

## · Presentación:

· Con este trabajo pretendo hacer una explicación del funcionamiento de los embragues hidráulicos y de las cajas de cambios del tipo CVT. Además de esto explicaré si existen versiones mejoradas de estos mecanismos, y los vehículos que lo montan, y por qué razón.

Estos sistemas actualmente lo emplean vehículos con motorizaciones potentes, excepto en algunos casos, ya que su coste de fabricación y montaje es bastante más elevado que el precio de una caja de cambios manual de toda la vida.

Normalmente el embrague hidráulico se combina con una caja de cambios del tipo automática o mejor dicho, cajas de variación continua también conocidas con las siglas de CVT.

En definitiva veremos cuál es la función de los embragues hidráulicos y de las cajas de velocidades en los sistemas de transmisión de los automóviles y por qué son imprescindibles.

De todos es sabido que el embrague tiene la misión de desconectar el motor de las ruedas en el momento de arrancar o realizar un cambio de marcha.

El embrague debe cumplir una serie de características, debe poseer suficiente fuerza para que no patine con el motor funcionando a pleno rendimiento y a la vez proporcionar una marcha suave.

El principio de funcionamiento es muy simple. Se trata de dos discos que se pueden acercar o alejar entre sí, de modo que cuando entran en contacto, tras un breve instante inicial de deslizamiento, quedan unidos firmemente girando solidarios, como si formasen una sola pieza.

## · Embrague:

· Todos los automóviles tienen algún tipo de embrague. En los automóviles europeos suele accionarse mediante un pedal, mientras que en los estadounidenses suele ser automático o semiautomático. Los dos sistemas principales son el embrague de fricción y el embrague hidráulico; el primero, que depende de un contacto directo entre el motor y la transmisión, está formado por el volante del motor, un plato conductor que gira junto a éste y un disco conducido situado entre ambos que está unido al eje primario o flecha de mando de la caja de cambios. Cuando el motor está embragado, el plato conductor presiona el disco conducido contra el volante, con lo que el movimiento se transmite a la caja de cambios. Al pisar el pedal del embrague, la maza de embrague deja de presionar el disco de embrague contra el volante motor y se interrumpe la transmisión de movimiento del motor a la caja de cambios. El embrague hidráulico puede usarse de forma independiente o con el embrague de fricción.

· Un embrague correctamente diseñado debe reunir, fundamentalmente, las siguientes condiciones o cualidades generales:

1- Debe estar dotado de la resistencia suficiente para poder transmitir la totalidad del esfuerzo del par motor al resto de la transmisión.

2- Debe ser progresivo y suave para que tanto el desembragado como el embragado se produzca sin tirones ni golpes.

3- Una vez embragado no debe existir entre los dos discos (disco de embrague y maza de presión) ni el más mínimo deslizamiento o patinado, de forma que parezca un conjunto rígido.

4- Las operaciones de embrague y desembrague deben poderse efectuar con rapidez, sin que la velocidad del vehículo sufra retrasos apreciables.

5- Se debe poder accionar, por parte del conductor, con un esfuerzo razonablemente pequeño que no haga fatigosa su utilización.

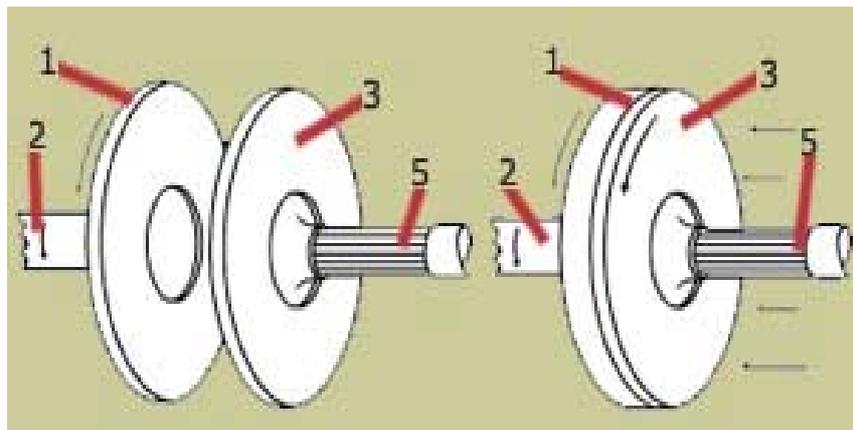
A estas cinco cualidades señaladas como principales se le podrían agregar otras condiciones deseables tales como el hecho de que tuviera una larga duración en las superficies adherentes, la ausencia de ruidos, el sencillo acceso para sus ajustes y reparaciones y conseguir eliminar los trabajos de mantenimiento.

Los embragues modernos están muy cerca de haber logrado todas estas cualidades y si son adecuadamente tratados por parte del conductor, tiene una larga vida y un magnífico rendimiento.

· En la figura superior se puede apreciar el principio de funcionamiento de un embrague de monodisco en seco.

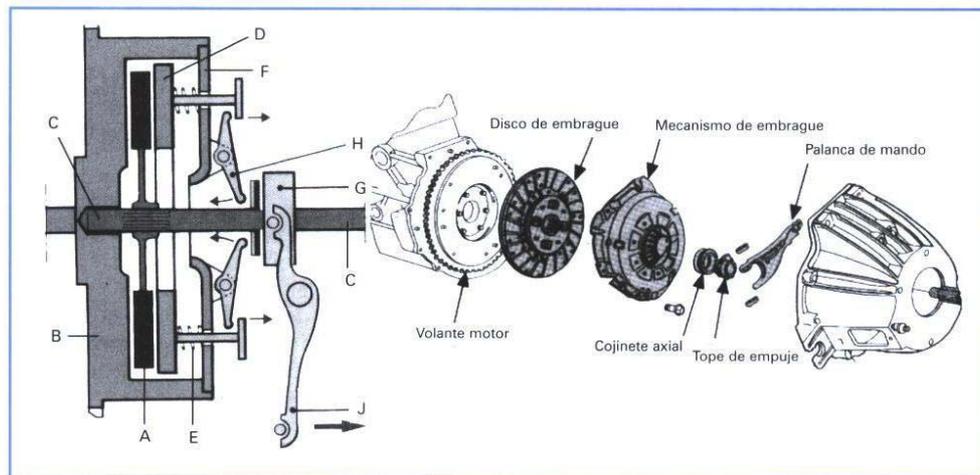
- 1-Volante motor.
- 2-Cigüeñal.
- 3-Disco de embrague.
- 5-Eje primario.

· La imagen de la izquierda corresponde al desembrague (pedal pisado), y la de la derecha es la posición de embragado (pedal en posición de reposo)



· Aquí se pueden distinguir las partes que lo componen, que son:

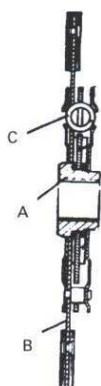
- A-Disco de embrague.
- B-Volante motor.
- C-Eje primario.
- D-Maza de embrague.
- E-Muelles.
- F-Carcasa.
- G-Cojinete axial.
- H-Patillas de accionamiento.
- J- Palanca articulada.



· Figura de un embrague convencional. ↗

· Otras de las misiones del embrague es la de dar progresividad y suavidad en el arranque del vehículo partiendo desde parado, para así evitar esas brusquedades en el arranque que son molestas para los ocupantes y no conveniente para los componentes mecánicos del vehículo. Los elementos del embrague que dan progresividad son los muelles que realizan la unión entre el cubo estriado del embrague y los forros de elevado coeficiente de agarre. De esta manera al acoplar el disco de embrague entre el volante motor y la maza de presión, los muelles realizan una unión elástica y se evitan las brusquedades en el acoplamiento.

· La imagen siguiente corresponde a los muelles que dan progresividad al embrague, y sus componentes son:



A-Cubo estriado.

B-Plato.

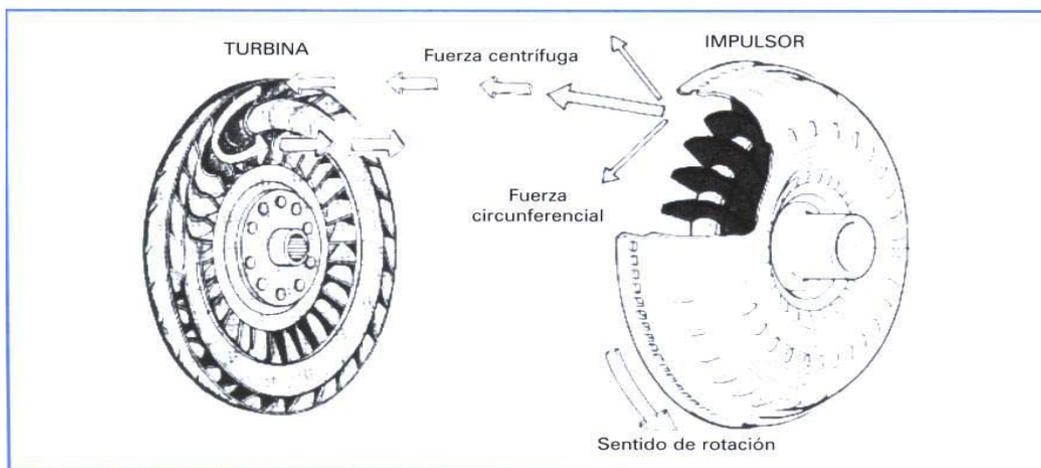
C-Muelle.

### · El embrague hidráulico:

· El embrague hidráulico sustituye al embrague de fricción en los vehículos equipados con caja de cambios automática, concretamente de engranajes

epicicloidales. Consta de dos partes giratorias: la bomba (parte conductora), movida por el motor a través del cigüeñal, y la turbina (parte conducida), que transmite el par a la caja de cambios por el eje primario. Aquí el fluido de transmisión de movimiento entre la bomba y la turbina de este tipo de embrague es el aceite.

Ambos elementos tienen forma de medio toro (semitoroide geométrico) y en su interior van situados unos tabiques planos, llamados álabes y se deben colocar enfrentados entre sí, dentro de una caja totalmente estanca llena de aceite, pero con una cierta separación de modo que nunca lleguen a tocarse. De esta manera, al no haber fricción ni rozamiento entre sus componentes, no se produce un desgaste, con lo que podría decirse que su duración sería casi eterna.



· Dirección del flujo del aceite en los embragues hidráulicos. ↗

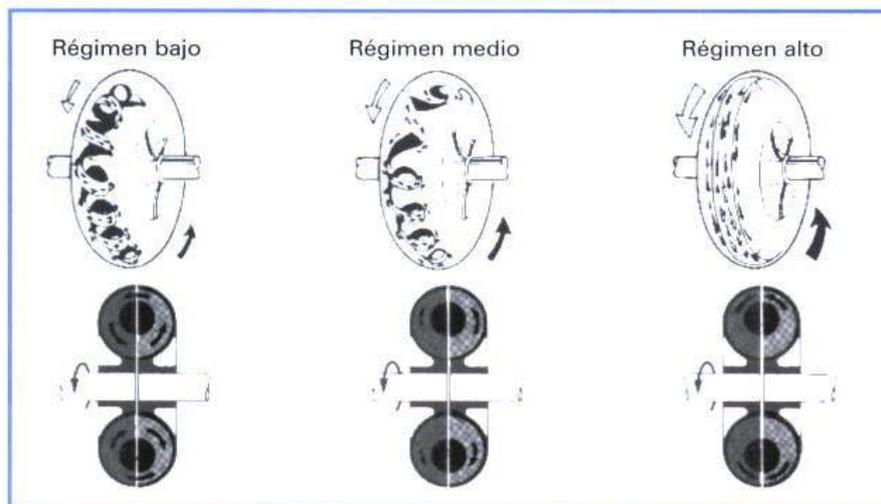
· En la ilustración superior se puede observar la trayectoria que sigue el aceite expulsado por el impulsor. Las partículas de las que está formado el aceite chocan contra los álabes del impulsor haciendo que el aceite adquiera una fuerza cinética y sea impulsado hacia la turbina, haciendo girar a esta última, de manera que este giro se transmite al eje primario de la caja de cambios (automática), y de aquí por medio del árbol de transmisión y diferencial hasta las ruedas logrando que el vehículo se desplace venciendo su par resistente.

## · Las fases en el funcionamiento del embrague hidráulico:

· En el funcionamiento de este tipo de embragues se pueden distinguir tres fases distintas, que dependen principalmente del régimen del motor. Cuando el motor (y por tanto la bomba al que es solidario en su giro) gira a pocas revoluciones el aceite por efecto de la fuerza centrífuga, sale de la bomba y penetra en la turbina golpeando sus álabes. Sin embargo, la turbina permanece fija, ya que la velocidad del aceite es tan pequeña que no tiene la fuerza suficiente para hacerla girar. Esta situación se corresponde con la mostrada más a la izquierda en la figura inferior.

Cuando el conductor pisa el acelerador para iniciar la marcha suben las revoluciones de la bomba a la par que las del motor, de modo que el aceite se mueve ahora con mucha más energía, consiguiendo hacer girar la turbina y por tanto desplazar el coche (figura central). Sin embargo, en esta situación existe un gran deslizamiento, es decir, la bomba girará mucho más deprisa que la turbina.

A partir de las 3000 r.p.m aproximadamente se alcanza un deslizamiento mínimo que está en torno al 3%. Es importante que exista un cierto deslizamiento, aunque pequeño, puesto que de lo contrario no se transmitiría ningún esfuerzo a la turbina (ver figura de la derecha).



· Fases de funcionamiento del embrague hidráulico. 

· Este sistema no produce choques por cambios bruscos de la velocidad del motor porque la unión no es sólida entre los componentes. Se tienen otras ventajas como el aumento de la velocidad, en caso de alta aceleración no es

necesario cambiar las marchas gradualmente de primera a segunda y después a tercera sino directamente o realizar el arranque en segunda. Los embragues hidráulicos junto a sus ventajas, que los hacen prácticamente imprescindibles para el empleo de cajas de cambio automáticas, tienen dos inconvenientes: una cierta resistencia a la marcha del motor a ralentí, cuando no mueve el vehículo; y un deslizamiento con el vehículo en marcha incluso con el acoplamiento máximo, que se traduce en un mayor consumo de combustible y en un retardo en la respuesta del vehículo a la aceleración del motor.

### · Embrague combinado "Fluidfric":

· Para evitar los problemas de los embragues hidráulicos sin perder sus ventajas, se usan unos embragues que combinan las propiedades hidráulicas y las de un embrague de fricción centrífugo; estos se denominan "Fluidfric" y es utilizado en motores de vehículos y maquinaria pesada.

La parte de embrague hidráulico se basa en el descrito anteriormente, mientras que el embrague centrífugo está formado por un plato unido al eje de salida del movimiento del motor y unido a su vez con el embrague hidráulico, lugar en el cual se montan unas zapatas que se mueven radialmente gracias a la fuerza centrífuga generada por el motor durante su funcionamiento a un determinado número de revoluciones.

Cuando el vehículo está detenido, y con el motor girando a velocidad de ralentí, las zapatas se encuentran cerca del eje contra la acción de un muelle sobre las mismas que las mantiene en posición de reposo, es decir, sin estar en contacto con el eje.

Cuando el motor se pone en marcha comienza a actuar el embrague hidráulico, permitiendo arranques suaves y marcha continuada del motor. Además cuando el vehículo adquiere velocidad (eje de salida gira), las zapatas se separan del embrague centrífugo.

Al quedar acoplado el embrague centrífugo deja de actuar el embrague hidráulico evitándose el deslizamiento.

Esta disposición permite además la puesta en marcha del motor haciendo rodar el vehículo por una pendiente cuando se presentan dificultades con el motor de arranque o también, hacer que el motor actúe de freno en las pendientes. Esa es una de las razones por la que muchos vehículos 4x4 emplean este tipo de embrague.

## · Caja de cambios:

· Los motores desarrollan su máxima potencia a un número determinado de revoluciones. Si el cigüeñal estuviera unido directamente a las ruedas, provocaría que sólo pudiera circularse de forma eficiente a una velocidad determinada. Para solventar este problema se utiliza el cambio de marchas, que es un sistema que modifica las relaciones de velocidad y potencia entre el motor y las ruedas motrices. En Europa, el sistema más usado es la caja de cambios convencional, de engranajes desplazables. En Estados Unidos se utilizan mucho más los sistemas "Hydra-Matic" y los convertidores de par o torsión.

Una caja de cambios convencional proporciona cuatro o cinco marchas hacia delante y una marcha atrás o reversa, aunque actualmente ya existen modelos de algunas marcas como Mercedes que emplean cajas de cambios con siete relaciones hacia delante. Está formada esencialmente por dos ejes dotados de piñones fijos y desplazables de diferentes tamaños. El eje primario, conectado al motor a través del embrague, impulsa el eje intermedio, uno de cuyos piñones fijos engrana con el piñón desplazable del secundario correspondiente a la marcha seleccionada (salvo si la palanca está en punto muerto: en ese caso el eje secundario no está conectado con el intermedio). Para la marcha atrás hace falta un piñón adicional para cambiar el sentido de giro del eje secundario. En la marcha más alta, el eje primario queda unido directamente al secundario, girando a la misma velocidad, lo que se conoce como la "directa". En las marchas más bajas y en la marcha atrás, el eje secundario gira más despacio que el primario. Cuando el eje secundario gira más rápido que el primario, se habla de "overdrive o supermarcha", que permite aumentar la velocidad del automóvil sin que el motor exceda del número normal de revoluciones.

## · El convertidor de par, la evolución:

· El convertidor de par es una evolución del propio embrague hidráulico, básicamente son iguales, salvo por una corona llamada estator o reactor que va intercalada entre la bomba y la turbina, su misión es que cuando las revoluciones de la bomba (cigüeñal) son bajas, inferiores a 2000 r.p.m se bloquea en una posición respecto de la carcasa donde desvía el flujo de aceite que sale de la bomba haciendo incidir el aceite sobre la turbina con

mayor velocidad, permitiendo que el par de salida del mismo sea incluso mayor que el de entrada, es de notar que no viola ninguna ley de conservación de la energía, simplemente aumenta el rendimiento evitando que el resbalamiento entre la turbina y bomba se traduzca en un mayor calentamiento del fluido, y transforma mayores velocidades de la bomba en menores en la turbina pero con mas par disponible.

El estator rebasadas el nivel de revoluciones de bajo aporte de par queda libre no oponiéndose a la libre circulación del fluido, ni cambiando su trayectoria, quedando como un simple embrague para revoluciones superiores.

Con esta sencilla mejora, que seria al embrague como la geometría variable al turbo, se consigue un mayor aprovechamiento de la energía aportada por el motor, reduciendo las perdidas energéticas en calentamiento del fluido.

Las mejoras que introduce son del tipo de conseguir una multiplicación de par llegando a duplicar el de salida frente a la entrada, por lo que es como si se dispusiera de una pareja de engranajes a la entrada de la caja aunque de relación variable.

La suavidad de transmisión de movimiento es otra de las características de este tipo de embrague frente a los tradicionales de disco, lo cual implica una unión rígida.

Esta suavidad tiene un precio a pagar, el cual consiste en un resbalamiento continuo aunque muy bajo cuando se circula a altas vueltas, este es el responsable de los malos consumos de los vehículos dotados de cajas automáticas.

Como nota importante habría que considerar, que someter las cajas con convertidor a deslizamientos permanentes, pueden llevar a un calentamiento excesivo del aceite, esto se soluciona elevando el giro del motor en casos de arrastras un peso, (una caravana) en vez de mantener regímenes mas bajos en una marcha mas larga.

En los coches se extendió la costumbre de bloquear mecánicamente el convertidor de par en marchas largas para reducir el consumo, así como los tiempos de aceleración, esto permite circular al vehículo con una unión rígida, este sistema se aplica en la marcha superior o como mucho en la inmediatamente inferior, ya que se supone que en las primeras velocidades

el convertidor aporta una ventaja al multiplicar su par quitando trabajo al motor.

En modelos recientes, caso de la proactiva de Renault, el bloqueo se da en todas las relaciones salvo en la primera, esto le hace ser una caja con muy buenos consumos medios, así como buenas aceleraciones, seguramente en poco tiempo las cajas automáticas, lleven todas bloqueo del convertidor en todas las marchas, para que esto llegue se debe conseguir un accionamiento suave de los cambios de marchas, así como una gestión inteligente del cambio, que supla la unión elástica entre caja y motor con una frenado y embragado progresivo de las distintas relaciones.

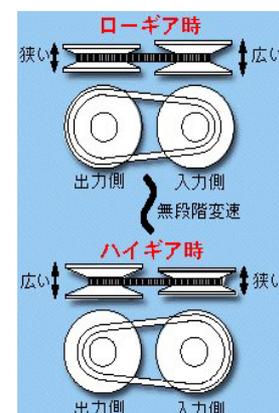
## · CVT (Transmisión Variable Continua):

### · Introducción:

· En teoría, la transmisión variable continua es un diseño ideal ya que varía el cociente de la transmisión continuamente de modo que usted pueda decir que es una transmisión automática con el número infinito de cocientes. Consecuentemente, el cociente más conveniente puede ser elegido en cualquier momento para optimizar tanto el funcionamiento como el rendimiento energético de ambos.

La teoría de CVT es muy simple. Usted puede ser que la entienda simplemente del cuadro por otra parte.

La base de CVT consiste en una correa de impulsión que funciona entre dos poleas, una conecta con el motor hecho salir y una al eje impulsor. Cada polea abarca 2 pedazos del disco, con la superficie de la cuesta. Cuando los discos se colocan lejos de uno a otro, la correa funciona en una órbita con el diámetro relativamente pequeño, es igual a un engranaje pequeño de la caja de engranajes convencional. Cuando los discos se empujan hacia adentro, la correa se empuja afuera y funciona en una órbita del diámetro grande, de igual manera a un engranaje grande. Consecuentemente, el cociente de la transmisión puede ser variado empujando o facilitando los discos.

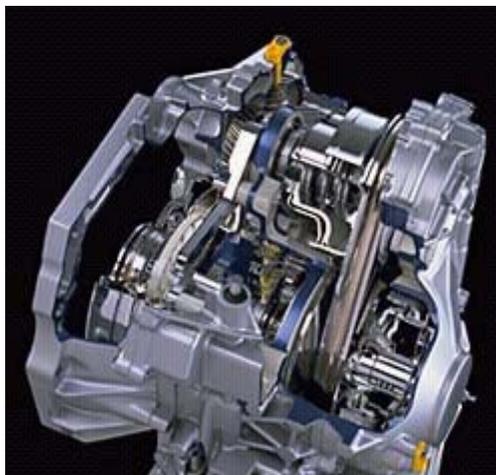


· Cuando se varía una polea, la otra polea debe adaptarse inversamente puesto que la longitud de la correa es fija. Esto multiplica también el cambio del cociente de la transmisión.

### · Inconvenientes:

· La teoría es ideal, pero la puesta en práctica es difícil. Pues la correa es el miembro altamente tensionado, debe ser muy fuerte y quedar bien apretada para transmitir el movimiento entre las poleas. La mayoría de las cajas de cambio CVT, incluyendo la marca Honda, y concretamente el modelo Cívic, utilizan una correa metálica desarrollada por "Van Doorne Transmissie BV" de Netherlands. Esta correa consiste en centenares de placas de metal y de cintas transversales de metal, ese metal con el que está fabricada la cadena metálica suele ser el acero. Los transversales se utilizan para agarrar la polea, al mismo tiempo que sostiene las placas transversales y se ocupa de la tensión.

· Anteriormente, en los años 80, las cajas de cambio CVT no eran muy utilizadas en los vehículos, ya que al no fabricar correas de gran resistencia y duración, solo se montaban en vehículos de pequeña cilindrada. Esperanzadamente en los años próximos, las cajas de cambio del tipo CVT invadieron la clase de 3.000 centímetros cúbicos.



### · La CVT en los vehículos:

· Algunos modelos del mercado montan cajas de cambio CVT como Nissan con su M6 Hyper-CVT, Subaru y Audi.

La marca nipona Nissan montó la caja de cambios CVT en el primera japonés, esa caja de cambios era semejante a una Tiptronic, podías escoger un modo

manual como si de una caja de cambios convencional se tratase y el modo completamente auto.

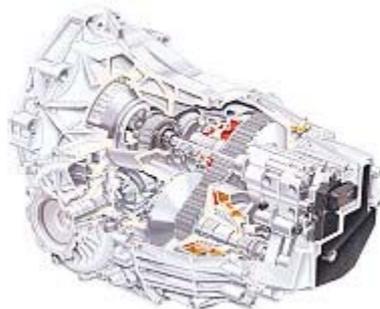
· En sus tiempos era la CVT más avanzada, que se unía a un motor de 2 litros VVT con doble árbol de levas en cabeza (DOHC) que desarrollaba una potencia de 190 caballos. También entrega la potencia con una suavidad y respuesta decentes, gracias al uso del convertidor del esfuerzo de torsión (como la transmisión automática).

Ventajas:	Mucho más barato, más ligero y más pequeño que una caja automática.
Desventajas:	Realmente, en motores de gran par se produce el <i>efecto goma</i> al pisar el acelerador.
¿Quiénes lo utilizan?	Nissan Teana, Primera (M6 Hyper-CVT), Subaru Pleo (I-cvt), Rover MGF (Steptronic), algunos modelos de Honda... y muchos más.

*Efecto de la goma:* cuando el pedal del acelerador se pisa, una caja de cambios CVT convencional trae inmediatamente las r.p.m. del motor hasta un alto nivel. El motor se eleva de vueltas con el nivel correspondiente del ruido pero el coche coge lentamente velocidad cuando ha de vencer el par resistente. Esto ofrece la sensación de un embrague deslizante.

### · Audi Multitronic CVT:

· En teoría la transmisión variable continua proporciona una mayor aceleración y ofrece un menor consumo de combustible. Esta teoría se cumple en el Audi A6.

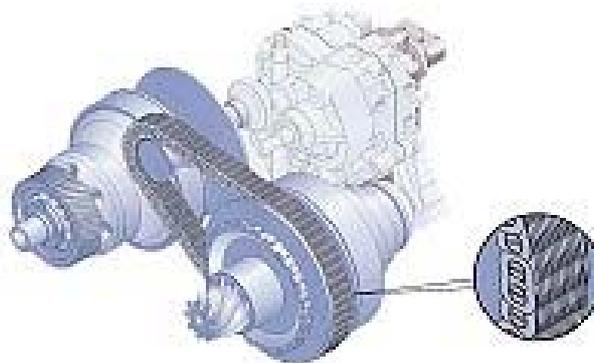


Modelo	0-100 Kph	Consumo de combustible
A6 con el manual 5-speed	8,2 s.	9,9 litros/a los 100km
A6 con 5-speed Tiptronic	9,4 s.	10,6 litros/a los 100km
A6 con Multitronic CVT	8,1 s.	9,7 litros/a los 100km

· La caja de cambios Multitronic se diferencia de la CVT en dos cosas:

- 1) Utiliza la cadena en vez de la correa como los medios para transmitir el esfuerzo de torsión y para variar el cociente de engranaje.
- 2) Tiene un sensor de esfuerzo de torsión.

· Las cajas CVT en sus inicios utilizaban una correa para la transmisión del movimiento, por ejemplo el Nissan Primera japonés empleaba este sistema que resultaba algo frágil y limitada en la transmisión de pares elevados. Pero Audi inventó la cadena que es casi tan flexible como la correa y mucho más fuerte. Es de acero y consiste en 1025 placas de acoplamiento y 75 pares de pernos.



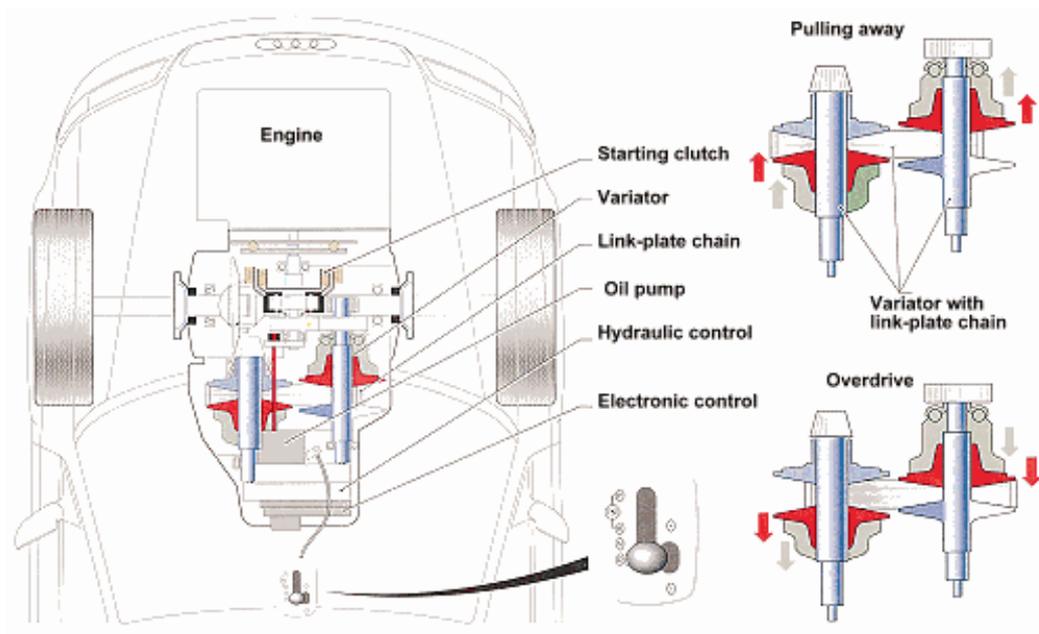
· Otra mejora es el uso del sensor de esfuerzo de torsión que asegura la correcta tensión de la cadena, ni destensada ni excesivamente tensada. De manera que si estuviesen muy tensadas como las CVT convencionales se obtiene un mayor consumo de combustible. Con el sensor se mejoran las condiciones de tensado ideales para cada momento de funcionamiento.

El programa es también más listo. En primer lugar, supervisa la velocidad del motor para eliminar el efecto goma que ocurría en CVT más primitivas. En segundo lugar, de la acción del pedal, reconoce si el conductor preferiría conducir de una manera más centrada en el funcionamiento o mejorar la economía en el consumo y elegir el modo correcto. Otra ventaja es que proporciona 6 cocientes manuales secuenciales. Permite hacer uso del freno motor.

**Ventaja:** Más barato y mejor que el automático, que consume menos combustible que una caja manual.

**Desventaja:** La capacidad del esfuerzo de torsión todavía se limita. No para los coches del alto rendimiento.

¿Quiénes lo utilizan? Audi Multitronic



· Como trabaja el Multitronic CVT de Audi ↗

· Nissan Extroid CVT:

· Si Audi Multitronic es una evolución de la CVT convencional, no es de extrañar que la Nissan Extroid se la revolución. Envez de emplear una correa o cadena como medio de transmisión, utiliza dos pares de rodillos. Tal y como se puede observar en el cuadro, los rodillos se conectan al disco de entrada que se une al cigüeñal y el disco de salida que se conecta al eje motor. Con esta disposición y variando el ángulo de rodillos se pueden obtener diversos cocientes de la transmisión actuando el disco de entrada en su periferia o en su diámetro interior.

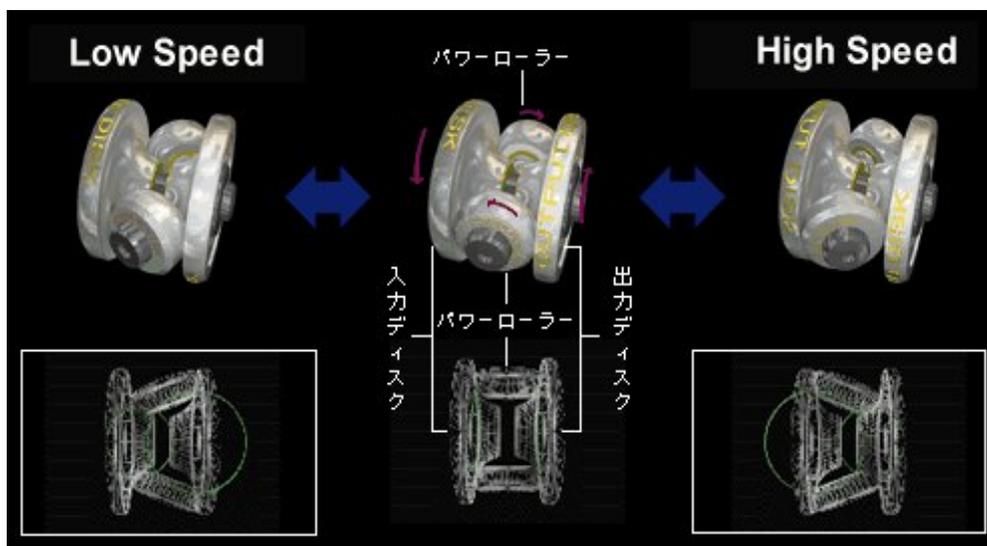
· Comparados con la correa o con la cadena, los rodillos pueden soportar un esfuerzo de torsión mucho más elevado. Tanto es así que en Japón, el modelo Cedric con motor VQ6 y turbocompresor monta la caja de cambios Extroid CVT.

Los rodillos son accionados electrohidráulicamente y no están en contacto directo con el disco de entrada-salida. El elemento de unión es un aceite viscoso especialmente desarrollado que proporciona una tracción entre ellos que reduce la fricción y aumenta la vida útil de los componentes mecánicos. Esta caja de cambios proporciona 6 cocientes de transmisión de la velocidad.

Ventaja: Alto esfuerzo de torsión; liso y refinado.

Desventaja: Costoso; no más rápido que un automático.

¿Quiénes lo utilizan? Nissan Cedric, Horizonte 350gt-8



### • Conclusiones:

· Mis conclusiones sobre este trabajo es que he comprendido el porque se usan los embragues hidráulicos en combinación con las cajas de cambio automáticas. A la vez que en este trabajo he hecho un repaso de los componentes empezando desde un principio bastante básico. De esta manera cualquier persona aficionada o no iniciada en este mundo de la electromecánica pueda entender sin dificultades el funcionamiento de un embrague convencional y uno hidráulico y de una caja de cambios convencional y automática, apoyándome sobre informaciones técnicas y esquemas sencillos para facilitar la comprensión.