

## 1.- Introducción

En este artículo intentaré exponer de forma somera cómo funciona un embrague de motocicleta.

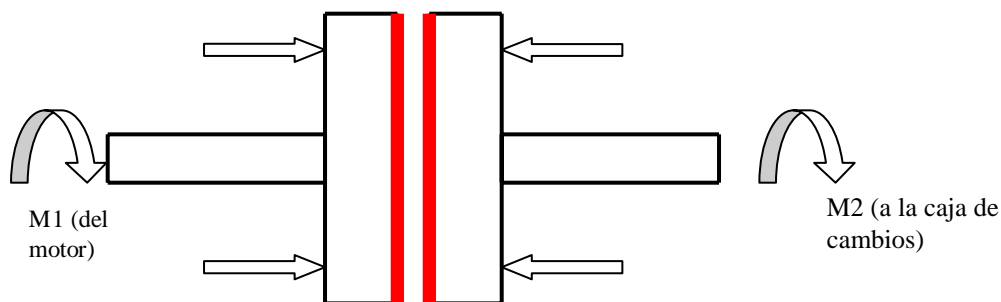
El embrague se puede definir como aquel mecanismo por el cual se puede romper la conducción de potencia que va del motor a la caja de cambios, a voluntad del conductor (en los manuales).

El embrague tiene su función en dos momentos de la conducción: Al iniciar la marcha, para no sea de forma brusca (a quien se le haya roto el cable del embrague, y haya tenido q meter marchas a capón, ya sabe de lo q hablo: o se te cala el motor, o sales haciendo un precioso caballito de cada semáforo en el q tengas que parar). La otra función es dejar de transmitir potencia a la caja de cambios cuando vayamos a cambiar de marcha. Sino fuera así, la presión que existe entre los dientes de los engranajes del cambio haría q la costase salir de la marcha, y una vez quitada, costaría meter la siguiente, todo ello con gran perjuicio para el cambio (al subir marchas, se puede lograr el mismo efecto que desembragando, si soltamos el acelerador un momento, para así reducir la presión en los dientes al iniciar el cambio).

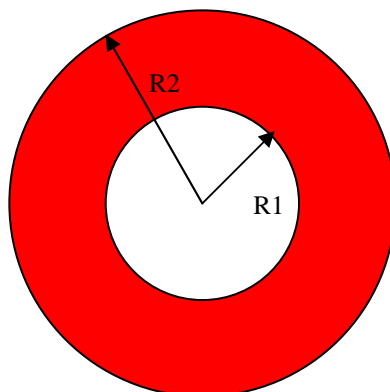
## 2.- Algo de matemáticas

Si no te gustan, te puedes saltar este epígrafe y leer directamente las conclusiones...

El embrague más simple, sería un par de discos con un coeficiente de rozamiento  $\mu$ , cada uno unido a un eje (conductor y conducido). Al unir ambos con una presión  $p$ , son capaces de transmitir un par motor  $M$ . Esa presión está provocada por una fuerza  $F$  que generalmente viene de los muelles del embrague, aunque puede ser por la fuerza centrífuga de unas masas, por electroimanes, etc, etc.



Supongamos que los discos no son macizos, sino en forma de anillo, como efectivamente es así. Siendo:



Supongamos que la superficie A es perfecta, y que la presión es uniforme en todos los puntos de contacto:

$$p = F / A$$

Así, el par motor que se logrará transmitir será de:

$$M = \iint dM = \iint r * dF_{roz} = \iint r * \mu * p * r * d\theta * dr = \dots \rightarrow$$

$$\rightarrow M = 2/3 * \mu * p * \pi * (R_1^3 - R_2^3)$$

Y la fuerza de compresión que hay que aplicar a los discos para conseguir ese par:

$$F = \iint p * r * d\theta * dr \rightarrow F = \pi * p * (R_1^2 - R_2^2)$$

Ahora sí, los que estaban saltando por encima de las cifras, ya pueden volver a leer. Vemos que la capacidad que tiene el embrague de transmitir el momento (o par) que viene del motor, será mayor cuanto:

a) mayor sea el coeficiente de fricción de las superficies de ambos discos (en la realidad son valores muy altos, alcanzados por compuestos de tipo “ferodo” similares a los frenos, y que también aguanten las altas temperaturas y abrasión a que se ven sometidos

b) mayor sea el diámetro exterior del disco, y menor su diámetro interior (notamos q aumenta más la capacidad de transmitir potencia que la superficie –radio al cuadrado-, así pues en principio es mejor poner pocos discos grandes que no muchos pequeños.

c) mayor sea la presión a la que le sometemos. Esto parece intuitivo, unos muelles muy firmes, lograrán un contacto más íntimo entre los dos forros, y podrán transmitir más par motor. Por el contrario, cuando actuamos sobre la maneta del embrague, actuamos en contra de los muelles y reducimos el par máximo que es capaz de transmitir. Si éste es menor que el par que en ese momento está generando el motor, el embrague patinará: los dos ejes no estarán unidos solidariamente, sino que el eje conducido (el primario del cambio) irá más lento y recibirá menos par. Esta pérdida de potencia se transforma en calor y desgaste del embrague, así que es evidente que esta situación sólo puede ser transitoria para no destruirlo en poco tiempo.

La otra expresión nos relaciona la presión con la fuerza que hemos de aplicar (con los muelles) para generarla. La relación depende, como es obvio, de la superficie del disco. Y como hemos visto, a igualdad de superficie, y por lo tanto de esfuerzo sobre la maneta, el par transmitido será mayor cuanto mayor sea el diámetro externo del disco.

### 3.- Tipos de embrague

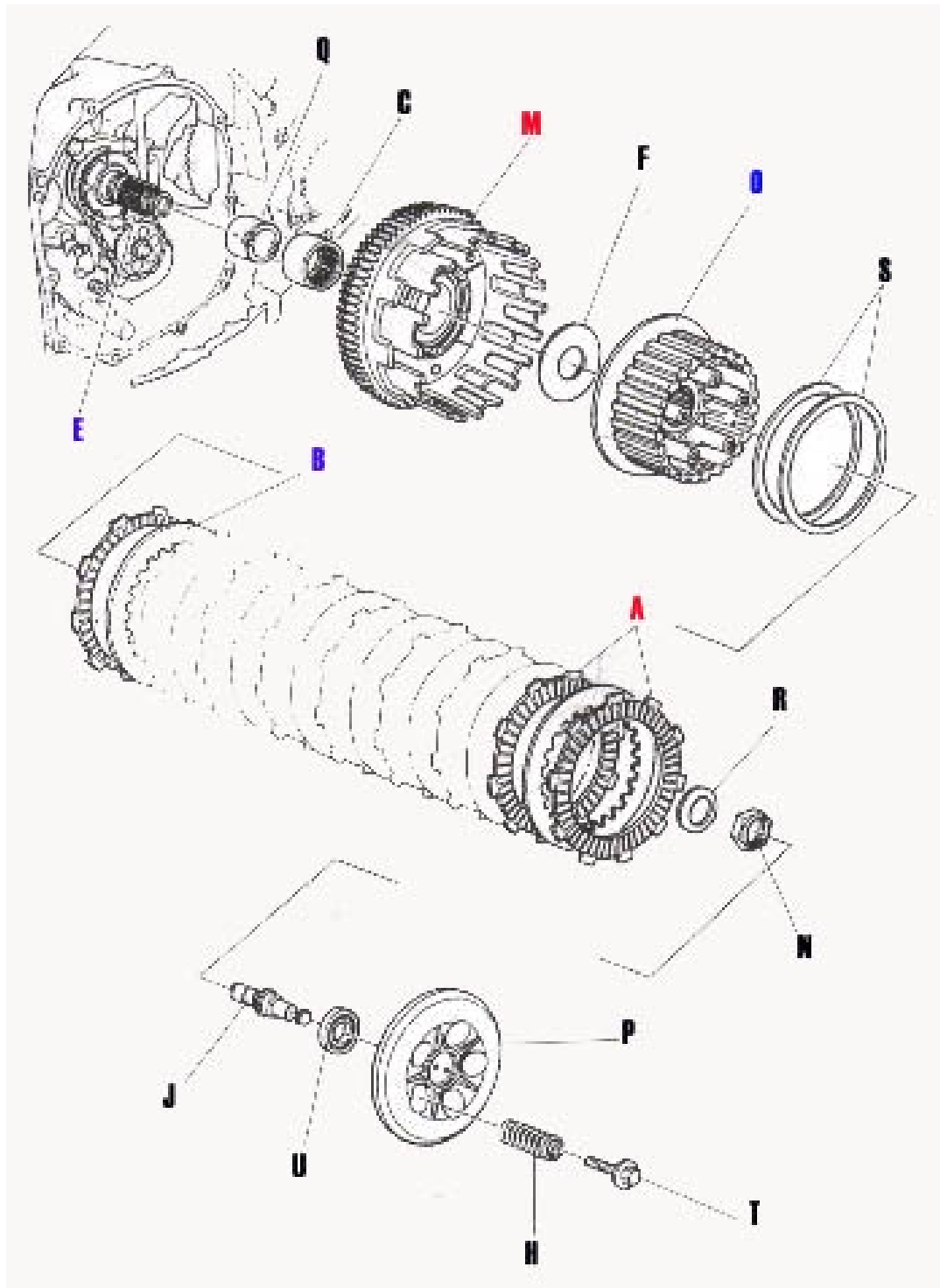
Por existir, existen multitud de tipos. Desde el convertidor hidráulico de par, utilizado en camiones o barcos (ni siquiera las H&D lo llevan), a los

electromagnéticos. Pero como ni el espacio, ni mi sabiduría, ni mi paciencia llegan a tanto, aquí sólo trataremos de los embrague de fricción ( adiós camiones), entre éstos los manuales (adiós scooters), entre éstos a los multidisco. Los embragues monodisco en seco que utilizan algunas marcas (BMW,Guzzi...), son similares a los de automoción, y no dejan de ser similares a las expuestas, sólo que con un disco, y con un resorte de diafragma en lugar de muelles helicoidales (los de toda la vida). Los embragues monodisco son más agrios en el funcionamiento, y por eso suelen llevar amortiguadores de acoplamiento para que su uso no se vea empañado por incómodos tirones.

### **Funcionamiento del embrague multidisco:**

El embrague multidisco no es más que la aplicación del principio general antes expuesto a las características especiales de una moto, en que el volumen de un embrague monodisco (especialmente en aquellos motores de cigüeñal transversal) puede resultar excesivo. Si por limitaciones de espacio no podemos hacer más grande el disco...aumentamos la superficie de fricción poniendo muchos!!!! Así podemos aprovechar el mismo esfuerzo de compresión para generar presión en todos ellos, con lo ganamos en mejor tacto en la maneta de embrague.

Repito brevemente el concepto para los más despistados (o para los que directamente hayan saltado hasta aquí). Hemos de unir dos ejes, uno que viene del motor y es el que nos suministra la potencia, y otro que va al cambio y de ahí a las ruedas con un acoplamiento que transmita la potencia sin pérdidas de uno a otro, pero que se pueda desacoplar a voluntad (y a ser posible, suavemente, que no es plan de ir haciendo caballitos en todos los semáforos).



En el diagrama tenemos dos grandes bloques que giran solidarios:

En rojo, está la parte del embrague que gira con el motor, que es la maza M, con un dentado en su perímetro para recibir la potencia del cigüeñal (o de un eje intermedio, o del volante de inercia). La maza posee unas almenas con una forma tal que acoplan perfectamente en ellas las lengüetas de los discos conductores A.



En azul, es la parte del embrague conducida, es decir, es la que va a dar al cambio de marchas. En primer lugar es el propio eje primario del cambio E, que es solidario mediante un estriado al tambor O. Esta es la pieza análoga a la maza, que agarra a la otra clase de discos, los discos conducidos B, gracias al estriado que éstos tienen en su diámetro interno, y que coincide con el del tambor.



Como vemos en el esquema, los discos conductores (en rojo) y conducidos (en azul) forman un curioso bocata de ferodo. Pero con estar próximos no es suficiente, si queremos que transmitan potencia, hemos de aplicar una fuerza que los presione. Para ello utilizamos el plato de presión P, que va atornillado al tambor con unos tornillos T, entre los cuales insertamos los muelles H. Estos muelles serán los que me darán la fuerza F necesaria para que los discos, así espachurrados, puedan transmitir la potencia de tu burra sin deslizarse.

Ahora mismo ya tenemos conectado el motor y la caja de cambios, el cigüeñal gira como un todo solidario sin (casi) pérdidas de potencia. El esquema del flujo de la potencia sería:

Cigüeñal → M → A → unión por fricción!!! → B → O → E → ... Ruedas → Asfalto

Pero el cigüeñal hay que desacoplarlo (desembragar) cuando queremos cambiar de marcha. Para ello apretamos la maneta de embrague, que mediante un cable, o un circuito hidráulico (similar al de freno), tiramos de un empujador J. Éste hará fuerza contra el plato de presión P, luchando contra la fuerza que ejercían los muelles para apretar los discos.

Como ya dijimos antes (ves ahora el porqué del rollo matemático?), cuanto menor fuese la fuerza (y por tanto la presión) a que estaban sometidos los discos, menor capacidad de transmitir par tendrían. Al estar oponiéndonos en parte a la fuerza de los resortes, los discos no estarán tan firmemente unidos y empezarán a deslizarse (lo que sucede cuando picamos embrague).

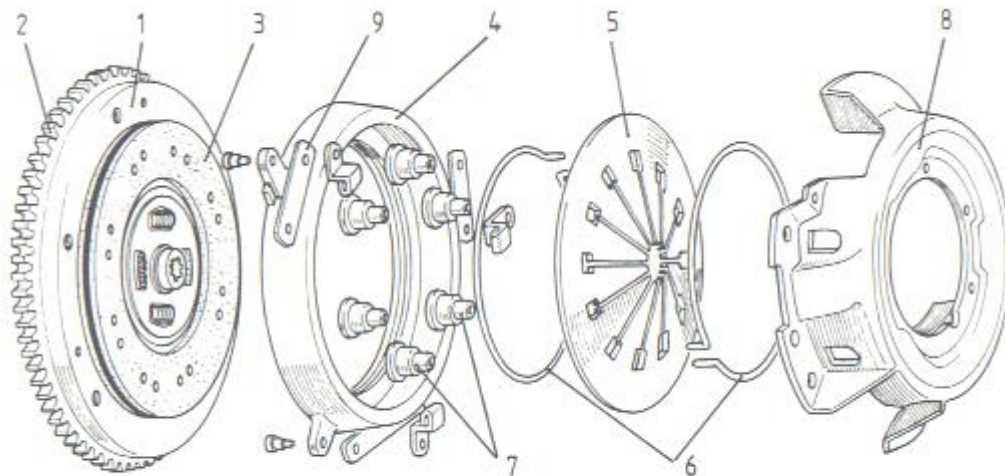
En último caso, cuando apretamos totalmente la maneta de embrague, los discos no recibirán ninguna presión y la parte conducida (azul) dejará de recibir potencia del motor.

Para terminar de explicar el esquema, sólo me queda mencionar los cojinetes, tanto axiales, como radiales y de empuje, que sirven para que no exista rozamiento directo entre ciertas piezas: la maza y el conjunto tambor-eje primario no deben estar en contacto directo, así les interponemos un cojinete axial F, un cojinete radial C y un casquillo antifricción Q. Por la misma razón se instala un rodamiento de empuje U entre el empujador J (sin rotación) y el plato de presión P (que sí la tiene).



Poooooor supuesto que cada cambio tiene sus variantes. Así, por ejemplo, el empujador puede ser externo en lugar de interno....Pero vamos, que el principio es el mismo en todos, y la diferencia es la forma de solucionar los detalles.

Espero haber sido claro, ya que no escueto. No quiero despedirme sin ofrecer a los bemeuversos un esquemita del embrague de su tract...este...de su moto. Notar el resorte de diafragma y el único disco atacado por ambos lados por los forros.



Despiece de un conjunto de embrague de diafragma. 1, volante. 2, corona dentada. 3, disco de fricción. 4, plato de presión. 5, muelle de diafragma. 6, anillos de apoyo. 7, espigas. 8, cubierta. 9, tira de sujeción del diafragma.

Y un útil esquemita de su funcionamiento. No es por ofender, pero está sacado de una página de 4x4: JURJURJUR

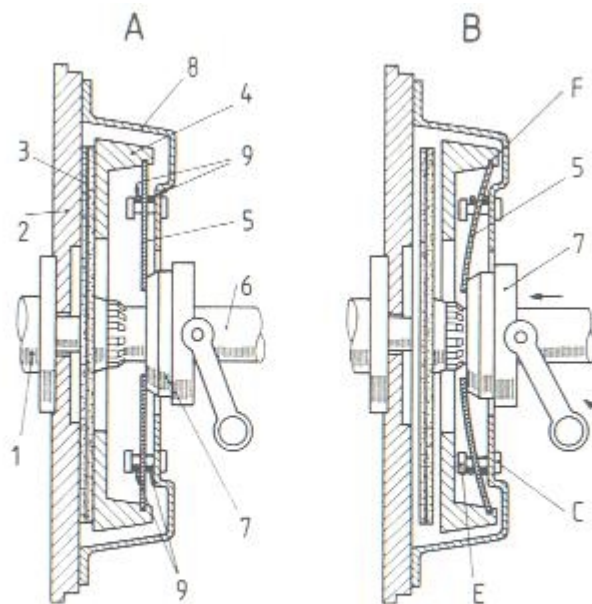


Figura 4. Esquema del funcionamiento de un embrague de diafragma. A, en estado de acoplamiento o embragado. B, en estado de desacoplamiento o desembragado. 1, extremo del cigüeñal. 2, volante. 3, disco de fricción. 4, plato de presión. 5, muelle de diafragma. 6, eje. 7, cojinete de empuje. 8, cubierta. 9, anillos de apoyo. C, tornillos de fijación. E, anillos. F, uñetas.

Este artículo ha sido perpetrado por: **Beggar**

Dedicado al Sr. Mariolora , para que pueda saciar su sed de conocimientos, y encontrar respuesta a sus dudas existenciales: “¿¿¿Porqué no me salen los jacos???”