

## **UNIDAD N° 2:**

### **CAJAS DE VELOCIDADES**

La “caja de velocidades o de cambios” del automóvil, es una caja metálica (fundición o aluminio), en cuyo interior se hallan dispuestos grupos o pares de engranajes, que se hacen actuar mediante un comando exterior, estableciéndose diferentes reducciones o desmultiplicaciones de velocidad. Permitiendo adaptar el funcionamiento a todas las condiciones de tracción impuestas por el vehículo en diferentes circunstancias.

La función de la CDV es la de aprovechar al máximo el rendimiento del motor; para ello es preciso que el giro del motor se realice entre los valores comprendidos de par máximo y potencia máxima. Si no se dispusiera de la CDV, las RPM del motor se transmitirían íntegramente a las ruedas, con lo que el par desarrollado por el motor debería ser igual al par resistente en las ruedas. Así pues, tanto habría que aumentar la potencia del motor, en cualquier circunstancia de marcha, como lo hiciera el par resistente, contando para ello con un motor de una potencia tal que fuera capaz de absorber los diferentes regímenes de carga.

Como no se dispone de motores que cubran la anterior circunstancia, se colocan en los vehículos la CDV, con el fin de obtener el par motor necesario en las diferentes condiciones de marcha, aumentando el par y disminuyendo el número de revoluciones de las ruedas.

Resumiendo podríamos decir que la CDV actúa como “transformador de velocidad y convertidor mecánico de par”.

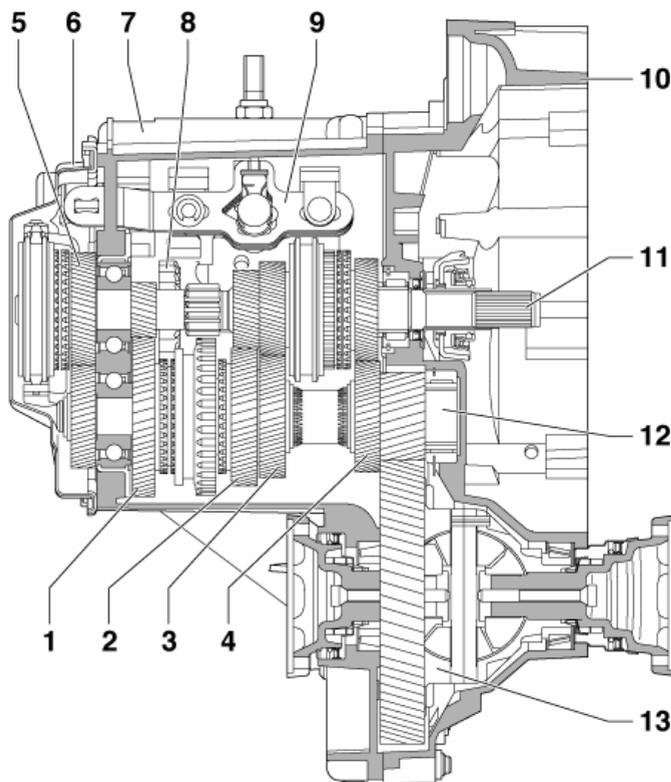
Existen las llamadas “caja puente”, que consisten en agrupar el puente trasero con el diferencial permitiendo agrupar el conjunto.

Este tipo de caja presenta la ventaja, además de simplicidad, menor volumen y peso, de bajar el centro de gravedad del grupo motor-propulsor.

La relación directa (1:1), no se emplea en estos tipos de cajas, suelen fabricarse con una 3<sup>ra</sup> velocidad muy próxima a la directa (ej. 1,2:1), y una 4<sup>ta</sup> y 5<sup>ta</sup> con un número de RPM superior a las del motor, con lo cual resulta una super directa o sobremarcha.

Estas cajas se montan en vehículos que poseen motor delantero con tracción delantera, o, motor trasero con tracción trasera.

.Dto Automotores



**Cuadro general de montaje**

- 1 - 1ª marcha
- 2 - 2ª marcha
- 3 - 3ª marcha
- 4 - 4ª marcha
- 5 - 5ª marcha
- 6 - Tapa para la caja de cambio
- 7 - Armazón de la caja de cambios
- 8 - Piñón de marcha atrás
- 9 - Mecanismo de accionamiento del cambio
  - Horquillas del cambio
- 10 - Carcasa del embrague
- 11 - Árbol primario
- 12 - Árbol secundario
- 13 - Diferencial

.Dto Automotores

Las CDV “tipo puente” pueden ser longitudinales o transversales, según tenga el eje principal paralelo o perpendicular al sentido de avance del vehículo.

### DESMULTIPLICACIÓN EN LA CDV

En las CDV mecánicas se produce una desmultiplicación de velocidad con el consiguiente aumento de par o torque, para lo cual se establece una relación de transmisión para cada velocidad. La expresión que gobierna la relación que existe entre potencia-par-rpm, es la siguiente:

$$\boxed{\text{Poten.} = \text{Par} * \text{RPM}}$$

Donde:      Potencia ----- Hp  
                  Par                ----- Kgm  
                  RPM                 ----- rev/min.

Esto significa que para una potencia “constante” si se aumenta el par, se tiene que disminuir la velocidad.

Los valores de desmultiplicación en la CDV se dan en función del número de rpm del eje de entrada y de salida, es decir, las vueltas que da el primario por cada vuelta del secundario. Esta desmultiplicación o relación de transmisión se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Rel. De transm.} = \frac{\text{Número de dientes del piñón conducido}}{\text{Número de dientes del piñón conductor}}$$

En los vehículos actuales, por lo general, estas relaciones rondan los siguientes valores:

1 <sup>a</sup> vel. De 3 a 3,6:1	4 <sup>a</sup> vel. De 0,9 a 1,05:1
2 <sup>a</sup> vel. De 1,9 a 2,1:1	5 <sup>a</sup> vel. De 0,75 a 0,85:1
3 <sup>a</sup> vel. De 1,2 a 1,4:1	MA De 3,2 a 3,8:1

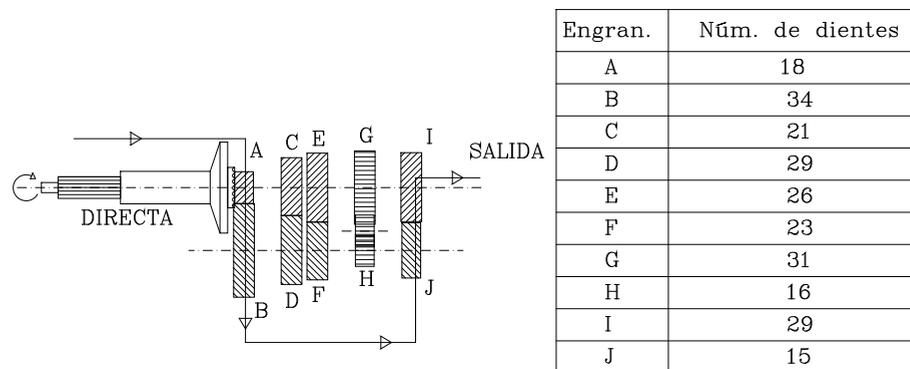
Las tres primeras velocidades son una desmultiplicación, con lo que se consigue transmitir un mayor par que el suministrado por el motor, pero a costa de una disminución de velocidad.

La cuarta velocidad se aproxima a una relación 1:1, es decir, una transmisión directa de par y giro.

.Dto Automotores

La quinta velocidad es una multiplicación, es decir, se produce un mayor giro a la salida de la CDV que el que se tiene a la entrada de la misma.

La quinta o sobremarcha tiene su uso en el caso de que el vehículo circule a gran velocidad y en terreno llano, en este caso la potencia necesaria para vencer la resistencia a la marcha no es grande, con lo que podemos disminuir el régimen de giro del motor y conseguir por lo tanto un menor consumo de combustible.



Al par de engranajes A-B se los denomina "Toma constante"

La marcha atrás es incluso hasta mas reducida que la primera, ya que su uso no ha de implicar desplazamientos rápidos o violentos.

Ejemplo de calculo: La siguiente caja de cuarta

Para la 1ª velocidad se procede de la forma siguiente (ver recorrido en el croquis):

$$1^{\text{a}} \text{ vel} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ dientes del piñón B}}{\text{N}^{\circ} \text{ dientes del piñón A}} * \frac{\text{N}^{\circ} \text{ dientes del piñón I}}{\text{N}^{\circ} \text{ dientes del piñón J}}$$

Reemplazando:

$$1^{\text{a}} \text{ vel} = \frac{34}{18} * \frac{29}{15} = 1,88 * 1,93 = 3,62$$

.Dto Automotores

Se coloca  $3,62: 1$ , lo cual significa que si entran en la caja 3,62 vueltas se obtiene a la salida 1 vuelta. Esta desmultiplicación origina un aumento de par a costa de una disminución de velocidad (RPM).

$$\text{Poten.} = \text{Par} * \text{RPM}$$

Las demás relaciones de transmisión se obtienen de forma análoga, observando los N° de dientes de los pares de piñones o el diámetro de los mismos, para saber de antemano las distintas marchas.

### Materiales de los Engranajes utilizados para automoción

Están fabricados de acero aleado, fundidos o forjados tratados térmicamente (templado-revenido).

Los materiales más comunmente empleados son las calidades SAE 4140, SAE 8620.

En el proceso de fabricación más común, los engranajes son tallados, luego tratados térmicamente y por último rectificadas. En otros procesos el material es tratado térmicamente y luego tallado, pero su dureza superficial esta limitada por la capacidad de mecanizado.

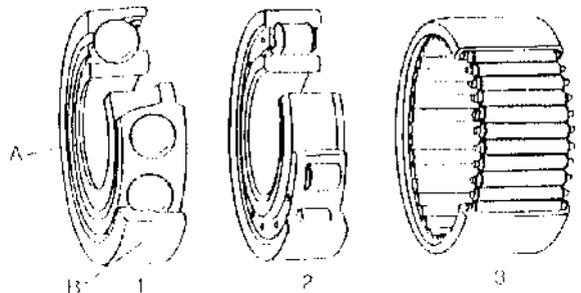
### Elementos que componen la caja de cambios.

Los elementos principales que componen un cambio de velocidades es, sin duda, el conjunto formado por los trenes de engranajes. Sin embargo, existen también otros elementos secundarios pero no menos importantes para hacer un buen cambio y hacer posible su cómoda utilización.

De estos elementos, los más interesantes y necesarios son los siguientes:

- Los cojinetes.
- Los elementos de sincronización.

**Los cojinetes:** Se denomina cojinetes, a toda superficie cilíndrica cóncava en la cual se apoya un eje para poder girar. Ya conocemos que los cojinetes del cigüeñal, son superficies que cumplen este concepto, aunque sean de un material antifricción relativamente blando para el eje pero muy resistente al



.Dto Automotores

desgaste.

En las cajas de velocidades, los ejes de la misma, (árbol de entrada o directa, eje secundario o intermediario, y árbol primario o principal), necesitan apoyos muy sólidos y que no sufran desgaste prematuramente. Estos apoyos se llevan a cabo por medio de cojinetes de bolas (bolilleros), cojinetes a rodillo (rodamientos), y cojinetes a agujas (pequeños rodillos).

Estos cojinetes constan en su mayoría de dos pistas (Fig. n°1), una interior (A) en la que va ajustado el eje que va a girar, y otra exterior (B) que debe acoplarse firmemente sobre la carcasa en la que se apoya el eje. Un eje montado en estas condiciones, al girar hace que la pista móvil (A) se deslice entre las bolas, rodillos o agujas según el caso, sobre la superficie (B), de modo que el eje no fricciona sobre la superficie de apoyo, lo que hace es rodar sobre ella, lo que se traduce en un consumo menor de energía,

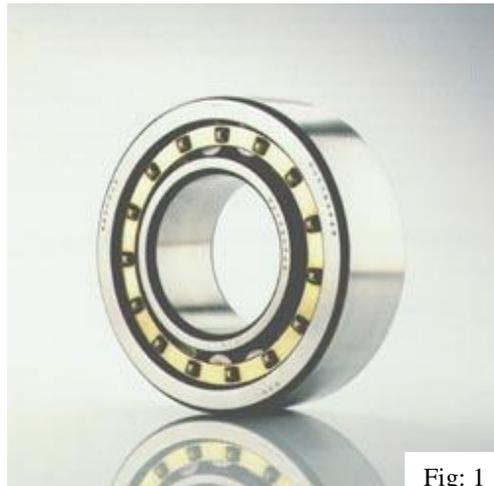


Fig: 1

menor temperatura de sus componentes, unas condiciones de giro mucho más suave y una larga vida de funcionamiento con la consiguiente fiabilidad del montaje y del diseño. Estos cojinetes han de soportar dichos ejes, cuyos extremos están trabajando sometidos a grandes y prolongados esfuerzos o girando a grandes velocidades, por lo que deben ser piezas muy robustas, sobredimensionadas y fabricadas con aceros determinados (al cromo-níquel) de gran resistencia mecánica sometidos a tratamientos térmicos adecuados para asegurar su dureza y alta resistencia. Además, los cojinetes deben trabajar debidamente lubricados para asegurar el mejor desplazamiento de sus bolas o rodillos y lograr con ello una prolongada duración.

Cuando un cojinete que soporta un eje se deteriora y toma juego, el eje pierde su linealidad produciendo ruido, dificultad en la entrada de los cambios y desajustes de los trenes de engranajes, ocasionando un desgaste acelerado de los dientes. Por tal motivo, cuando se detecta una mala situación de un cojinete, hay que

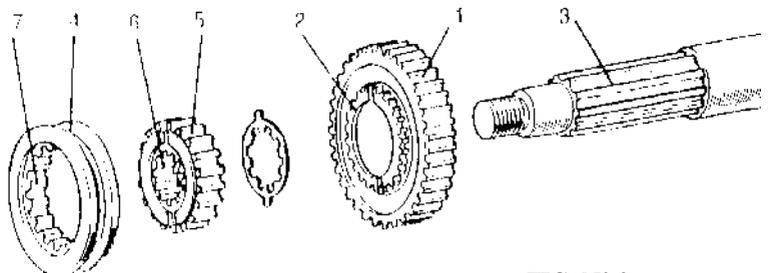


FIG. N° 2

.Dto Automotores

proceder a desmontar la caja de velocidad para llevar a cabo su rápida sustitución.

- |    |                               |
|----|-------------------------------|
| 1) | RUEDA DENTADA O ENGRANAJE     |
| 2) | DENTADO LATERAL DEL ENGRANAJE |
| 3) | EJE PROPULSOR                 |
| 4) | COLLARIN DESPLAZABLE          |
| 5) | ENGRANAJE FIJO DEL COLLARIN   |
| 6) | DENTADO INTERIOR              |
| 7) | DENTADO INTERIOR DEL COLLARIN |

**Los elementos de sincronización:** En las primeras cajas de velocidad, el cambio de velocidad se establecía por el desplazamiento de los engranajes ubicados sobre el árbol primario, siendo estos de dientes rectos, haciéndolos engranar con los dientes del eje intermediario, contando con que la caja fuese de tres ejes. Este sistema requería detener prácticamente el vehículo para cambiar de velocidad o de gran habilidad por parte del conductor para la selección de otra velocidad. Con posterioridad se emplearon los collarines desplazables (Fig. n°2), similares a los que hoy se utilizan pero sin el sincronizador. De esta manera, lo que se desplazaba era tan solo el collarín y los engranajes podían montarse en toma constante con la nueva disposición del tallado de los dientes, que paso de ser rectos a ser del tipo helicoidal, logrando con esto, un mejor ajuste entre ellos, disminución de ruidos y vibraciones.

Aun así, la habilidad del conductor era quien evitaba la sonoridad al realizarse la maniobra del cambio de marchas, hecho que se logra con el doble embrague, con el fin de igualar las velocidades de los ejes.

En base de lo expuesto deducimos que:

- Al seleccionar o cambiar una relación por una más larga, será necesario frenar el árbol primario o acelerar el árbol secundario, para igualarlos en su giro.
- Cuando pasamos a una relación más corta, cabría acelerar el primario o frenar el secundario.
- No podemos modificar la velocidad angular del secundario con el vehículo circulando, ya que éste va unido a las ruedas y gira solidario con ellas.

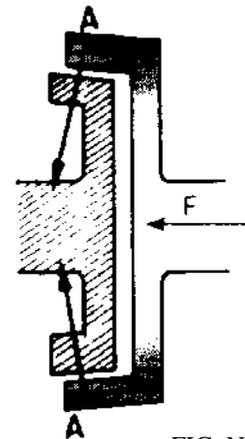


FIG. N° 3

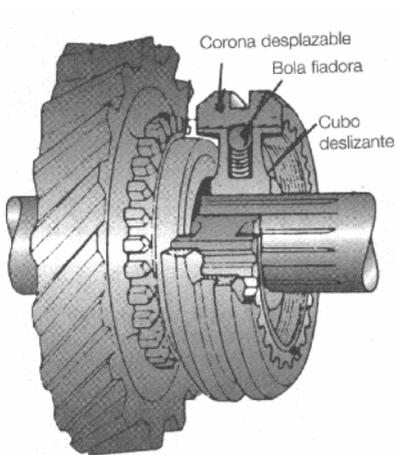
.Dto Automotores

El objetivo de los sincronizadores es, entonces, acelerar o frenar el eje primario (cajas-puente), y árbol de entrada con el intermediario (cajas longitudinales), para igualar sus velocidades angulares en el momento de la selección de una marcha.

Con los sincronizadores, las operaciones del cambio de marchas, se han simplificado, se han reducido los ruidos y se ha logrado mayor duración. Desde su implantación masiva en los años 60, su nivel de seguridad en el funcionamiento, han ido evolucionando constantemente. Todos ellos basan su funcionamiento (a excepción del sistema Porche que utiliza anillos elásticos) en el principio del embrague cónico (Fig. n°3) en los que un cono de poca inclinación, permite transmitir con poco esfuerzo ( $F$ ) un par ( $A$ ) muy importante.

Los principales tipos son:

- sincronizadores simples o sencillos (Fig. n°4)
- Sincronizadores por bloqueo o Borg-Warner (Fig. n°5)
- Sincronizadores tipo Renault (Fig. n°6).
- Sincronizador absoluto "Newprocess" (Fig. n°7)
- Sincronizador tipo Porche (Fig. n°8)



Sincronizador de fricción simple.

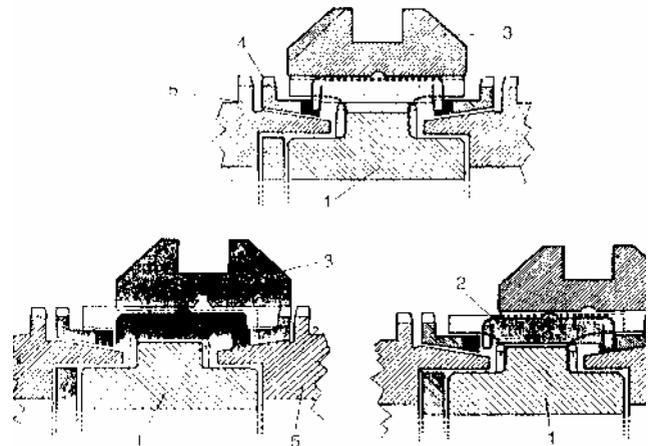


FIG: 5

FIG: 4

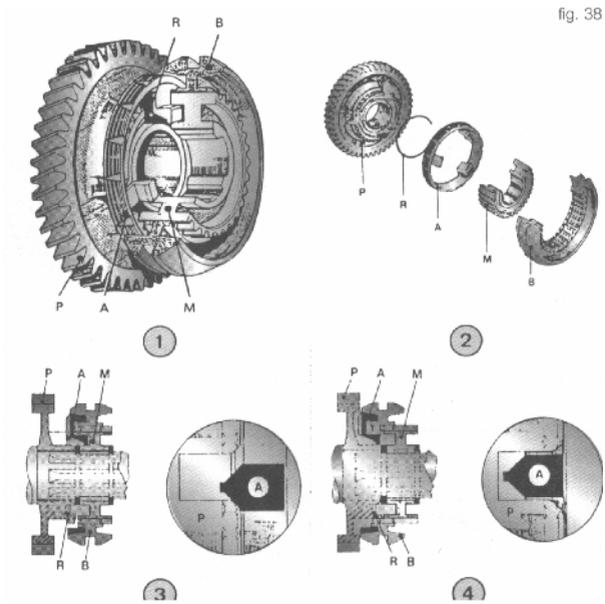


FIG: 7

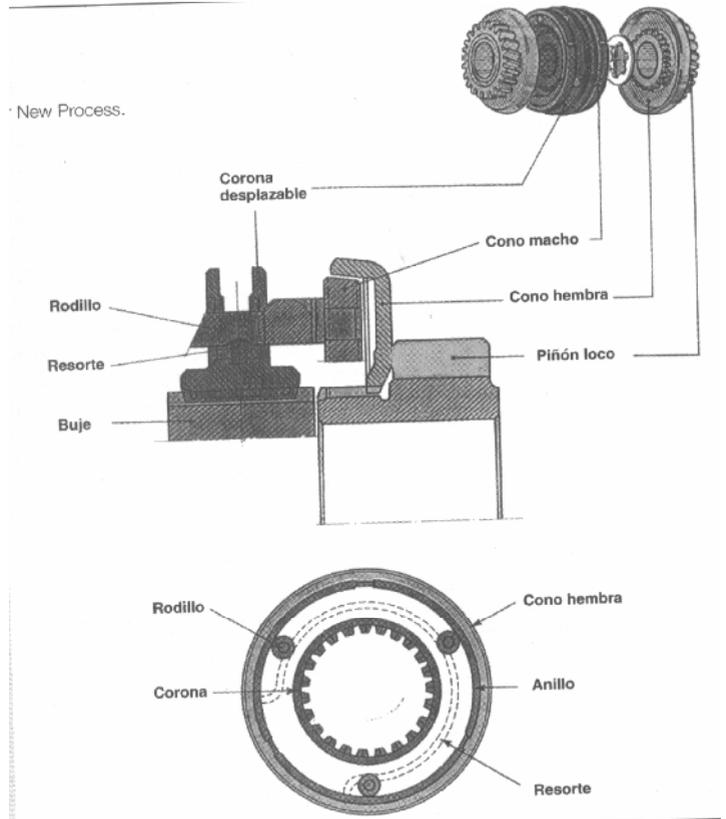


FIG: 6

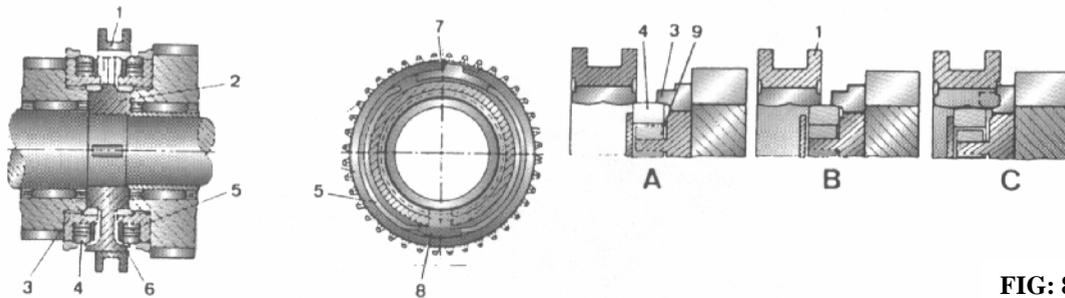


FIG: 8

Sincronizador Porsche.

A. Conjunto armado - B. Sincronización - C. Acoplamiento.

- 1. Corona desplazable - 2. Cubo - 3. Cuerpo de acoplamiento - 4. Anillo de sincronización - 5. Resorte -
- 6. Anillo de freno - 7. Resalte externo de la zapata - 8. Tope.

.Dto Automotores

**Sincronizadores:** En el momento que el conductor, acciona la palanca de cambio y trata de colocar una de ellas, lo que hace es, por medio de un juego de palancas mover el collarín desplazable hacia una u otra dirección, arrastrando o empujando consigo los anillos de bronce forjados cónicos, hasta que entra en contacto con el cono del engranaje. La superficie interior del sincronizador se encuentra finamente estriada con la finalidad de que con su deslizamiento rompa la película de aceite y se una firmemente al cono macho del engranaje.

El encaje para la chaveta en el cono es algo más ancho que ella misma, lo cual permite al dentado del cono desplazarse con respecto al dentado del collarín desplazable, cosa que ocurre mientras exista una fuerza procedente del engranaje que gira loco, que tiende a arrastrar más rápido o más lento el anillo cónico con respecto al cubo del sincronizador.

En cuanto las velocidades de ambas piezas se han igualado, cesa esta fuerza y los dientes del collarín pueden pasar por los huecos del dentado del anillo y continuar su avance hasta engranar con los dientes del engranaje, tal como se aprecia en la (Fig. n°5), la cual muestra las tres fases de sincronización.

Cabe aclarar, que cada conjunto de trenes de engranajes, debe disponer de su correspondiente sincronizador y el número de estos dependerá, por lo tanto, del número de marchas de que disponga la caja de velocidad.

### AVERÍAS EN LA CAJA DE CAMBIO

A pesar que las cajas de cambios disponen de muchos mecanismos, todos ellos de complejo diseño y construcción, no es un elemento que suele dar mucha variedad de averías y sus síntomas suelen ser bastante claros.

Como es lógico, debemos separar aquellas fallas producidas por el diferencial que en la mayoría de los automóviles modernos lo incluyen dentro de la misma caja (cajas puentes), fallas estas, que serán tratadas cuando se describa dicho mecanismo.

Los síntomas principales suelen ser:

- A) El cambio hace ruido durante su funcionamiento.
- B) Existe dificultad en la entrada de las marchas.

.Dto Automotores

- C) alguna de las marchas se desengrana espontáneamente.
- D) Se observan pérdidas de lubricante.

### EL CAMBIO HACE RUIDO DURANTE SU FUNCIONAMIENTO

Síntoma: Se trata de uno de los casos más comunes, observándose que el cambio hace más ruido de lo que podría considerarse normal.

Comprobación: Se somete al automóvil a una prueba en ruta y se observará si la rumorosidad es mayor cuanto es más alto es el régimen de giro del motor y la velocidad del mismo.

Ante el siguiente síntoma, conviene verificar los siguientes puntos y por el mismo orden de importancia.

- 1) Juego excesivo de los engranajes o entre dientes de los mismos.
- 2) Desgaste de los engranajes y/o de los cojinetes.
- 3) Desalineación de los ejes.
- 4) Aceite sucio.
- 5) Insuficiente nivel de aceite lubricante de la caja.
- 6) Dientes de engranajes rotos o cachados.

### EXISTE DIFICULTAD EN LA ENTRADA DE LAS MARCHAS

Síntoma: Un cambio en condiciones normales de funcionamiento no debe ofrecer dificultades para el paso de una marcha a otra, siempre que la maniobra se haya realizado con la debida habilidad y corrección.

Esta falla muy común, no suele estar localizada en la caja propiamente dicha, si no por el contrario, podría concentrarse en el mecanismo de embrague o en algunos de sus componentes anexos del mismo.

Comprobación: Generalmente bastará con hacer una prueba en carretera para determinar la magnitud del defecto y a la vez, comprobar que el embrague culmine con el desembragado completo, descartando fallas en este elemento. Se verificarán los siguientes puntos y en el mismo orden de importancia.

- 1) Desembragado incompleto o fallas en este elemento.
- 2) Deformación o desgaste en el mecanismo de mando o accionamiento.
- 3) Mal estado de los sincronizadores.
- 4) Utilización de un aceite inadecuado.

### ALGUNA DE LAS MARCHAS SE DESENGRANA ESPONTANEAMENTE

**Síntoma:** Cuando alguna de las marchas, especialmente las marchas cortas, tienen tendencia a salirse o llegan a desengranarse súbitamente, especialmente al aflojar el pedal del acelerador, indica la presencia de males de cierta importancia en la caja de cambio, la cual deberá desmontarse y se procederá a la inspección cuidadosamente de la misma.

**Comprobación:** Generalmente bastará con hacer una prueba en carretera para darse cuenta de la magnitud del defecto. Si se observa que dicho defecto se produce con gran facilidad en una determinada marcha, no hay más remedio que proceder al desmontaje de la misma, para su solución. Se seguirán los siguientes puntos y por el mismo orden de importancia.

- 1) Incorrecta maniobra de acoplamiento.
- 2) Regulación incorrecta del mecanismo de mando de la palanca de cambio.
- 3) Sincronizados desgastados.
- 4) Excesivo juego axial de los engranajes.
- 5) Desgaste excesivo en los fiadores de seguridad y debilitamiento en los muelles de retención.
- 6) Desgaste en forma de cuña entre engranajes y desplazables.

### SE OBSERVAN PERDIDAS DE ACEITE

**Síntomas:** El siguiente síntoma se suele dar a pesar de que el funcionamiento sea correcto en todas las marchas. A pesar de esto, si persigue la fuga de modo que llegue a quedarse sin lubricante, el resultado podría ser la ruina del todo el conjunto mecánico en pocas horas de funcionamiento.

**Comprobación:** Bastará con hacer una inspección visual de la misma, para la verificación y localización de la pérdida. Conviene controlar los siguientes puntos y por el mismo orden de importancia.

- 1) Excesivo nivel de aceite.
- 2) Bulones de las carcasas o tapas flojos.
- 3) Deterioro de juntas o retenes de estanqueidad.

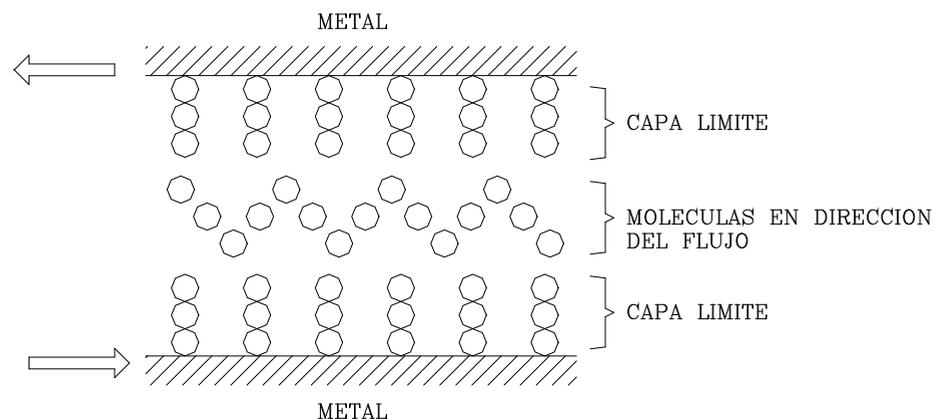
.Dto Automotores

Las siguientes averías descriptas de las cajas manuales, podrían clasificarse como las más comunes en darse en este tipo de cajas, y en la mayoría de los casos, termina con el inevitable desmontaje de la misma, como el medio más seguro para poder hacer una correcta inspección de todos los elementos mecánicos que la componen, controlar su estado de desgaste y determinar con la mayor seguridad la causa que produce el síntoma de avería que se ha apreciado.

## LUBRICACIÓN Y LUBRICANTE

**Definición:** Se llama *lubricante* a toda sustancia sólida, semi-sólida o líquida de origen mineral, animal o vegetal que se interponga entre las superficies para evitar el contacto metálico y disminuir el coeficiente de rozamiento.

**Lubricación:** Si un metal se pone en contacto con un lubricante se forma inmediatamente sobre la superficie de aquél, una capa de líquido que se fija rígidamente a la superficie. Esto es debido a la atracción energética de moléculas del lubricante y del metal.



**La  
capa**

*límite*, cuyo espesor es de algunas décimas de micrón, tiene una adherencia comparable con la resistencia mecánica del metal que la acompaña y que solo es posible eliminar por un continuo desgaste.

La capa central se forma cuando existe un movimiento relativo entre las superficies (lubricación hidrodinámica). Cuando esta capa central no existe, ya sea porque la velocidad relativa entre los metales es baja, o hay una presión

.Dto Automotores

superior a la que puede soportar el lubricante, comienzan a tocarse las dos capas límites y, como ésta es tan pequeña, puede haber un contacto metálico, produciendo un desgaste prematuro y un calentamiento excesivo de las superficies.

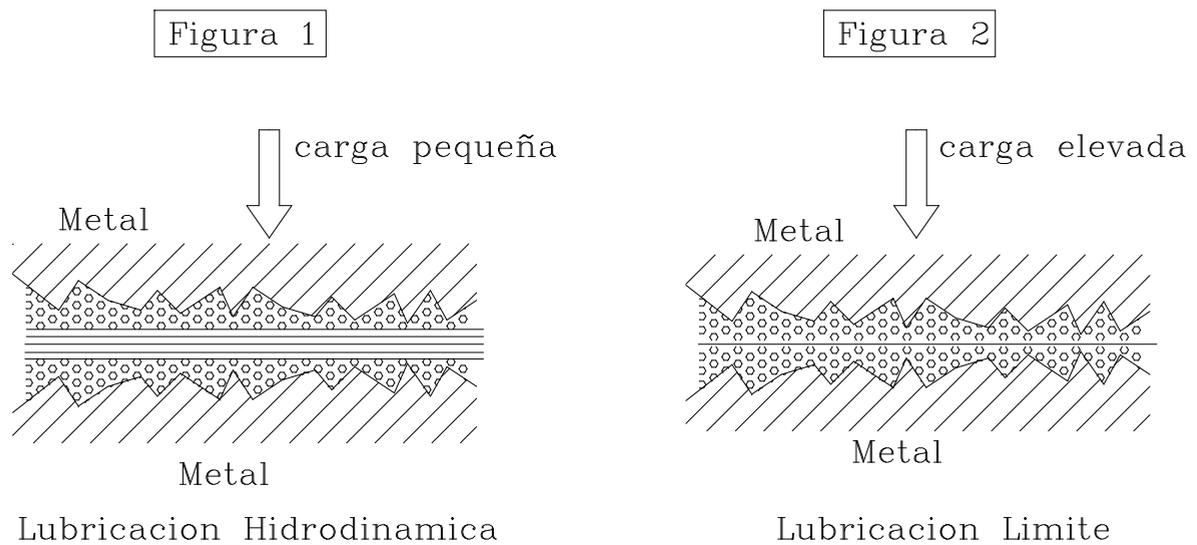
Para que una película líquida se convierta en una capa de lubricante eficaz, debe poder soportar las presiones a que estén sometidos los metales sin que éstos lleguen a tocarse.

Hay tres tipos distintos de lubricación, según el espesor de la película de lubricante:

**Lubricación hidrodinámica:** Se forma cuando existe la capa central (moléculas en dirección del flujo). Este tipo de lubricación es el ideal para que no exista contacto entre los metales y, haya una evacuación eficaz de calor.

**Lubricación límite:** Se forma cuando no existe la capa central de lubricante, las dos capas límites se tocan y, si la presión exterior aumenta (por ejemplo en dientes de engranajes), puede haber contacto entre las superficies metálicas provocando un desgaste prematuro y un aumento excesivo de calor.

**Lubricación no hidrodinámica:** Es cuando existe contacto entre los metales, debido a la elevada presión exterior.



En la Fig. N°1, se muestra a dos metales (por ejemplo dos dientes de engranajes) separados por una película de lubricante en el cual se observan las **dos capas límites** y el **flujo central**, esta situación se da cuando por ejemplo

.Dto Automotores

los dientes de engranajes están sometidos a pequeñas o medianas cargas (presiones).

En la Fig. N° 2, la presión es muy grande lo cual hace que el *flujo central* desaparezca.

También la *rugosidad de la superficie del material* es importante. Para superficies que tienen una buena terminación una *película fina* de lubricante es suficiente. Para superficies mal terminadas, se necesita una *película gruesa*.

Los objetivos de la lubricación son:

- Reducir la fricción y evitar el desgaste
- Eliminar el calor generado
- Proteger al metal de la oxidación y corrosión
- Amortiguación de ruidos
- Transmisión de potencia
- Lavado y arrastre de contaminantes

#### **Obtención de los aceites lubricantes:**

- 1- Se mezclan las *bases* (dos como máximo), para obtener las viscosidades y calidades requeridas. P. Ej., de origen mineral y vegetal.
- 2- Se agregan los *aditivos*, que mejoran las características de las bases.

#### **Aditivos Lubricantes:**

Son compuestos químicos que se incorporan a los lubricantes para mejorar las propiedades naturales, y conferirles otras que no poseen y que son necesarias para cumplir su función.

Fundamentalmente los aditivos tienen la función de:

- Aumentar la vida útil del lubricante
- Proteger la superficie lubricada
- Lograr buena fluidez del lubricante a bajas temperaturas.
- Mejorar el IV (índice de viscosidad)
- Anti- espuma (la formación de espuma hace que no exista buena lubricación)

#### Lubricantes para Engranajes

La principal propiedad que caracteriza a estos aceites, es la que su comportamiento **EP** (extrema presión), tiene que ser suficiente para cumplir

.Dto Automotores

las exigencias del engranaje hipoidal (por ejemplo piñón y corona del diferencial).

Estos tipos de engranajes están sometidos a grandes fuerzas de compresión, velocidad y temperatura, por lo tanto, si existe rozamiento entre los dientes habría un deterioro prematuro de la superficie y aumento excesivo de calor.

La película de lubricante debe permanecer entre los dientes sin romperse.

Como aditivos **EP**, se utilizan:

- Compuestos grasos (de origen animal), reducen la fricción y soportan mayor presión que los de origen mineral o vegetal.
- Compuestos de azufre, evitan la soldadura en los puntos de contacto metal-metal en momentos críticos de carga. Forma una capa muy resistente y de gran adherencia a la superficie.
- Compuestos de fósforo, ayuda a evitar el desgaste.
- También se utilizan compuestos a base de plomo.

Estos aditivos forman *revestimientos superficiales* muy resistentes a la compresión y temperaturas (las propiedades que le confiere el azufre no se alteran hasta los 650 °C).

Los aceites *minerales puros*, se pueden utilizar para engranajes que estén sometidos a cargas bajas (servicio ligero).

Los aceites que contienen *materias grasas*, se utilizan para cualquier tipo de engranajes, excepto los hipoides (servicio medio).

Los aceites con *aditivos EP*, se utilizan para engranajes tipo hipoides o para cualquier otro que esté sometido a gran velocidad, torque, cambios bruscos de carga y grandes presiones (servicio muy severo).

### *Exigencias para los engranajes*

- Buena calidad del material
- Exactitud en el tallado de los dientes
- Perfecta terminación
- Tratamientos térmicos adecuados
- Perfecta alineación en el montaje.

