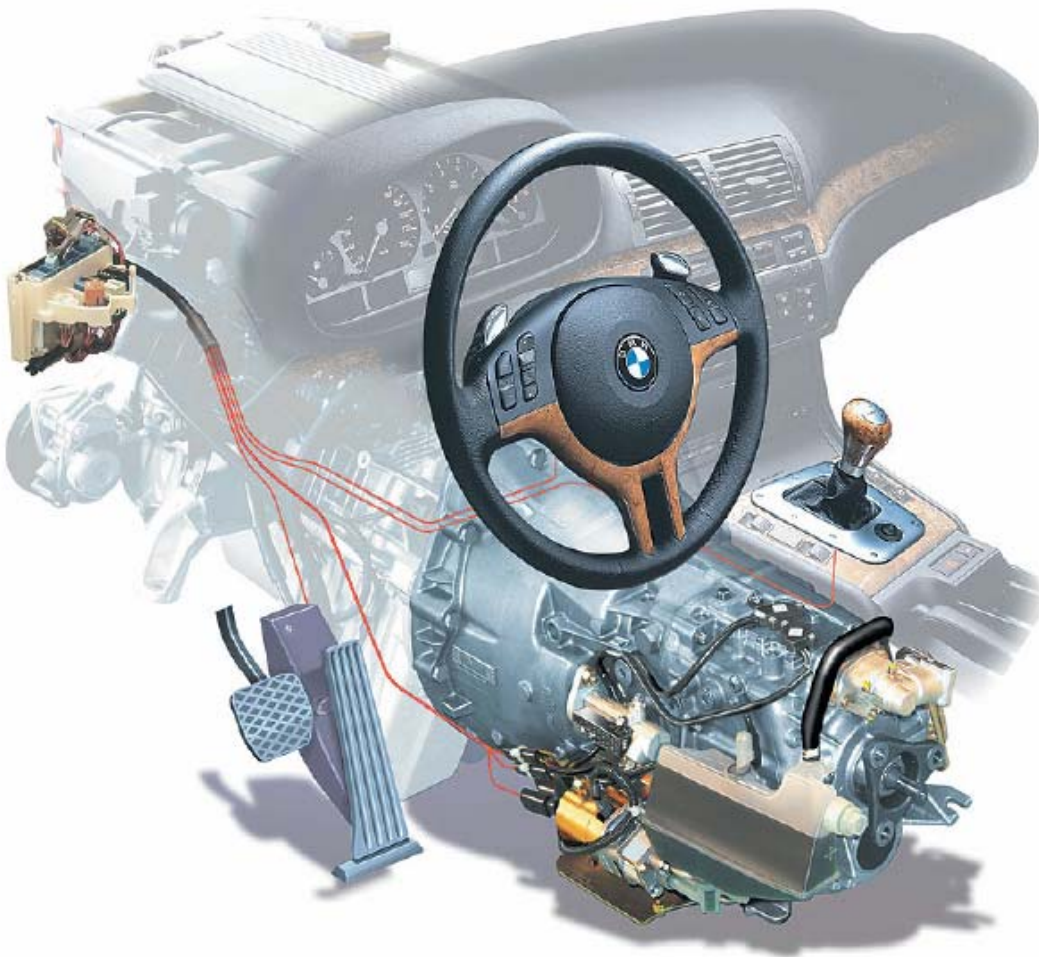




CENTRO SAGRADO CORAZÓN – JESUITAS – LOGROÑO

DEPARTAMENTO DE AUTOMOCIÓN

TRABAJO DE CAMBIOS ROBOTIZADOS



TUTOR : F. JAVIER ROYO ALCÁZAR

ALUMNOS : ALVARO GURIDI MORTE

RUBÉN ALBISU DEL POZO

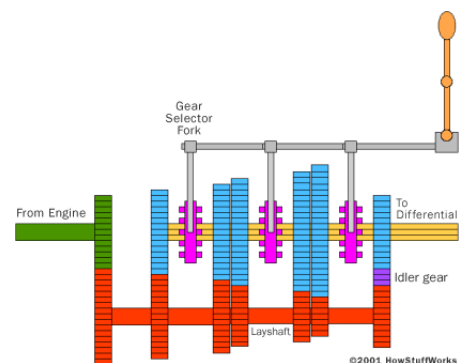
HISTORIA Y EVOLUCIÓN.

Hace unos años una caja manual estaba formada por pares de engranajes montados en dos o tres ejes, que el conductor seleccionaba mediante varillas o cables, conectados a una palanca. Una caja automática tenía engranajes epicicloidales, seleccionados mediante un sistema hidráulico de válvulas, correderas y embragues y el cambio de marcha estaba establecido principalmente en función de la velocidad del coche, el régimen del motor y la posición del acelerador. En este tipo de cambio automático, el conductor disponía de una palanca para eliminar marchas ya que el cambio automático solía conectar marchas excesivamente largas en pendientes o al arrastrar un peso, quedándose el vehículo sin suficiente par motor en las ruedas para sortear los diversos obstáculos. Sin embargo hoy día, hay cada vez más tipos de transmisiones siendo difícil de establecer una frontera entre unos y otros. Hay cambios manuales que pueden actuar de un modo automático y cambios automáticos que admiten un manejo manual por parte del conductor. Para hacer una pequeña distinción y entender mejor los términos denominaremos como cambio **automático** a aquella transmisión en la que al menos una función, como puede ser el cambio de marchas o el embrague-desembrague esté automatizada. Dentro de dicha definición se llamará **semiautomático** a aquél tipo de cambio en el que el conductor se encarga de seleccionar las marchas, pero es el sistema el encargado de accionarlas y/o de embragar-desembragar.

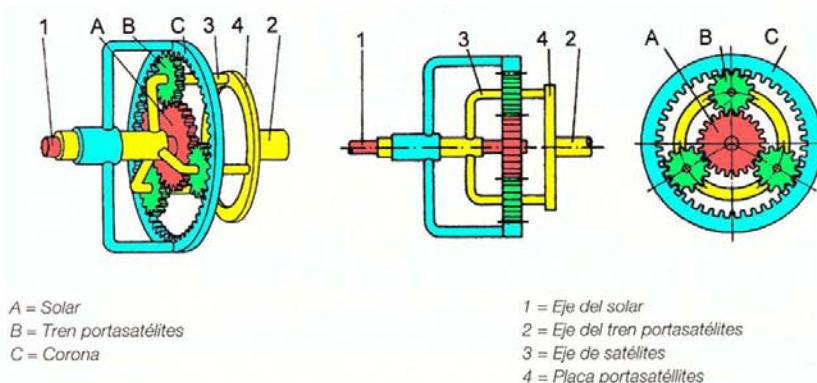
Hay diversas maneras de determinar los distintos cambios como por ejemplo:

Según el mecanismo empleado para variar la relación de cambio:

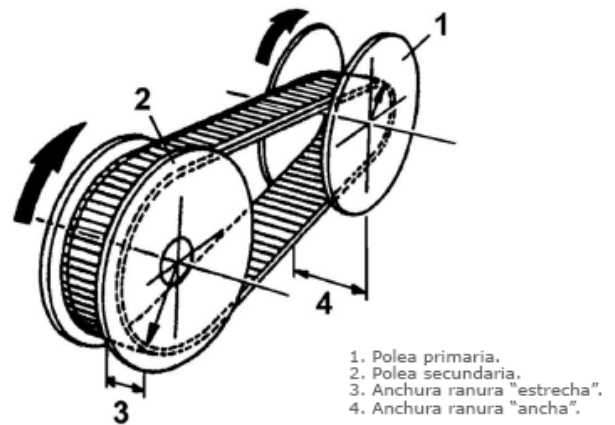
- **Pares de piñones cilíndricos con dientes rectos o helicoidales:** el más extendido de todas las cajas manuales y algunas automáticas. Lo normal es que se trate de engranajes helicoidales, de toma constante y con sincronizadores para todas las marchas, excepto en algunos casos para la marcha atrás.



- **Trenes epicicloidales:** sólo en cajas automáticas la gran mayoría). Su principal ventaja es la suavidad, eliminación de ruidos por golpeteo y progresividad ya que la selección de las distintas relaciones se hace mediante frenos y embragues, no engranando piezas.



Cambio por variador continuo: Actualmente hay dos clases, con correa metálica (la que usan todos los cambios de variador) o con cadena (Multitronic de Audi). Normalmente la mayor parte de la reducción en una caja de variador se hace en el grupo, más que en la caja, y el tipo de conexión no es igual en todas; el Speedgear de Fiat tiene un convertidor hidráulico y el Multitronic un embrague multidisco.



Según el tipo de mando:

Para una caja manual sólo existe la palanca «en H», ya que los mecanismos secuenciales sólo se usan en competición, no en coches de serie.

- En una caja manual no hay confusión posible ya que sólo existe la palanca con accionamiento en forma de horquilla (H).
- En una caja automática hay distintas posibilidades, que resultan de combinar **dos variables**: por una parte, si se trata de un **mando analógico o secuencial**; por otra, si ese mando sirve para seleccionar marchas o para eliminarlas.

Mando analógico: en el que hay una posición del mando para cada una de las relaciones de cambio.

Mando secuencial: cuando hay una secuencia para variar las relaciones (mover una palanca o pulsar un botón), pero no una posición de esa palanca o ese botón distinta para cada marcha. Con estos dos tipos de mando hay también dos tipos de funciones:

De selección: aquella en la que el movimiento del mando sirve para engranar marchas. En el caso de las cajas automáticas, el mando de selección está supeditado al control electrónico

De bloqueo: es el opuesto al de selección. Con este tipo de mando, propio de las cajas automáticas, lo que se hace es eliminar la posibilidad de que el cambio engrane ciertas marchas. Se dice que un cambio de cinco marchas está bloqueado en tercera si sólo pueden entrar las tres primeras.

Según la conexión entre el motor y el cambio:

- **Embrague monodisco en seco:** se emplean en aquellas que disponen del par de engranajes. Es decir todas las cajas manuales y las automáticas que tienen robotizadas el accionamiento del embrague y en algunos casos la inserción de marchas.
- **Embrague multidisco húmedo:** la operación de embragar y desembragar se realiza electrónicamente.
- **Convertidor hidráulico de par:** en todas las cajas automáticas con engranajes epicicloidales .

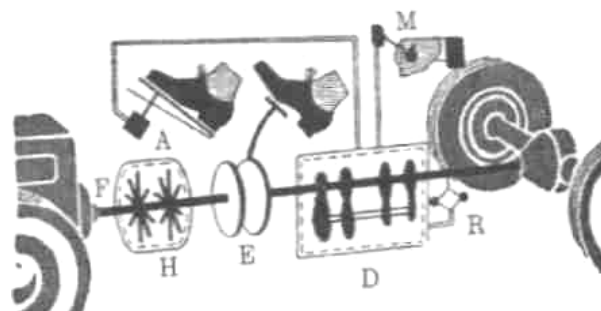
LOS PRIMEROS CAMBIOS AUTOMÁTICOS.

A lo largo de los años 40 casi todos los fabricantes americanos ponen a punto un cambio donde la selección de velocidades se realiza automáticamente, en función de la velocidad del coche, el régimen del motor y la posición del acelerador. Aunque algunas marcas desarrollaron sistemas regulados por vacío, el que demuestra ser más efectivo es el hidráulico. Tras la década, casi todos los coche americanos tienen ya un cambio automático, generalmente el Hydramatic de General Motors o el Borg Warner. En Europa hay que sumar a estos dos el fabricante alemán ZF.

Hay tres tipos de sistemas que han venido empleándose:

A) Turbo-embrague con caja de cambios por desplazables de mando semiautomático y un

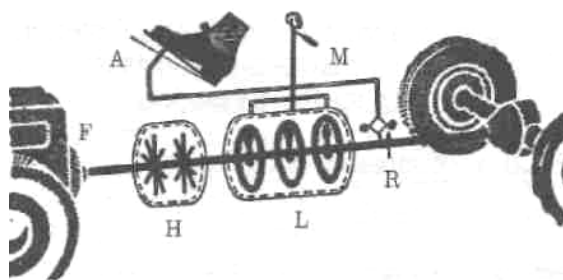
embrague de disco en seco. La fuerza del motor F pasa por el acoplamiento hidráulico H y sigue por el embrague mecánico E a la caja de cambios por desplazables D que da dos marchas adelante elegidas con la palanquita de mano M; pero cada una de estas marchas se divide en otras dos mandadas automática y enteramente por el acelerador A, el vacío de la



admisión y un regulador R que depende de la velocidad del vehículo. Este tipo de cambios hace años que dejó de utilizarse. Años más tarde surgieron variantes de este tipo al utilizar la fuerza hidráulica en vez del vacío de la admisión.

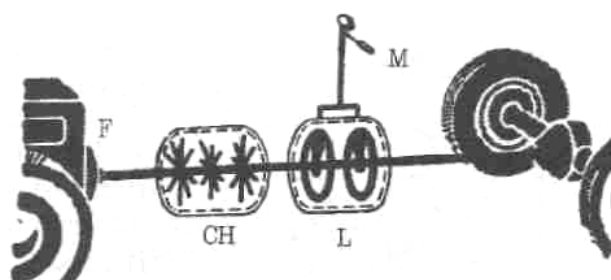
B) Turbo-embrague con caja de cambios enteramente automática de engranajes planetarios

accionada por fuerza hidráulica según la posición del acelerador combinada con la velocidad del automóvil. Es la transmisión Hydramatic que apareció en 1940. El esquema muestra el embrague hidráulico H, la caja de planetarios L, el acelerador A y el regulador R. La palanca M sirve para mandar a mano la marcha atrás, el punto muerto y el funcionamiento de sólo primera y segunda en mal terreno. No lleva pedal de embrague.



C) Convertidor de par con caja de planetarios prácticamente automática.

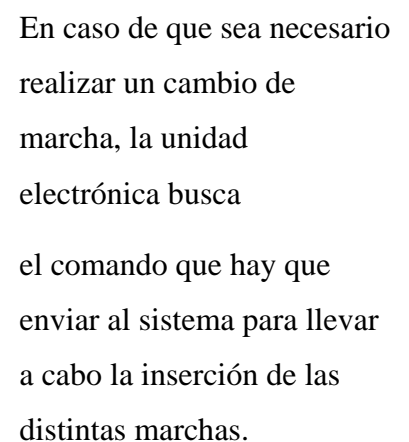
El esquema señala el paso de la fuerza del motor F por el convertidor de par CH y caja de planetarios L gobernada por la palanquita M que da dos combinaciones únicas: “marcha normal” y “reducida” para casos excepcionales.



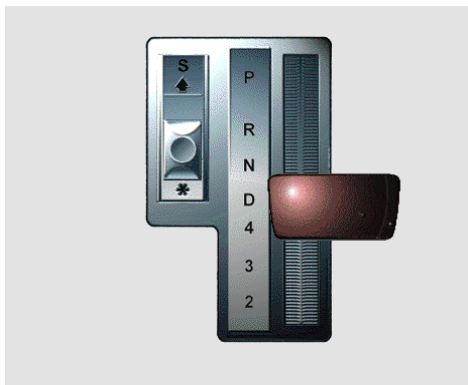
CAMBIOS AUTOMÁTICOS CON AYUDAS O COMPLEMENTOS ELECTRÓNICOS.

- El reconocimiento de la pendiente de la carretera.
- La posición del pedal acelerador.
- El número de revoluciones del motor.

La unidad electrónica, en función de la palanca selectora, selecciona el programa correcto de gestión del cambio de marchas entre los que guarda en su memoria. A continuación, según la posición del pedal acelerador y la velocidad del vehículo, identifica en el gráfico del programa el punto de funcionamiento y por lo tanto la marcha más correcta a embragar. Se produce, entonces, el control de la marcha ya embragada mediante la determinación de la posición del selector de marchas .



USO DE LA PALANCA DE CAMBIOS EN UNA CAJA AUTOMÁTICA.



En la imagen de la izda. se pueden apreciar las distintas posiciones , P, R, N, D, 3 y 2.

- **P (*Parking*)**: es equivalente al freno de mano de las transmisiones manuales: sólo se emplea con el vehículo totalmente parado, para evitar que se desplace.
- **R (*Reverse*)**: la marcha atrás. Esta posición está bloqueada para velocidades superiores a los 10 km/h hacia delante.
- **N (*Neutral*)**: el punto muerto. El posible movimiento del motor no se transmite a las ruedas.
- **D (*Drive*)**: con ella insertada (incluso desde parado), el cambio decide la marcha más adecuada en cada momento. Es la posición que sirve para todo: el vehículo arranca en primera y, cuando llega a un régimen determinado, la caja pasa a la marcha superior.
- **3** : En esta posición el cambio funciona hasta 3º velocidad decidiendo él la marcha más apropiada y aparte si vas en D y el conductor posiciona la palanca en el 3 , la caja insertará la 3º velocidad.
- **2** : En esta posición el cambio funciona hasta 2º velocidad decidiendo él la marcha más apropiada y aparte si vas en D y el conductor posiciona la palanca en el 2 , la caja insertará la 2º velocidad.
- **1**: En esta posición se irá siempre en 1º velocidad.(en caso de llevar esta posición)

Otra posibilidad es la de disponer de las letras S y L, con las que se seleccionan marchas cortas (L) o largas (S). Otra característica de estas transmisiones (y de las surgidas posteriormente) es el mecanismo **kick-down**. Esta modalidad permite bajar dos ó tres marchas cuando vamos circulando en una marcha larga con el motor a bajas vueltas. El resultado es ofrecer mejores recuperaciones que con cambio manual. La llegada de la electrónica también ha permitido la posibilidad de disponer de programas de funcionamiento junto a la palanca, que pueden llegar a ser hasta tres:

- **Deportivo o *sport***: para conducción deportiva.
- **Económica o *normal***: conducción tranquila.
- **Invernal o *ice o winter***: para facilitar el arranque en firmes deslizantes o poco adherentes.

TIPOS DE CAMBIOS CON CONTROL ELECTRÓNICO

Existen los siguientes tipos :

1. Cambios automáticos con gestión electrónica sencilla.
2. Cambios inteligentes o autoadaptativos.
3. Cambios automático-secuenciales.

Los tres tipos tienen control electrónico, convertidor de par y accionamiento electrohidráulico (hidráulica para el accionamiento y electrónica para el control).

1. Cambios automáticos con gestión electrónica sencilla.

En este tipo de cambio el uso y la gestión de componentes electrónicos son muy pequeños, por no decir casi nulos. La electrónica en este caso se encarga casi exclusivamente de reducir de marcha cuando el sistema detecta que el conductor hace mención de pisar el pedal del acelerador o de engranar la marcha más larga a poco que se levante el pie del mismo. Ciertos modelos carecen también de la retención del motor. No suelen disponer de ningún tipo de bloqueo del convertidor, con lo que el excesivo patinamiento del mismo provoca un consumo considerablemente alto y una merma en las prestaciones. Otro punto que no contribuye al consumo es el mayor número de cambios de marcha que realizan respecto a un cambio manual. Incluso algunos modelos carecen de programas de ayuda a la conducción en la consola.

También el número de relaciones del que suelen disponer, normalmente cuatro, exigen un desarrollo alto de las mismas que implica un rendimiento inferior.

2. Cambios inteligentes o autoadaptativos.

Este tipo de transmisiones ya posee un gran control electrónico. Se ajusta mucho más el cambio de marcha a los gustos del conductor. La electrónica ya no se limita sólo a la posibilidad de seleccionar, mediante un botón en la consola, un programa determinado (deportivo, económico o invernal). La UCE electrónica de gestión del cambio basa su funcionamiento en una serie de pautas mucho más amplia que la anterior, como puede ser:

- Forma o tipo de conducción por parte del conductor.
- Condiciones de funcionamiento del motor (frío, caliente, autoadaptación por desgaste, etc.)
- Tipo de carretera e índice geográfico (subidas, bajadas, autovías, autopistas, carreteras de montaña, etc.)
- Consumo (buscando siempre el mínimo consumo y el máximo agrado de conducción).

El calculador electrónico a través de sensores en el motor, selector del programa, freno y acelerador elige el modo de funcionamiento del cambio en función de las condiciones.

La información recabada es tal como: la velocidad del coche, el régimen del motor, la posición y velocidad de accionamiento del acelerador, el par motor, el programa de cambio elegido, el número de veces que actuamos sobre el pedal de freno, etc

Las principales cualidades que ofrecen este tipo de cambio son :

- Retienen el motor bajando las marchas al bajar un puerto.
- No pasan a una marcha superior cuando se levanta el pie del acelerador ante la presencia de una curva, por ejemplo.
- Cambian antes cuando el motor está frío.
- La diferencia de consumos y prestaciones respecto al cambio manual son mínimos y siempre con valores menores en comparación con cualquier otro cambio automático.
- Disponen de bloqueador del convertidor de par que evita el deslizamiento de la transmisión en todas las marchas. Esto supone un ahorro de combustible

Hoy en día ya se ofrecen transmisiones hasta con cinco relaciones, dándoles otro punto a su favor

Existen casos en los que el automatismo se impone por cuestiones de seguridad y confort:

- Paso automático a la marcha inferior cuando el régimen está próximo a las 1.000 rpm para evitar el calado del motor.
- Paso automático a la marcha superior a un régimen motor apropiado.
- Reducción en caso de una aceleración importante.

Este tipo de cambio lo utilizan muchas marcas, estableciéndose diferencia entre ellas dependiendo del tipo de vehículo en el que se implante o incluso una filosofía propia de la marca. En Renault y Grupo PSA se denominan Preactiva o Autoactiva, en Mitsubishi se denomina INVECS, en BMW, Rover, Hyundai Steptronic, en Lancia Comfortronic, en Volvo Geartronic y así sucesivamente un sinnúmero de marcas y modelos.

3. Cambios automático-secuenciales.

Son aquellas que permiten tanto un manejo manual (secuencial) como automático.

Mediante la ubicación de la palanca selectora en las distintas pistas se selecciona el modo de funcionamiento del cambio, existen dos modos:

- Tiptronic(Secuencial)
- Automático.

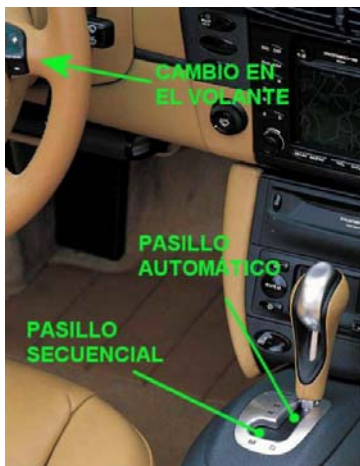
MODO TIPTRONIC

Al desplazar la palanca desde la posición “D” hasta la pista para Tiptronic se selecciona dicho modo. Al seleccionarse el Tiptronic, la unidad de control trabaja con un programa de cambios manual, es decir, sólo cambia de marcha a partir de la señal recibida desde la palanca selectora. Si se desea una marcha superior se ha de empujar la palanca hacia el signo (+) o hacia el signo (–) si se quiere una marcha inferior. Después de soltar la palanca automáticamente retorna al centro de la pista para Tiptronic. En este modo sólo es posible seleccionar las marchas hacia delante (1 a 5). La marcha conectada es indicada en el display central del cuadro de instrumentos.



MODO AUTOMÁTICO

Al desplazar la palanca por la pista del modo automático se seleccionan las distintas posiciones ya conocidas P, R, N, D, 4, 3, 2. La 1ª marcha no puede ser seleccionada por el conductor, siendo conectada por la unidad de control según las necesidades de conducción. El cuadro de instrumentos indica la gama de marchas seleccionada, en definitiva, la posición de la palanca.



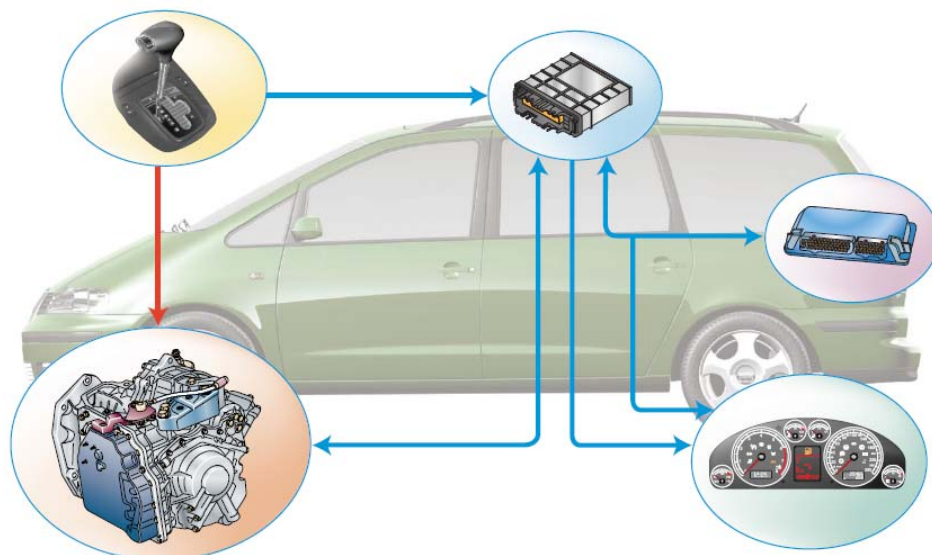
La característica común de todos ellos es la de disponer de convertidor de par (por tanto, no hay pedal de embrague).

El hecho de que el conductor, en este tipo de cambio, pueda él mismo seleccionar en que marcha ir en cada momento lo hace muy agradable y deportivo, adaptándose a la forma o gustos de conducción por parte del conductor. Por secuencial se entiende el tipo de cambio en el que hay una secuencia para variar las relaciones. La palanca de cambios no tiene una posición fija para cada marcha, sino que basta con desplazarla mediante toques arriba y abajo o a los lados para seleccionar las velocidades. Existe también la posibilidad de accionar las marchas desde el volante mediante unas manetas o unos pulsadores. Hay que señalar que Mercedes dispone de un “falso” secuencial en cuanto que se sale de la definición anterior. Ello es porque su mando se utiliza para aumentar o disminuir el número de velocidades que puede engranar el cambio (de una a cinco), no para seleccionar una marcha en concreto.

Actualmente la oferta de cambios automático-secuenciales es muy variada. Su proliferación comenzó en las berlinas de lujo, pero ya se ofrecen en las berlinas medias, en los compactos y hasta en monovolúmenes.

En esta figura se ven las partes que integran un mecanismo de este tipo

En la parte superior izda. se encuentra la palanca de gobierno del cambio, mas



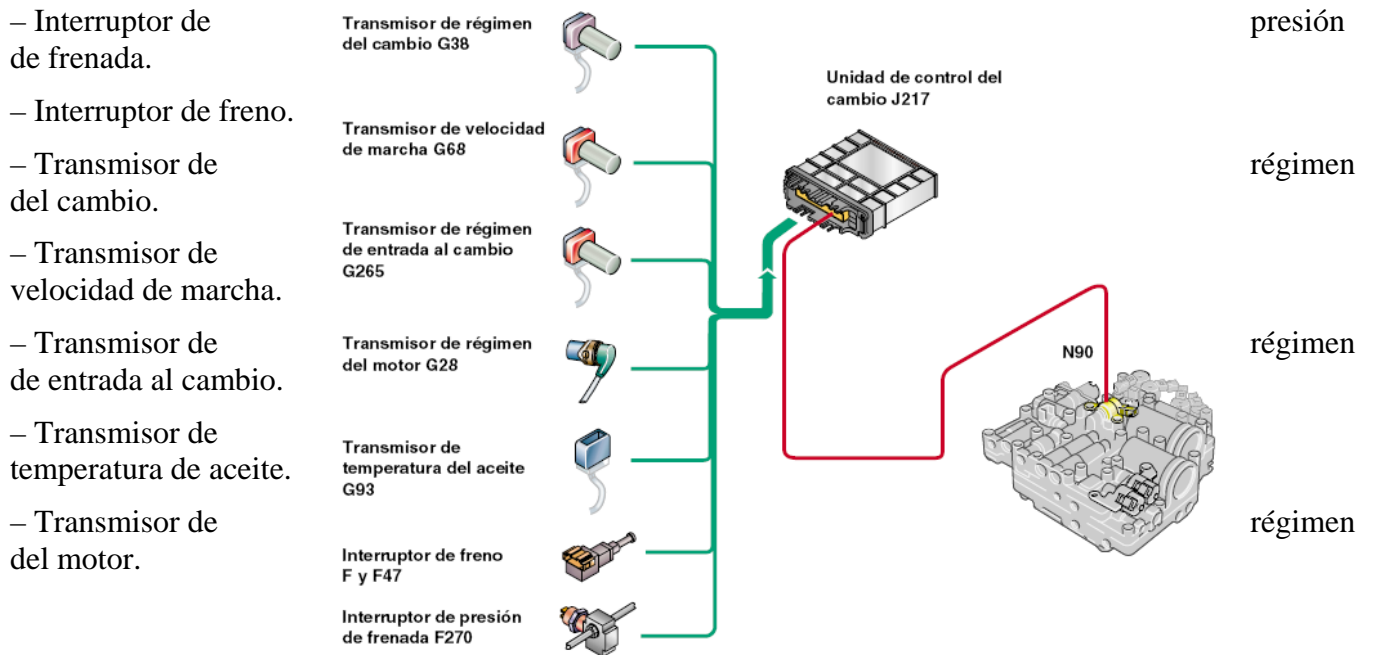
abajo se encuentra la caja de cambios, en la que se encuentran la combinación de la mecánica (frenos, embragues, planetarios) y la hidráulica (presión de aceite), se consiguen las distintas desmultiplicaciones de las marchas que transmiten el par motriz a las ruedas. A la derecha de la palanca de cambios se encuentra la unidad de control que es la encargada de gestionar el funcionamiento del cambio, en modo automático, conectando las marchas más adecuadas según las necesidades de conducción. En modo Tiptronic conecta la marcha seleccionada por el conductor. La principal novedad que aporta esta gestión es una nueva función asumida, denominada desacoplamiento en parado, que desconecta la marcha en el momento de detenerse el vehículo y situarse el motor al ralentí; en ese caso el cambio es situado en posición neutra.

La unidad de control del motor se comunica con la unidad del cambio (arriba a la derecha) mediante la línea Can-Bus, con ello se intercambian datos adaptándose mutuamente y actuando sobre el motor y cambio para adoptar las condiciones de funcionamiento más idóneas.

El cuadro de instrumentos indica al conductor la marcha conectada diferenciando si se está en modo de cambio automático o modo Tiptronic. A través de un testigo de pedal de freno recuerda la necesidad de pisar el freno para desplazar la palanca selectora cuando ésta se encuentra ubicada en P o N y el encendido conectado.

DESACOPLAMIENTO EN PARADO

La gestión electrónica del cambio en este sistema Tiptronic asume por primera vez la función denominada desacoplamiento en parado. Su misión es, aunque en la palanca selectora esté seleccionada una gama de marchas, situar el cambio automático en posición neutra, cuando el vehículo se detiene y el motor está en ralentí. Esta función evita la tendencia al avance del vehículo y las oscilaciones del motor que se producen en estas condiciones. Para realizar esta función la unidad de control del cambio precisa las siguientes señales:



Cuando la unidad de control detecta que el freno F está activado y la velocidad es 0 km. / h, la unidad de control reduce las marchas hasta la 2ª y sitúa el cambio en posición neutra mientras el vehículo permanece en ralentí. Para mantener la posición neutra la unidad de control tiene conectados los mismos componentes que en la 2ª marcha, frenos B2 y B3 exceptuando el embrague K1 que permanece desconectado hasta que el vehículo inicie la marcha. A partir de ese momento la unidad vuelve a iniciar los cambios de las marchas. Si se produce el fallo de uno de los sensores indicados anteriormente, la unidad de control del cambio no realiza la función de desacoplamiento en parado.

CAMBIOS MANUALES-SECUENCIALES .

Son transmisiones manuales con los dispositivos necesarios para automatizar las operaciones de cambio de marcha. Estos sistemas no llevan pedal de embrague .

Su gran ventaja estriba en que se basa en un cambio manual, de modo que no penalizan las prestaciones y los consumos respecto de aquellos que derivan de las transmisiones automáticas “puras”. Debido a que comparten los mismos elementos mecánicos que una transmisión manual, todos ellos emplean embrague normal (monodisco en seco por lo general) y engranajes cilíndricos.

Las transmisiones robotizadas disponen de acelerador by wire, por lo que no hace falta desacelerar al cambiar, como pasaba en el embrague pilotado y al detener el coche, reducen a primera solos. La electrónica se encarga de cortar la alimentación del motor al subir de marcha, o de elevar el régimen de giro al reducir (imitando la técnica punta-tacón).

La gran mayoría puede funcionar también como automático e incluso algunos incorporan botones o levas para cambiar desde el volante. La selección de marchas puede realizarse con la palanca mediante toques hacia arriba y abajo (o a izquierda y a derecha, según la marca) o desde el volante por medio de botones o

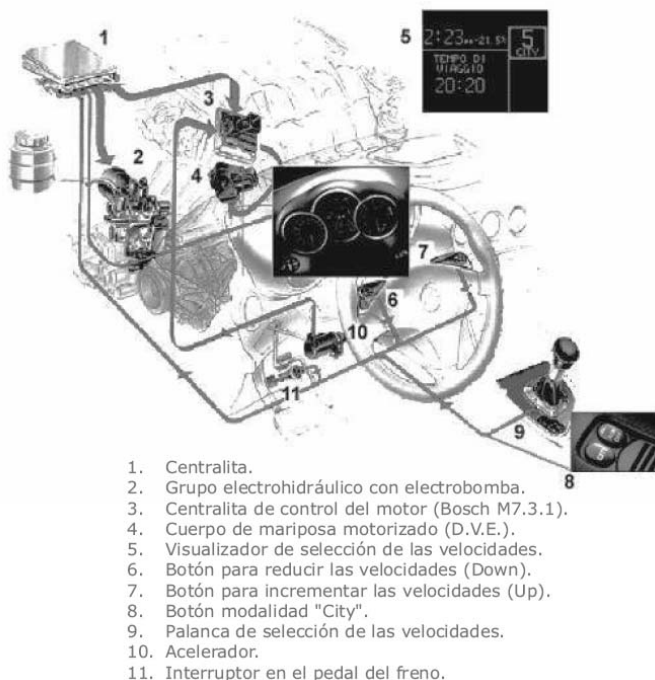
levas. La mayoría de las transmisiones de este tipo utilizan actuadores hidráulicos. El conductor selecciona la marcha y una centralita electrónica envía la orden a una bomba hidráulica que actúa sobre el embrague, mientras que pequeñas bombas mueven los piñones del cambio, insertando la marcha elegida.. La estructura de estos dispositivos está más cerca de los manuales que los automático-secuenciales. Estos últimos no son más que automáticos al que se le añade un carril adicional para el manejo secuencial, como el Tiptronic anteriormente explicado.

SELESPEED (ALFA ROMEO)

Se trata de un cambio de cinco velocidades y dispone de dos modos de funcionamiento:

Secuencial o semiautomático. en las que el conductor gestiona el acoplamiento de las marchas mediante la palanca ubicada en el túnel, o bien mediante dos botones o levas en el volante (derecha para subir e izquierda para reducir). Dentro de este modo tenemos una opción normal (cambio se produce entre 1 y 1,5 segundos) y otro sport (en 0,7 segundos) que se activa automáticamente al pasar de 5000 rpm o si superamos el 60% del recorrido del pedal del acelerador. La marcha seleccionada se muestra en un display en el cuadro de instrumentos.

Automático. También denominada "City" en la que es el sistema electrónico que decide cuándo cambiar las velocidades. El pedal del embrague ha sido eliminado, y la tradicional palanca del cambio en forma de "H " de las transmisiones mecánicas ha sido reemplazada por una palanca específica "Joystick" y dos botones del tipo "UP-DOWN"(arriba-abajo) montados en el volante.El sistema de mando consiste



principalmente en un grupo electrohidráulico (2) montado directamente en la caja del cambio, que gestiona, a través de dos distintos pistones, el movimiento de selección y acoplamiento de las velocidades. Un grupo de electroválvulas, a las que una electrobomba y un acumulador suministran la potencia hidráulica necesaria, mandan los dos pistones. Una centralita electrónica (1), una vez identificados los comandos del conductor a través de la palanca de mando (9) o de los botones (6) y (7) gestiona, autónomamente el cambio de marcha, controlando directamente el embrague, el cambio el par motor.

El pedal del embrague ha sido eliminado y la salida de la marcha se efectúa con una palanca de mando de "una sola posición central estable" de tipo flotante, mediante la cual se manda el incremento/decremento

de la relación de la marcha acoplada en el cambio y el acoplamiento de la marcha atrás (R) y de la posición de neutro (N). Además, también existen dos botones montados en los radios del volante mediante los cuales sólo en la condición de vehículo en movimiento, es posible mandar el incremento / decremento de la marcha acoplada. A cada activación, girando la llave en la posición MAR, el sistema selecciona siempre la modalidad operativa memorizada antes del último apagado del motor.

Si durante el funcionamiento en la modalidad operativa "automática" (Auto), el conductor manda un cambio de marcha, el sistema acepta esta petición de gestionar directamente el vehículo por parte del usuario pero no conmuta la modalidad operativa "automática". Para mandar la modalidad de funcionamiento "semiautomático" (Manual) es necesario presionar el botón Auto.

La información de la marcha acoplada se visualiza en una pantalla ubicada en el tablero de instrumentos del vehículo. Los ideogramas representados en el visualizador son:

- N = neutro
- 2 = segunda velocidad
- 4 = cuarta velocidad
- R = marcha atrás
- 1 = primera velocidad
- 3 = tercera velocidad
- 5 = quinta velocidad



Un mensaje en el visualizador de "avería del cambio robotizado" y la activación de un zumbador avisan al conductor en caso de averías o condiciones de marcha críticas para el vehículo o para los componentes de la transmisión (por ejemplo, calentamiento excesivo del embrague). El Selespeed simplifica notablemente la conducción del vehículo, reduce el esfuerzo debido a la conducción en la ciudad o cuando se necesita utilizar a menudo el cambio, asegurando al mismo tiempo, prestaciones brillantes.

ACTIVACIÓN DEL SISTEMA

Al abrir la puerta del lado del conductor, el Selespeed acciona la electrobomba hidráulica para preparar el sistema al arranque del motor.. Girando la llave de contacto del motor en la posición "MAR", después de un segundo aproximadamente, el visualizador indica la marcha acoplada en el cambio (N-1-2-3--4-5-R) y a partir de este instante el sistema Selespeed acepta los mandos de cambio de marcha. Con el motor parado antes de accionar la palanca de mando de las velocidades es indispensable comprobar en el visualizador la relación de la marcha acoplada (N-1-2-3-4-5-R).

FUNCIONALIDAD CON EL MOTOR APAGADO

Con el vehículo parado y el pedal del freno pisado, los mandos de cambio de marcha son aceptados y efectuados "únicamente" por la



Palanca de mando

palanca de mando montada en el túnel. Para mandar el cambio de la marcha, además de mantener pisado el pedal del freno es necesario:

- Para aumentar la marcha (+) (Fig.24), empujar hacia adelante la palanca (si el vehículo está con la primera velocidad acoplada pasa a la segunda, si está con la segunda acoplada pasa a la tercera y etc. hasta la quinta velocidad). Si el sistema está en neutro (N) o en marcha atrás (R) el movimiento hacia adelante de la palanca ocasiona el acoplamiento de la primera velocidad.
- Para reducir la marcha (-) hay que empujar la palanca hacia atrás (si el vehículo tiene la quinta velocidad acoplada pasa a la cuarta, si tiene la cuarta acoplada pasa a la tercera y etc. hasta la primera.



Palanca de mando



Para permitir que la palanca acople el punto muerto (N) con el vehículo parado y el pedal del freno pisado, hay que mover la palanca de mando del cambio hacia la derecha.

Con una marcha cualquiera acoplada (N-1-2-3-4-5-R), y el vehículo prácticamente parado es posible acoplar la marcha atrás empujando la palanca hacia la derecha y luego hacia atrás. Si el vehículo está en movimiento, este mando no es aceptado. Hay que esperar a que el vehículo se pare y luego volver a mandar el acoplamiento de la marcha atrás.



Palanca de mando



Cuando se ha efectuado el cambio de marcha es necesario soltar inmediatamente la palanca de mando después de esta maniobra. Si el conductor deseara dejar el vehículo en una pendiente y acoplar una marcha para frenarlo, es indispensable comprobar en el visualizador la indicación de la nueva marcha acoplada y luego esperar aproximadamente de 1 a 2 segundos antes de soltar el pedal del freno para permitir el acoplamiento completo del embrague. Si la palanca de selección de las velocidades estuviera en la posición de neutro, el conductor oirá activarse un zumbador (señal acústica).

PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR

Es posible poner en marcha el motor con el pedal del freno pisado, tanto con la marcha acoplada como con el cambio en neutro (N). Con el motor arrancado, el cambio visualiza la letra (N) y el sistema programa la modalidad de funcionamiento que se había memorizado antes de apagar el motor.

APAGADO DEL MOTOR Y DESACTIVACIÓN DEL SISTEMA

Girando la llave de contacto en la posición STOP el motor se apaga y el sistema Selespeed se mantiene activo esperando que el vehículo se pare completamente. Después de 2,4 segundos con la llave en la

posición de STOP la parte hidráulica se desactiva y se apaga inmediatamente el visualizador de las velocidades ubicado en el cuadro de a bordo; sólo a este punto el sistema Selespeed está desactivado. La relación que se había seleccionado antes de apagar el motor, se mantiene acoplada. Si el motor se para con el cambio en neutro, el zumbador avisa al conductor para que éste ponga el vehículo en una condición de seguridad, acoplando la primera velocidad (1) o la marcha atrás (R). En este caso, el conductor tiene que girar la llave de contacto en la posición MAR y con el pedal del freno pisado, mandar el acoplamiento de la primera velocidad (1) o de la marcha atrás (R). No se debe abandonar nunca el vehículo con el cambio en neutro (N), ni extraer nunca la llave si el vehículo está en movimiento porque el sistema funcionaría en modo anómalo hasta ocasionar la parada del vehículo, y además el volante se bloquearía automáticamente en ocasión del primer viraje. Es indispensable apagar el motor, luego desactivar el sistema Selespeed manteniendo pisado el pedal del freno y soltarlo sólo cuando se apague el visualizador del cuentarrevoluciones.

ARRANQUE DEL VEHÍCULO

Con el motor encendido y el vehículo parado, al arranque sólo se pueden acoplar la primera velocidad (1), la segunda (2), y/o la marcha atrás (R). Estas marchas se pueden acoplar sólo utilizando la palanca de mando montada en el túnel y manteniendo pisado el pedal del freno (los botones de mando del volante permiten acoplar las marchas sólo cuando el vehículo viaja a una velocidad superior a 10 Km/h).

- Con el vehículo parado y la marcha acoplada, es indispensable mantener pisado el pedal del freno hasta cuando no se decida poner en marcha el vehículo.
- En caso de paradas largas con el motor encendido, se aconseja colocar el cambio en posición neutra.
- Si el conductor ha estacionado el vehículo en una rampa, no debe utilizar la maniobra de salida de la marcha para mantener el vehículo parado, al contrario, tiene que utilizar el pedal del freno y pisar el pedal del acelerador únicamente cuando decida poner en marcha el vehículo
- El conductor tiene que utilizar la segunda velocidad sólo cuando necesite un mayor control de la salida de la marcha en las maniobras con poca adherencia.
- Si, con la marcha atrás acoplada, el conductor tiene que pasar a la primera velocidad o viceversa, debe esperar a que el vehículo esté completamente parado y mantener pisado el pedal del freno.
- Aunque se desaconseja, si bajando de una pendiente el conductor deja avanzar el vehículo con el cambio en neutro, a la hora de mandar el acoplamiento de una marcha, el sistema acopla automáticamente, en función de la velocidad del vehículo, la velocidad ideal para permitir la correcta transmisión del par motor a las ruedas. Si, al contrario, el vehículo procede cuesta abajo con una marcha acoplada y el pedal del acelerador soltado, al rebasar un valor de velocidad preestablecido, el sistema acopla automáticamente el embrague para suministrar al vehículo un freno motor adecuado.

Por motivos de seguridad, en la condición de vehículo parado, el motor arrancado y la velocidad (1)-(2) o marcha atrás (R) acoplada, el sistema activa el avisador acústico y pone automáticamente el cambio en neutro cuando:

- El conductor deja de pisar los pedales del acelerador y del freno por al menos 60 segundos.
- El conductor mantiene el pedal del freno pisado por un tiempo superior a 3 minutos.
- El conductor abre la puerta del lado conductor y después de 2 segundos la palanca del cambio se coloca automáticamente en neutro.
- Neutro (N)-primera (1) o segunda (2)

Si el vehículo está en movimiento el mando no es aceptado y es necesario esperar a que el vehículo se pare completamente para volver a mandar el acoplamiento de la marcha atrás (R).

El visualizador y la activación de un zumbador avisan al conductor de la condición de marcha atrás acoplada. Igualmente, en caso de tropiezos de la marcha atrás, el sistema cierra parcialmente el embrague para facilitar el acoplamiento de la marcha. En esta condición el acoplamiento de la marcha atrás resulta más incómodo.

PARADA DEL VEHÍCULO

Para detener el vehículo es suficiente soltar el pedal del acelerador y, de ser necesario, pisar el pedal del freno. Independientemente de la marcha acoplada y de la modalidad operativa de funcionamiento activada Manual o "Auto", el sistema desactiva automáticamente el embrague y reduce la marcha en el cambio.

Si el conductor desea volver a poner en marcha el vehículo sin que éste esté completamente parado, podrá contar con la relación del cambio más adecuada para volver a acelerar.

Al parar el vehículo, el sistema acopla automáticamente la primera velocidad.

PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR POR EMPUJE

En caso de anomalía en el sistema, es posible arrancar el motor por empuje, efectuando las operaciones siguientes:

- Activar el sistema (girando la llave de contacto en la posición MAR)
- Comprobar, después de 10 segundos, que la indicación de avería en el visualizador se haya apagado
- Mientras el vehículo aumenta la velocidad con el cambio en neutro (N) mandar, a través de la palanca de mando en el túnel, una marcha superior.

FUNCIONAMIENTO GENERAL Y CAMBIO DE MARCHAS

Durante el cambio de las marchas, el control del motor está vinculado e interactúa con el control del cambio. El cambio de marcha, una vez aceptado, es realizado por el sistema con una secuencia automática de fases que copian el comportamiento del conductor:

- Reducción par motor (mediante reducción avances y cierre mariposa) y al mismo tiempo apertura del embrague.

- Desembrague de la marcha actual, selección y embrague de la nueva marcha.

Paralelamente se acciona el control motor para hacer alcanzar al motor el régimen que tendrá el embrague tras el embragado de la nueva marcha.

- Cierre modulado del embrague y simultáneo retorno gradual al par máximo suministrable por el motor.

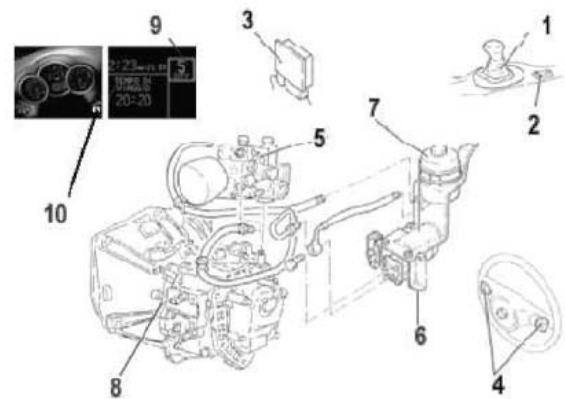
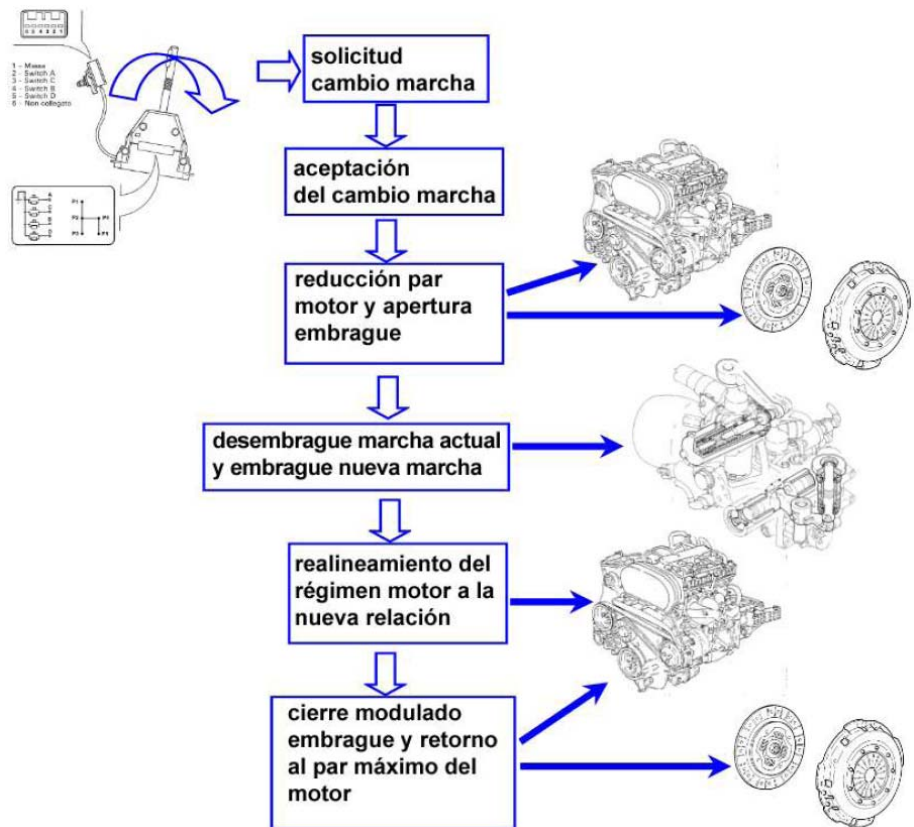
COMPONENTES DEL SISTEMA SELESPEED.

Están integrados en la transmisión mecánica, y no se han aportado modificaciones particulares al embrague ni a la parte interna del cambio, sólo se ha modificado la caja del cambio para permitir la fijación de los actuadores hidráulicos de mando del embrague y de la selección de las velocidades.

Se ha eliminado el pedal del embrague, y por este motivo para las puestas en marcha con un punto de arranque elevado, se utiliza solamente el pedal del acelerador.

La centralita de control electrónico, mediante un grupo electrohidráulico, gestiona el acoplamiento de las velocidades tanto en modalidad semiautomática como automática.

Las ventajas son: evitar al conductor la obligación de accionar el pedal del embrague y la palanca de mando del cambio sin eliminar el placer de conducción que el control directo de la transmisión supone. Este sistema está derivado del cambio del Ferrari F1, siendo más cívico que éste último. ([video CTRL + CLICK](#))



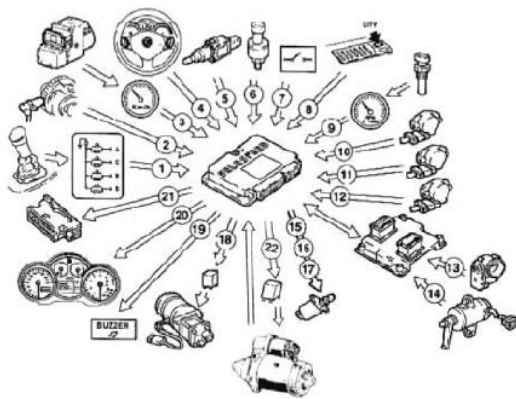
1. Palanca de selección de las velocidades
2. Botón modalidad "City"
3. Centralita Selespeed (montada en el habitáculo debajo del salpicadero, en el lado pasajero)
4. Botones de selección velocidades en el volante
5. Grupo electrohidráulico
6. Electrobomba
7. Depósito del aceite hidráulico
8. Sensor de velocidad en el cambio
9. Visualizador de selección de las velocidades
10. Testigo luminoso de avería

La Unidad de Control está preparada para Recibir las señales que proceden de los varios sensores e interactuar con la centralita de control del motor y controlar el sistema hidráulico, además de gestionar un visualizador informativo y el avisador acústico (zumbador).

Las señales en la entrada son:

- Revoluciones del motor, (del cuentarrevoluciones mediante la centralita control motor).
- Revoluciones en la entrada del cambio y salida velocidad del vehículo a través de la línea CAN).
- Posición de los actuadores del embrague, del selector y del acoplamiento.
- Llave en la posición de Marcha y del +50 motor arranque.
- Estado del interruptor puerta lado conductor y del interruptor del pedal del freno.
- Presión del aceite grupo electrohidráulico.
- Señales línea CAN (posición del pedal del acelerador, par motor, temperatura agua, etc.).
- Mando cambio de marcha mediante botones o palanca.

Para el control del subsistema hidráulico de accionamiento cuenta con:



- | | |
|---|--|
| 1. Interruptor palanca de selección mando velocidades. | 12. Sensor de posición acoplamiento de las velocidades. |
| 2. Sensor de revoluciones motor (en la línea CAN de CCM). | 13. Cuerpo de mariposa motorizado DVE (línea CAN de CCM). |
| 3. Señal de velocidad vehículo en la línea CAN del ABS. | 14. Potenciómetro pedal del acelerador (línea CAN da CCM.) |
| 4. Botones para el cambio de las velocidades. | 15. Electroválvulas proporcionales de presión (cantidad: 2). |
| 5. Interruptor en el pedal del freno. | 16. Electroválvulas on-off (cantidad: 2). |
| 6. Sensor de presión aceite. | 17. Electroválvula proporcional del caudal. |
| 7. Interruptor puerta lado conductor. | 18. Electrobomba. |
| 8. Botón modalidad "City". | 19. Avisador acústico (zumbador). |
| 9. Sensor de revoluciones entrada cambio. | 20. Cuadro de a bordo. |
| 10. Sensor de posición del embrague. | 21. Toma de diagnóstico. |
| 11. Sensor de posición selección de las velocidades. | 22. Telerruptor de habilitación arranque. |

- 1 salida para la regulación de la electroválvula proporcional de caudal para el control del embrague

- 2 salidas para la regulación de las electroválvulas proporcionales de presión para el control del acoplamiento

- 2 salidas para el mando de las electroválvulas on/off para el control de la selección

- 1 salida para el mando de la electrobomba - 1 salida para el mando del relé de arranque

Además suministra el consenso para la puesta en marcha.

INSTALACIÓN HIDRÁULICA

El sistema hidráulico es la parte del Selespeed que se encarga, a nivel práctico y operativo, de seleccionar el acoplamiento de la velocidad deseada.

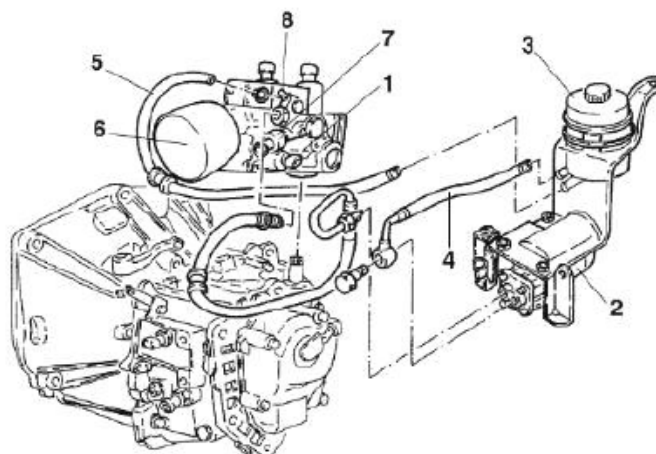
FUNCIONAMIENTO

La Unidad de Control antes de cambiar la velocidad acciona el embrague (1) mediante un actuador mandado por una electroválvula (EV0) gestionada por la centralita misma. Por lo que se refiere a la función de mando del eje del cambio, se necesita efectuar las operaciones siguientes:

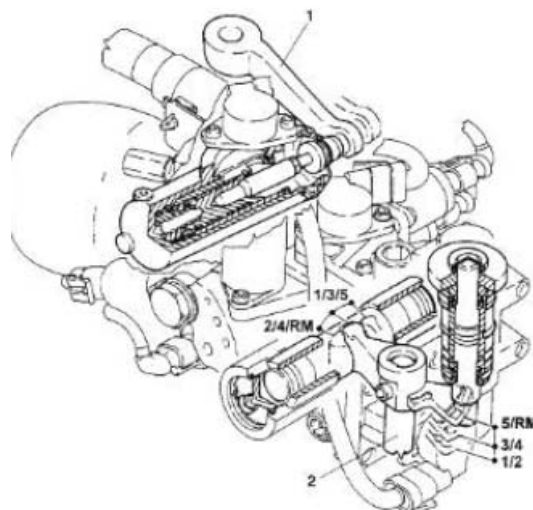
- Accionar la palanca de selección.
- Transmitir la posición de la palanca de selección a la centralita.
- Accionar la palanca de acoplamiento.
- Transmitir la posición de la palanca de acoplamiento a la centralita.

Los componentes interesados en el cambio de marcha son:

- El actuador y el potenciómetro de selección.
- Las electroválvulas de selección EV3 y EV4.
- El actuador y el potenciómetro de acoplamiento.
- El cableado entre el potenciómetro de acoplamiento y el conector de seccionamiento.
- La electroválvula de acoplamiento EV1 (acoplamiento de las marchas impares 1-3-5).
- El cableado entre la válvula de acoplamiento EV1 y el conector de seccionamiento.
- Electroválvula de acoplamiento EV2 (acoplamiento marchas pares 2-4-marcha atrás (R)).



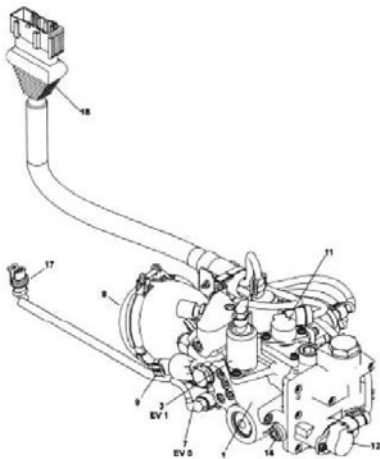
1. Grupo electrohidráulico.
2. Bomba del aceite.
3. Depósito del aceite.
4. Tubería de entrada del aceite.
5. Tubería de descarga del aceite.
6. Acumulador.
7. Sensor de presión del aceite.
8. Tornillo de purga del aceite.



1. Palanca de mando del embrague en el cambio
2. Eje del cambio (mando de acoplamiento y selección)

GRUPOELECTROHIDRÁULICO

Integra los actuadores, los sensores de posición, las electroválvulas actuadoras conectadas a un cableado específico que permite la unión mediante un conector múltiple centralizado. El grupo electrohidráulico está compuesto por :



1. Un cuerpo de fundición fijado al cambio.
2. Actuador de efecto simple para el accionamiento de la palanca del embrague.
3. Electroválvula proporcional de presión EV1 para mandar el acoplamiento de las marchas impares 1- 3-5.
4. Electroválvula proporcional de presión EV2 para mandar el acoplamiento de las marchas pares 2-4-marcha atrás (R).
5. Electroválvula on-off EV4 para mandar la selección de las marchas 5-marcha atrás (R).
6. Electroválvula on-off EV3 para mandar la selección de las marchas 1-2.
7. Una electroválvula proporcional de caudal EV0 para mandar el actuador del embrague.
8. Un acumulador hidráulico de gas.
9. Un sensor de presión del circuito hidráulico.
9. Un sensor para detectar la posición del actuador del embrague.
10. Un sensor para detectar la posición del actuador de acoplamiento.
11. Un sensor para detectar la posición del actuador de selección.
12. Válvula de purga.
13. Acceso al tornillo de unión actuadores eje del cambio.
14. Racor para la tubería del aceite de impulsión.
15. Racor para la tubería del aceite de retorno.
16. Conector para el sensor de velocidad del cambio.
17. Conector brida cableado Selespeed.

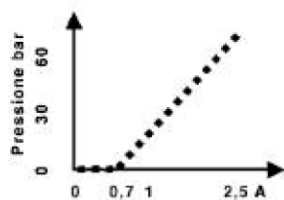
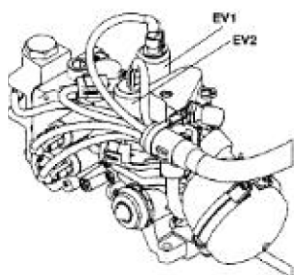
ELECTROVÁLVULAS Y ACTUADORES

ELECTROVÁLVULAS PROPORCIONALES DE PRESIÓN (EV1YEV2)

La función de las electroválvulas es controlar el flujo de aceite hacia las cámaras de los actuadores.

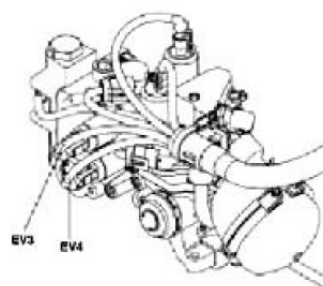
Todas las válvulas son del tipo de tres vías y a no ser que sean comandadas, normalmente desempeñan la función de descarga del aceite. Controlan la presión del aceite en las dos cámaras del actuador de acoplamiento desacoplamiento de las velocidades de doble efecto con tres posiciones mecánicas estables en función de la combinación de mando (marchas pares, neutro, marchas impares).

Tienen un caudal máximo de 7 l/min con diferencial de presión de 10 bar. La corriente de mando está comprendida entre 0 y 2,5 A controlada directamente por la centralita de control.



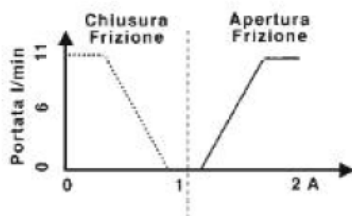
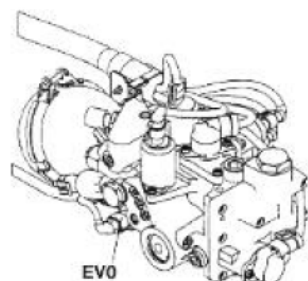
ELECTROVÁLVULAS ON/OFF (EV3 Y EV4)

Alimentan el flujo de aceite hacia las dos cámaras del actuador de selección de las velocidades de doble efecto con sólo dos posiciones mecánicas estables (1-2 y 5-marcha atrás (R)). Tienen un caudal máximo de 1,4 l/min con diferencial de presión de 10 bar. Son comandadas con una tensión de 12V directamente por la centralita Unidad de Control y absorben aproximadamente 2A.



ELECTROVÁLVULA PROPORCIONAL DEL CAUDAL (EV0)

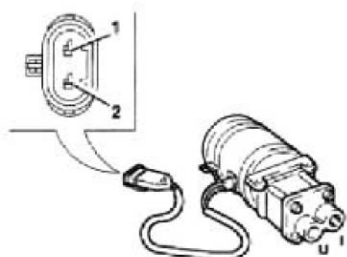
Controla el flujo de aceite en la entrada y en la salida de la cámara del actuador de la carrera del embrague (de efecto simple). Tiene un caudal máximo de 10 l/min. con un diferencial de presión de 10



bar. La corriente de mando está comprendida entre 0 y 2A y es controlada directamente por la Unidad de control.

ELECTROBOMBA

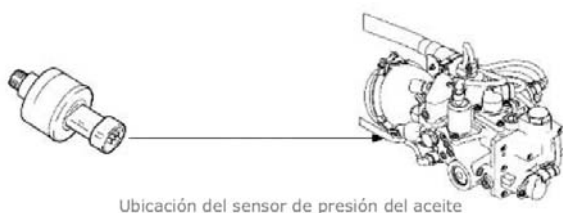
Su función es generar energía hidráulica (aceite). La electrobomba está compuesta por una bomba de engranajes de unos 0,25 cm³/giro, arrastrada mediante una junta por un motor eléctrico de corriente continua a 12V a través de un telerruptor mandado por la Unidad de Control. La electrobomba se activa cuando la presión acumulada es < a 45 bar y se apaga (off) cuando la presión acumulada es > a 55 bar. La electrobomba tiene dos orificios roscados, de aspiración (I) e impulsión (U), acoplados respectivamente al depósito del aceite y al dispositivo con tubos de racores elásticos.



- 1. Masa.
- 2. Alimentación +12V.
- I. Entrada.
- U. Salida.

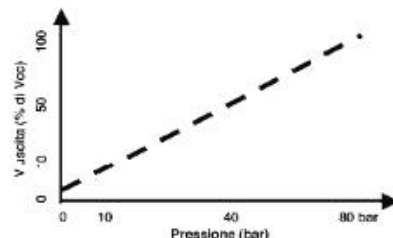
SENSORES DE MEDICIÓN

SENSOR DE PRESIÓN DEL ACEITE EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO



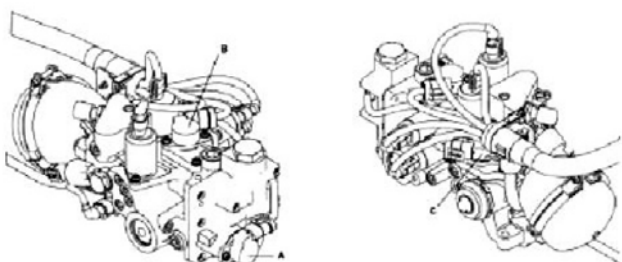
Está montado directamente en el grupo hidráulico, y está compuesto por un elemento sensitivo capacitivo que genera una señal elaborada por un circuito específico ubicado dentro del cuerpo metálico y suministra a la Unidad de Control una tensión proporcional a la presión leída respecto a la tensión de alimentación del sensor.

La tensión de alimentación es de $5 \pm 0,5V$ con absorción de unos 10 mA. El valor máximo de presión leído es de aproximadamente 80 bar.



SENSOR DE POSICIÓN DE LOS ACTUADORES

Los sensores transmiten a la centralita la posición de los actuadores de selección de las velocidades, el acoplamiento de las marchas y el mando del embrague son potenciómetros del tipo monorrampa (con una sola pista de lectura) montados directamente en el grupo electrohidráulico. Los tres sensores, del mismo tipo, montados en el grupo electrohidráulico son:



- A. Sensor de posición de selección de las velocidades.
- B. Sensor de posición de acoplamiento de las marchas.
- C. Sensor de posición del embrague.

SENSOR DE VELOCIDAD DEL DISCO DE EMBRAGUE (EJE PRIMARIO CAMBIO)

Está montado en la entrada del cambio, directamente en la caja del cambio. Es un sensor de tipo electromagnético y envía una señal sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de un piñón montado en el eje primario del cambio.



INTERRUPTOR EN EL PEDAL DEL FRENO

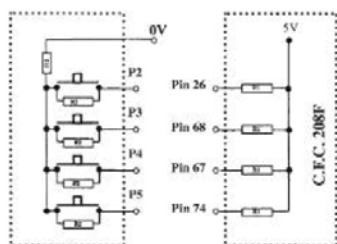
Está montado en el pedal del freno. Con el pedal del freno soltado no envía ninguna señal (NC). Con el pedal del freno pisado se encienden las luces de parada y el interruptor envía a la Unidad de Control la señal (12V) de frenada del vehículo.

INTERRUPTOR DE PUERTA ABIERTA

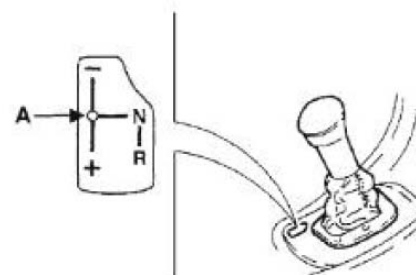
Detecta la información (ON-OFF) sobre el estado de la puerta lado conductor enviando una señal de masa a la centralita Unidad de Control cuando la puerta está abierta.

MANDOS DEL CONDUCTOR

PALANCA DE SELECCIÓN DE LAS VELOCIDADES



La palanca tiene una sola posición estable (A) y 4 inestables (+, -, N, R). Está dotada



Palanca de selección de las velocidades

de cuatro interruptores normalmente abiertos cada uno de los cuales tiene dos resistencias eléctricas (una en paralelo al

contacto, la otra en serie). Para conseguir una marcha superior hay que empujar la palanca hacia el signo (+), para reducir la marcha, empujar la palanca hacia el signo (-). Para acoplar el punto muerto (N) hay que mover la palanca de mando hacia la derecha. Para engranar la marcha atrás (R) de una posición cualquiera hay que mover la palanca de mando hacia la derecha y luego hacia atrás con el vehículo parado y el pedal del freno pisado.

FUNCIONAMIENTO SEMIAUTOMÁTICO "MANUAL"

La modalidad "manual" se activa automáticamente a cada arranque del vehículo. En esta modalidad el cambio de la relación depende del conductor que decide el momento de acoplamiento (SALVO LAS CONDICIONES DE RÉGIMEN EXCESIVAMENTE ALTO/BAJO DEL MOTOR). Para pasar de una marcha a otra se utilizan la palanca de mando montada en el túnel o bien, cuando la velocidad del vehículo supera los 10 Km/h, los botones de mando en el volante La modalidad de funcionamiento "manual" se activa:

- Automáticamente a cada arranque del vehículo, si se ha apagado el motor en modalidad "manual".
- Cuando el conductor, con la modalidad "Auto" seleccionada:
 - Mueve la palanca de mando montada en el túnel o presiona los botones en el volante
 - Vuelve a presionar el botón "Auto" deshabilitando la modalidad que había seleccionado antes.

Durante el cambio de marcha no es necesario soltar el pedal del acelerador.

Durante la deceleración, se efectúa automáticamente el llamado doble embrague (la aceleración del motor para alcanzar el régimen necesario) para la nueva relación acoplada.

El mando de neutro (N) es aceptado hasta cuando el vehículo no supera los 40 Km/h, con el pedal del freno pisado. El cambio de marcha aumenta en prestaciones en función de la posición del pedal del acelerador y de las revoluciones del motor. Una serie de automatismos/seguros facilitan la conducción:

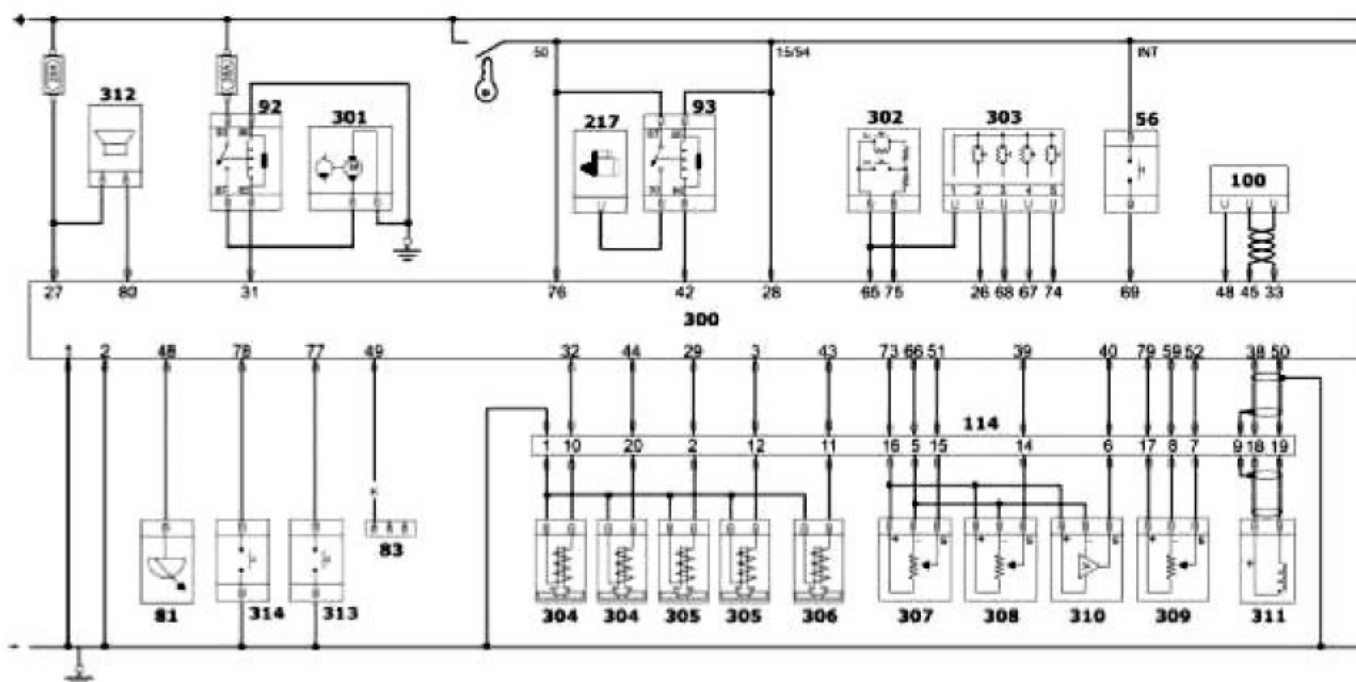
- En la fase de deceleración el embrague se abre y efectúa la reducción automática de la relación en el cambio y se prepara para una posible recuperación de la marcha.
- No se aceptan cambios de marcha que podrían ocasionar la superación del régimen máximo o del régimen mínimo permitido.

- En caso de que el motor alcance el régimen máximo permitido y el conductor siga acelerando, el sistema acopla automáticamente una relación superior.
- Si durante el acoplamiento de la marcha se producen tropiezos en el cambio, el sistema en un principio intenta acoplar de nuevo la marcha necesaria, luego, si no lo consigue acopla automáticamente la velocidad inmediatamente superior para no dejar el vehículo en neutro.

FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO "AUTO"

La modalidad de funcionamiento automática "AUTO" se selecciona presionando el botón en la base de la palanca del cambio. En el visualizador alojado en el tablero de instrumentos además de la marcha acoplada, también se visualiza la inscripción "Auto". El sistema decide cuando cambiar la marcha en función de la velocidad de giro del motor y según se pise el pedal del acelerador. Soltando rápidamente el pedal del acelerador, el sistema no acopla una marcha superior para mantener un nivel adecuado de freno motor.

ESQUEMA ELÉCTRICO



56. Interruptor del pedal del freno.

81. Cuentarrevoluciones.

83. Conector de diagnóstico.

92. Relé.

93. Relé de control.

100. Unidad de control de la inyección.

114. Conector de seccionamiento.

217. Motor de arranque.

300. Centralita Selespeed control del embrague del cambio.

301. Electrobomba presión aceite.

304. Electroválvula de acoplamiento marchas (cantidad: 2)

(cantidad: 2).

306. Electroválvula activación/desactivación del embrague.

307. Potenciómetro de selección de las velocidades.

308. Potenciómetro de acoplamiento de las marchas.

305. Electroválvula de selección de las velocidades

302. Botones de mando en el volante.

303. Palancas y botones de selección de las velocidades.

309. Potenciómetro del embrague.

310. Sensor de presión aceite grupo hidráulico.

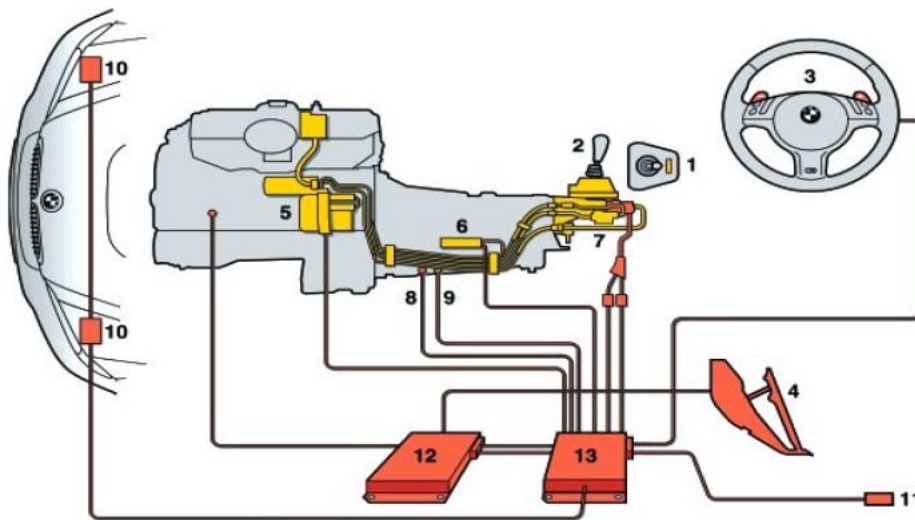
311. Sensor de velocidad eje primario del cambio.

312. Avisador acústico (zumbador).

313. Botón modalidad cambio automático "City".

314. Botón puerta lado conductor.

SMG II (BMW)



1. Drivelogic.
2. Selector convencional.
3. Levas del volante.
4. Acelerador.
5. Sensor presión y temperatura aceite.
6. Sensor embrague.
7. Sensor de posición palanca .
8. Sensor árbol primario
9. Temperatura caja de cambios.
10. Sensores motor.
11. Sensor aceleración longitudinal.
12. U.C.E. motor.
13. U.C.E. S.M.G.

BMW M recurrió a las experiencias acumuladas en las pistas de carreras para desarrollar junto con las empresas Getrag y Sachs una nueva caja de cambios de alto rendimiento y, a la vez, apropiada para la conducción en tráfico normal. La SMG no solamente tiene la palanca de cambios secuencial convencional, sino también dispone de dos teclas o levas en el volante. De esta manera, el conductor elige cómo cambiar de marchas. El conductor puede elegir en todo momento entre dos modalidades: cambio secuencial («S») o cambio automático («A»). El cambio incorpora un sofisticado sistema de accionamiento electrohidráulico controlado mediante electroválvulas, cuya misión es accionar el embrague e insertar las marchas. La centralita del sistema SMG detecta la marcha que está puesta mediante un moderno sensor con múltiples posiciones. Al efectuar un cambio de marcha, la centralita activa en milésimas de segundo las electroválvulas correspondientes que, a su vez, controlan la hidráulica del sistema. El aceite del sistema hidráulico sometido a alta presión (sobre los 85 bares) fluye hacia el cilindro del embrague a través de una electroválvula para embragar. Las electroválvulas de la unidad hidráulica activan como máximo tres cilindros hidráulicos del actuador del cambio.

La gestión del motor y del cambio están conectadas por un bus de datos de última generación (SMG-CAN) que a su vez acoge otros sensores encargados de posibilitar tales funciones como “Ayuda en cuesta” o “Ayuda en aceleración” (se describirán más adelante). Once son los sensores incluidos en la red del CAN-bus.

Estos son indispensables para la ejecución de funciones especiales, como por ejemplo:

- Ayuda de arranque en cuesta. Durante dos segundos se mantiene el motor a 1500 rpm con el embrague bloqueado al activar este sistema. ([video CRTL + CLICK](#))
- Ayuda de aceleración. Únicamente disponible en el nivel 6 del modo secuencial (se explica más adelante). Permite la mayor aceleración desde parado sin que patinen las ruedas..

Otra de las mayores innovaciones del cambio es el sistema Drivelogic. La «Drivelogic» consigue adaptar las características del cambio de marchas del sistema SMG al estilo de conducción, recurriendo a un total

de once programas diferentes, permite al conductor elegir entre varios programas de funcionamiento (seleccionables mediante una tecla al pie de la palanca) en las dos modalidades existentes:

- Automática (A). Incorpora 5 leyes de funcionamiento. En la A1 siempre se arranca en segunda. Existe también la función kick-down para conservar la capacidad de respuesta en caso de necesidad (Figura 18).
- Secuencial (S). Dispone de 6 leyes. Se puede actuar tanto desde la propia palanca como desde el volante por medio de unas levas. La leva derecha sube de marchas y la izquierda reduce.

Todos los elementos de mando de la caja SMG funcionan «by wire», con lo que reaccionan con gran rapidez y seguridad, sin conexiones mecánicas, igual que los sistemas utilizados en la aeronáutica y en la navegación espacial.

Si está activada la modalidad («A»), la caja de cambios secuencial M cambia de marchas en función de un programa elegido por el conductor mediante el «Drivelogic Control». Si se cambia de la modalidad «A» a la «S», cosa que es posible en todo momento y estando el coche en movimiento, el conductor puede subir las marchas pulsando la tecla derecha del volante o dando un ligero toque hacia atrás a la palanca que se encuentra en la consola central. ([video CTRL + CLICK](#))

Para bajar de marchas, hay que proceder a la inversa, es decir, pulsar la tecla del volante que se encuentra en el lado izquierdo o dándole un toque a la palanca moviéndola hacia adelante. Al hacerlo, el sistema efectúa un desembrague doble, tal como lo hacen los pilotos más experimentados, para conseguir que bajen las marchas con mayor rapidez y suavidad.

Pulsando varias veces las teclas o desplazando varias veces seguidas la palanca es posible «pasar por alto» varias marchas. Sin embargo, el sistema electrónico ejecuta estos cambios únicamente si lo permiten las revoluciones del motor. Ello significa que es imposible revolucionar demasiado el motor.

«Shift lights» o diodos en el cuadro de instrumentos indican el momento óptimo para cambiar de marcha. El conductor de un M3 sabe en todo momento qué programa está activado y en qué posición se encuentra la palanca selectora, ya que no tiene más que consultar el visualizador SMG que se encuentra en el panel de instrumentos, debajo del cuentarrevoluciones. Además, los diodos luminosos llamados «shift lights» ([video CTRL + CLICK](#)) entran en acción cuando está activada la modalidad secuencial, indicando cuál es el momento óptimo para cambiar de marcha en función de las revoluciones del motor. Al igual que al volante de un Fórmula 1, el conductor de un M3 dotado del sistema SMG siempre tiene la posibilidad de aprovechar al máximo la potencia de su coche. En la modalidad «S», la caja de cambios secuencial no sube de marchas automáticamente porque, a fin de cuentas, el conductor que elige esta modalidad opta por un estilo de conducción realmente «activo».

Para poner la «marcha atrás» hay que mover la palanca hacia adelante y la izquierda, igual que en la caja manual. Al aparcar con una marcha puesta, el coche no puede empezar a rodar involuntariamente.

La caja SMG ofrece una función especial muy práctica que permite arrancar en cuestas sin que apenas el coche ruede hacia atrás. Se trata de la «ayuda en cuesta», disponible tanto en la modalidad secuencial como en la automática, dando igual si se arranca hacia atrás o adelante. Para activar esta práctica función,

no hay más que pisar el freno y mantener pulsada la tecla izquierda del volante durante unos segundos o a través de la palanca. A continuación, al soltar el freno se disponen de dos segundos para poner en movimiento el M3 sin que el coche ruede involuntariamente por la pendiente. La «ayuda de aceleración» permite acelerar al máximo. ([video CRTL + CLICK](#)) Desconectando el sistema DSC y eligiendo el programa S6, la operación de embragado y desembragado se lleva a cabo en 80 milésimas de segundo, el conductor sólo tiene que presionar sobre la palanca hacia adelante y mantenerla en esa posición.

Entonces, cuando pisa el acelerador a fondo, la caja sube las revoluciones del motor hasta alcanzar el nivel óptimo para arrancar. A continuación, no tiene más que soltar la palanca y el M3 se lanza a la vez que la electrónica se encarga de evitar que patinen los neumáticos. El sistema dispone de numerosas funciones de seguridad, entre ellas aquella que durante cuatro segundos evita que se ponga en movimiento el coche mientras la puerta del conductor está abierta (por ejemplo, al cambiar de conductor). Si durante esos cuatro segundos no se pisa el pedal del freno o del acelerador, la caja cambia a punto muerto hasta que el conductor elija una marcha. Además, si está abierto el capó del motor, tampoco se puede poner en movimiento el coche.

El M3 equipado con SMG puede aparcarse estando la palanca en las posiciones «R» (marcha atrás), «S», «A» u «O» (con chivato óptico y acústico). En estas posiciones también es posible retirar la llave del encendido. En la modalidad S, el funcionamiento es completamente diferente. Pulsando varias veces las teclas o desplazando varias veces seguidas la palanca es posible pasar por alto varias marchas. Sin embargo, el sistema electrónico ejecuta estos cambios únicamente si lo permiten las revoluciones del motor. Ello significa que es imposible revolucionar demasiado el motor.

Algunas funciones que incorpora el cambio son:

- Si se detecta que las ruedas posteriores patinan al reducir de marcha, el sistema actúa sobre el embrague para evitar el sobreviraje. ([video CRTL + CLICK](#))
- Durante cuatro segundos evita que se ponga en movimiento el coche mientras la puerta del conductor está abierta (por ejemplo, al cambiar de conductor). Si durante esos cuatro segundos no se pisa el pedal del freno o del acelerador, la caja cambia a punto muerto hasta que el conductor elija una marcha. Además, si se deja abierto el capó del motor, tampoco se puede poner en movimiento el coche.
- El motor sólo se puede poner en funcionamiento pisando el freno y estando la palanca en la posición 0 (punto muerto). Además, el Shift-Lock se ocupa de evitar que el conductor ponga involuntariamente una marcha sin pisar el freno.
- Para poner la marcha atrás hay que mover la palanca hacia adelante y la izquierda, igual que en la caja manual. Al aparcar con una marcha puesta, el coche no puede empezar a rodar involuntariamente.
- Al reducir, la gestión electrónica acelera ligeramente el motor a modo de doble embrague para lograr suavidad y progresividad.

- Una serie de diodos luminosos se iluminan cuando se activa la modalidad secuencial, indicando cuál es el momento óptimo para cambiar de marcha en función de las revoluciones del motor.

VARIADOR CONTINUO ([video de funcionamiento incluido CTRL +CLICK](#))

Constan básicamente de dos poleas de garganta variable (cada una formada por dos elementos cónicos), una solidaria con el motor y la otra con las ruedas. El movimiento de la polea primaria se traspassa a la secundaria por medio de un elemento de transmisión que es fuertemente presionada por las paredes de los conos. Al ser este elemento inextensible, la apertura de una de las poleas implica la reducción del diámetro de la otra. Debido a que existen infinitas posiciones de las poleas, se dice que los cambios de variador o CVT tienen infinitas marchas. Incluso algunos fabricantes de este tipo de automatismos ofrecen la posibilidad de disponer de un número fijo de velocidades al bloquear la correa (o cadena) en un lugar determinado. Las principales ventajas de este tipo de cambios son el mejor aprovechamiento de las capacidades del motor y la suavidad de funcionamiento debido a la ausencia de cambios de marcha. En los últimos años ha habido varios intentos de realizar cambios de variador continuo para el automóvil, pero siempre limitados a utilitarios (Nissan Micra CVT o Lancia Y, por ejemplo) con motores pequeños. Las razones eran el problema de la correa para transmitir el par y el peculiar funcionamiento (ruido) que no hacía agradable su conducción. Hoy en día, sin embargo, se puede decir que nos encontramos ante la resurrección de este tipo de transmisiones. Si bien actualmente, marcas como Fiat, Nissan y MG comercializan este tipo de cambios, ha sido Audi, con su Multitronic, la que ha vuelto a popularizar el cambio de variador continuo.

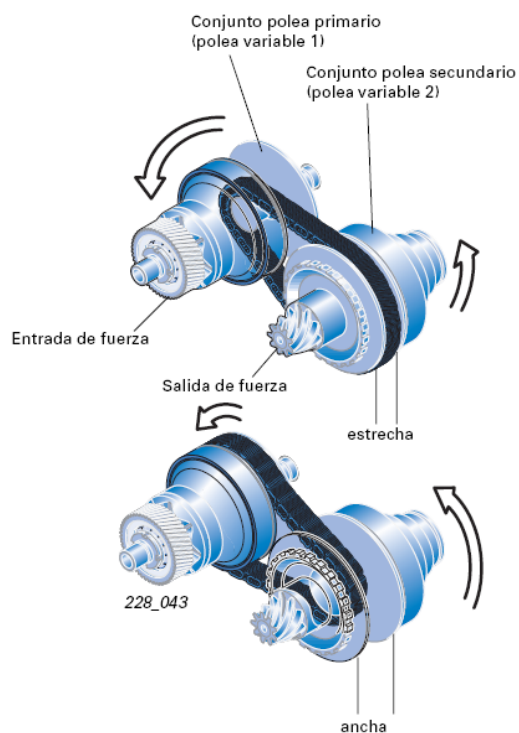
MULTITRONIC ([video de funcionamiento incluido CTRL +CLICK](#))

Se basa en las CVT anteriormente citadas. Se permite un doble manejo del cambio:

Automático. Se ha desarrollado una gestión con cierta capacidad adaptativa. Reconoce la forma de conducir y el perfil de la carretera, escogiendo los desarrollos más adecuados en cada momento. Audi lo llama DRP (Programa Dinámico de Regulación).

Secuencial. Mediante palanca tradicional o con mandos al volante. Para ello se fijan seis posiciones concretas de las poleas del variador.

Audi con su novedosa transmisión ha logrado doblar la frontera de los 15 kgm, situándolo en los 30 kgm. La clave principal de esta superación está en el elemento de transmisión. El Multitronic no monta una correa metálica sino una cadena cuya configuración rompe por completo con las correas utilizadas hasta el momento. El elemento de transmisión es fuertemente presionada por las paredes de los conos. Las poleas aprietan a los eslabones con una presión de hasta 6,6 toneladas. Esta cadena es especialmente importante, ya que transmite la carga total de uno de los ejes de la transmisión al otro y, lo que es más, sin existir fuerzas de tracción. Tan sólo su fricción sobre las superficies cónicas de ambas poleas es capaz de



transportar la carga. Audi se ha decidido por la cadena de láminas en lugar de por la correa articulada, habitual en las transmisiones continuas CVT. El deslizamiento resultante entre cadena y poleas es tan reducido que los pernos, durante la vida de la transmisión, tan sólo se desgastan como máximo de una a dos décimas de milímetro. Esta cadena de láminas ofrece, además, la ventaja de que su recorrido puede ser inferior al de otras correas articuladas. Incluso al recorrer el más pequeño diámetro de enlace, posee la facultad de transmitir las fuerzas máximas y los pares de motor. En esa situación, solamente hay nueve pasadores en contacto con las superficies interiores de las poleas, pero la presión específica es tan grande que también en caso de una gran carga no resbalará

El sistema hidráulico tiene dos funciones:

Presionar suficientemente las poleas contra la cadena para evitar el resbalamiento.

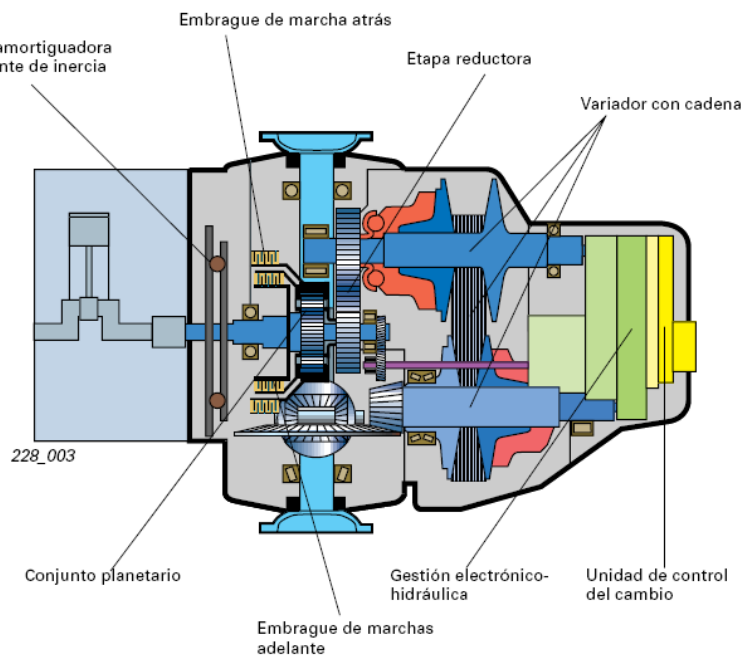
Variar el diámetro de las poleas.

En los cambios de variador existentes hay un sólo sistema hidráulico para estas dos funciones. El Multitronic los tiene separados. Así, la variación del diámetro es más rápida y requiere menos energía. La parte hidráulica del cambio ajusta la presión de las poleas con gran precisión en función del par transmitido, para evitar desgastes y tensiones innecesarias. Para esto último, existe un sensor de par que informa sobre la presión que es necesario ejercer sobre la cadena, ya que no siempre debe ser siempre la misma.

El sensor de par trabaja de modo similar a una válvula de limitación de presión: se torsiona de tal modo a través del momento variable de entrada que cierra o abre los taladros de alimentación de la hidráulica. Así, se genera automáticamente un equilibrio entre el par motor que se transmite y la fuerza de presión. Este hecho supone un requisito esencial para la reacción extraordinariamente rápida del variador sobre todas las modificaciones de tracción así como una prevención ante el aumento inmediato de la presión de empuje, por ejemplo, en caso de golpes en el tren motriz, convirtiéndose de este modo en un mecanismo de seguridad ante irregularidades de todo tipo. Esto permite además un ahorro de energía ya que la bomba hidráulica proporciona únicamente la presión necesaria.

La hidráulica trabaja sobre ambos pares de los discos cónicos del variador según el principio de doble émbolo. Mientras que el émbolo empujador con la mayor superficie operante impide que la cadena de láminas resbale, el émbolo empujador con la menor superficie ejerce fuerza adicional sobre el disco correspondiente cuando ha de ser modificada la desmultiplicación. Los sistemas hidráulicos de ambos pares de discos se pueden relacionar entre sí por medio de la bomba de aceite y las válvulas de

regulación. De modo que solamente se deben desplazar de una parte a otra volúmenes reducidos de aceite y únicamente se necesita aplicar la diferencia de presión correspondiente. Este es el motivo por el cual el variador Audi reacciona instantáneamente ante cualquier orden de gestión, lo que no sucede en las transmisiones CVT “convencionales”.



El Multitronic no posee una única bomba grande sino dos más pequeñas adaptadas al sistema: una bomba de engranaje interior produce la presión para el empuje de los discos cónicos así como la fuerza adicional para variar la transmisión y una segunda bomba eyectora proporciona a los discos del embrague la cantidad de aceite necesaria con solamente la presión suficiente para llegar al lugar de la refrigeración (el cambio cuenta

con un circuito de refrigeración del aceite). Esta trabaja según el llamado principio Venturi y toma la cantidad necesaria de aceite por medio de un eyector conformado especialmente para cumplir dicha función, sin consumir mucha energía para el aumento de presión.

La bomba de engranaje es comparativamente pequeña ya que solamente debe desplazar de un lado para otro el pequeño volumen de aceite que se halla en las cámaras de presión. La presión a la que está sometido dicho aceite va desde 20 bares (funcionamiento normal) hasta 60 bares (máximo). En general, este sistema de bombas requiere una potencia que es aproximadamente la mitad de la necesitada tradicionalmente.

Una de las grandes ventajas del sistema Multitronic es que no tiene convertidor de par. Audi ha reemplazado este elemento por un embrague multidisco en baño de aceite controlado electrónicamente. Esto permite implementar diferentes modos de arrancada en función de las lecturas que lleguen del pedal del acelerador. Si, por ejemplo, el conductor desea iniciar la marcha pensando en el consumo adapta el régimen del motor de una forma absolutamente suave; si, por el contrario, busca una conducción más deportiva, regula rápidamente en el margen del par de motor más alto.

Otra de las ventajas del Multitronic es la amplia relación entre la mayor y la menor desmultiplicación posible en la transmisión (de 1:2,1 hasta 1:12,7) siendo, de este modo, superior a seis, lo cual representa casi un caso ideal para la transmisión que hasta ahora apenas sobrepasaba un valor de 5. Gracias a esta característica, por una parte, se puede acelerar de forma deportiva y dinámica, debido a la mayor desmultiplicación posible y, por otra parte, se puede aprovechar completamente la menor desmultiplicación para potenciar el ahorro de combustible.

En resumen, las ventajas que proporciona el Multitronic son: ([video comparativo CRTL +CLICK](#))

A) El resbalamiento es menor y no hay tantas pérdidas por intercambio térmico ya que no dispone de convertidor de par. Tiene un embrague multidisco gobernado electrónicamente. Controla el resbalamiento de modo que si se está parado con el motor en marcha, el resbalamiento es mayor para que el motor no haga fuerza en vano. También es capaz de reconocer cómo arranca el conductor y, en función de eso, adecuar el resbalamiento. El embrague actúa entre 1000 y 3000 rpm.

B) Suave y rápido en modo automático con un kick-down muy marcado (reduce hasta 3 marchas si es necesario).

C) Amplia relación entre la mayor y la menor desmultiplicación que permite una mejor adaptación a las condiciones de conducción.

D) Se elimina el “efecto goma” de otros CVT. Esto se consigue con un doble pistón en el variador y la separación del flujo de aceite de alta presión y los circuitos de refrigeración, con lo que se consigue que la bomba de salida del circuito hidráulico sea más suave que una convencional.

E) Muy rápido en modo manual. Más rápido que ningún otro automático con posibilidad de manejo manual (sólo el Hypertronic del Primera se le aproxima). Suavidad exquisita tanto en aceleración como en reducción. Más rápida que la Tiptronic, pero con una sensación similar.

CAMBIO DSG ([Video de funcionamiento incluido CRTL +CLICK](#))

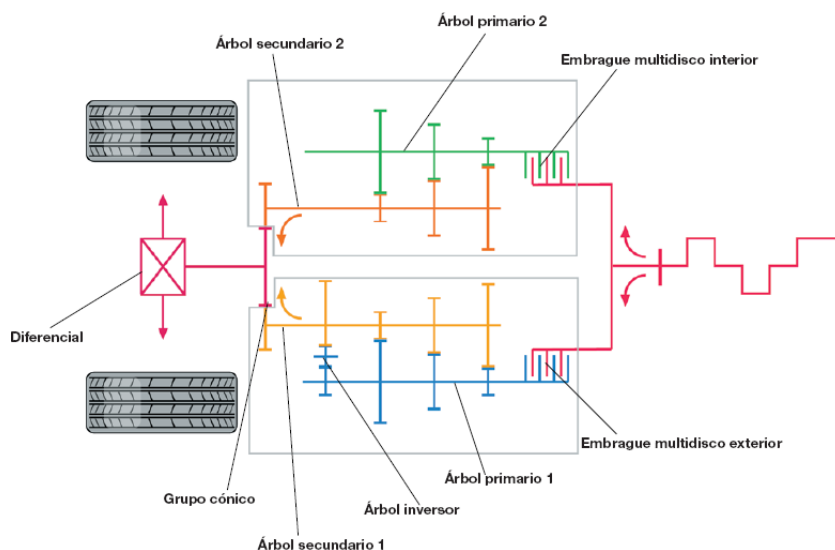
La caja DSG de doble embrague se compone de dos cajas independientes una de otra. Cada caja está concebida como una caja mecánica a la que le corresponde un embrague multidisco. Los dos embragues multidiscos giran en el aceite de transmisión y son accionados en función de la relación a conectar. Dos relaciones están siempre conectadas simultáneamente: la propia que está engranada y la siguiente que está preparada para el cambio. Selección por palanca en el suelo, de 5 posiciones (más 2 posiciones en el volante), por cables o mando electrónico (en el volante). P: Estacionamiento. R: Marcha atrás. N: Punto muerto. D: Selección automática de las 6 relaciones delanteras. S: Selección automática de las 6 relaciones delanteras en modo Sport+/-: El paso de las velocidades puede ser ejecutado tanto con la palanca como con el volante. Selección de las velocidades D o S gestionada electrónicamente por el calculador de la caja de velocidades. En modo de emergencia, es posible rodar en 1a y 3a ó únicamente en 2a en función de la avería.

Un embrague permite conectar las relaciones de 1a, 3a y 5a así como la marcha atrás.

El otro embrague engrana las velocidades 2a, 4a y 6a. Gracias al doble embrague, mientras uno embraga el otro desembraga prácticamente sin ruptura del par motor

El paso de las relaciones se efectúa por medio de horquillas como en una caja mecánica tradicional. Cada horquilla permite meter 2 relaciones diferentes. ([video accionamiento horquillas CRTL + CLICK](#)).

El mando de las horquillas es efectuado hidráulicamente en la caja DSG y no por medio de un varillaje como en una caja mecánica tradicional. Para engranar una velocidad, parte del aceite es dirigido al cilindro por el bloque hidráulico. Como el cilindro opuesto no tiene presión, la horquilla se desplaza y acciona el desplazable. Una vez engranada la relación, la presión que actúa sobre la horquilla desaparece. Cuando la horquilla no es accionada, es retenida en posición neutra por un fiador de bloqueo dispuesto en el cárter de caja. Cada horquilla está dotada de un Imán permanente que permite al captador de desplazamiento transmitir al bloque hidráulico la posición exacta de las diferentes horquillas.



Calculador electrónico situado en el bloque hidráulico. Gestiona las diferentes electroválvulas en función de las informaciones que recibe directamente de algunos captadores así como del calculador de gestión motor a través de una unión multiplexada. Utiliza como principal información la temperatura del aceite en el doble embrague, el régimen de entrada y salida de la caja, el régimen de ejes primarios, la presión hidráulica, la temperatura del aceite de caja, la temperatura en el calculador, la posición de las horquillas y las informaciones del calculador de gestión motor.

