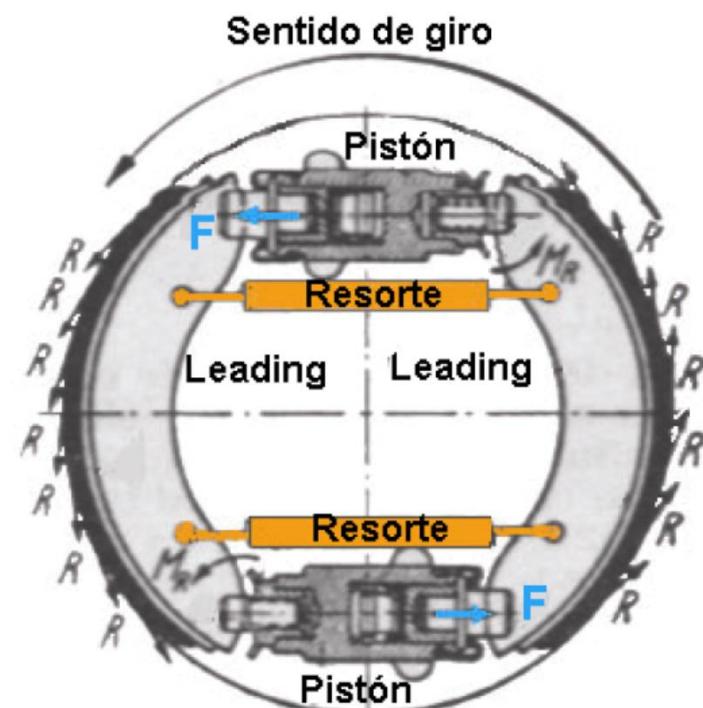
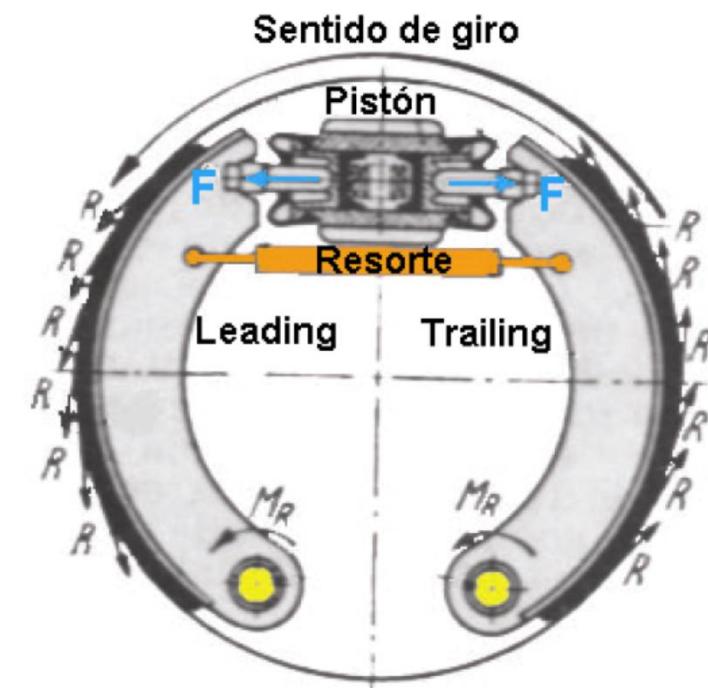
# FRENOS

**Se denomina freno a los dispositivos cuya función es detener un equipo en movimiento y/o mantenerlo enclavado sin permitir su salida de ese estado.**

**En la mayoría de las máquinas y equipos los frenos se aplican sobre elementos rotativos a través de lo que denominamos Momento Frenante.**



## B.- DE TAMBOR



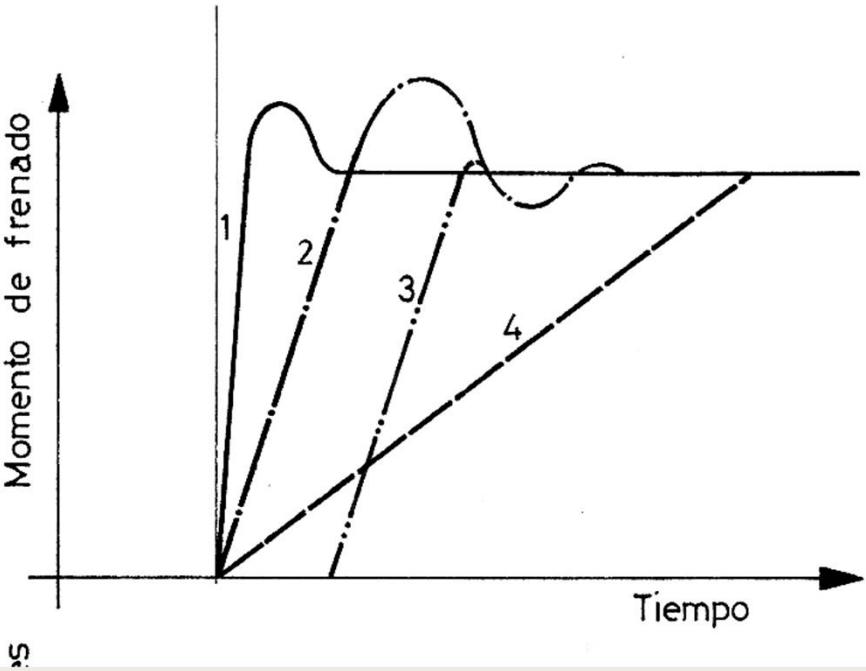


**Campana de freno**



**Zapatas de freno**



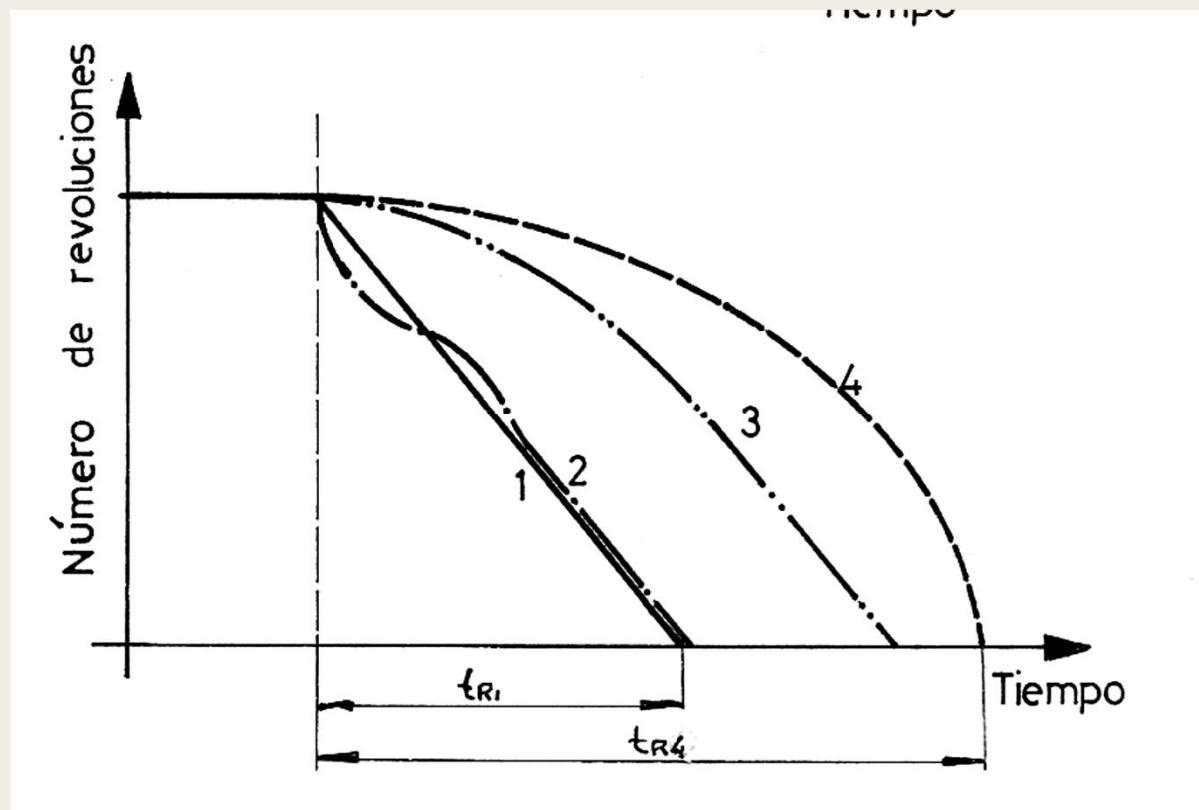


$$M_{dec} = M_R + M_{reg.}$$

10:43

Ing. Carlos Barrera

**El freno reduce, al actuar, el número de revoluciones del árbol a frenar desde  $n$  hasta cero, con un Momento de Frenado  $M_f$ . Además, el momento de régimen, debido a las cargas exteriores que actúan sobre la parte conducida, aumenta o disminuye el efecto de frenado, de tal manera que:**

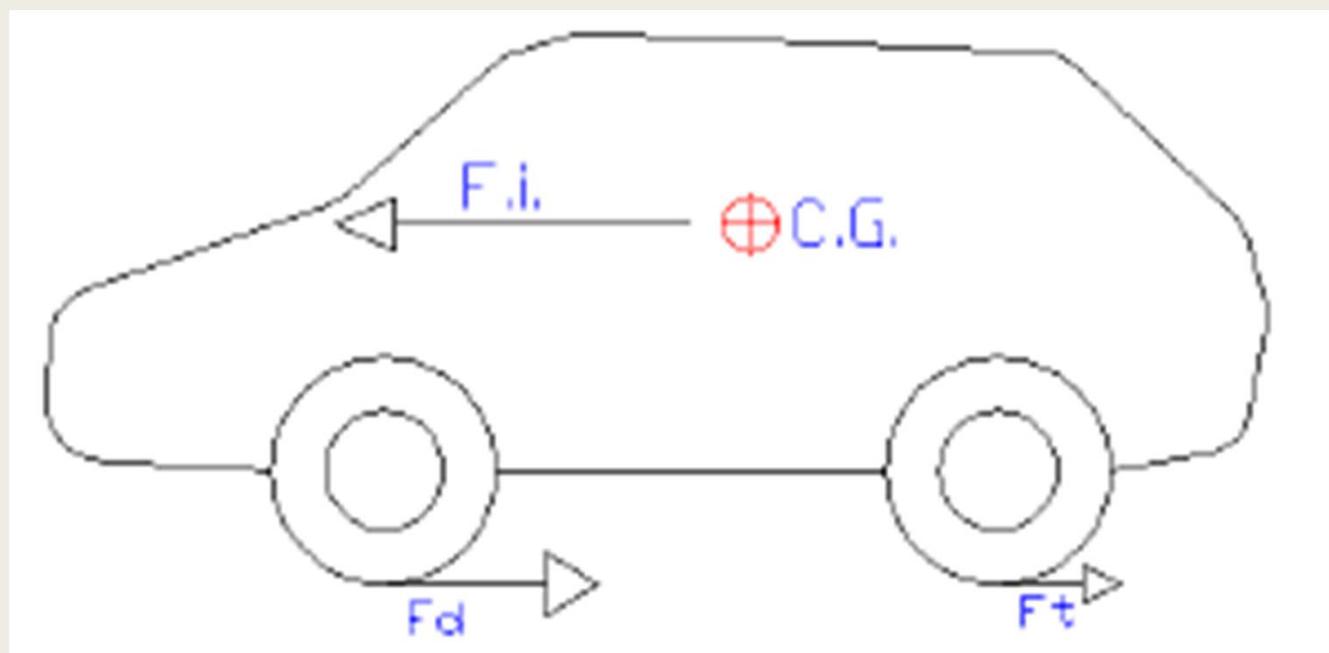


**La fuerza que actúa, puede ser por un contrapeso o por un resorte. En la figura se muestra la aplicación de un freno: 1-cargado con resorte, sin amortiguador; 2- cargados con contrapeso; 3- cargado por resorte con amortiguador**

**El reparto de cargas sobre el eje en un vehículo moderno en parado es aproximadamente de un solo 55% del peso total en el eje delantero, y del 45% sobre el eje trasero. Evidentemente, este reparto estático de cargas se modifica en condiciones dinámicas según las aceleraciones o desaceleraciones a que se ve sometido el vehículo.**

**Las principales fuerzas en juego en el proceso de frenado del vehículo son**

**las que se representan en el esquema siguiente:**



y que normalmente, al estar este punto situado a mayor altura que el eje de las ruedas, genera un par de cabeceo en el vehículo que modifica el reparto de cargas sobre los ejes. Aunque dicho reparto de cargas dinámicas durante la frenada depende de otros factores tales como el reparto de cargas estáticas, alturas del centro de gravedad y otros, se puede estimar que en un vehículo tipo dicho reparto de masas en una situación dinámica es el 75 % sobre el delantero y un 25 % sobre el eje trasero.

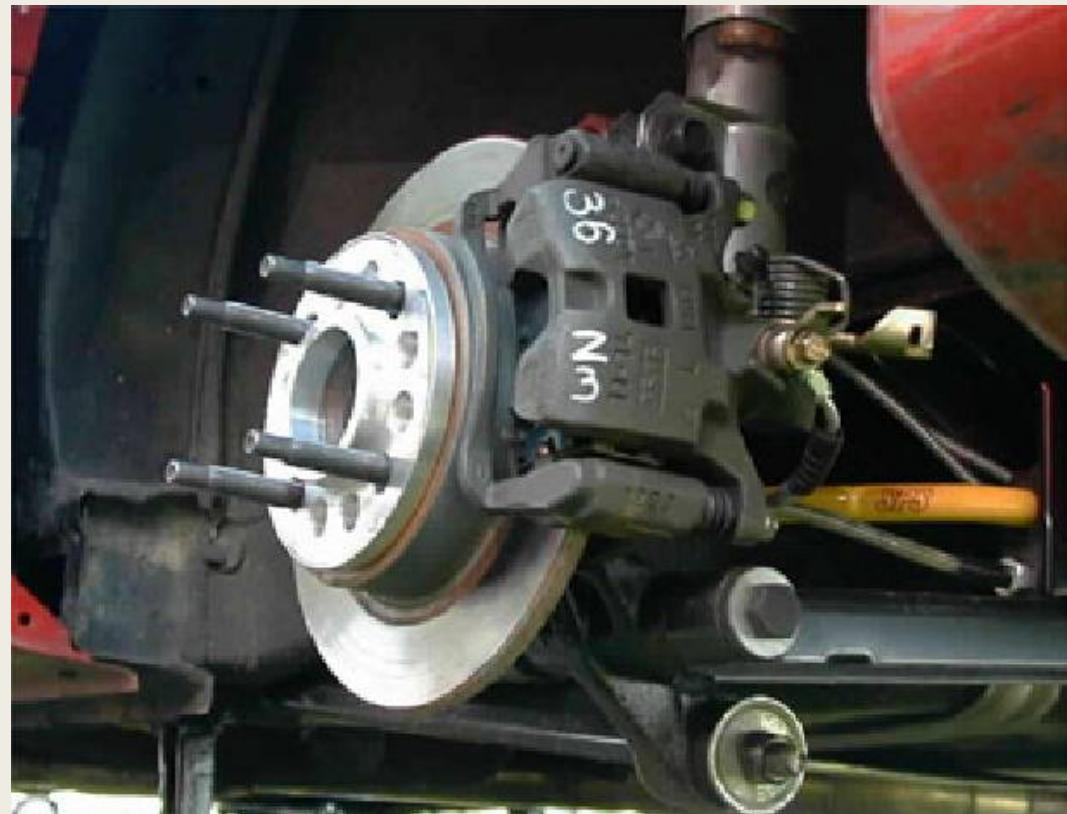
Esta situación supone que tanto el dimensionamiento de los frenos delanteros y trasero así, como las características del material de fricción de las pastillas o zapatas, han de tener distintas dimensiones y/o coeficientes para evitar el bloqueo de las ruedas traseras.

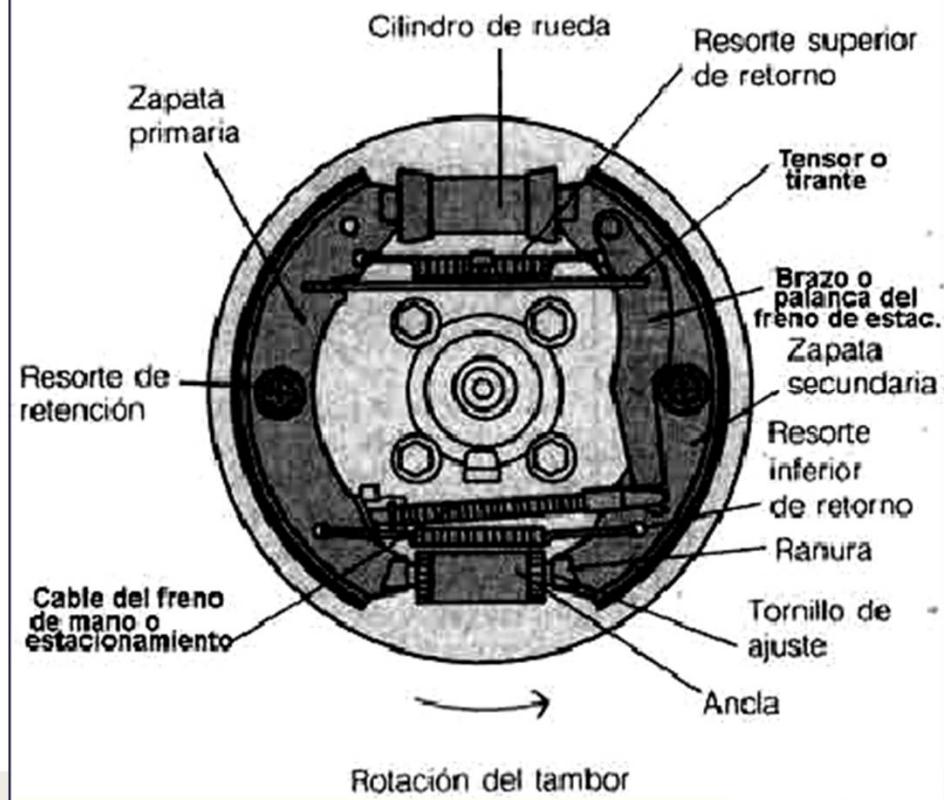
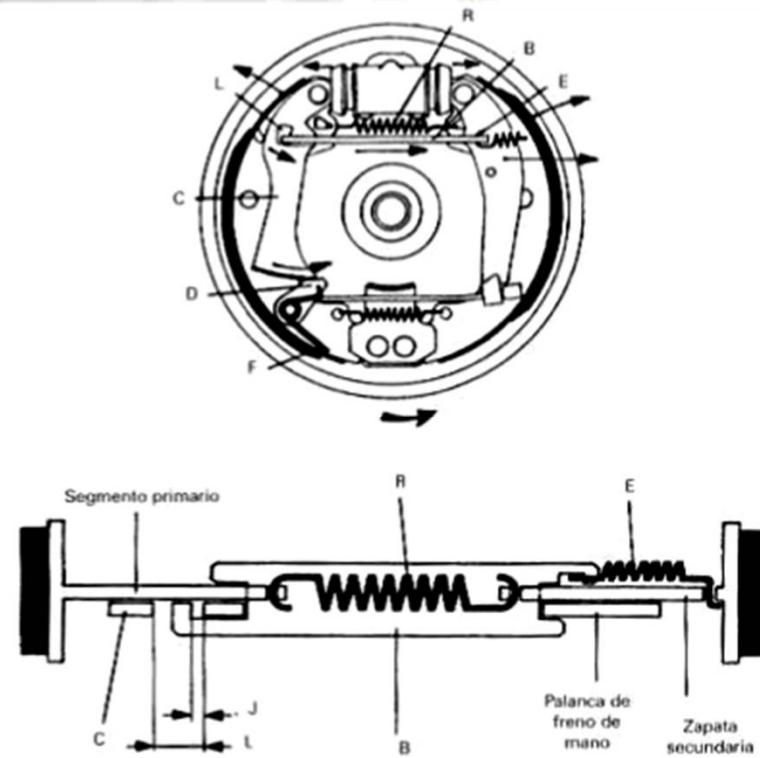
## CARACTERISTICAS:

**Todos los frenos deben reunir los siguientes requisitos:**

- Elevado par de frenado, para las condiciones prefijadas de trabajo.**
- Rápida conexión y desconexión.**
- Alta resistencia mecánica constructiva de los elementos de frenado.**
- Sencillez en la construcción que determine el bajo costo de fabricación, fácil revisión, conveniencia de regulación e intercambio de las piezas desgastadas.**
- Estabilidad de regulación.**
- Desgaste mínimo de los elementos de rozamiento.**

En el proceso de frenado, la energía cinética de la carga que se mueve y de las masas que giran pasa a energía térmica y provoca el calentamiento del freno. Uno de los problemas para construir correctamente un freno reside en limitar el calentamiento y desgaste de la superficie de rozamiento. El calentamiento no debe exceder de las temperaturas admisibles para el tipo dado de material de fricción.





**10:43**

**Ing. Carlos Barrera**



# FRENO DE ZAPATAS INTERNAS



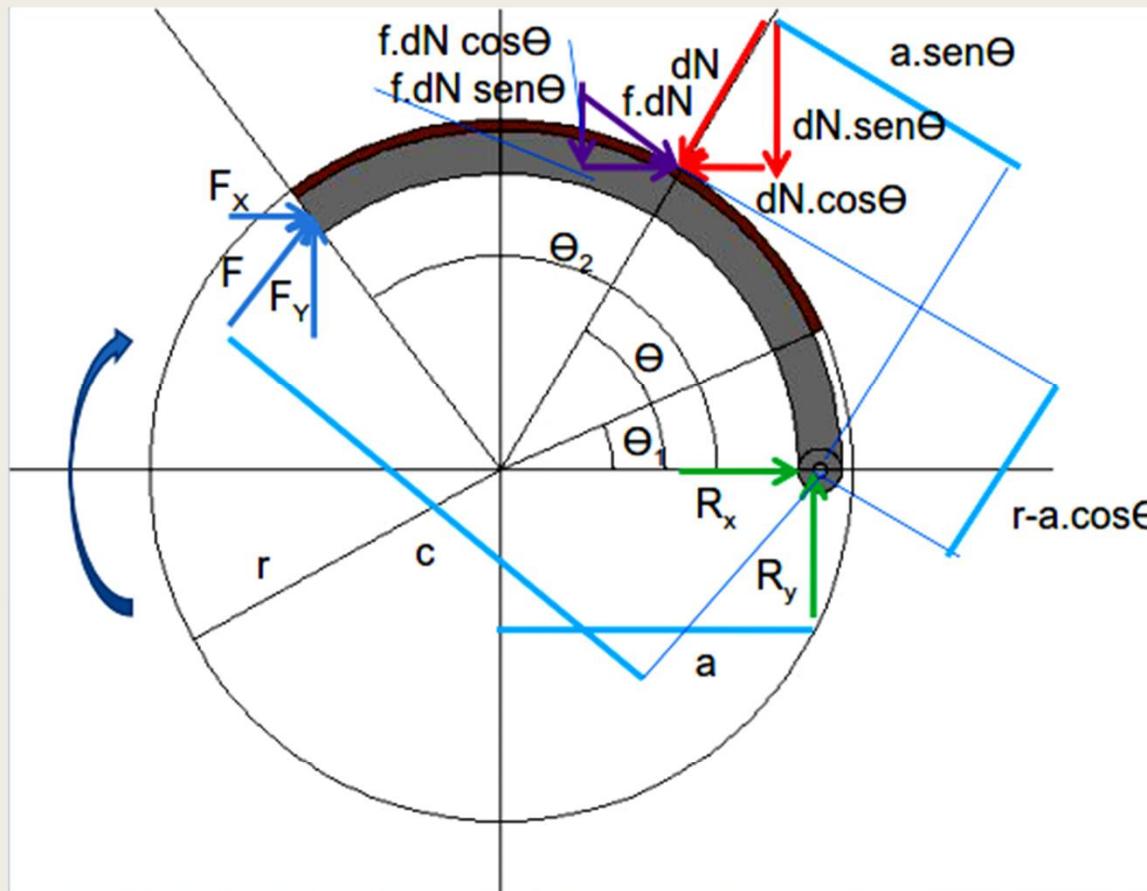


**Este tipo de freno tiene tres elementos importantes:**

- ✓ **Las superficies de fricción que entran en contacto.**
- ✓ **El medio de transmisión del momento de torsión hacia y desde las superficies.**
- ✓ **El mecanismo de accionamiento**

**El momento de torsión que transmite es elevado.**

# VERIFICACION



**dn: Fuerza normal diferencial**

**f dN: Fuerza de Fricción**

**F: Fuerza de accionamiento**

**R<sub>x</sub> y R<sub>y</sub> Reacciones en el pasador de la articulación**

La presión actuante está dada por la siguiente expresión

$$p = \frac{p_m}{\sin \theta_m} \cdot \sin \theta$$

## Fuerza normal diferencial

$$dN = pbr d\theta$$

$$dN = \frac{p_a br \sin \theta d\theta}{\sin \theta_a}$$

**Se determina la fuerza de accionamiento  $F$  teniendo en cuenta que la suma de momentos respecto al pasador de la articulación es cero.**

**El momento de las fuerzas de fricción es:**

$$M_f = \int f dN(r - a \cos \theta) = \frac{fp_a br}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta (r - a \cos \theta) d\theta$$

**El momento de las fuerzas normales respecto al pasador:**

$$M_N = \int dN(a \sin \theta) = \frac{p_a bra}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

La fuerza de accionamiento debe equilibrar estos momentos:

$$F = \frac{M_N - M_f}{c}$$

Si  $M_N = M_f$  se logra el **autobloqueo** y no requiere fuerza de accionamiento.

El par de torsión que aplica la zapata de frenado al tambor es la suma de las fuerzas de fricción multiplicada por el radio del tambor

$$\begin{aligned} T &= \int fr dN = \frac{fp_a br^2}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta \\ &= \frac{fp_a br^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a} \end{aligned}$$

**Las reacciones del pasador de la articulación se determinan tomando la suma de las fuerzas horizontales y verticales**

$$R_x = \int dN \cos \theta - \int f dN \sin \theta - F_x$$
$$= \frac{p_a br}{\sin \theta_a} \left( \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta d\theta - f \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta \right) - F_x$$

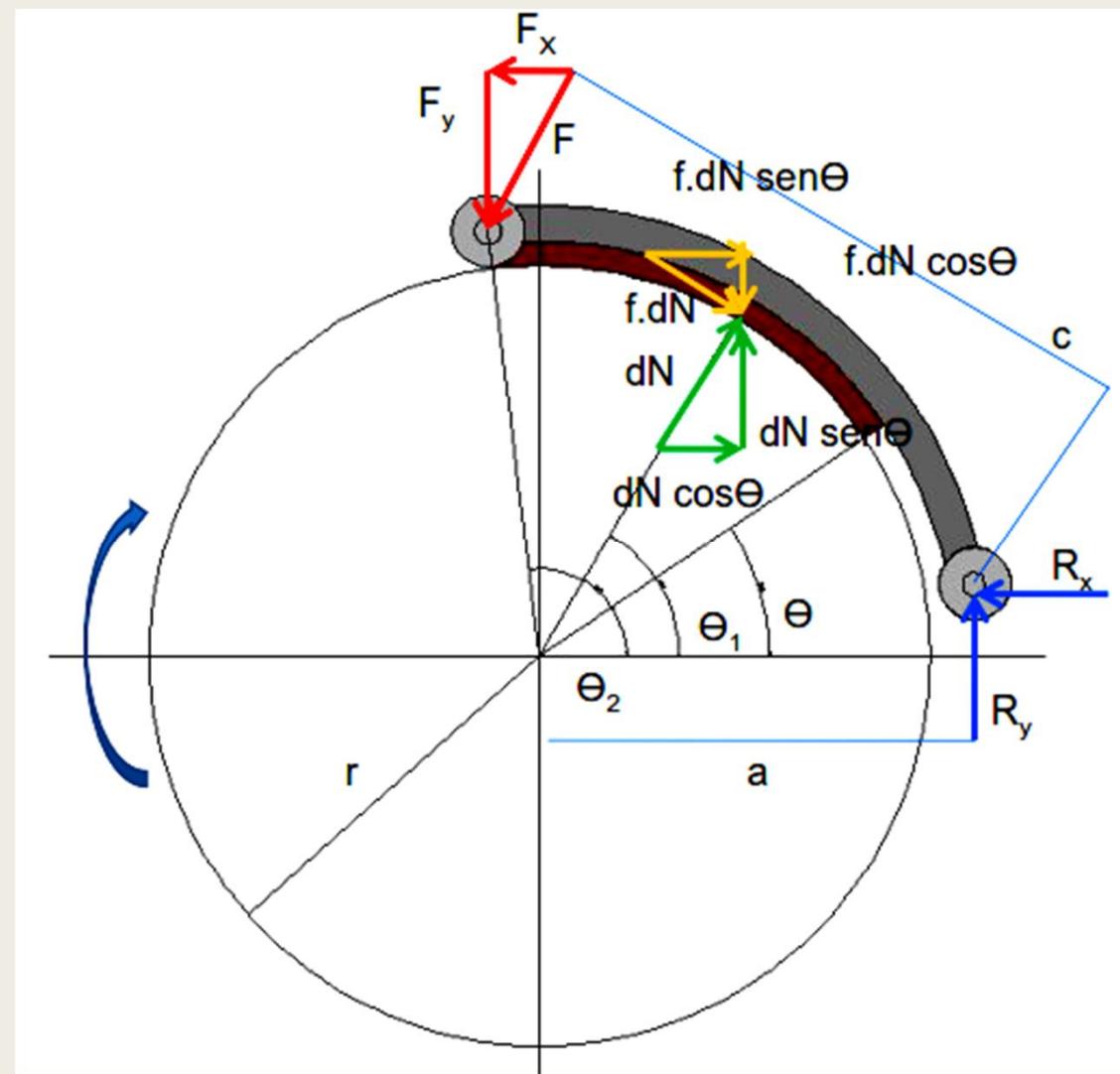
$$R_y = \int dN \sin \theta + \int f dN \cos \theta - F_y$$
$$= \frac{p_a br}{\sin \theta_a} \left( \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta + f \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta d\theta \right) - F_y$$

**La dirección de las fuerzas de fricción se invierte si se cambia la rotación.**

## **ALGUNAS SIMPLIFICACIONES:**

- 1. No se tiene en cuenta la fuerza centrífuga.**
- 2. No se tienen en cuenta las deflexiones que puede sufrir la zapata.**
- 3. Se considera que el coeficiente de fricción no varía con la presión**

# FRENOS DE ZAPATAS EXTERNAS ARTICULADAS





$$M_f = \frac{fp_a br}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta (r - a \cos \theta) d\theta$$

$$M_N = \frac{p_a bra}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

## Momento fuerzas de fricción

La fuerza de accionamiento debe ser grande para equilibrar ambos momentos

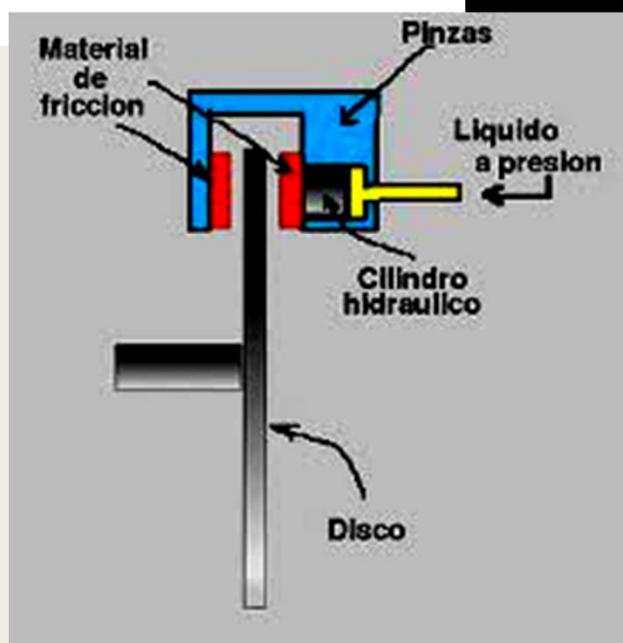
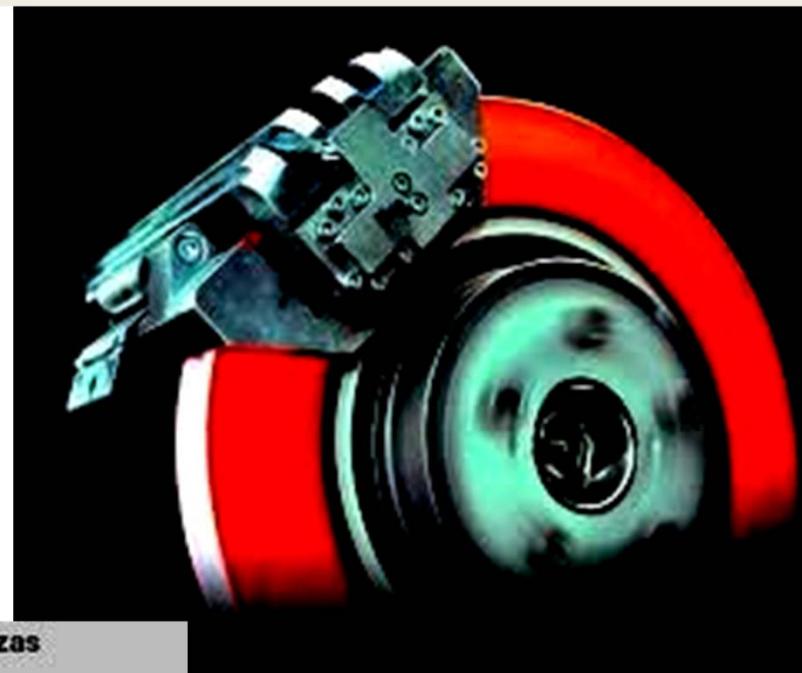
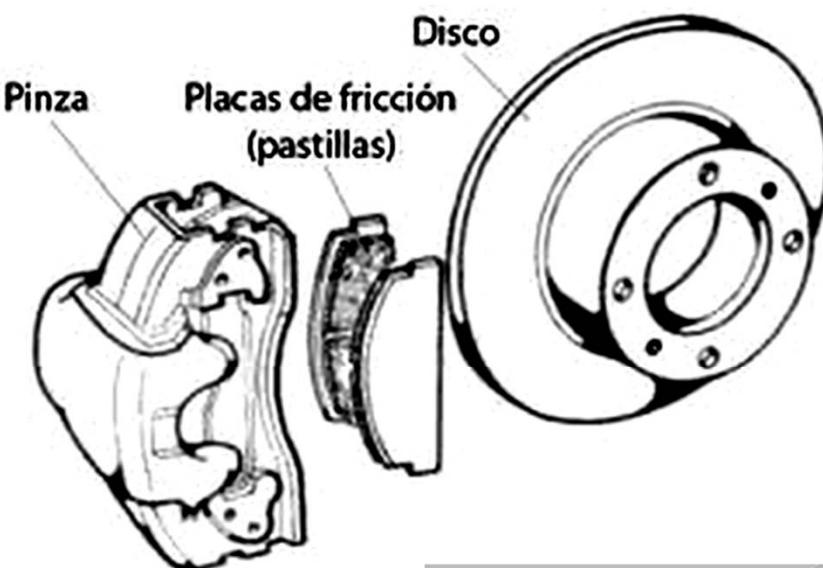
$$F = \frac{M_N + M_f}{c}$$

## Las reacciones en el pasador de la articulación:

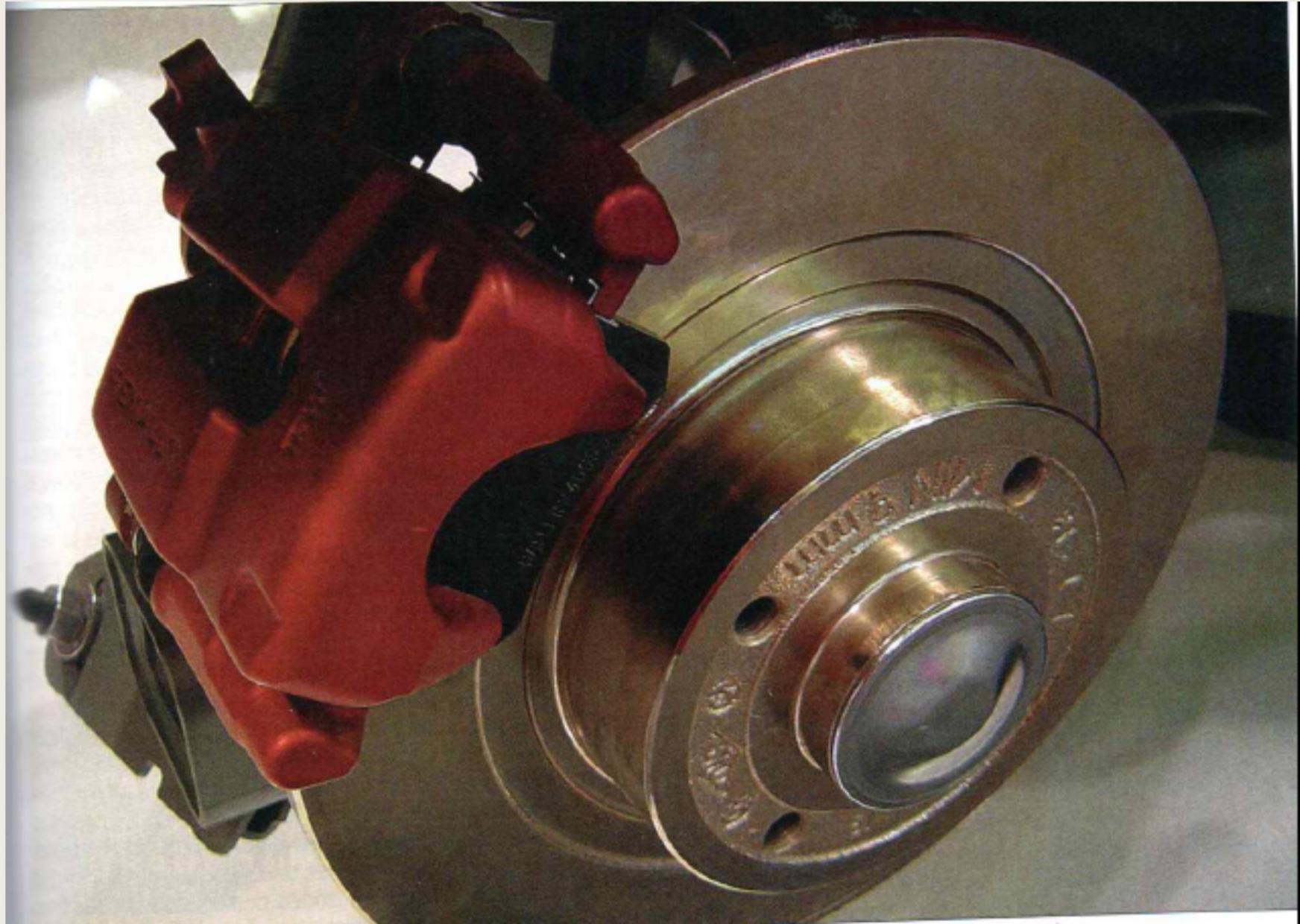
$$R_x = \int dN \cos \theta + \int f dN \sin \theta - F_x$$

$$R_y = \int f dN \cos \theta - \int dN \sin \theta + F_y$$

# FRENOS DE DISCO

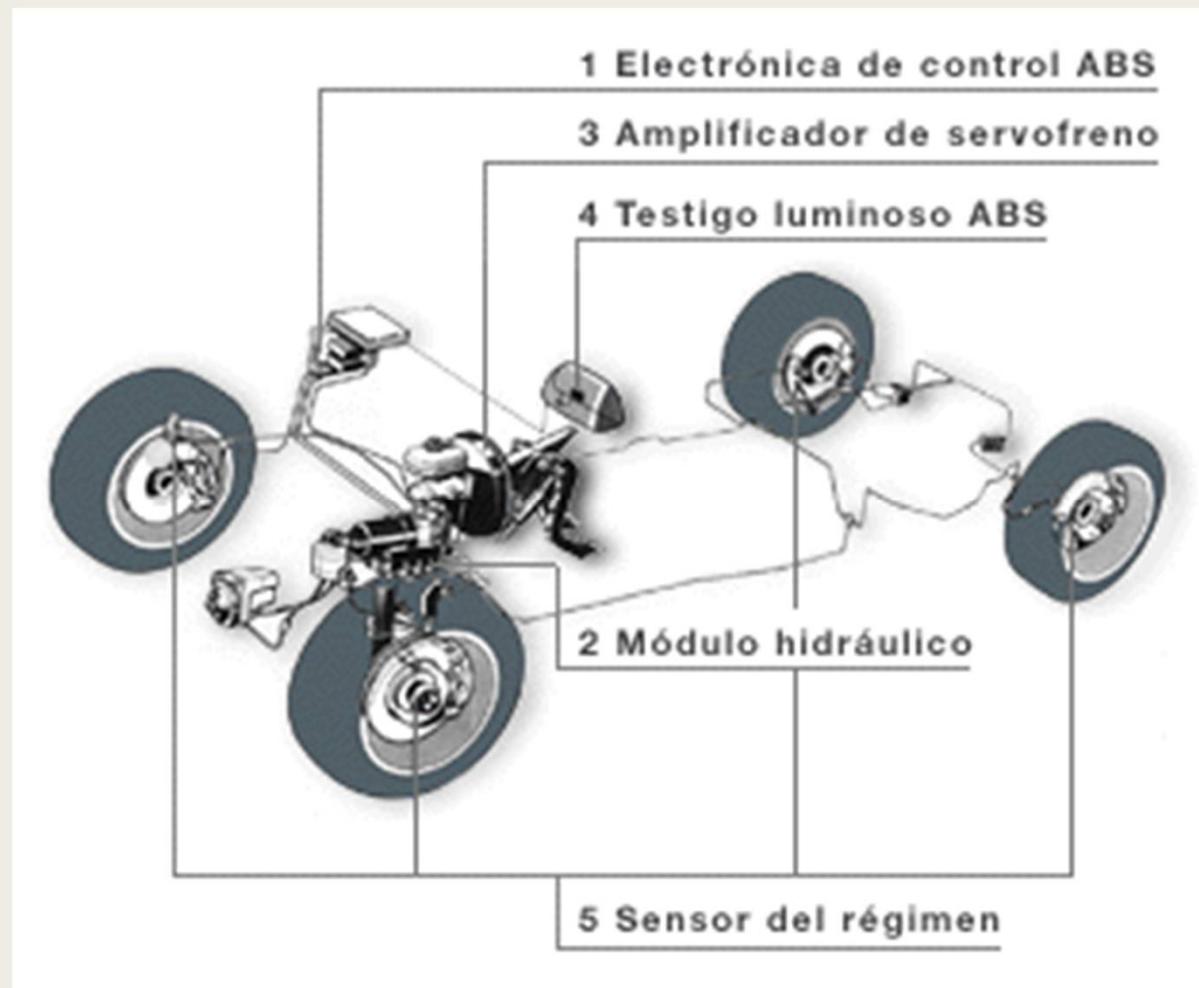








**El sistema antibloqueo (ABS) evita que las ruedas se bloquen y patinen al frenar, con lo que el vehículo no solamente descelera de manera óptima, sino que permanece estable y direccional durante la frenada.**



En cada rueda se encuentra un sensor de revoluciones que está conectado con la unidad central de control electrónico del ABS; **las revoluciones de las ruedas así medidas se comparan constantemente entre sí y con la velocidad real del vehículo.** En el caso de que la velocidad de giro de alguna rueda disminuya más que proporcionalmente, la electrónica detecta el peligro de bloqueo y reduce inmediatamente la presión hidráulica del líquido de frenos sobre el circuito de freno correspondiente.

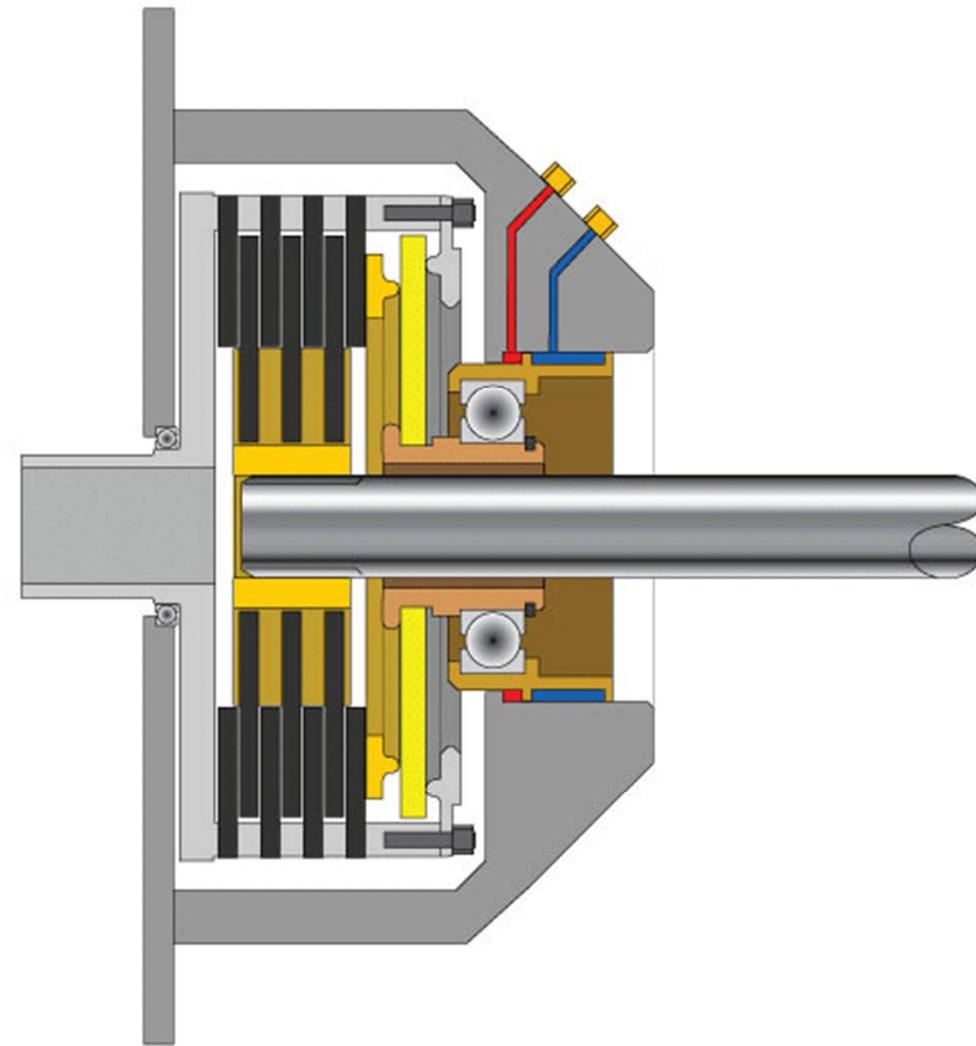
El ABS actúa automáticamente, sin que el conductor tenga que reducir la presión sobre el pedal del freno. Los sensores de velocidad de las ruedas detectan el bloqueo y envían señales para modificar la presión de frenado, que varía rápidamente, adaptándose al requerimiento a que se la somete. Los sistemas ABS comúnmente usados en los vehículos modernos realizan la operación de disminuir y aumentar la presión de frenado unas 15 o 18 veces por segundo, aunque mantenganmos pisado el pedal del freno a fondo.



¿Qué es el ESP.mp4

## ALGUNAS PREGUNTAS QUE DEBE PLANTEARSE EL INGENIERO DE MANTENIMIENTO

- **Es adecuado el Par de Torsión?**
- **Es aceptable y confiable el coeficiente de fricción?**
- **Es adecuada la presión que soporta el material?**
- **El revestimiento trabaja a temperatura ?**
- **Se deforma el revestimiento?**



CRAIG SCARBOROUGH Copyright: ScarbsF1.com

10:44

# BIBLIOGRAFIA

**Diseño en Ingeniería Mecánica**  
**Diseño de Elementos de Máquinas**

**Shigley**  
**Mott**

[www.rockfordpowertrain.com](http://www.rockfordpowertrain.com)  
[www.ch.cutler-hammer.com](http://www.ch.cutler-hammer.com)