

CAJAS DE CAMBIO DE ÚLTIMA GENERACIÓN

Trabajo de Transportes

***José Manuel Ripa Nieva
Rubén García Reizábal
Aitor Lizaur Ugarte
Ignacio Simón Yarza
Diego González Bartolomé***

ÍNDICE:

1	Introducción	3
2	Función de las cajas de cambios	4
3	Cajas automáticas convencionales	5
4	Cajas automáticas con posibilidad de accionamiento secuencial	11
5	Cajas manuales sin embrague	13
6	Cajas manuales con accionamiento automático	14
6.1	Ferrari F355 F1	14
6.2	Alfa Romeo's Selespeed	15
6.3	BMW M-Secuencial	15
7	Cajas de variación continua CVT (Continuous Variable Transmission)	17
7.1	Nissan M6 Hyper-CVT	18
7.2	Audi Multitronic CVT	18
7.3	Nissan Extroid CVT	20

1 Introducción

En este trabajo vamos tratar de describir el funcionamiento de las cajas de cambio automáticas de nueva generación. Para ello, veremos cuál es la función de las cajas de velocidades en los sistemas de transmisión de los automóviles y por qué son imprescindibles. Luego realizaremos una pequeña descripción de las cajas automáticas convencionales incidiendo en los principios de su funcionamiento además de señalar las ventajas y desventajas que de su uso se derivan. Para terminar con este apartado se describen los diferentes sistemas de cambio automático que se han utilizado durante los últimos años así como sus particularidades y desarrollo a lo largo del tiempo. A continuación en los apartados 4, 5, 6 y 7 se describen las variantes principales que las distintas firmas comerciales han desarrollado. Se trata de las cajas automáticas con posibilidad de accionamiento secuencial, cajas manuales sin embrague, cajas manuales con accionamiento automático y cajas de variación continua CVT (Continuous Variable Transmission). Con todas ellas se adjuntan casos reales de coches que actualmente montan tales cajas de cambio y la descripción de las soluciones técnicas que se aplican en cada caso.

2 Función de las cajas de cambios

Los motores térmicos utilizados en los automóviles, sean de gasolina o diesel conllevan ciertas restricciones. Estas derivan del hecho de que las prestaciones del motor dependen del régimen al que esté girando. Tal es así que incluso por debajo de un número de vueltas relativamente elevado, normalmente alrededor de las 1300 r.p.m. el motor deja de funcionar correctamente hasta el punto de que al oponerle una mínima resistencia se para. Es lo que se denomina el calado del motor. Es pues fácil observar que nos resultará imposible poner en marcha un vehículo de peso considerable.

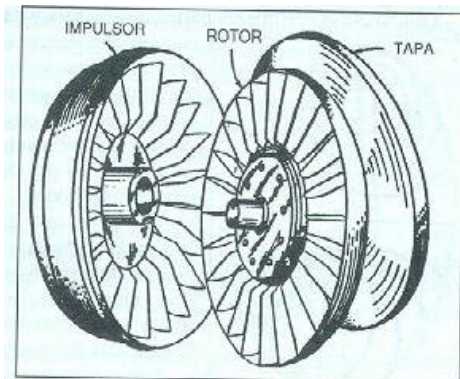
De hecho el rango de velocidades en el que el motor opera de forma correcta y ofreciendo prestaciones elevadas es relativamente pequeño. Es clara la necesidad de variar la relación de transmisión desde el eje motor al eje de salida, de forma que el vehículo disfrute de la capacidad de desarrollar la mayor gama posible de velocidades con los pares que hagan posible hacer frente a los distintos requisitos de carga, pendiente, etc.

Por lo tanto, es necesario un sistema que posibilite al vehículo circular desde velocidad nula a máxima velocidad manteniendo esfuerzo tractor elevado y reduciendo el consumo de combustible.

Existían dos tipos diferentes de solucionar este problema. La primera, común en Europa es la utilización de embrague y caja de cambio manual. El embrague es un sistema mecánico que permite la existencia de una velocidad diferencial entre el motor y el eje de entrada de la transmisión. De esta forma mientras el motor gira a una velocidad a la que es capaz de generar un par suficiente, ese par se transmite a la salida poco a poco. Además facilita los cambios de relación de transmisión desacoplando motor y transmisión. La segunda opción, ampliamente utilizada en Estados Unidos y Japón, es la compuesta por el convertidor de par y cajas de cambio automáticas. Actualmente se han introducido en el mercado cajas híbridas, en las que se utilizan tecnología de las manuales y de las automáticas. De todas ellas vamos a hablar en los capítulos siguientes.

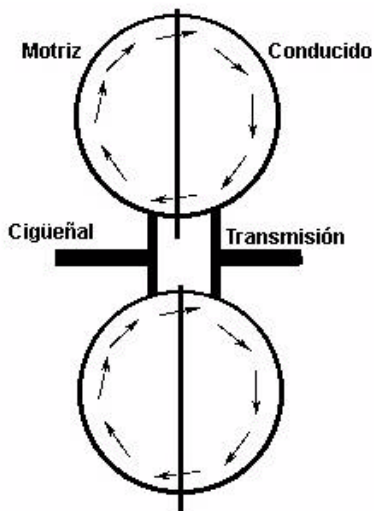
3 Cajas automáticas convencionales

La historia de este tipo de cambios comenzó en Inglaterra en 1930 con la introducción del uso del embrague hidráulico para impartir una mayor suavidad de transmisión del movimiento del motor a las ruedas. Poco después, hacia 1940 se empezaron a comercializar en América diferentes modelos de cambio automático que cuajaron en el mercado de tal forma que a mediados de los años cincuenta el 70% de los vehículos comercializados en este país contaban con este tipo de transmisiones.



Pero, ¿Qué es esto que conocemos como embrague hidráulico? Todos nos hemos dado cuenta cuando empezamos a conducir lo difícil que resulta arrancar y que el coche salga de una manera progresiva, sin tirones, pero también sin que se nos cale o patine en exceso el embrague. Para mitigar este efecto y que el coche salga de una manera progresiva se introdujo en los automóviles (por aquel entonces algunos barcos lo usaban ya) el embrague hidráulico o turbo-embrague.

Como se puede ver en la figura este tipo de embragues consta de dos turbinas contrapuestas una denominada impulsor, que recibe el movimiento



del motor, y otra llamada rotor que está unida a la caja de cambios, ambas desacopladas mecánicamente. Las turbinas



están inmersas en un baño de aceite que es la que hace posible que se transmita el movimiento de la misma manera que lo hace el aire cuando mueve un molinillo situado en una corriente. El impulsor al ser girado por el motor impulsa mediante la fuerza centrífuga al aceite hacia el exterior como se indica

en la figura. Este movimiento de aceite forma un torbellino toroidal que penetra en el rotor o elemento conducido, (la media rosquilla que tiene enfrente) con un ángulo que depende de la inclinación de las paletas, y de este modo el aceite al chocar contra las aletas del conducido con un cierto ángulo de incidencia, le transmite un par.

El principio de funcionamiento de este tipo de embragues cuenta con las siguientes ventajas:

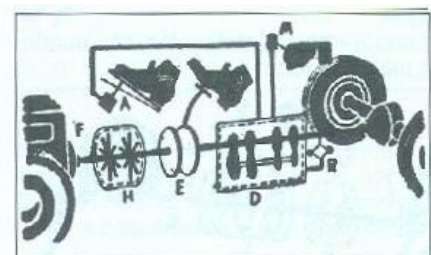
- ?? Los elementos que componen la transmisión (engranajes, ejes etc.) sufren menos debido a que las cargas se aplican de una manera menos brusca algo, más favorable desde el punto de vista de la fatiga de los materiales.
- ?? Se ha demostrado en la práctica que este tipo de embrague transmite íntegramente el par.
- ?? Por debajo de las 500 revoluciones el resbalamiento (diferencia entre las revoluciones del rotor y el impulsor) es total, de tal manera que se permite que el motor gire a ralentí con el coche parado.
- ?? No hay peligro de que el coche se cale.
- ?? Permite ir en marchas largas a poca velocidad y disponiendo de los mayores esfuerzos rotores.
- ?? No impide utilizar el motor como freno.

Pero no todas son ventajas en este tipo de embragues, también cuenta con algunos inconvenientes:

- ?? Se producen unas pérdidas de rendimiento mayores cuanto más alto es el resbalamiento debido al calentamiento que se produce en el aceite. Esta pérdida de rendimiento repercute en un mayor consumo de gasolina que es del orden de un 5%
- ?? Por otro lado esta progresividad con la que el motor entrega su potencia hace que las aceleraciones suelen ser peores en los modelos con este tipo de embragues.
- ?? No es apto para ser acoplado directamente a una caja de cambios de funcionamiento general debido a que se produce un cierto empuje axial que oprime los piñones y hace imposible insertar las relaciones manualmente.

Los tipos de cajas que han venido utilizando este dispositivo hasta ahora son las siguientes:

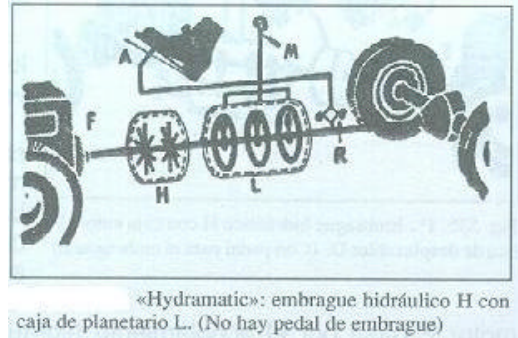
1. Turbo-embrague con caja de cambios por desplazables de mando semiautomático y un embrague de disco en seco. Este tipo de cambios



Embrague hidráulico H con caja automática de desplazables D. (Con pedal para el embrague E)

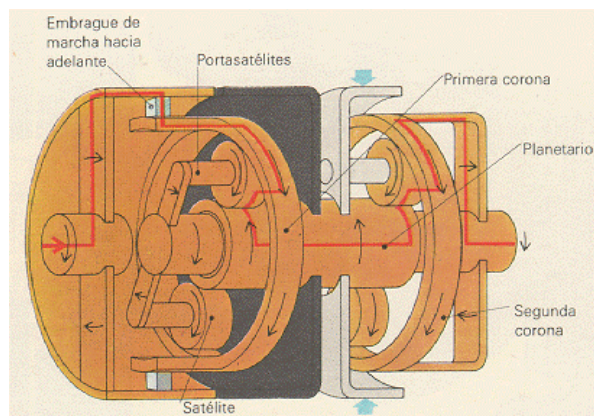
está ya en desuso y por ello no vamos a detallar su funcionamiento.

2. Caja de cambios automática con trenes epicicloidales encadenados. Es la caja de cambios automática más usada hasta ahora y se compone de un embrague hidráulico y de una serie de trenes epicicloidales que cambian su relación de velocidades frenando o soltando algunos de estos trenes. Estos cambios se hacen de una manera totalmente automática accionada por fuerza hidráulica y comandada por una centralita electrónica que interpreta la velocidad del coche y la posición del acelerador para insertar la marcha más adecuada. A continuación se expone como funciona una de estas transmisiones con tres marchas



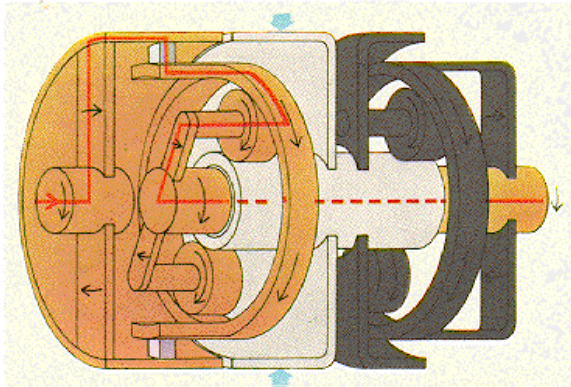
Caja de cambios automática: primera velocidad.

Al funcionar el embrague de marcha adelante, el motor (flecha roja) arrastra la primera corona. Esta hace girar el planetario en sentido contrario. El segundo portasatélites (gris claro) está fijo, con lo que los satélites hacen girar la segunda corona y el eje de salida.



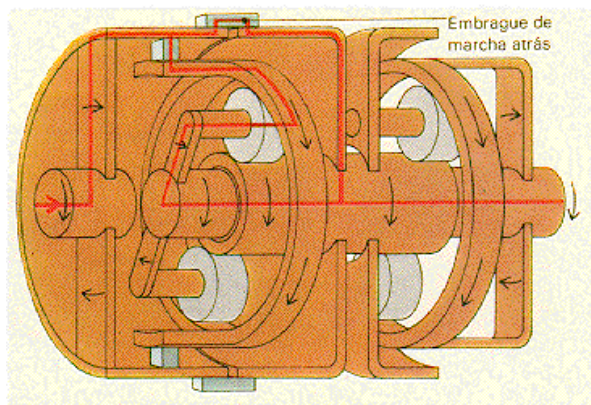
Caja de cambios automática: segunda velocidad.

Al funcionar el embrague de marcha adelante, el motor arrastra la primera corona. El planetario común está frenado y la corona hace girar a los satélites y el portasatélites, cuyo eje es también el de salida, por lo que sólo se efectúa una reducción. El segundo tren (gris oscuro) gira sin carga alrededor del planetario.



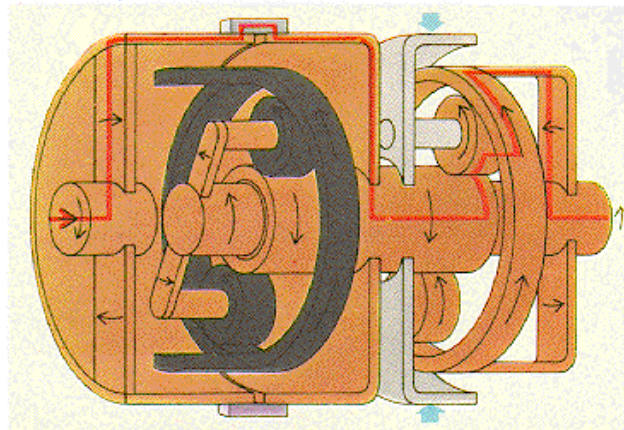
Caja de cambios automática: tercera velocidad.

Al accionar el embrague de marcha adelante, el motor arrastra la primera corona. El embrague de marcha atrás también entra en funcionamiento y une el eje de entrada al planetario, con lo que ambos giran a la misma velocidad.

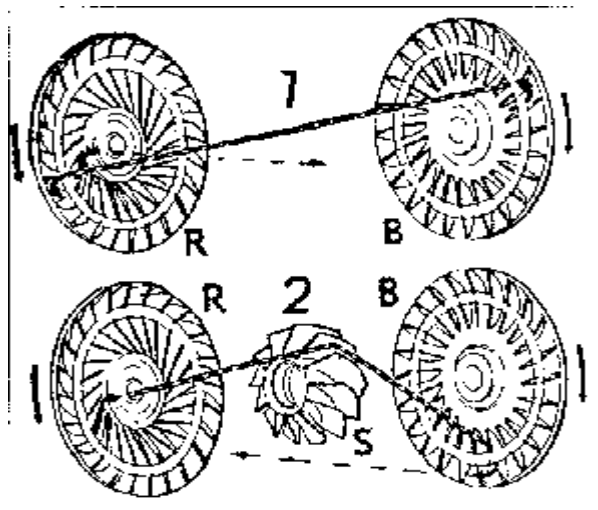


Caja de cambios automática: marcha atrás.

El embrague de marcha adelante no actúa y la primera corona gira sin carga. El de marcha atrás entra en acción, y el motor arrastra el planetario. El segundo portasatélites se frena, y el planetario hace girar los satélites; se provoca el giro de la segunda corona en sentido contrario.



Posteriormente el embrague hidráulico ha ido evolucionando a lo que se conoce como convertidor de par. Realmente, las diferencias entre uno y otro no son muy grandes.



Como se puede ver en la figura el convertidor de par tiene además intercalado un reactor de rueda libre (S) que es una especie de turbina cuya función es direccionar el flujo de aceite sobre las paletas del rotor en función del resbalamiento. Con esto lo que se logra es que el aceite incida con una dirección más favorable sobre las aletas del rotor haciendo este

mecanismo más eficiente sobre todo con altos resbalamientos donde se logra que el par de salida se multiplique con respecto al de entrada. Así pues con el convertidor de par será más fácil iniciar el movimiento con una marcha larga.

Hoy en día este tipo de cambios se fabrican hasta con 5 marchas y todos cuentan además con una posición de aparcamiento (P) que se utiliza para enclavar el eje por el

que llega el movimiento a las ruedas motrices, lo que permite a estos vehículos prescindir del freno de mano.

Además cuentan con diferentes programas de conducción:

- ?? Programa "Winter": Se utiliza cuando el suelo está helado y lo que hace es engranar una marcha más larga en las arrancadas para transmitir menos par al suelo y de esta manera evitar que patine.
- ?? Programa "económico": Cuando el conductor quiere practicar una conducción económica el programa ascenderá de marchas rápidamente para evitar que el motor se revolucione en exceso y de esta manera ahorrar en combustible
- ?? Programa "deportivo": El programa deja que el motor llegue a altas revoluciones antes de cambiar de marchas.

Las principales desventajas de estas cajas de cambios con respecto a las manuales además de las ya mencionadas sobre consumo y prestaciones, son el elevado coste de fabricación y un mayor peso y volumen.

4 Cajas automáticas con posibilidad de accionamiento secuencial



Los cambios automáticos cuajaron de tal manera en Estados Unidos que ahora casi la totalidad del parque automovilístico americano cuentan con este tipo de transmisiones. Pero en el mercado europeo no han tenido tanta aceptación bien sea por el aumento que supone sobre el precio final del coche o porque al conductor europeo le gusta participar un poco mas en la conducción. Para que esto último no supusiera un problema se crearon los cambios automáticos con funcionamiento secuencial que cuentan con dos modos de funcionamiento: uno totalmente automático en el que el coche se encarga de introducir la relación óptima y otro manual en el que el conductor puede insertar la marcha que quiera y cuando quiera mediante un pequeño toque en la palanca de mando. Este modo está controlado electrónicamente para evitar que el conductor realice maniobras incorrectas como insertar una marcha demasiado corta a una velocidad tal que se superaría el régimen máximo etc.

Este tipo de cambios apareció por primera vez en 1990 de la mano de Porsche que lo introdujo en su exitoso modelo 911 con el nombre de Tiptronic y pronto marcas como Audi, BMW, Mitsubishi, Honda, Chrysler etc., comenzaron a fabricar sus propias versiones.

El cambio Tiptronic fue desarrollado conjuntamente entre Porsche, ZF y Bosch, el primero puso la idea, ZF hizo la caja de cambios y Bosch se encargó del control electrónico.

En 1995 apareció una nueva versión de este cambio denominada Tiptronic S, que cuenta además con mandos en el volante con los que el conductor puede cambiar de marcha sin perder la concentración en la carretera.



Pero el hecho de que estos cambios se accionen desde el volante o con un pequeño toque en la palanca de cambios no quiere decir que se gane en rapidez ya que estos cambios siguen teniendo las desventajas de los convencionales y es que el convertidor de par hace que se ralentice la entrega de potencia siendo por tanto más lentos que los manuales.

La electrónica y el modo automático

Hoy en día la electrónica ha llegado también a los cambios de última generación haciendo estos mucho más refinados y además de los programas de conducción típicos de funcionamiento con hielo, económico o deportivo y se habla ya de los autoadaptativos que, como su nombre indican, se adaptan al modo de conducir de cada conductor. Así pues si al conductor le gusta conducir de una manera relajada el programa insertará las marchas pronto sin estirar mucho el motor y si lo que le gusta es conducir de una manera deportiva dejará que el motor se revolucione mucho antes de insertar la marcha siguiente. Alguno de estos programas cuentan con un modo de reconocimiento del conductor mediante la llave de apertura y así según de quien sea llave que abre el coche, se adaptan los espejos, el asiento y el programa de conducción.

5 Cajas manuales sin embrague

Este tipo de cajas de cambio son manuales convencionales. Sin embargo el conductor no tiene pedal de embrague. Poseen un sistema de embrague electrónico. El modo de funcionamiento es el siguiente.

Cuando queremos cambiar de marcha levantamos el acelerador y vamos directamente a la palanca de cambio. Un sensor de presión detecta que tenemos intención de cambiar de velocidad, por lo que el embrague electrónico desembraga y entonces se permite que se mueva la palanca. Una vez que la palanca ha llegado a su posición y se deja de ejercer presión, el sistema embraga y se continúa la marcha.

Los sistemas Saab Sensonic, Renault Zoom, Alpina B10, Mercedes clase-A y Smart MCC son unos ejemplos de este tipo de tecnología.

6 Cajas manuales con accionamiento automático

Estas cajas de cambios tienen una arquitectura interna muy parecida a las cajas de cambio manuales convencionales. La diferencia está en que en las convencionales el conductor se encarga de pisar el embrague y cambiar de marcha, mientras que en este tipo cajas un accionamiento cambia la velocidad cuando el conductor apriete un botón o palanca. Estas cajas de cambio también permiten un funcionamiento automático, en el que el coche cambia de velocidad sin que el conductor se preocupe mas que de acelerar y frenar.

Las principales ventajas son su precio, su pequeño tamaño y la rapidez de cambio, por lo menos tan rápida como la manual. Sin embargo hay que señalar que el cambio es un poco más brusco que el automático. Vamos a analizar un poco más detenidamente las cajas más conocidas con este tipo de tecnología.

6.1 Ferrari F355 F1



El Ferrari acelera de 0-100Km en 4.7 seg. Esta cifra refleja que no hay pérdida de rendimiento, lo que supone una importantísima ventaja con respecto al cambio Tiptronic.

El sistema Ferrari se basa en una caja manual de 6 velocidades, en la que se ha introducido un embrague electrónico y un actuador de alta presión para el cambio. Tiene tres modos de

funcionamiento.

?? Modo totalmente automático, generalmente utilizado para conducción urbana, en la que un ordenador se encarga de cambiar la velocidad teniendo en cuenta las revoluciones del motor, la carga y la posición del acelerador. Este funcionamiento no es tan suave como el de una caja con convertidor de par.

?? Modo deportivo, en el que la caja de cambios queda a disposición del conductor. El cambio de velocidades se realiza tirando de unas paletas que se sitúan en la columna de la dirección justamente detrás del volante.



La derecha sube velocidades y la izquierda las baja. Se puede llegar hasta 8000 r.p.m. El cambio a una velocidad superior se realiza en tan solo 0,15 seg., gracias al actuador de alta presión y al embrague electrónico.

?? Modo semiautomático. Es prácticamente igual que el modo deportivo, en el que el conductor tirando de las paletas cambia de velocidad. Sin embargo, si llegamos a superar las 6000 r.p.m., el ordenador se encarga de cambiar a una velocidad mayor. De esta forma, reducimos la aceleración, pero obtenemos unos cambios más suaves.

En el nuevo Ferrari 360 Modena se ha retocado un poco el software del ordenador, concretamente cuando reducimos una marcha, el motor se acelera antes de engranar la velocidad, lográndose un cambio más suave.

6.2 Alfa Romeo's Selespeed

Esta tecnología se ha heredado de Ferrari. La operación es prácticamente igual, pero se han introducido algunas modificaciones, ya que la naturaleza de los Alfa Romeo no es tan deportiva como la de los Ferrari. Las principales diferencias son que se monta en una caja de 5 velocidades y que el cambio es más suave pero más lento.

Los cambios se realizan mediante unos botones situados en el volante. Cuando se pulsa un botón de cambio, la inyección reduce la potencia del motor, después actúa el embrague, luego el actuador hidráulico se encarga de engranar la siguiente velocidad, se vuelve a embragar y el motor continúa dando potencia. Existen tres modos de funcionamiento.

?? Modo normal, en el que el proceso de cambio se realiza entre 1 y 1,5 seg.

?? Modo sport, en el que el proceso de cambio se realiza en 0.7 seg. Este modo se activa automáticamente si superamos el 60% del recorrido del acelerador o si sobrepasamos las 5000 r.p.m.

?? Modo automático, simula a una caja completamente automática.

6.3 BMW M-Secuencial

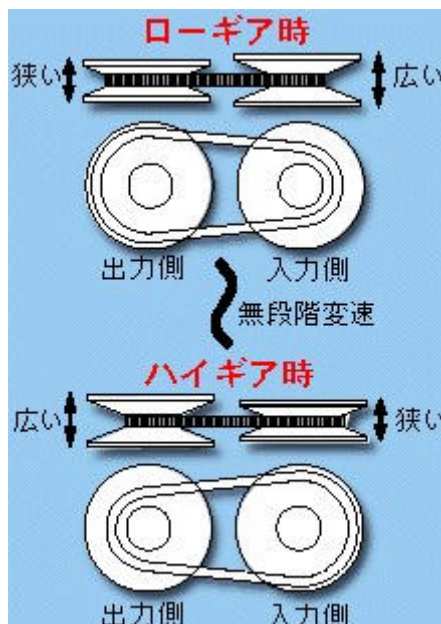
BMW, con la salida de la caja manual semiautomática de Ferrari, introdujo en el M3 la caja E36. El sistema de operación es muy parecido. Sin embargo, las marchas se cambian mediante una palanca de tipo secuencial. Al lado de la palanca tiene un botón que introduce la posibilidad de gestión totalmente automática. Esta caja, tiene peor

rendimiento que la manual que se monta en el mismo coche. Sin embargo, permite al conductor concentrarse más en la conducción, el acelerador y los frenos.

7 Cajas de variación continua CVT (Continuous Variable Transmission)

En teoría, las cajas de cambio de variación continua son el diseño perfecto, ya que varían la relación de velocidades continuamente, por lo que podemos decir que es una transmisión automática con un número infinito de relaciones. Como resultado, en cada caso se puede elegir la relación de transmisión más adecuada para obtener un rendimiento óptimo, tanto en aceleración como en consumo. Nos podemos mover por la curva de potencia máxima, algo imposible con las cajas automáticas o manuales, en las que se producía un escalonamiento entre las diferentes velocidades.

La teoría de funcionamiento de estos mecanismos es muy simple, tal y como se va a explicar en la siguiente figura:



El secreto está en una correa que transmite el movimiento entre dos poleas. La polea conductora es la que proviene de la salida del motor y la conducida es la que va al eje de transmisión.

Las poleas no son fijas, si no que están constituidas por dos platos móviles que se ensanchan o se encogen tal y como se ven en la figura. Cuando abrimos el plato del eje del motor, la polea se mete entre los platos, por lo que la polea secundaria se cierra. El resultado es una relación de transmisión baja. Por el contrario, cuando se cierran los platos

primarios, el radio de la órbita en la correa primaria es mayor, por lo que la relación de transmisión aumenta.

Por lo tanto, controlando la apertura de los platos de las poleas podemos obtener diferentes relaciones de velocidades. Además se trata de una relación continua, ya que podemos realizar desplazamientos de los platos tan pequeños como queramos. Cabe destacar que cuando el radio de una polea varía, también varía la otra, ya que la longitud de la polea es fija. Esto produce que el efecto de cambio de relación de velocidades se multiplique.

Sin embargo, este tipo de cajas de velocidades presente dos importantes inconvenientes en su implementación:

?? La correa está sometida a unas tensiones muy elevadas.

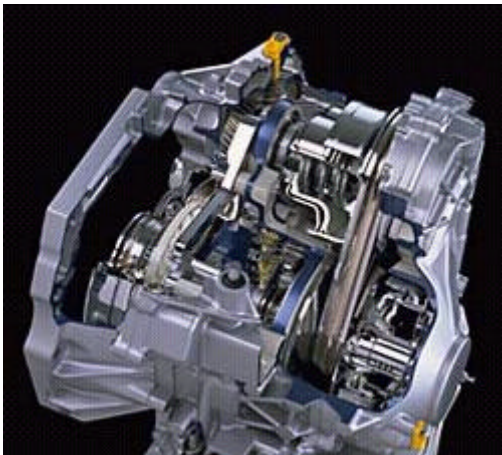
?? Es muy difícil conseguir un agarre perfecto entre poleas y correa.

Estos problemas se han solucionado con la introducción de cadenas en vez de poleas de goma. Las cadenas están constituidas por unas piezas transversales que se encargan de asegurar el agarre a las poleas y por otras piezas longitudinales, que consiguen aguantar la tensión a la que se ve sometida la cadena.

En los años 80 se utilizaba este sistema de cambios en coches de pequeña cilindrada, ya que la cadena solo resistía los esfuerzos producidos por motores de bajo par. En la actualidad se han conseguido cadenas que resisten los pares de motores de gran cilindrada. Nos vamos a centrar ahora en describir tres tipos de cajas de cambio de variación continua que existen en el mercado y analizar sus ventajas e inconvenientes.

7.1 Nissan M6 Hyper-CVT

A Nissan se le conocía como el líder en el sector de las cajas de cambio, especialmente después del lanzamiento de su M6 Hyper-CVT. Esta caja de cambio, además de tener el modo de funcionamiento automático como todas las CVT, está provista de un modo manual que simula un caja de 6 velocidades, que se adapta perfectamente a todo tipo de conducción.



En su lanzamiento fue una revolución, ya que se montó con un motor de 170 Cv y de más de 1200Kg. Sus ventajas eran su precio, su ligereza y su tamaño, en donde superaba a las automáticas.

Sin embargo, no era más rápida que las automáticas, no se podía montar en motores con un valor elevado de par y sobre todo producía un efecto goma: cuando pisabas el acelerador, el motor se revolucionaba hasta la cifra de máxima potencia, con el consiguiente nivel de ruido, hasta que el coche comenzaba a acelerar.

7.2 Audi Multitronic CVT

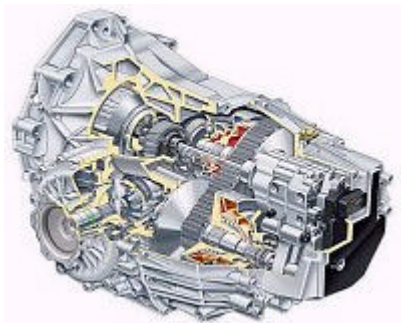
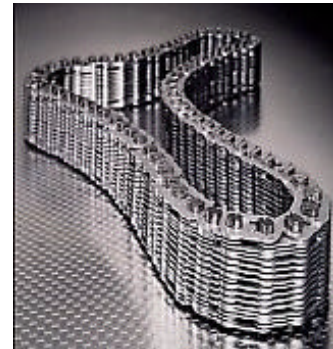
Como hemos señalado en la introducción de las cajas CVT, éstas deben ofrecer un menor consumo de combustible así como una mayor aceleración que las cajas

manuales. Sin embargo, hasta que no salió al mercado la Multitronic de Audi, no se obtenían mejores resultados. Ahora en el A6 se puede ver la mejoría del rendimiento: menos consumo y más aceleración.

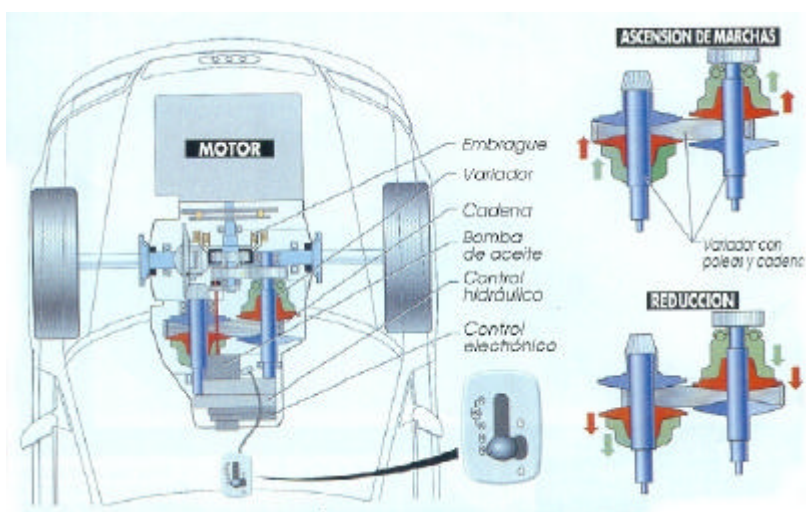
	0-100Km	Consumo
A6 con caja manual 5 velocidades	8.2 seg.	9.9 l / 100km
A6 Tiptronic 5 velocidades	9.4 seg.	10.6 l / 100km
A6 Multitronic CVT	8.1 seg.	9.7 l / 100km

Las diferencias que Audi ha introducido para conseguir este rendimiento son:

?? Utilizar una cadena en vez de una correa para transmitir el par entre las dos correas. La cadena de acero está formada por 1025 láminas y 75 pares de pines capaz de soportar tensiones superiores a 1,6 toneladas. Es casi tan flexible como la correa, pero mucho más resistente.



?? Tiene un sensor de par que se encarga de que el variador trabaje de un modo casi automático. Este sensor actúa de modo similar a una válvula de limitación de par y se torsiona de tal modo que cierra o abre los taladros de alimentación hidráulica, generando automáticamente un equilibrio entre el par motor que se transmite y la fuerza de presión. Este factor es un requisito importante para que los cambios del variador sean extraordinariamente rápidos.



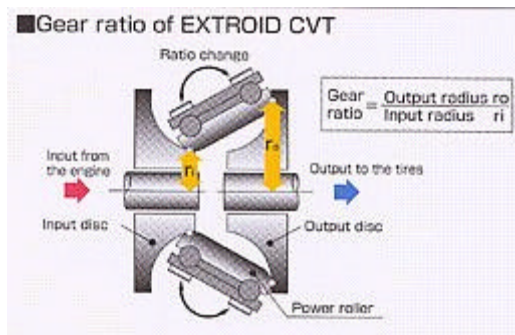
Pero el Multitronic además es un sistema inteligente. Sensoriza el régimen de giro del motor para eliminar el efecto goma de los CVT anteriores. Además, un sensor en el pedal del acelerador detecta si el conductor quiere una buena aceleración o un bajo consumo, utilizando la relación adecuada. Por último tiene

buena aceleración o un bajo consumo, utilizando la relación adecuada. Por último tiene

la posibilidad de cambio secuencial de 6 velocidades, que se consiguen con seis posiciones fijas en el diámetro de las poleas. Cabe destacar que estos cambios se producen sin transiciones y exentos de sacudidas con toda rapidez gracias a una adaptación continua. Para su manejo se pueden utilizar tanto la palanca de cambio como los botones del volante.

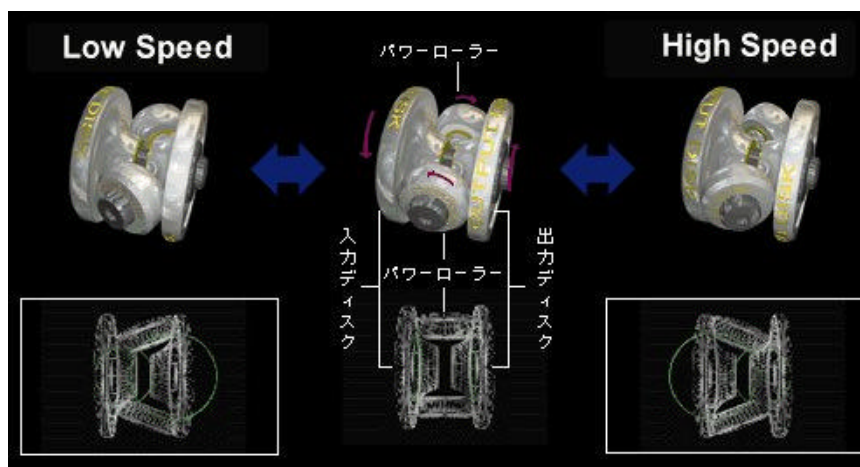
7.3 Nissan Extroid CVT

El sistema Extroid de cajas de cambio de variación continua es todo una revolución dentro de este tipo de cajas. En vez de usar una correa o una cadena para variar la relación de cambio, se utiliza dos pares de rodillos. Se va a explicar su funcionamiento mediante la siguiente figura.



Como se puede observar, los rodillos unen el eje de entrada (que proviene del giro del motor) y el eje de salida (que va al eje de la transmisión). Variando el ángulo de los rodillos se pueden obtener diferentes relaciones de transmisión.

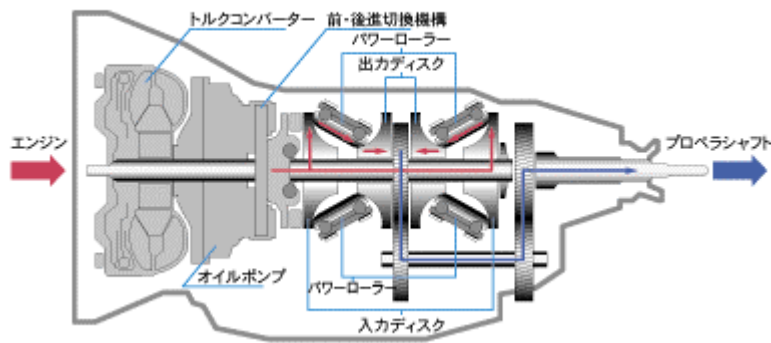
Por ejemplo, para unas relaciones bajas, el rodillo asienta en el disco de entrada cerca de su diámetro interior, el más pequeño, por lo que el rodillo asienta en el disco de salida en la periferia. Esto tiene como consecuencia que el disco de salida gire mucho más lentamente que el disco de entrada.



Si comparamos este sistema con los de correa o cadena, los rodillos pueden soportar un mayor par. Además como los ejes de entrada y salida son coaxiales, la caja de cambios es mucho

más compacta, por lo que se puede montar longitudinalmente.

■エクストロイドCVTの動力の流れ



Un sistema electro-hidráulico se encarga del movimiento de los rodillos. Un aceite especialmente diseñado permite la transmisión de tracción entre los discos a la vez que reduce la fricción y el desgaste.

También existe la posibilidad de accionamiento secuencial con seis velocidades. El mayor problema de esta caja de cambios es su coste y la limitación en la relación de velocidades empleada.