UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DOBLE EMBRAGUE

Trabajo de Titulación para optar al

Título de Técnico Universitario en

MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Alumnos:

Adolfo Tomás Alarcón Ibarra

Camilo Antonio Chávez Soto

Profesor Guía:

Sr. Walter Ottwin Adrian Lemus

2019

AGRADECIMIENTOS

Nuestro trabajo de título es dedicado a las personas que nos ayudaron en su realización, especialmente a nuestras familias que nos apoyaron durante todo este periodo de nuestra carrera, a nuestro profesor guía Sr. Walter Ottwin Adrian Lemus por su buena voluntad y disponibilidad. Además, queremos agradecer a la empresa Siglo XXI, concesionaria de Ford, quienes nos facilitaron las piezas para la realización de nuestra maqueta, junto con información o ayuda profesional que necesitamos para nuestro trabajo.

RESUMEN

Keywords: **TRANSMISIÓN – DOBLE EMBRAGUE**.

Este proyecto de trabajo de título trata sobre el estudio y análisis del sistema de transmisión de doble embrague presente en algunos vehículos actuales, con la visión puesta en el futuro automotriz debido al crecimiento exponencial de su uso, excluyendo a vehículos eléctricos. Se especificará acerca de dicho sistema presente en vehículos marca Ford, llevada a cabo por Adolfo Tomás Alarcón Ibarra y Camilo Antonio Chávez Soto, alumnos del Grado en Técnico Universitario en Mecánica Automotriz de la Universidad Técnica Federico Santa María.

El proyecto consiste en exponer, ilustrar, y comparar objetivamente el sistema de doble embrague con los sistemas anteriores destinados a cumplir la misma función. Esto se realizará mediante un estudio del elemento, abarcando despiece, funcionamiento, fallas y usos. Con el fin de demostrar por qué este elemento es usado por marcas de carácter mundial, tanto en la industria de transporte de pasajeros como en vehículos deportivos.

El mecanismo de doble embrague utilizado para la realización de la maqueta corresponde a la transmisión DPS6, la cual fue realizada por una alianza entre Ford y Getrag, la reconocida marca fabricante de transmisiones. Este modelo fue utilizado desde el 2011 hasta el 2014 en los vehículos Ford Focus, Fiesta y EcoSport.

El trabajo se subdividió en cuatro capítulos destinados a abarcar desde el concepto básico e historia del embrague en su camino a mejorar el sistema con la innovación e implementación de nuevos materiales y sistemas para hacer más eficiente el trabajo, definiendo y reconociendo los elementos y funcionamiento de diferentes tipos de embragues, hasta el actual doble embrague. Para finalmente exponer sobre una transmisión de doble embrague, haciendo énfasis en el sistema de embrague. Del cual se realizará una maqueta con el fin de mostrar y explicar de manera física sus componentes y funcionamiento.

ÍNDICE

Introducción 1

Objetivo General 3

Objetivos Específicos 3

Capítulo 1 : Embragues 1

1.1. ¿Qué es un embrague? 7

1.2. Tipos de embrague 8

1.2.1. Embrague Monodisco 8

1.2.2. Embrague de competición o deportivo 17

1.2.3. Embrague multidisco 19

1.2.4. Embrague centrífugo 22

1.2.5. Embrague hidrodinámico o conversor de torque 24

Capítulo 2 : Sistema de transmisión de doble embrague 7

2.1. transmisión de doble embrague 31

2.1.1. Transmisión DPS6 32

2.1.2. Doble Embrague de la Transmisión DPS6 40

2.1.3. Funcionamiento transmisión de doble embrague DPS6: 42

2.1.4. Disposición de la transmisión DPS6 43

Capítulo 3 : Doble embrague DPS6 31

3.1. Sistema de doble embrague 47

3.1.1. Componentes del sistema de embrague 47

3.1.2. Actuador de palanca electromecánico 49

3.1.3. Diagrama esquemático de embrague acoplado y desacoplado 51

3.1.4. Diagrama seccional embrague B y auto ajuste 53

3.2. Sistema de control electrónico 55

3.2.1. TCM (Módulo de control de la transmisión) 55

3.2.2. Sensores y motores eléctricos de la transmisión 61

3.2.3. Diagrama de flujo de componentes eléctricos 74

3.3. Datos específicos de la transmisión.....76
3.3.1. Tipo de aceite usado por la transmisión.....76
3.3.2. Sincronizadores de marcha 76
3.3.3. Diferencial 76
3.3.4. Torque máximo que soporta 76
Capítulo 4 : Construcción de la maqueta.....47
4.1. Construcción de maqueta.....82
4.2. Materiales y herramientas para la construcción.....88
4.3. Planos de la maqueta 89
Conclusiones.....91
Bibliografía.....93

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1-1 Componentes de un embrague.....7
Figura 1-2 Componentes de un embrague monodisco. 9
Figura 1-3 Disco de embrague. 11
Figura 1-4 Prensa de embrague. 13
Figura 1-5 Accionamiento embrague con piola, embrague acoplado. 15
Figura 1-6 Accionamiento embrague con piola, embrague desacoplado. 15
Figura 1-7 Accionamiento de embrague hidráulico, embrague acoplado. 15
Figura 1-8 Accionamiento de embrague hidráulico, embrague desacoplado.....16
Figura 1-9 Conjunto de embrague deportivo Exedy de 6 segmentos.....17
Figura 1-10 Conjunto de embrague deportivo Exedy de 3 segmentos.....18
Figura 1-11 Conjunto de embrague deportivo Exedy con doble disco. 20
Figura 1-12 Conjunto de embrague deportivo Exedy con triple disco.....21
Figura 1-13 Embrague centrífugo para motores de hasta 50 cc, vista trasera. 22
Figura 1-14 Embrague de mini moto, vista frontal. 23
Figura 1-15 Partes de un convertidor de torque. 25
Figura 1-16 Corriente de vórtice. 26
Figura 2-1 Doble embrague de la transmisión DPS6. 32
Figura 2-2 Transmisión DPS6 en corte. 33
Figura 2-3 Sistema de cambio de marchas. 35

Figura 2-4 Mecanismo de cambio de marchas. 37
Figura 2-5 Transmisión DPS6 y componentes externos. 38
Figura 2-6 Mecanismo de trinquete. 40
Figura 2-7 Componentes del sistema de doble embrague. 41
Figura 2-8 Ubicación de componentes principales. 43
Figura 3-1 Componentes externos del sistema de doble embrague. 48
Figura 3-2 Actuador de palanca electromecánico. 49
Figura 3-3 Actuador de palanca electromecánico. 50
Figura 3-4 Diagrama accionamiento del embrague A. 52
Figura 3-5 Embrague B y auto ajuste. 54
Figura 3-6 Desensamble TCM. 55
Figura 3-7 Sensor ISS A. 62
Figura 3-8 Sensor ISS B. 63
Figura 3-9 Sensor OSS. 64
Figura 3-10 Sensor TR. 65
Figura 3-11 Motores eléctricos de la transmisión. 66
Figura 3-12 Componentes internos de un motor eléctrico brushless 67
Figura 3-13 Bobina de campo magnético. 68
Figura 3-14 Bobina energizada en un motor eléctrico brushless 68
Figura 3-15 Energizado de bobinas opuestas 69
Figura 3-16 Energizado de dos bobinas 69
Figura 3-17 Motor eléctrico brushless con dos bobinas energizadas. 71
Figura 3-18 Símbolo esquemático de un transistor tipo NPN, BJT 71
.Figura 3-19 Diagrama de motor eléctrico brushless. 72
Figura 3-20 Diagrama de flujo componentes eléctricos y electrónicos. 74
Figura 4-1Vista previa de la maqueta, lado motor. 82
Figura 4-2 Vista previa de la maqueta, ángulo de giro 90º. 83
Figura 4-3 Vista previa de la maqueta, lado caja de transmisión. 83
Figura 4-4 Maqueta de embrague doble, ángulo de giro 45º. 84
Figura 4-5 Maqueta de embrague doble, vista lado caja de transmisión 84
Figura 4-6 Maqueta de embrague doble, vista lateral en corte. 85
Figura 4-7 Maqueta de embrague doble, vista lateral sin corte. 85
Figura 4-8 Maqueta de embrague doble, vista lado volante motor. 86
Figura 4-9 Maqueta final. Vista lado volante motor. 86
Figura 4-10 Maqueta final. Vista lateral en corte. 87
Figura 4-11 Maqueta final. Vista lado caja de transmisión. 87
Figura 4-12 Maqueta final. Vista lateral sin corte. 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Componentes de embrague monodisco.....9
Tabla 1-2 Componentes de disco de embrague.....11
Tabla 1-3 Componentes de la prensa de embrague.....13
Tabla 1-4 Componentes de embrague competitivo.....20
Tabla 1-5 Componentes de embrague centrifugo.....22
Tabla 1-6 Componentes de embrague de mini moto.....23
Tabla 1-7 Componentes de un embrague hidrodinámico.....25
Tabla 2-1 Componentes de sistema de cambio de marchas DPS6.....36
Tabla 2-2 Componentes de mecanismo de cambio de marchas.....37
Tabla 2-3 Componentes externos transmission DPS6.....39
Tabla 2-4 Componentes del mecanismo de trinquete.....40
Tabla 2-5 Componentes del sistema de doble embrague.....41
Tabla 3-1 Componentes externos del sistema de doble embrague.....48
Tabla 3-2 Componentes del actuador de palanca electromecánico.....49
Tabla 3-3 Componentes del actuador de palanca electromecánico.....51
Tabla 3-4 Componentes del embrague A y B.....52
Tabla 3-5 Componentes del embrague B.....54
Tabla 3-6 Componentes de la TCM.....56
Tabla 3-7 Descripción gráfico Torque vs Tiempo (embrague monodisco).....57
Tabla 3-8 Descripción gráfico Torque vs Tiempo (doble embrague).....58
Tabla 3-9 Componentes del Sensor ISS A.....62
Tabla 3-10 Componentes del Sensor ISS B.....63
Tabla 3-11 Componentes del Sensor TR.....65
Tabla 3-12 Componentes de los motores eléctricos de la transmisión.....66
Tabla 3-13 Componentes de motor eléctrico brushless.....72
Tabla 3-14 Componentes eléctricos y electrónicos.....75
Tabla 3-15 Materiales de fabricación Transmisión DPS6.....77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 Torque versus tiempo. Transmisión manual monodisco. 57
Gráfico 3-2 Torque versus tiempo. Transmisión manual doble embrague. 58
Gráfico 3-3 Forma de la curva de corriente del motor eléctrico brushless 70
Gráfico 3-4 Salida de sensor de efecto hall de un motor eléctrico brushless.....73

ÍNDICE DE PLANOS

Planos 4-1 Estructura de la maqueta sin la lámina y placa. 89
Planos 4-2 Planos de vista frontal, lateral e inferior. 90

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

ECU	:	Modulo de control del vehículo (Engine Control Unit)
TCM	:	Modulo de control de la transmisión (Transmission Control Module)
BCM	:	Modulo de control del chasis (Body Control Module)
PCM	:	Modulo de control de la unidad de poder (Power Control Module)
Hs-can	:	Bus de datos entre ECU y TCM
Ms-can	:	Bus de datos entre tablero y ECU
Iss A	:	Sensor de velocidad para flecha de entrada A hacia la transmisión
Iss B	:	Sensor de velocidad para flecha de entrada B hacia la transmisión
Oss	:	Sensor de velocidad de salida del diferencial
Tr	:	Sensor de posición de palanca selectora
RPM	:	Revoluciones por minuto
DC	:	Corriente Continua (Direct Current)
AC	:	Corriente Alterna (Alternating Current)
Twin	:	Doble
Disc	:	Disco
Racing	:	Carreras
Clutch	:	Embrague Brushless: Sin escobillas
BLDC	:	Motor eléctrico sin escobillas de corriente continua
Stator	:	Estator
Coils	:	Bobinas

Permanent: Imán permanente

BJT : Transistor de junta bipolar (Bipolar Junction Transistor)

ESC : Controlador de velocidad electrónico (Electronic Speed Controller)

NPN : Tipo de transistor

DCT : Transmisión de doble embrague (Dual Clutch Transmission)

DPS6 : Transmisión PowerShift doble embrague seco de 6 velocidades (Ford)

VAG : Grupo Volkswagen

SIMBOLOGIA

[L] : Litros

[Nm] : Newton x metro, Torque

[km/h] : Kilómetros por hora

[mm] : Milímetros

[cc] : Centímetros cúbicos

[cm] : Centímetros

[kg] : Kilogramos

[μ] : Coeficiente de fricción

INTRODUCCIÓN

El embrague es un sistema que permite, tanto transmitir como interrumpir la transmisión de una energía mecánica a su acción final de manera voluntaria o automática. En un automóvil, por ejemplo, permite al conductor controlar la transmisión del par motor desde el motor hacia las ruedas. El par máximo que podrá transmitir un embrague dependerá del coeficiente de fricción que variará según el material de fabricación del disco, área de las superficies en contacto que a su vez dependerá del diámetro externo e interno del disco, cantidad de discos de embrague y presión ejercida para su acople. Hay casos en que el mecanismo del embrague de disco se sustituye por un convertidor de torque hidráulico, tal como en las transmisiones automáticas.

El doble embrague es utilizado desde camiones de carga, vehículos de pasajeros como es el Ford Fiesta hasta vehículos enfocados en romper récord de circuitos mundiales como el Porsche GT2 RS. Todo gracias a la versatilidad que ofrece este tipo de transmisión ya que puede conducirse en modo completamente automático, es decir, las marchas se pasan mecanizadamente, controladas por la unidad de control y en el denominado modo secuencial o deportivo (no confundir con transmisiones secuenciales), lo que permite al usuario controlar la marcha en la cual circula. Además de la rapidez con la que pasa de una marcha a otra, mejorando la aceleración y minimizando las pérdidas de torque.

OBJETIVO GENERAL

- Examinar el sistema de transmisión de doble embrague en seco DPS6.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

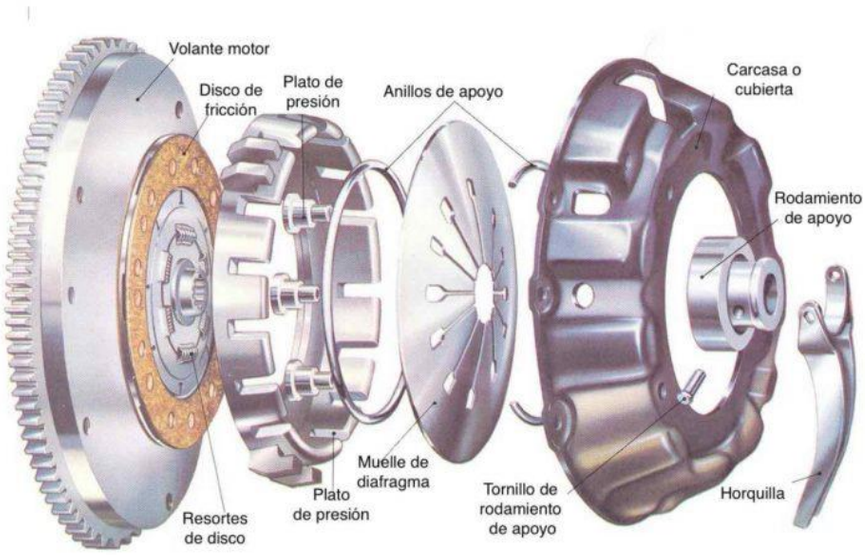
- Detallar los componentes del doble embrague de la transmisión DPS6.
- Explicar el funcionamiento del doble embrague de la transmisión DPS6.
- Construir una maqueta del doble embrague para motivos educacionales.

CAPÍTULO 1 : EMBRAGUES

1.1. ¿QUÉ ES UN EMBRAGUE?

Un embrague es un elemento mecánico en los vehículos que se encarga de transmitir el movimiento del motor a las ruedas, a través de la caja de cambios. Ubicado entre el motor y la caja de cambio, su función es aislar el movimiento del motor hacia las ruedas mientras se realiza un cambio de marcha, ya sea manual o automático.

Este elemento se trata de un conjunto de piezas, encargadas de aislar el movimiento, que está compuesto por el conjunto de presión, el disco de embrague y el mecanismo de accionamiento. El conjunto de presión es una placa que se puede desplazar de manera axial bajo la acción de una carga. Este conjunto está formado por tres elementos: la carcasa, los diafragmas y el plato de presión. El disco de embrague cumple la función de transmitir el par motor de manera progresiva y filtrar las vibraciones no deseadas. Está formado por: el forro de fricción, el sistema de progresividad y los resortes del disco. Por último, el mecanismo de accionamiento consta de un rodamiento que también se conoce como cojinete. Apoyado en el diafragma, empuja esas láminas para liberar o presionar el disco. Va montado en una horquilla que es la se mueve al pisar el pedal de embrague, con un cable o mediante un sistema hidráulico.



Fuente: https://noticias.coches.com/consejos/embrague-que-es-comofunciona/309243

Figura 1-1 Componentes de un embrague.

1.2. TIPOS DE EMBRAGUE

Existen diferentes tipos de embrague según sus características. Se pueden clasificar de acuerdo con el número de discos, como los embragues monodisco, bidiscos y multidisco, además, los embragues pueden ser hidráulicos, estos no tienen discos y son usados en vehículos de transmisión automática e industriales. También, pueden ser por el tipo de refrigeración, estos pueden ser embragues secos que tienen una refrigeración por aire, al contrario de los embragues húmedos, que tienen una refrigeración por aceite. Algunos tipos de embrague son:

- Embrague monodisco
- Embrague de competición o deportivo
- Embrague multidisco en seco/húmedo
- Embrague centrífugo
- Embrague hidrodinámico

1.2.1. Embrague Monodisco

Durante un largo período fue utilizado el embrague monodisco como principal opción, ya que trabaja en conjunto con la transmisión manual tipo H de uso común. Este embrague va sujetado al volante por medio de la prensa, al interior de la campana de la transmisión, entre el volante de inercia y transmisión, en su interior cuenta con un disco que se conecta con en el eje primario de ésta sobre el extremo estriado, el cual permite que el disco se desplace al ser accionado.

En la Figura 1-2, se observa que este tipo de embrague comprende, a grandes rasgos, 3 elementos: Disco de embrague, prensa y rodamiento de apoyo o empuje.

Fuente: http://motorbit.com/cuidados-del-embrague/

Figura 1-2 Componentes de un embrague monodisco.

Tabla 1-1 Componentes de embrague monodisco.

	Descripción
1	Volante de inercia
2	Disco de embrague
3	Prensa
4	Rodamiento de apoyo o empuje

1.2.1.1. Volante de inercia

Además de llevar el exterior dentado (cercha) para que el motor de arranque acople, suaviza el giro provocado por el trabajo de los pistones que es transmitido hacia el cigüeñal, manteniendo la inercia rotacional y evitando detenciones/aceleraciones bruscas desde el motor a la transmisión, ya que está conectado directamente, por un lado, con este elemento y apernado a la prensa por el otro, debido a que en esta cara hay una sección lisa donde el disco de embrague ejercerá presión para acoplar y transmitir el giro hacia la transmisión. (Ver Figura 1-2)

1.2.1.2. Disco de embrague

Su función principal es permitir la interrupción momentánea en el traspaso de potencia desde el motor a la transmisión mientras se hace un cambio de marchas. En la Figura 1-3, se observa que se compone de una estructura base, que sirve como soporte para los resortes de tracción/retención y, en el centro, un hueco estriado donde se introduce el eje primario estriado de la transmisión, en conjunto con el soporte del forro de tracción o guarnición por ambas caras y separados por muelles laminares.

Ambos soportes trabajan en conjunto como una sola pieza, permitiendo un ligero movimiento de la sección externa en relación con la interna, gracias a los muelles helicoidales. (Ver Figura 1-2)

a. Muelles helicoidales de tracción y retención: Cumplen la función de amortiguar el movimiento torsional provocado por el giro del volante, procurando que, al momento de acoplar o desacoplar, la transición sea fluida y gradual en vez de golpeada o seca. (Ver Figura 1-3)

b. Revestimiento de fricción: También llamada guarnición, corresponde a la parte del disco de embrague que entra en contacto directo, por ambos lados, con el volante y la placa de presión respectivamente. Actualmente y para autos de uso común como city cars, sedanes y pick- ups, se fabrica de un compuesto orgánico teniendo como base lubricante al grafito, añadiendo un agente para dispersar el rozamiento, que puede ser alúmina o sílice. (Ver Figura 1-3)

c. Muelles laminares: Ubicados entre los recubrimientos de fricción, estos elementos amortiguan axialmente el acople del embrague con el volante, permitiendo progresividad y suavidad en el movimiento.

d. Cubo estriado: Ubicado al centro del disco, es donde se introduce el eje primario proveniente de la transmisión para transmitir el giro hacia ésta. (Ver Figura 1-3)

Fuente: http://boliche.cl/discos-embrague/disco-embrague-corsa-astra

Figura 1-3 Disco de embrague.

Tabla 1-2 Componentes de disco de embrague.

	Descripción
1	Remache de guarnición
2	Guarnición (Revestimiento)
3	Soporte base
4	Muelles de retención (interno) y tracción (externo)
5	Cubo estriado
6	Soporte de guarnición

1.2.1.3. Prensa

Se llama prensa al elemento directamente externo al disco de embrague (Ver Figura 1-4); y el nombre proviene de su función, ya que esta es la encargada de mantener presionado al disco de embrague contra el volante cuando se circule en una marcha fija y desacoplar al momento de producirse un cambio de marcha. Esto lo logra gracias a componentes internos que trabajan en conjunto: Muelles de diafragma, placa de presión, muelles laminares o resorte de láminas y carcasa.

a. Muelles de diafragma : Elemento metálico conectado a la placa de presión y la carcasa, de forma estrellada hacia el centro y deformación predeterminada, lo que le permite doblarse y volver a la posición original sin alterar sus propiedades físicas. Trabaja la mayor parte del tiempo en posición de reposo hasta que es empujado por el rodamiento de empuje, instante en el que procede a levantar la placa de presión al trabajar en forma de palanca, si se presiona el centro, la periferia se levanta; y permite que el embrague se separe del volante, interrumpiendo el flujo de potencia. (Ver Figura 1-4)

b. Plato de Presión : Dispuesta al interior de la prensa, se encarga de presionar al disco de embrague contra el volante gracias a resortes de láminas hasta que el muelle de diafragma la levante, liberando el disco. Tiene una cara lisa, para maximizar el roce con el disco y que éste no patine cuando la potencia se eleva. (Ver Figura 1-4)

c. Muelles laminares: Conexión entre la placa de presión y carcasa de prensa. Destinados a mantener el disco de embrague empujado fuertemente por la prensa contra el volante. (Ver Figura 1-4)

d. Carcasa : Soporte exterior de los elementos mencionados, va apernada al volante, por lo que gira solidariamente con éste. (Ver Figura 1-4)

Fuente: http://www.ciper.cl/repuestos/toyota/hilux/1992/embrague

Figura 1-4 Prensa de embrague.

Tabla 1-3 Componentes de la prensa de embrague.

	Descripción
1	Muelles de diafragma
2	Placa de presión
3	Muelles laminares
4	Carcasa

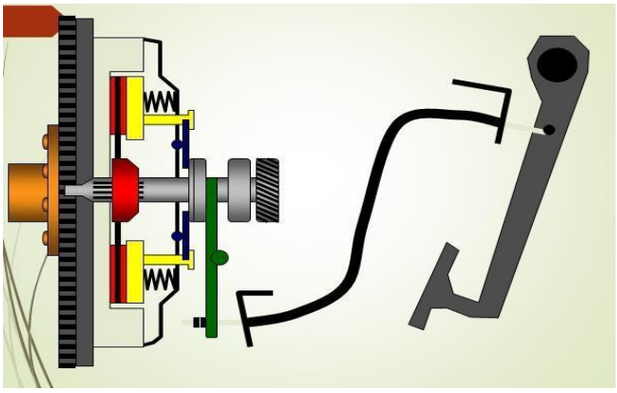
1.2.1.4. Rodamiento de empuje

También llamado cojinete de acoplamiento es un rodamiento destinado a empujar el centro del muelle de diafragma. Es el elemento que entra en movimiento al pisar el pedal y puede tener accionamiento por motor eléctrico, mecánico mediante una piola conectada al pedal o hidráulico por un cilindro maestro. (Ver Figura 1-2)

1.2.1.5. Funcionamiento

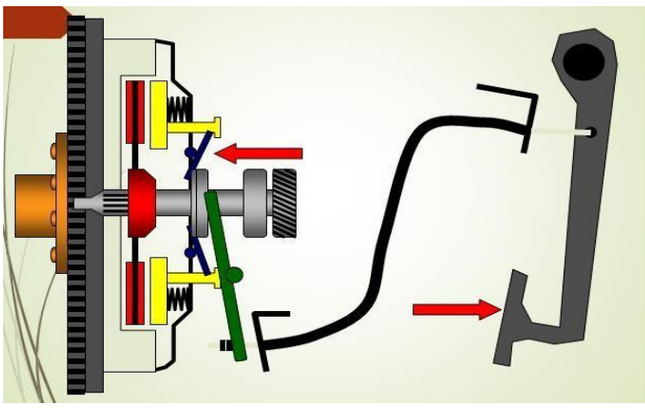
El proceso de funcionamiento del embrague entra en acción desde que se enciende el vehículo, ya que al arrancar (en vehículos de cambio manual) se debe hacer con la palanca en posición Neutral, es decir, el giro del motor se traspasa hacia la transmisión, mediante el conjunto de embrague, pero no hacia el eje de salida de esta, por lo que las ruedas no se mueven. En ese momento el embrague ya está acoplado (Ver Figura 1-7), hasta que el conductor decida avanzar y presione el pedal para engranar la primera marcha: Al presionar el pedal se mueve el rodamiento de empuje (desplazando el líquido hidráulico con el pedal hacia un cilindro que hace palanca para presionar al rodamiento/tira de la piola que crea una palanca que desplaza al rodamiento) contra el centro del muelle de diafragma, provocando que la placa de presión retroceda y deje libre o separado del volante al disco de embrague mientras el chofer engrana la marcha. (Ver Figura 1-8)

Al estar engranada se procede a soltar el pedal mientras se acelera para que el embrague acople progresivamente mientras la nueva relación de transmisión (1 ^{era} marcha) desencadenando el movimiento del vehículo hasta necesitar otra marcha más acorde si se continúa aumentando la velocidad. Es importante presionar el pedal entre marchas debido a que todas tienen relaciones de transmisión diferentes, es decir: A un mismo ritmo de giro en el motor, las marchas provocan diferentes velocidades de salida producto del tamaño de sus engranajes, siendo la primera marcha el engranaje más grande capaz de soportar mayor torque pero a su vez el más limitado para alcanzar altas velocidades en comparación a engranajes finales de tamaños más pequeños y capaces de soportar menos torque pero aptos para alta velocidad. Por lo que al pasar de uno a otro se debe tener en cuenta la velocidad y revoluciones del motor para circular siempre acorde a la velocidad de giro del engranaje actual, pero con la visión puesta en la marcha siguiente. Por ejemplo: Un vehículo circula a 30 km/h en 2 ^{da} marcha y al intentar pasar a 3 ^{era} se mueve la palanca sin pisar el embrague, ocasionando que el manguito selector de marcha de 3 ^{era} marcha choque con el embrague del engranaje sin conseguir acoplar debido a que este se encontrará girando a una velocidad incompatible con el engranaje, por lo que se debería aumentar la velocidad buscando el punto óptimo para engranar la tercera marcha, o de lo contrario; pisar el pedal de embrague y engranar la 3^{era} marcha de todas formas, lo que provocaría un trabajo poco eficiente del motor debido a estar forzando un engranaje a una velocidad más lenta y con mayor torque que la predeterminada. Lo que se traduce en un mayor consumo de combustible, lenta velocidad de reacción al intentar acelerar, posible trepidación si la velocidad continúa disminuyendo y desgaste prematuro del embrague del sincronizador si se fuerza la entrada de marchas a velocidad inadecuada sin pisar el embrague.



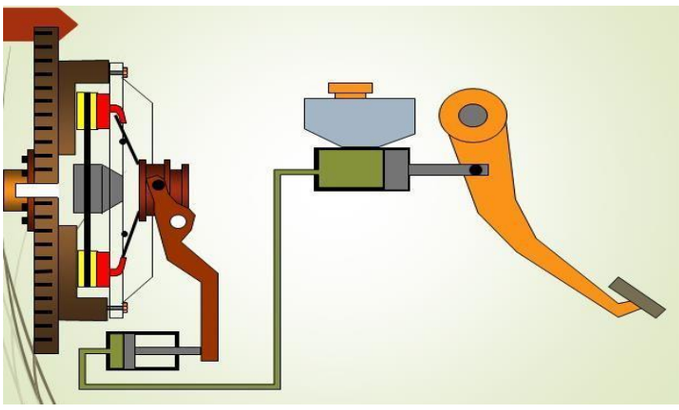
Fuente: Presentación Transmisiones, Prof. Walter Adrian, UTFSM.

Figura 1-5 Accionamiento embrague con piola, embrague acoplado.



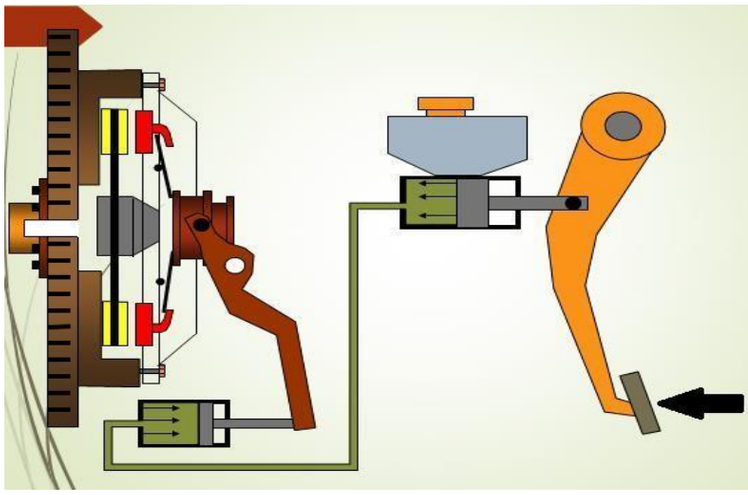
Fuente: Presentación Transmisiones, Prof. Walter Adrian, UTFSM

Figura 1-6 Accionamiento embrague con piola, embrague desacoplado.



Fuente: Presentación Transmisiones, Prof. Walter Adrian.

Figura 1-7 Accionamiento de embrague hidráulico, embrague acoplado.



Fuente: Presentación Transmisiones, Prof. Walter Adrian.

Figura 1-8 Accionamiento de embrague hidráulico, embrague desacoplado.

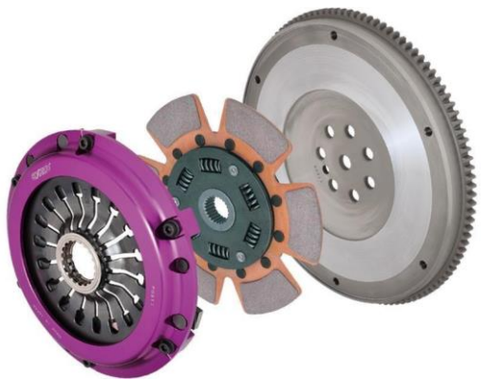
Las figuras anteriores corresponden a un sistema antiguo de embrague, donde, la Figura 1-5 y 1-7 (Embrague de accionamiento por piola e hidráulico, respectivamente) representan el embrague acoplado al volante de inercia, es decir, permitiendo el paso del giro motor hacia las ruedas.

En contraste, las Figuras 1-6 y 1-8, muestran el momento cuando se pisa el pedal de embrague, donde el disco procede a separarse del volante de inercia, provocando que el giro de motor no sea transmitido.

Las figuras anteriormente mencionadas incorporan muelles helicoidales para sostener el disco de embrague contra el volante, pero actualmente se utilizan muelles laminares, los cuales consisten en láminas con deformación programada para que vuelvan a su lugar posteriormente a haber sido accionadas.

1.2.2. Embrague de competición o deportivo

Dentro de los embragues monodisco se encuentran los conocidos “Performance clutch” o embragues deportivos, los cuales tienen el mismo principio de funcionamiento entre rodamiento de empuje, prensa y disco de embrague, marcando la diferencia en este último elemento:



Fuente: https://www.exedyusa.com/products/sport-products/sport-hyper-single-series/

Figura 1-9 Conjunto de embrague deportivo Exedy de 6 segmentos.

En la Figura 1-9, se distingue que el disco de embrague se ve notoriamente modificado en varios aspectos: Es generalmente más delgado y de menor diámetro en comparación a un disco normal, esto provoca que con la misma fuerza ejercida por la prensa y al disminuir el área de contacto por el disco segmentado (pueden tener desde 3 hasta 6 segmentos), la presión efectiva sobre el volante sea mayor, lo que se traduce en mayor capacidad para tolerar altas potencias sin patinar y un torque elevado sin romperse o debilitarse.

De la misma manera, al ser más pequeño y trabajar en conjunto con un volante alivianado, la inercia de giro será menor derivando a una respuesta más rápida del motor, menos carga hacia la transmisión y por consecuencia, aumento en la aceleración del vehículo.

La guarnición se fabrica normalmente de la combinación cobre-cerámica, ya que, gracias a las propiedades de la cerámica y su mejora en la disipación del calor, el disco aumenta el rango térmico de funcionamiento sin perder la capacidad de mantener la fricción constante. Esta combinación de materiales genera un coeficiente de roce mayor en comparación a discos de embrague comunes con guarnición orgánica, por lo que la fuerza total de roce aumenta, haciendo que el conjunto sea más eficiente en dicho aspecto.

Por otra parte, este conjunto tiene una menor duración al desgastarse el disco más rápidamente en uso deportivo o directamente en pista (altas rpm y temperaturas elevadas de funcionamiento). A velocidades elevadas tienen un comportamiento normal, pero a bajas rpm tienden a vibrar, por lo que no es recomendado su uso en vehículos de uso diario, reservando el uso para modificados de uso ocasional.

Fuente: https://www.exedyusa.com/products/sport-products/sport-stage-2-cerametallic/

Figura 1-10 Conjunto de embrague deportivo Exedy de 3 segmentos.

1.2.3. Embrague multidisco

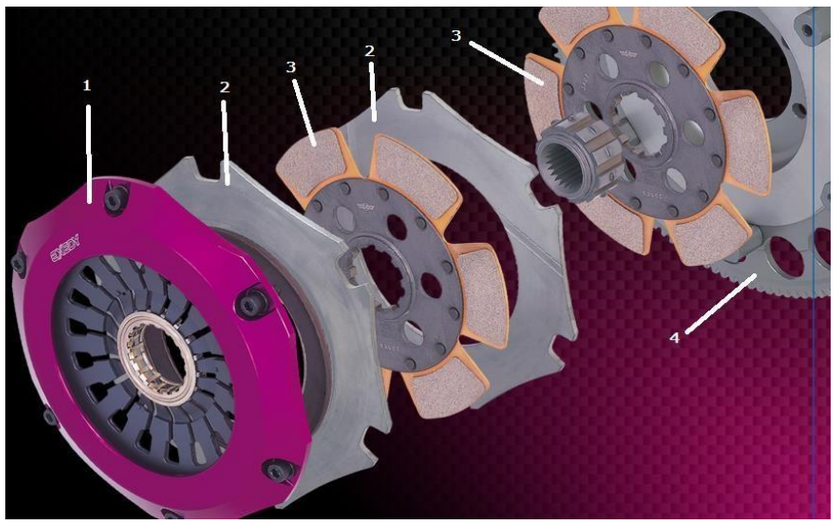
Las empresas dedicadas al desarrollo y venta de componentes automotrices están constantemente buscando innovar en alternativas más eficientes para satisfacer los altos estándares del mercado. Es por esto por lo que, para una misma acción, como es el uso del embrague, puede tener varias alternativas según las necesidades del público consumidor, ya sean monodisco en seco para vehículos de uso común o embragues multidisco para motocicletas y vehículos diseñadas para circuitos y competiciones contra otras marcas y su propia tecnología. Este último elemento se desarrolla desde la necesidad de crear conjuntos más competitivos y eficientes.

Los embragues de competición comprenden varias subcategorías que usan más de un disco de embrague por prensa. A grandes rasgos se dividen entre funcionamiento en seco o húmedo:

1.2.3.1. Embrague de doble, triple disco en seco

Existe un tipo de embrague similar al deportivo en características físicas de elementos y comportamiento al accionar: Al pisar el pedal el rodamiento de empuje presiona el muelle de diafragma liberando el disco de embrague para el cambio de marchas, pero que incorpora 2 o 3 discos presionados por la misma prensa, intercalados con discos de fricción metálicos donde los discos de embrague tendrán contacto por ambas caras, aumentando así el coeficiente de fricción y el torque máximo soportado.

Su uso se ve limitado a la competición por sus altos valores de torque máximo soportado, por lo que usarlos en vehículos de calle es innecesario, además de la corta duración de guarnición y dificultad de uso, básicamente porque al acoplar más rápido que un embrague monodisco causa que el ritmo de conducción, entre presionar el pedal para engranar la marcha y desembragar mientras se acelera, se vea modificado, haciendo imprescindible que el chofer se adapte rápidamente al nuevo estilo. (Ver Figura 1-11)



Fuente: https://www.exedyusa.com/products/sport-products/sport-hyper-compe-series/

Figura 1-11 Conjunto de embrague deportivo Exedy con doble disco.

Tabla 1-4 Componentes de embrague competitivo.

	Descripción
1	Prensa
2	Disco de fricción
3	Disco de embrague
4	Volante de inercia alivianado

Este tipo de embrague con doble disco (Ver Figura 1-11) soporta como máximo un torque de 680 Nm; en cambio, uno de triple disco (Ver Figura 1-12) puede llegar a soportar 1000 Nm, que es superior al torque máximo generado por el motor a combustión en conjunto con motores eléctricos de un McLaren P1.

Fuente: https://www.exedyusa.com/products/sport-products/sport-hyper-compe-series/

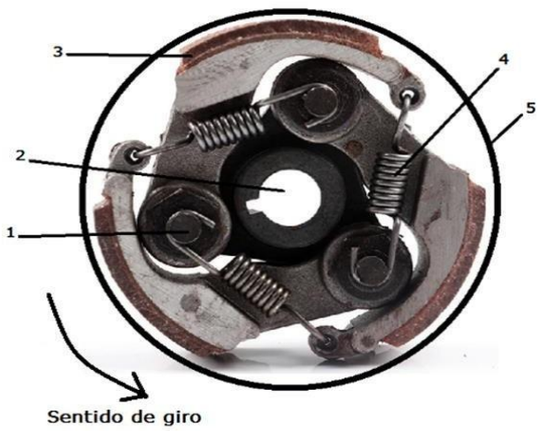
Figura 1-12 Conjunto de embrague deportivo Exedy con triple disco.

a. Funcionamiento

Al ser en seco, es decir, sin estar sumergidos en aceite, el funcionamiento base es similar al embrague monodisco, pero la diferencia radica en que, en vez de estar presionado inmediatamente el disco contra el volante, se intercalan discos de fricción (Ver Figura 1-11) que giran solidariamente con la prensa y volante, y entre ellos se ubican los discos de embrague segmentados (Ver Figura 1-11) conectados al con el eje primario de la transmisión. Al estar acoplado el embrague, es decir, sin el pedal presionado, los discos de embrague y fricción se encontrarán fuertemente presionados entre ellos y contra el volante de inercia, por lo que al pisar el embrague, el rodamiento de empuje empujará al muelle de diafragma provocando que los discos se separen entre ellos, liberando o desconectando al motor de la transmisión mientras se engrana la marcha necesaria, al tenerla accionada y soltar el pedal, el conjunto volverá a comprimirse para asegurar el paso de potencia y torque desde el motor a la transmisión, terminando así momentáneamente el proceso.

1.2.4. Embrague centrífugo

Son normalmente usados para motores más pequeños: Karting, motosierras, barredoras, grupos generadores, cortadoras de césped, ventiladores o motocicletas de baja cilindrada. Al tener el motor en ralentí el elemento desconectará el flujo de potencia hacia la salida, por lo que es necesario aumentar el grado de aceleración para que se active o acople con la salida y el giro siga el curso hacia el conducido (hélice, rueda, cadena, etc.). Este elemento prescinde de una caja de transmisiones, ya que puede conectar directamente al motor con el elemento motriz que se desee hacer girar. (Ver Figura 1-13)

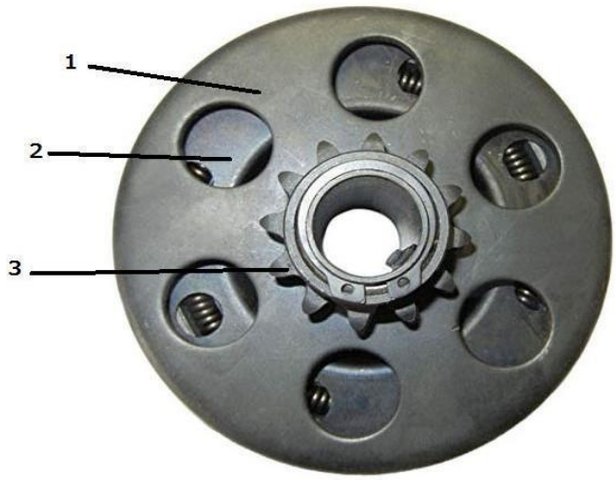


Fuente: https://www.banggood.com/es/47cc-49cc-Minimoto-Centrifugal-Clutch-For-Mini-Moto-Dirt-Bike-ATV

Figura 1-13 Embrague centrífugo para motores de hasta 50 cc, vista trasera.

Tabla 1-5 Componentes de embrague centrifugo.

	Descripción
1	Pivote
2	Cubo central
3	Material de fricción
4	Muelle helicoidal
5	Carcasa externa



Fuente: https://www.amazon.es/Embrague-embrague-centrífugo-duradero-incorporada

Figura 1-14 Embrague de mini moto, vista frontal.

Tabla 1-6 Componentes de embrague de mini moto.

	Descripción
1	Carcasa externa
2	Interior
3	Piñón de acople

1.2.4.1. Funcionamiento

El conjunto tiene similitud con los tambores de freno, ya que en estos existe una carcasa exterior (tambor) y al interior las balatas con el recubrimiento de fricción que entra en contacto con el interior del tambor al momento de accionar el freno. En el caso de los embragues centrífugos, depende de la velocidad de giro para que las balatas se abran y pongan en contacto con la carcasa. El proceso comienza al encender el motor al cual esté conectado el embrague mediante el cubo central.

A velocidad de ralentí y gracias a los muelles helicoidales, las balatas continuarán en posición cerrada y sin ejercer ninguna acción sobre la carcasa, por lo que el movimiento no será transferido hasta que se aumente la aceleración que afectará directamente a las balatas, que por efecto de la fuerza centrífuga que aumentará directamente con las RPM, tenderán a “salir” y gracias al pivote entrarán en contacto con la carcasa, provocando que ésta también entre en movimiento.

El movimiento de la carcasa será transferido mediante al piñón o elemento que esté conectado a ésta; en el caso de un kart, se pasa el movimiento al eje de las ruedas traseras. Este mecanismo puede venir configurado mediante los muelles helicoidales para oponer menos resistencia al giro y abrirse a un menor número de RPM para tener reacciones más rápidas. El límite de uso se verá limitada por la capacidad de las balatas de mantener la fricción contra la carcasa antes de patinar.

1.2.5. Embrague hidrodinámico o conversor de torque

El embrague hidráulico o convertidor de torque, actúa como embrague automático entre el motor y la caja de cambios. Dicho embrague permite que el motor transmita el par motor cuando llega a un determinado régimen de giro. Es un mecanismo que funciona gracias al movimiento de fluido y que a grandes rasgos permite que el movimiento del cigüeñal se traspase al eje primario de la transmisión automática de forma graduada. En la Figura 1-15, se puede observar que consta de 3 partes principales: Impelente o bomba; elemento motriz que va conectada al giro del motor mediante el volante de inercia y tiene álabes rectos, la turbina; Con álabes curvos, va conectada al eje de entrada de la transmisión automática y es conducida por el impelente, y el estator; que se ubica entre ambos elementos para ayudar a dirigir el flujo. Todo el conjunto se encuentra sumergido en aceite y sellado para evitar burbujas de vacío.

Fuente: http://www.superchevy.com/how-to/0707cp-chp-insider/

Figura 1-15 Partes de un convertidor de torque.

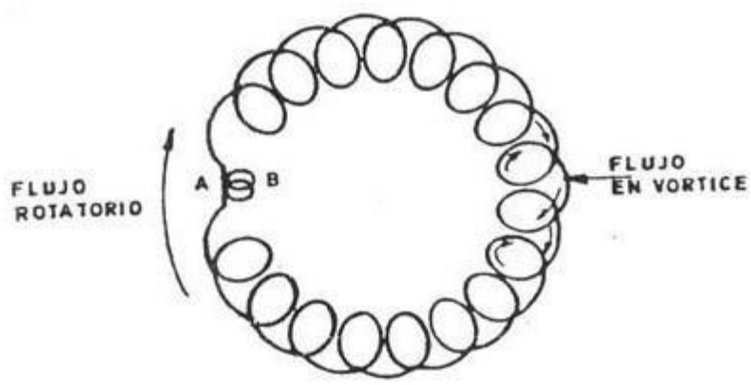
Tabla 1-7 Componentes de un embrague hidrodinámico.

	Descripción
1	Impelente
2	Estator
3	Turbina
4	Carcasa conectada al volante

1.2.5.1. Funcionamiento

Cuando se enciende el motor comienza a girar el impelente, que producto de la fuerza centrífuga comenzará a enviar el aceite hacia la periferia interna, al suceder esto y tener la turbina inmediatamente frente a él ésta comenzará a girar por efecto del aceite impactando contra la periferia de sus álabes; estos tienen una forma tal que el fluido ingresa por la periferia y sale por el centro nuevamente en dirección al impelente que volverá a enviarlo a la periferia. Cuando el impelente mueve a la turbina, ésta gira el eje de entrada a la transmisión para que el proceso de conducción continúe.

El flujo de líquido desde el impelente hacia la turbina y de regreso es llamado corriente de vórtice (Ver figura 1-16) y alcanza su punto máximo cuando la diferencia de velocidad entre la turbina y el impelente es mayor, es decir, con el vehículo detenido pero el motor funcionando: El impelente estará girando y enviando líquido a la turbina detenida.



Fuente: Presentación Transmisiones, Prof. Walter Adrian.

Figura 1-16 Corriente de vórtice.

Al ir aumentando la velocidad, el flujo de vórtice disminuye por que debido al efecto de la fuerza centrífuga el aceite quedará mayoritariamente en la periferia, en este punto se genera la corriente rotatoria. Esta corriente avanza con los elementos de forma circular durante y después de la etapa de acoplamiento (giro del estator). La corriente rotatoria es máxima cuando la diferencia de velocidad entre impelente y turbina es mínima (a alta velocidad), por lo que es inversamente proporcional a la corriente de vórtice.

El concepto de "convertidor de torque" se genera gracias a la aparición de un elemento llamado estator: Se ubica entre la turbina y el impelente, tiene álabes curvos, es de menor diámetro y va montado sobre un sprag (elemento que solo permite el giro en un sentido). El estator, al estar ubicado en ese lugar, recibe el fluido desde la turbina y lo redirecciona hacia el impelente de manera que éste girará con mayor fuerza, la cual será transmitida hacia el motor sumando al torque total. Este proceso ocurre a media y bajas velocidades, cuando el torque es más necesario y el estator aún se encuentra detenido, ya que en velocidades altas y con menor diferencia de velocidad entre impelente y turbina, el estator comienza a girar para no frenar el circular del fluido, de todas maneras, a alta velocidad la necesidad de torque es menor.

Debido a la inevitable pérdida de energía por deslizamiento del aceite, el consumo de combustible aumenta, presentan también la desventaja de un mayor coste económico, así como la necesidad de acoplar una caja de cambios automática.

Como contrapartida de estos inconvenientes, la utilización del embrague hidráulico presenta las siguientes ventajas:

- Ausencia de desgaste.
- Gran duración.
- Es muy elástico.
- Es muy progresivo.
- Bajo coste de mantenimiento.

CAPÍTULO 2 : SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DOBLE EMBRAGUE

2.1. TRANSMISIÓN DE DOBLE EMBRAGUE

Comúnmente llamado doble embrague o DCT (Dual Clutch Transmission).

Para empezar a describir que es un sistema de doble embrague hay que aclarar ciertas dudas previas, por ejemplo: Este sistema no usa pedal ya que el control de embragar/desembragar se realiza de forma electrónica y automática. Además, se suele pensar que el doble embrague es un elemento que puede acoplarse a cajas automáticas y mecánicas, siendo esto falso, ya que el sistema incorpora su propia transmisión con trenes de engranajes dispuestos de forma específica para separar marchas entre cambios impares: Primera, tercera, quinta y pares; segunda, cuarta, sexta y Reversa (puede variar según fabricante) con su respectivo embrague conectado a cada árbol de entrada, por lo que incorpora dos discos de embrague que van conectados uno por cada lado del disco de transmisión, que, a su vez, está conectado directamente al volante de inercia por lo que cumple su misma función; transmitir el giro motor desde el motor hacia los discos de embrague. A simple vista el conjunto luce similar a un conjunto de embrague monodisco (disco de embrague, prensa, rodamiento de empuje, ver figura 1-4), pero se diferencia mayoritariamente en el tamaño incrementado del sistema de doble embrague, ya que éste incorpora el doble de elementos: Dos discos de embrague, dos prensas con sus respectivos muelles de diafragma, dos conjuntos de muelles laminares, además de la incorporación del disco de transmisión, todo en un solo elemento sellado.

Las transmisiones del tipo doble embrague incorporan tecnología proveniente de otros tipos de transmisiones para permitir el funcionamiento, tales como los tambores giratorios derivados de las transmisiones de motocicletas, que básicamente permiten sincronizar las marchas mediante el giro de un tambor conectado a las horquillas de cambio, proceso que será detallado más adelante.

La electrónica juega un rol fundamental en el funcionamiento de estas transmisiones, debido a la necesidad constante de monitoreo de variables físicas (revoluciones y posición) que serán captadas por sensores para que la unidad de control de la transmisión determine los mejores puntos de marcha según las intenciones o estilo de manejo del conductor. Se suelen llamar, transmisiones “robotizadas” o “mecanizadas”.

Diversas marcas las utilizan bajo diferentes nombres, variando la cantidad de marchas, accionamiento o tipo (húmedo o seco) pero con el mismo funcionamiento básico que comprende ambos embragues, con accionamiento intercalado, conectados a ambas secciones de la transmisión y con sus marchas sincronizadas .

Algunos ejemplos son: Audi(S-tronic), Ford (PowerShift), Ferrari, Volkswagen (DSG), Freightliner, Citroën (DSG), Mercedes-Benz (DCT), Lamborghini, Volvo, McLaren, Bugatti, BMW (M DCT), Mitsubishi (TC SST), Nissan y Porsche (PDK).

En esta sección, se explicará las partes que componen el sistema de transmisión de doble embrague en seco, su funcionamiento y la disposición en el motor, el cual se encuentra presente en la transmisión DPS6, en vehículos marca Ford.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI

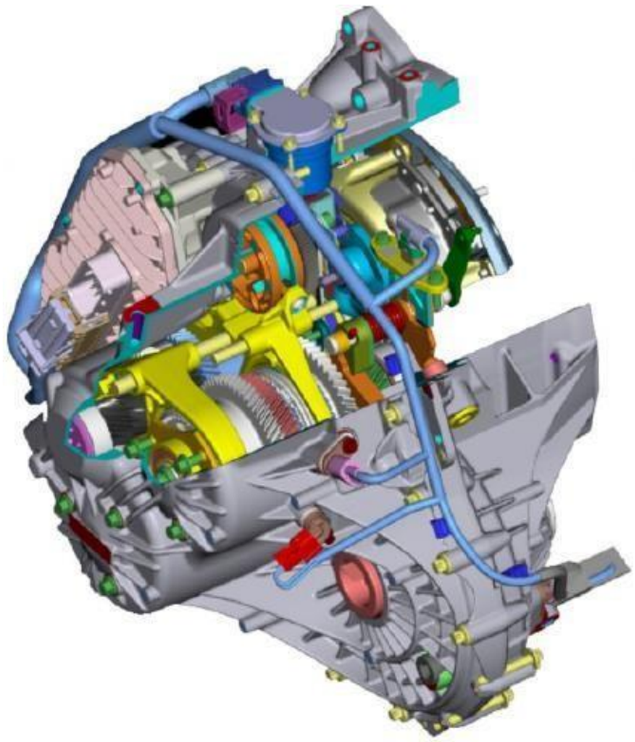
Figura 2-1 Doble embrague de la transmisión DPS6.

2.1.1. Transmisión DPS6

La transmisión DPS6 es una transmisión manual de 6 velocidades con control electrónico de cambio automático y doble embrague en seco, es del tipo transaxle, que es un componente mecánico que combina las funciones de la caja de cambios, el diferencial y lo componentes asociados al eje motriz. Generalmente, encuentra en vehículos con el motor transversal y tracción delantera. (Ver figura 3-1)

Las siglas tienen el siguiente significado:

- D - (Dual Clutch) Doble embrague en seco.
- P – PowerShift.
- S – Sincronizada.
- 6 - Cantidad de marchas.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 2-2 Transmisión DPS6 en corte.

Esta transmisión posee las siguientes características:

- Control electrónico con accionamiento electromecánico.
- Diseño de carcasa de aluminio de dos piezas.
- Seis velocidades hacia adelante escalonadas y una de reversa.
- Flecha de salida doble con dos relaciones de transmisión final separadas.
- Diseño de rodamientos de bolas y de rodillos completos para todas las velocidades y flechas.
- Todos los engranes están biselados para mejorar las características NVH (ruido, vibraciones y dureza) y la transferencia de potencia.
- Todas las velocidades están engranadas para evitar la pérdida de torque durante el proceso de cambio.

Esta transmisión consta de dos flechas de entrada (una por dentro de otra) impulsadas por un sistema de doble embrague en seco. Estas dos flechas se utilizan juntas para proporcionar un cambio poco perceptible a través de las seis (6) relaciones disponibles con sobremarcha en las dos velocidades más superiores. A medida que se selecciona cada velocidad, se activa el embrague adecuado para impulsar el vehículo. Luego, se preselecciona cada velocidad para la operación de "cambio" siguiente, ya que se cambia el poder de un embrague al otro constantemente a medida que asciende y desciende el ritmo de conducción, a través de las velocidades individuales.

Esta transmisión está diseñada para operar de la misma manera que una transmisión automática convencional con convertidor de torque, pero combinado a las ventajas en eficiencia de una transmisión manual. El accionamiento del sistema de embragues se controla desde una unidad de control específica para la transmisión (TCM) a través de sistemas de actuadores eléctricos.

Al ocurrir una falla en alguno de los embragues o componentes relacionados directamente a éste, solo se verán afectadas las marchas respectivas.

Los componentes internos se basan en las tecnologías de una transmisión manual:

- Embragues de fricción seca para transmitir par desde el motor a la transmisión.
- Engranaje del eje secundario para una selección de relaciones independiente y de alta eficiencia.
- Tambores giratorios de cambio secuencial para una respuesta rápida y coordinada.
- Sincronizadores con embragues de garras para preseleccionar la marcha.
- Lubricación por barboteo, sin filtro ni enfriadores de aceite externos.

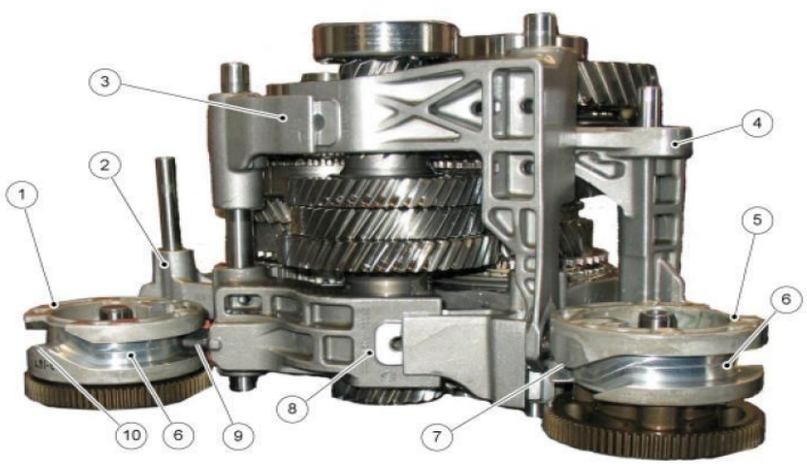
Esta transmisión tiene dos subtransmisiones dentro de una carcasa, por lo que comparten elementos y sensores, tales como: Dos piñones de salida, ambos conectados al diferencial, sensor OSS (velocidad de salida del diferencial), Sensor TR (posición de la palanca de cambios), sistema de trinquete de estacionamiento y TCM (Transmission Control Module o Módulo de control de la transmisión)

La primera subtransmisión conocida como “A” contempla los cambios impares (1^{era}, 3^{era} y 5ta), embrague A con su sistema de actuadores y motores eléctricos, ISS A (sensor de velocidad A), flecha de entrada interna, engranes de velocidad respectivos con sus sincronizadores o embragues de marcha, sistema de sincronizador impar, que incluye el conjunto de motores eléctricos controlados por el TCM, tambor giratorio de cambios y horquillas.

La segunda subtransmisión conocida como “B” contempla los cambios pares (2da, 4ta, 6ta y Reversa), embrague B con su sistema de actuadores y motores eléctricos, ISS B (sensor de velocidad B), flecha de entrada externa o hueca, engranes de velocidad respectivos con sus sincronizadores o embragues de marcha, sistema de sincronizador impar, que incluye el conjunto de motores eléctricos controlados por el TCM, tambor giratorio de cambios y horquillas.

La palanca selectora de marchas tiene las siguientes posiciones:

- P (Parking o estacionamiento): Posición de estacionamiento.
- R (Reversa): Engrane de reversa.
- N (Neutral): Posición neutral.
- D (Directa): Cambio automático de todas las velocidades.
- S (Sport o Select shift): Modo deportivo de cambios manuales. Esta opción incluye botones a un costado de la palanca con + y -.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6

Figura 2-3 Sistema de cambio de marchas.

Tabla 2-1 Componentes de sistema de cambio de marchas DPS6.

	Descripción
1	Tambor de palanca selectora con engranaje recto-cambios pares
2	Horquilla del selector: reversa/4ta velocidad
3	Horquilla del selector: 3^{era} velocidad
4	Horquilla del selector: 1^{era}/5ta velocidad
5	Tambor de palanca selectora con engranaje recto-cambios pares
6	Ranura de cambio
7	Leva inferior
8	Horquilla del selector: 2da/6ta velocidad
9	Bloque de deslizamiento
10	Leva superior

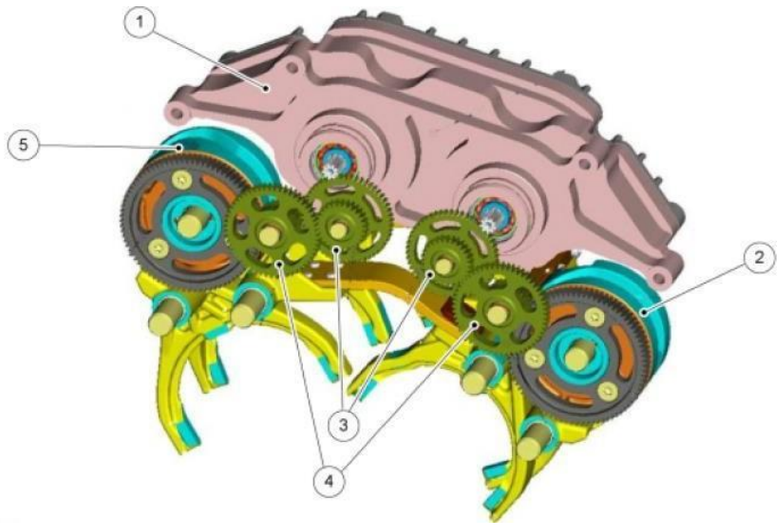
La Figura 2-3, se muestra el sistema de cambio de marchas, el cual incluye: Engranajes de marcha (desde primera hasta sexta, más reversa), horquillas de cambio (Ver N°. 2, N°. 3, N°. 4 y N°. 8) y tambores giratorios (Ver N°. 1 y N°. 5).

Las horquillas correspondientes al N°. 2 y N°. 8 van conectadas al tambor giratorio del N°. 1. En comparación a las horquillas N°. 3 y N°. 4 que están conectadas al tambor giratorio N°. 5. De esta manera, según gire cada uno de los tambores giratorios, se irán moviendo las respectivas horquillas conectadas exclusivamente a él.

Un deslizador conecta a la horquilla con la ranura del tambor giratorio, dicha ranura tendrá levas dispuestas a lo largo de la circunferencia, por lo que a medida que el tambor va girando el deslizador se desplazará por la ranura. Si el deslizador se mueve hacia arriba o hacia abajo en la leva, la horquilla del selector se moverá siguiendo la dirección según corresponda y como resultado se engrana la marcha.

Las marchas se engranan por medio de motores eléctricos controlados por la unidad de control de la transmisión (TCM), cada uno de los cuales acciona un tambor de palanca selectora mediante engranajes rectos. (Ver Figura 2-4)

Como resultado de usar el principio del tambor de la palanca selectora, no se requiere ningún bloqueo mecánico adicional para evitar que se enganche más de un engranaje al mismo tiempo en la misma subtransmisión en caso de falla.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6

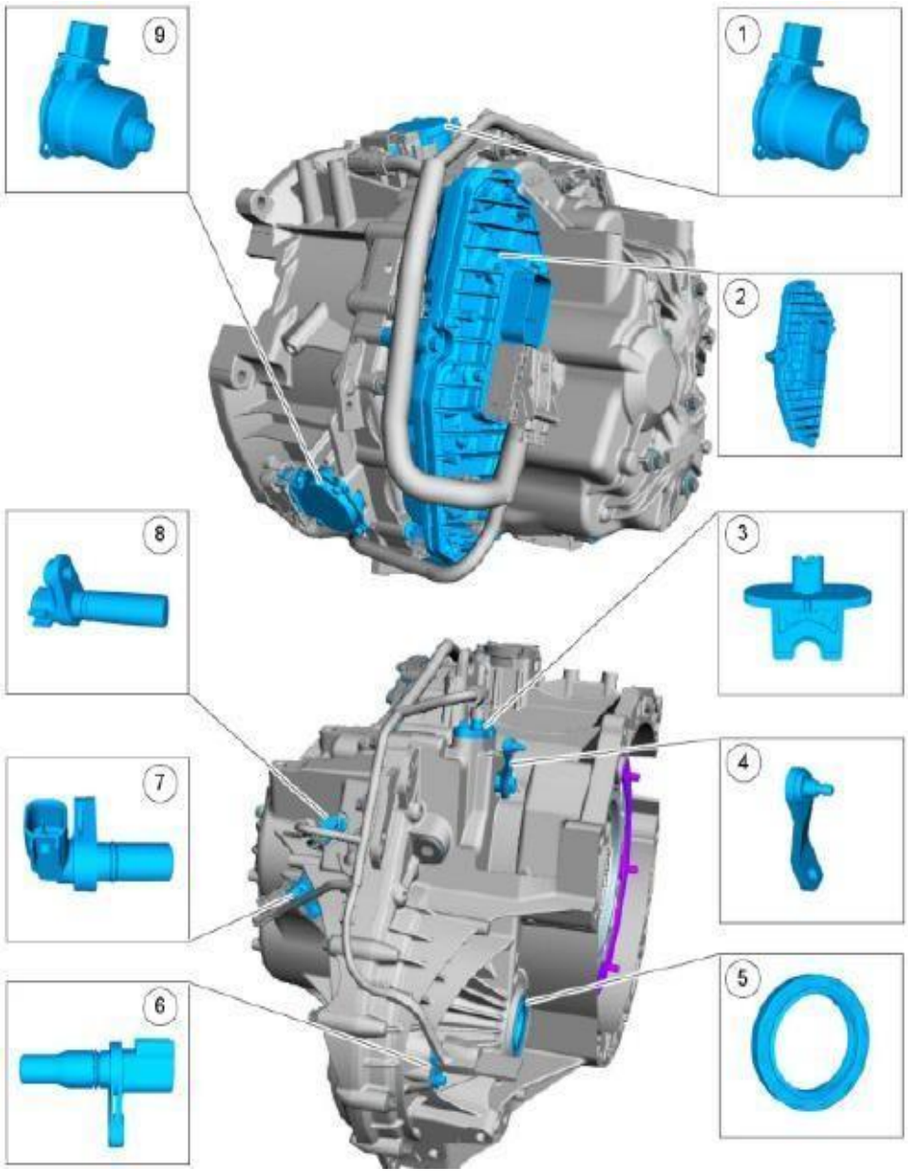
Figura 2-4 Mecanismo de cambio de marchas.

Tabla 2-2 Componentes de mecanismo de cambio de marchas.

	Descripción
1	Motores eléctricos de cambio integrados en la TCM.
2	Tambor de palanca selectora B con engrane recto Comentario: controla las horquillas del selector para la 2da/6ta velocidad y la reversa/4ta velocidad
3	Engranaje recto doble 1
4	Engranaje recto doble 2
5	Tambor de palanca selectora A con engrane recto Obs: controla las horquillas del selector para la 1^{era}/5ta velocidad, así como la 3^{era} velocidad

2.1.1.1. Componentes externos de la transmisión

La transmisión DPS6 al ser una caja de cambios automática, esta requiere del apoyo de ciertos componentes que permiten controlar el accionamiento cada vez que se produce un cambio de marcha. Dentro de estos podemos encontrar: motores eléctricos, actuadores, sensores de velocidad, sensores de posición y el módulo de control de la transmisión (TCM). (Ver Figura 2-5)



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 2-5 Transmisión DPS6 y componentes externos.

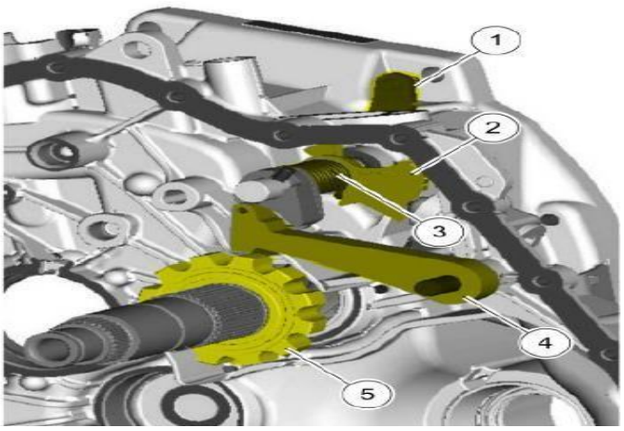
Tabla 2-3 Componentes externos transmission DPS6.

	Descripción
1	Motor del actuador del embrague A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
2	TCM
3	Sensor de TR
4	Palanca selectora de velocidad
5	Retén del palier
6	Sensor de OSS
7	Sensor de ISS A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
8	Sensor de ISS B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
9	Motor del actuador del embrague B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa

2.1.1.2. Componentes internos de la transmisión

- Bloqueo de estacionamiento

En la Figura 2-6, se observa que se debe instalar un trinquete de estacionamiento para mantener el vehículo detenido cuando no se usa, ya que ambos embragues se abren después de que el motor se apaga, a este sistema se le llama embrague activo. El trinquete de estacionamiento básicamente incorpora un elemento que, al accionarse, se introduce entre los dientes de un eje de salida, provocando que la caja se tranque.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6

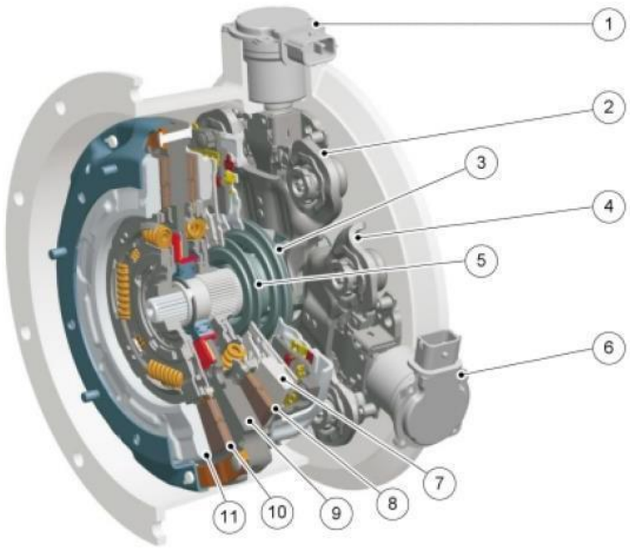
Figura 2-6 Mecanismo de trinquete.

Tabla 2-4 Componentes del mecanismo de trinquete.

	Descripción
1	Palanca de cambios
2	Eje de conexión
3	Resorte de torsión
4	Trinquete de estacionamiento
5	Engrane de estacionamiento en la flecha de salida B

2.1.2. Doble Embrague de la Transmisión DPS6

A diferencia de un embrague convencional con sistema de desembrague mecánico o hidráulico, de un solo disco; en el sistema de transmisión de doble embrague se aplica un modo de embrague con dos discos, que son activados alternadamente de manera electromecánica. Este embrague, además de las piezas del embrague de un solo disco, contiene una placa de presión intermedia, la cual se encuentra dispuesta entre los dos discos de embrague. En la Figura 2-7, se puede observar la composición interna de este mecanismo y los componentes electrónicos que permiten su accionamiento.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 2-7 Componentes del sistema de doble embrague.

Tabla 2-5 Componentes del sistema de doble embrague.

	Descripción
1	Motor del actuador del embrague A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
2	Actuador del embrague A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
3	Cojinete de acoplamiento del embrague A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
4	Actuador del embrague B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
5	Cojinete de acoplamiento del embrague B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
6	Motor del actuador del embrague B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
7	Placa de presión B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
8	Embrague B: 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
9	Disco de transmisión
10	Embrague A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad
11	Placa de presión A: 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad

2.1.3. Funcionamiento transmisión de doble embrague DPS6:

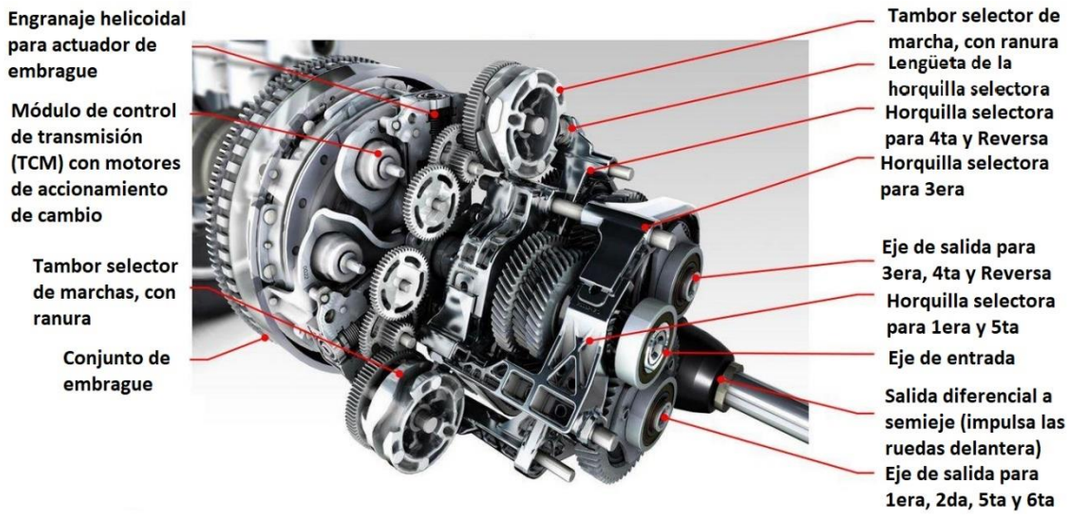
Para comenzar a entender el funcionamiento básico se realizará un ejemplo usando la transmisión DPS6 de 6 marchas, con doble embrague en seco y accionamiento eléctrico controlado electrónicamente.

Posterior a encender el vehículo y con la intención de iniciar el movimiento de forma ascendente (pasando por todos los cambios) en modo M (Manual), es decir pasando marchas a voluntad haciendo uso de botones a un costado de la palanca (+ y -), se acelera desde 0 por lo que el embrague impar (A), correspondiente para la 1^{era} marcha, se acopla mediante un motor eléctrico acciona un actuador electromecánico que hará presión sobre un muelle de diafragma, al igual que un embrague convencional.

Al momento de engranar la 1^{era} marcha y estar acoplado su embrague, la 2da marcha también estará accionada pero su embrague par (B) desacoplado, por lo que, hacia las ruedas solo se transmitirá el par de la 1^{era} marcha. Al seguir acelerando y verse en la necesidad de subir una marcha, solo tendrá que desacoplar el embrague impar y acoplar el embrague par y debido a que el cambio (2da) ya estaba seleccionado, el torque será transmitido por éste hacia las ruedas. En el momento de acoplar el embrague par, en la transmisión automáticamente se engrana el cambio siguiente (3^{era}), pero sin su embrague acoplado. Cuando el usuario desee pasar a 3^{era} apretando el botón +, la unidad de control nuevamente dará la orden de desacoplar el embrague par mientras se acopla el embrague impar con el cual el torque usará la otra flecha de salida hacia el diferencial de salida. De forma que solo se va accionando solo un embrague a la vez y la marcha siguiente estará ya engranada pero debido a que su embrague no estará acoplado, no se podrá pasar a dicha marcha a menos que se seleccione su embrague.

2.1.4. Disposición de la transmisión DPS6

En la Figura 2-8, se puede observar que la transmisión se encuentra ubicado de manera transversal al vehículo. Generalmente, se suelen encontrar en vehículos de competencia con motores transversales y tracción delantera



Fuente: https://www.team-bhp.com/forum/technical-stuff/168683-ford-powershift-dual-clutch-transmission-dct-technical-overview.html

Figura 2-8 Ubicación de componentes principales.

CAPÍTULO 3 : DOBLE EMBRAGUE DPS6

3.1. SISTEMA DE DOBLE EMBRAGUE

3.1.1. Componentes del sistema de embrague

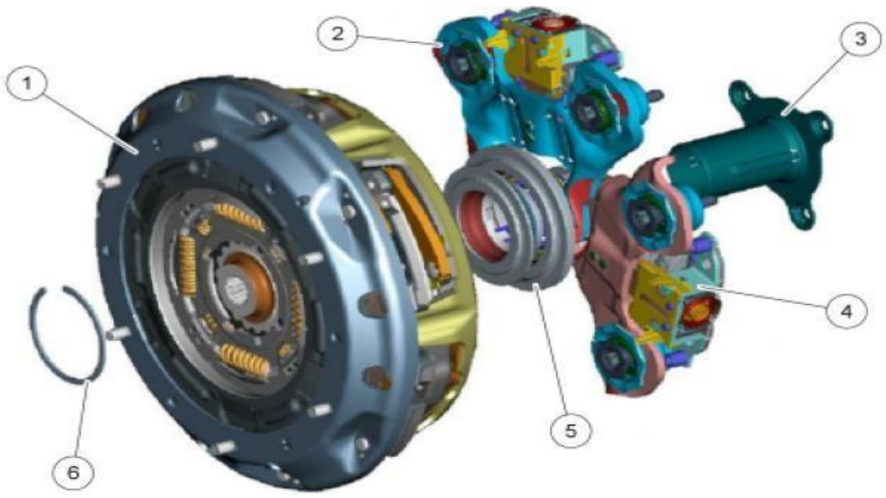
En la Figura 3-1 se puede observar que el sistema de embrague este compuesto por la unidad de embrague, la unidad de acople que comprende a ambos cojinetes de acoplamiento, los cuales funcionan por separado según se activan los actuadores.

El actuador del embrague A tiene control del cojinete externo y de mayor diámetro que ejercerá la presión sobre el muelle de diafragma externo. A diferencia del actuador del embrague B que controla el cojinete interno y de menor diámetro para accionar sobre el muelle de diafragma interno, los dos actuadores de palanca (2/4), que se activan a través de un motor eléctrico accionador de embrague.

Los dos cojinetes de acople son acomodados por la manga guía de manera que se puedan mover de forma independiente entre sí, para esto cuenta con ranuras donde se enganchan en segmentos entre sí.

También cuenta con un elemento de compensación interno que se utiliza para compensar cualquier desviación en las palancas de accionamiento. Los dos cojinetes están equipados con un disco de acople endurecido.

La unidad de embrague está conectada a las dos flechas de entrada de la transmisión y unida al volante de inercia con tuercas, las cuales deben sacarse si se desea quitar el conjunto de la transmisión.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

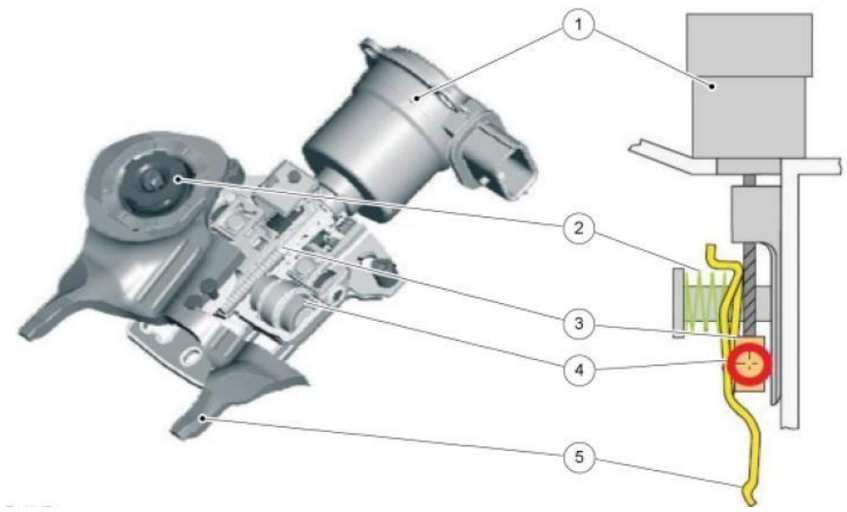
Figura 3-1 Componentes externos del sistema de doble embrague.

Tabla 3-1 Componentes externos del sistema de doble embrague.

	Descripción
1	Unidad de embrague
2	Palanca del actuador del embrague A
3	Manga guía
4	Palanca del actuador del embrague B
5	Cojinete de acoplamiento
6	Anillo de expansión

3.1.2. Actuador de palanca electromecánico

Los motores del actuador del embrague están apernados directamente en la carcasa del embrague de la transmisión.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-2 Actuador de palanca electromecánico.

Tabla 3-2 Componentes del actuador de palanca electromecánico.

	Descripción
1	Motor del actuador del embrague DC sin escobillas
2	Resorte a presión
3	Tuerca de bola de recirculación
4	Rodillos
5	Palanca de enganche

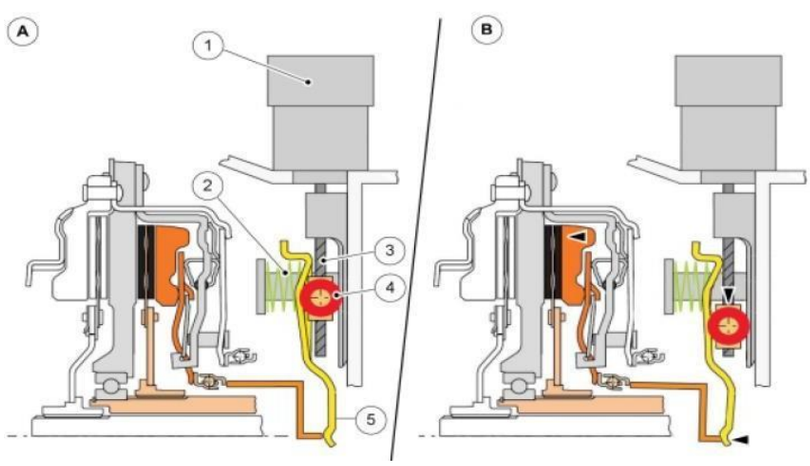
3.1.2.1. Funcionamiento

La fuerza requerida para cerrar los embragues la genera, en gran medida, un muelle helicoidal (Ver Figura 3-3, N°. 2) a través del sistema mecánico del actuador de palanca. Esta fuerza actúa sobre el extremo exterior de la palanca de enganche (Ver Figura 3-3, N.°5), la cual tiene la forma de un estribo.

Por lo que, cuando el motor se energiza por la señal del TCM, rota un tornillo sin fin (Ver Figura 3-3 N°. 3), ubicado de forma longitudinal al motor mismo, en el cual está puesto el rodillo (Ver Figura 3-3, N°. 4), que en ese momento comenzará a desplazarse hacia la punta del sin fin por efecto del giro, cambiando la posición en la que se hace palanca por lo que la acción del resorte se vuelve más efectiva al utilizar mejor la fuerza aplicada en otro punto de la palanca, provocando que la palanca de enganche actúe en sobre su cojinete de acople para que éste accione el embrague respectivo.

Cuando el motor DC del actuador del embrague (Ver Figura 3-3, N°. 1) se desenergiza, el embrague se abre. (Ver Figura 3-3). Con el fin de mantener el embrague en posición cerrada, se aplica una corriente de sujeción al motor del actuador del embrague. Tan pronto como la corriente de sujeción es apagada por el TCM, los resortes de la palanca se aflojan y el embrague se abre. Cuando la palanca de enganche se rota hacia atrás, la forma de la palanca de enganche asegura que los rodillos regresen a su posición de inicio.

- Este proceso se realiza de forma alternada entre los embragues.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

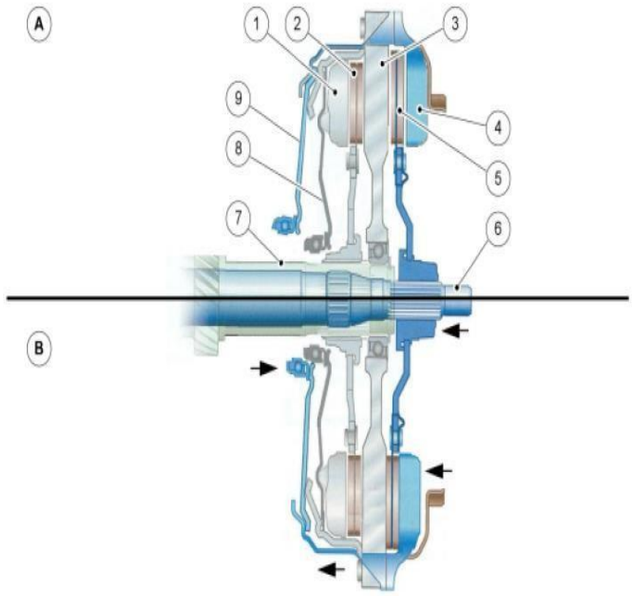
Figura 3-3 Actuador de palanca electromecánico.

Tabla 3-3 Componentes del actuador de palanca electromecánico.

	Descripción
A	Embragues abiertos Obs: motor del actuador del embrague DC sin escobillas desenergizado
B	Embrague B cerrado Obs: motor del actuador del embrague DC sin escobillas energizado
1	Motor del actuador del embrague DC sin escobillas
2	Resorte de presión
3	Desarmador de bola
4	Rodillos
5	Palanca de enganche

3.1.3. Diagrama esquemático de embrague acoplado y desacoplado

Los dos resortes de palanca o muelles de diafragma (Ver Figura 3-4, N°. 8 y N°. 9) desacoplan los embragues en el estado de reposo. Estos se acoplan a través del accionamiento del cojinete de acople pertinente, el cual actúa sobre el resorte de palanca correspondiente. Al presionar el muelle de diafragma, la placa de presión pertinente (Ver Figura 3-4, N°. 1 y N°. 4) se presiona contra el disco de embrague (Ver Figura 3-4, N°. 2 y N°. 5) y el disco de transmisión (Ver Figura 3-4, N°. 3), provocando que el torque proveniente del giro motor y disco de transmisión se traspase al disco de embrague acoplado a su eje de entrada hacia la transmisión. De esta forma se va alternando el accionamiento de los embragues según la marcha usada, pasando de uno al otro haciendo uso de ambos lados del disco de transmisión. (Ver Figura 3-4)



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-4 Diagrama accionamiento del embrague A.

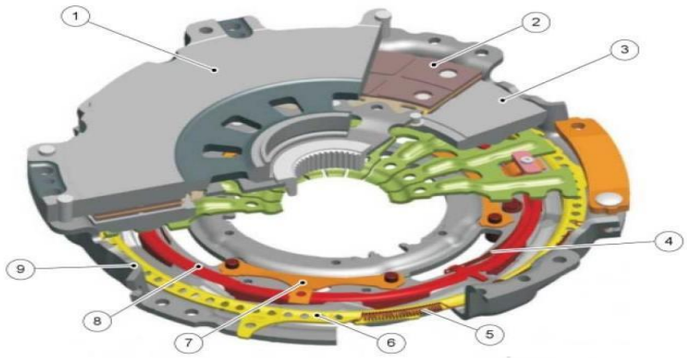
Tabla 3-4 Componentes del embrague A y B.

	Descripción
A	Embrague en estado de reposo (abierto)
B	Embrague A cerrado
1	Placa de presión B
2	Disco de embrague B
3	Disco de transmisión
4	Placa de presión A
5	Disco de embrague A
6	Flecha de entrada A
7	Flecha de entrada B
8	Muelle de diafragma B
9	Muelle de diafragma A

3.1.4. Diagrama seccional embrague B y auto ajuste

Como resultado del desgaste en los discos del embrague, se modifica la posición del muelle de diafragma, esto altera la presión de contacto y la fuerza de enganche, provocando un funcionamiento ineficiente al acoplar y podría traer como consecuencia mayores cargas en los motores de los actuadores electromecánicos. A fin de mantener la posición de los componentes del muelle de diafragma y, por lo tanto, la presión de contacto y la fuerza de acople relativamente constante, el embrague doble cuenta con un ajuste de desgaste controlador por recorrido. (Ver Figura 3-5)

El ajuste permite variar la altura donde el muelle de diafragma hace palanca para presionar al disco de embrague, permitiendo que la palanca se haga efectiva, es decir, la superficie del disco de embrague tenga contacto total contra el disco de transmisión, aun si el disco de embrague se encuentra desgastado, supliendo la materia faltante del embrague con el aumento del espacio entre la base del muelle de diafragma (circunferencia) y la carcasa donde se apoya. El ajuste se activa cuando el sistema se percata que el muelle de diafragma tiene que “hundirse” más para ejercer la presión correcta sobre el disco de embrague desgastado, al tener más holgura el resorte de anclaje (Ver Figura 3-5, N°. 7) tenderá a levantar el anillo escalonado (Ver Figura 3-5, N°. 8), provocando que éste rote por acción de un resorte precargado que lo mueve en un solo sentido para que, gracias a la forma dentada del elemento y la base donde descansa, quede fijo en una posición (más arriba). Esto provoca que muelle de diafragma quede separado del anillo escalonado y por consecuencia del resorte de tensión de ajuste (Ver Figura 3-5, N°. 5), el anillo escalonado se girará hasta topar al muelle de diafragma. Entonces el ajuste queda completo.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-5 Embrague B y auto ajuste.

Tabla 3-5 Componentes del embrague B.

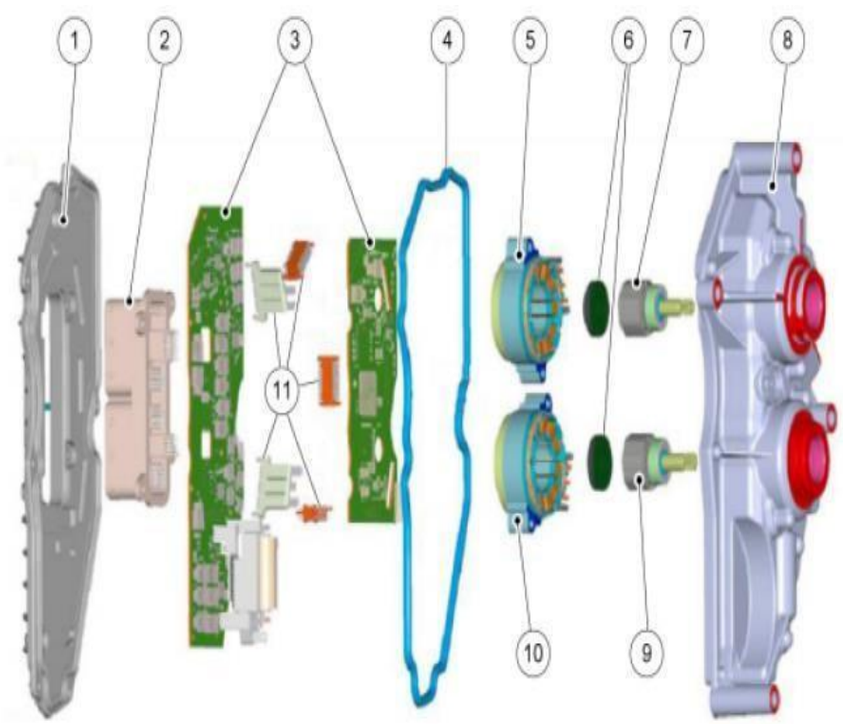
	Descripción
1	Disco de transmisión
2	Disco de embrague B
3	Placa de presión B
4	Resorte de rodillo de ajuste
5	Resorte de tensión de ajuste
6	Anillo escalonado de ajuste
7	Resorte de anclaje
8	Anillo escalonado
9	Cubierta de embrague

3.2. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

Los sistemas de control han ido evolucionando desde configuraciones más comunes, como la mecánica, hacia programas no tangibles basados en softwares, los cuales tienen la capacidad de controlar o permitir cada acción que realiza el automóvil. En este caso, se cuenta con diferentes unidades de control asignadas para un conjunto de funciones específicas y así realizar un mayor número de tareas sin importar la complejidad de estas. Por ejemplo, la TCM es la unidad destinada solo al control de la transmisión, pero se comunica directamente con la unidad de control maestra del vehículo, para así poder intercambiar señales de sensores para aclarar el panorama en tiempo real de funcionamiento y así mover motores conectados a actuadores buscando realizar una acción específica, por ejemplo, pasar una marcha.

3.2.1. TCM (Módulo de control de la transmisión)

3.2.1.1. Desensamble del TCM



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-6 Desensamble TCM.

Tabla 3-6 Componentes de la TCM.

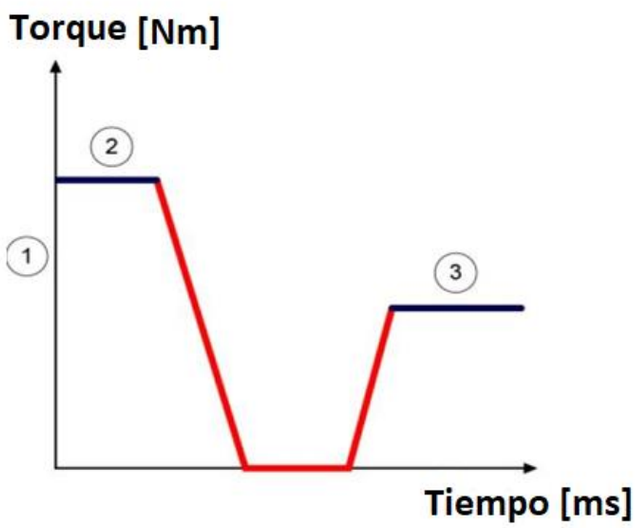
	Descripción
1	Carcasa trasera
2	Conexión
3	Unidad de control
4	Junta
5	Motor eléctrico de cambio B 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa
6	Rodamientos de los motores eléctricos
7	Motor eléctrico de cambio B 2da, 4ta, 6ta velocidad y reversa de B
8	Carcasa delantera
9	Motor eléctrico de cambio A 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad de A
10	Motor eléctrico de cambio A 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad de A
11	Enchufe del conector de la unidad de control

Los dos motores eléctricos (Ver Figura 3-6, N°,5-9), que mueven los tambores giratorios de cambio, se encuentran incorporados en la carcasa de la unidad de control o TCM. En servicio, el TCM solo puede reemplazarse como una unidad completa.

3.2.1.2. Estrategias de control

a) Cambio en la transmisión manual común v/s transmisión DPS6

En el Gráfico 3-1, se muestra que, al cambiar de marchas en una transmisión manual convencional, la baja de torque es considerable debido al tiempo ocupado en realizar el proceso, provocando que el motor tenga tiempo para que decaigan sus RPM mientras se suelta el pedal del acelerador para presionar el de embrague. La propulsión se ve interrumpida y la eficiencia de combustible disminuye por hacer que el motor trabaje oscilante y no dentro de su zona ideal (curvas características).



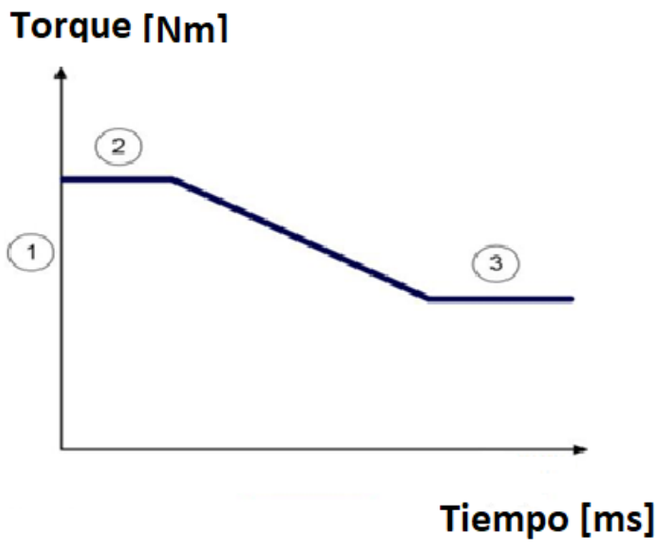
Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6. Transmisión manual.

Gráfico 3-1 Torque versus tiempo. Transmisión manual monodisco.

Tabla 3-7 Descripción gráfico Torque vs Tiempo (embrague monodisco).

	Descripción
1	Torsión de conducción [Nm]
2	Primera velocidad
3	Segunda velocidad

b) Cambio en la transmisión DPS6 v/s transmisión manual común



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6. Cambio de marchas con doble embrague.

Gráfico 3-2 Torque versus tiempo. Transmisión manual doble embrague.

Tabla 3-8 Descripción gráfico Torque vs Tiempo (doble embrague).

	Descripción
1	Torsión de conducción [Nm]
2	Primera velocidad
3	Segunda velocidad

En el Gráfico 3-2, se muestra el cambio de marchas con el sistema de doble embrague que, sumado al tambor giratorio para sincronizar marchas, permite un flujo de torsión y potencia levemente restringido, permitiendo respuestas de cambios más rápidas y por ende una conducción más deportiva si así desea el conductor. En cualquier caso, las pérdidas de torque disminuyen junto con el consumo

c) Embrague

Esta transmisión cuenta con un sistema de doble embrague en seco de accionamiento electromecánico, esto permite que haya dos relaciones de transmisión enganchadas al mismo tiempo al diferencial. Se usa solo un embrague a la vez, por lo que el otro permanece abierto hasta el cambio de marcha donde harán el intercambio de funcionamiento.

Dependiendo de la posición del pedal de acelerador, las exigencias e intenciones del conductor, el embrague de marcha usado se abre al mismo tiempo que el otro embrague, con la marcha superior o inferior, acopla o se cierra. Como resultado de esta superposición de los embragues, solo se encuentran perdidas mínimas en la transmisión de torque.

El TCM controla el sistema de embrague y cambios con la ayuda de los cuatros motores eléctricos (2 para embrague y 2 para cambio de marchas) con sensores de posición integrados. La información sobre la posición de los motores eléctricos se envía al TCM. Gracias a esto, el TCM sabe qué velocidades están enganchadas y a través de cuál embrague se dirige el flujo de potencia.

d) Control de marchas

El control de marchas o cambios se basa en una estrategia del software para determinar el punto exacto de cambio según variables entregadas por sensores que idealmente reflejan las condiciones de conducción e intenciones del conductor, para actuar según corresponda.

Con el fin de determinar con precisión los puntos de cambio de marchas, el TCM recibe y utiliza la siguiente información proveniente del bus de datos HS-CAN (Bus de datos entre la ECU general del vehículo y la TCM propia de la transmisión):

- Marcha actual.
- Velocidad del vehículo.
- Velocidad y torsión del motor.
- La posición del acelerador.
- Temperatura del motor.
- Temperatura del aire exterior para determinar la viscosidad del líquido de transmisión cuando está frío.

- Ángulo de la dirección desde el sensor de rotación del volante a fin de evitar cambiar a una velocidad inferior al tomar una curva para evitar perder tracción.
- Información acerca de las intervenciones de frenado.
- Velocidad de la flecha de entrada para velocidades pares e impares desde el sensor de velocidad respectivo.

El TCM va monitoreando cada cambio de velocidad a fin de permitir cambios suaves en todos los estilos de conducción, para esto, controla los motores eléctricos del embrague y cambios. Adaptando el tiempo de accionamiento según variables que afectan directamente al paso de marchas, las cuales son:

- Puntos de enganche del embrague: Se determina el tiempo que demoran los embragues en acoplar. Esto se complementa con la función de autoajuste del embrague mismo.
- Coeficiente de fricción del embrague: Este valor se determina por el material de fabricación del embrague y disco de transmisión. Un elevado valor de este parámetro permite minimizar la presión necesaria para conseguir la transmisión de par evitando el deslizamiento entre el disco de embrague y de transmisión.
- Posiciones individuales del ensamble del sincronizador: Para coordinar exactamente la entrada de marcha siguiente según la activación del embrague, se requiere conocer la posición en la que se encuentran los sincronizadores de marcha o también llamados manguitos selectores.

Conociendo estos valores, se almacenan en la RAM (memoria no volátil) y son usados como base para manipular el accionamiento de los motores eléctricos y sus respectivos actuadores para mantener el modo de conducción funcionando de la forma más eficiente posible. Los modos posibles son:

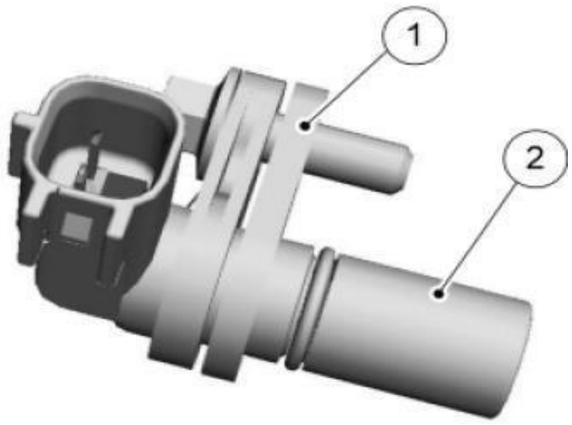
- Modo automático o directa (D): El TCM adapta los puntos de cambio para que coincidan con las condiciones de conducción, es decir, si se conduce a una velocidad moderada con el pedal siendo presionado levemente, se mantendrá la marcha ideal para dicha velocidad. A diferencia de una conducción más agresiva o a punto de realizar un adelantamiento donde el pedal se presiona fuertemente en un período corto de tiempo donde se necesitará respuesta inmediata del vehículo, el TCM emitirá la orden de disminuir la marcha actual para que las RPM suban en conjunto con la potencia y así permitir que el vehículo reaccione rápidamente ante la aceleración brusca.

- Modo Select-Shift (S): Este modo puede activarse sólo si la palanca selectora se encuentra en la posición S ya que el conductor tendrá el control de la marcha en la que circula, haciendo los cambios a voluntad siempre que no se excedan las 6500 RPM ni desciendan por debajo de los valores predeterminados mínimos para mantener el motor encendido. Estos valores pueden variar según el vehículo en el cual se encuentre instalada la transmisión, ya que la TCM podría estar configurada de forma diferente.
- Modo reversa (R): El TCM solo permite seleccionar el engranaje de reversa si la velocidad del vehículo es menor a 14.5 Km/h. Este valor puede variar según la masa del vehículo, ya que al acoplar la reversa en movimiento los componentes internos reciben una carga inercial importante debido al giro contrario. Por lo que se recomienda siempre engranar en velocidad 0 km/h.
- Posición de la palanca en parking (P): Al ponerse el vehículo en P, además del accionamiento del trinquete de estacionamiento, se acoplan los engranajes de 1^{era} y R.

3.2.2. Sensores y motores eléctricos de la transmisión

3.2.2.1. Sensor ISS A (Sensor de velocidad de la flecha de entrada A)

En la Figura 3-7, se puede observar el sensor de velocidad de la flecha de entrada A, o, ISS A. Este sensor es del tipo inductivo de imán permanente, esto se refiere a que tiene un campo magnético que se ve afectado por la frecuencia giro del engranaje al que esté próximo, provocando que el giro mecánico de éste determine la frecuencia con la que se verá interferido el imán del sensor. Si la frecuencia es mayor, el sensor lo asociará a una mayor velocidad de giro, situación contraria se produce cuando la frecuencia es menor. Dicha señal eléctrica se envía a la TCM para que ésta use la información.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-7 Sensor ISS A.

Tabla 3-9 Componentes del Sensor ISS A.

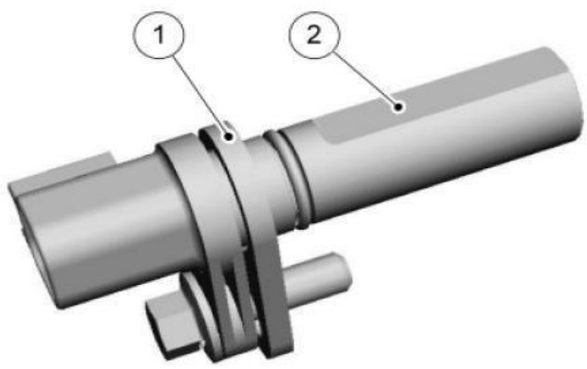
	Descripción
1	Espaciador
2	Sensor ISS A

Está adherido a la carcasa de la transmisión externamente y asegurado con un perno. El sensor se encuentra apuntando al engranaje de la 3^{era} velocidad para detectar la velocidad de rotación y el sentido de giro. Se encuentra ubicado en dicho lugar debido a que el engranaje de 3^{era} gira solidariamente con los engranajes de 1^{era} y 5ta por su conexión directa con el eje de entrada A, por lo que la velocidad de entrada y salida será calculada teniendo en cuenta sus diferencias en la relación de transmisión.

3.2.2.2. Sensor ISS B (Sensor de velocidad de la flecha de entrada B)

El sensor de velocidad de la flecha de entrada B, o, ISS B (Ver Figura 3-8), al igual que el ISS A, es del tipo inductivo de imán permanente y se encuentra adherido a la carcasa de la transmisión externamente y asegurado con un perno. El sensor se encuentra apuntando al engranaje de la 4º velocidad para detectar la velocidad de rotación y el sentido de giro.

Se encuentra ubicado en dicho lugar debido a que el engranaje de 4ta gira solidariamente con los engranajes de 2da y 6ta por su conexión directa con el eje de entrada B, por lo que la velocidad de entrada y salida será calculada teniendo en cuenta sus diferencias en la relación de transmisión.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

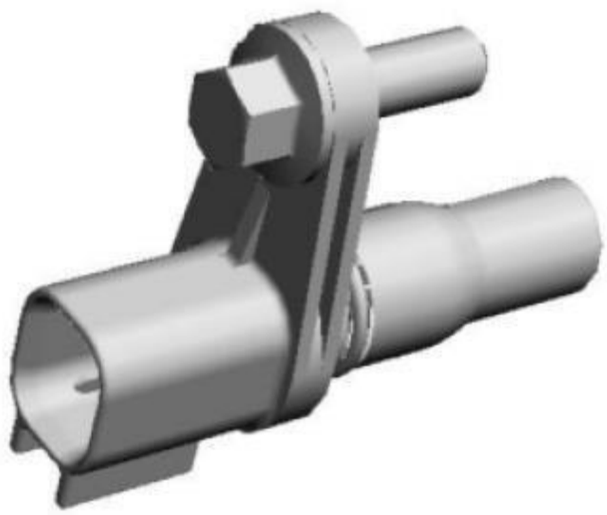
Figura 3-8 Sensor ISS B.

Tabla 3-10 Componentes del Sensor ISS B.

	Descripción
1	Espaciador
2	Sensor ISS B

3.2.2.3. Sensor OSS (Sensor de velocidad de salida del diferencial)

El funcionamiento del sensor de velocidad de salida del diferencial, u, OSS, es idéntico al sensor ISS, solo que este se encuentra adosado a la transmisión, apuntando hacia el diferencial, por lo que indica la velocidad de salida final o hacia las ruedas. (Ver Figura 3-9)

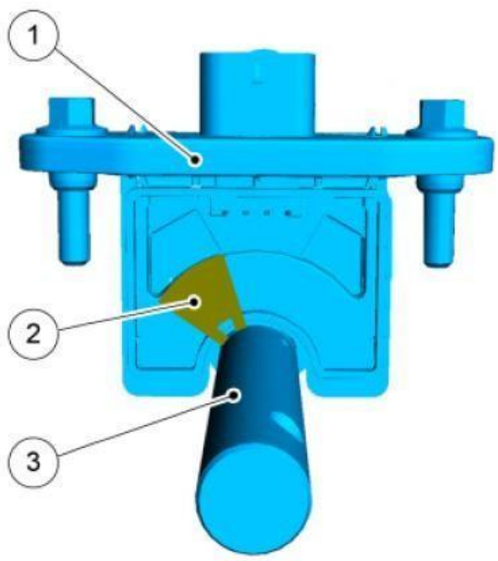


Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-9 Sensor OSS.

3.2.2.4. Sensor TR (Sensor de posición de palanca selectora)

En la Figura 3-10, se puede ver el sensor de posición de la palanca selectora, o, sensor TR. Éste está montado en la transmisión y su función es detectar la posición de palanca selectora. Este sensor solo permite al vehículo arrancar en las posiciones P(estacionamiento) y N (neutral). Su señal de salida es lineal, por lo que funciona como interruptor para que el TCM reciba la posición de la palanca selectora y así controlar el accionamiento del relé inhibidor del motor de arranque y el encendido de las luces de reversa. No hay señal sustituta el para el sensor de TR, por lo que, si la conexión se corta o falla, el vehículo no podrá arrancar.



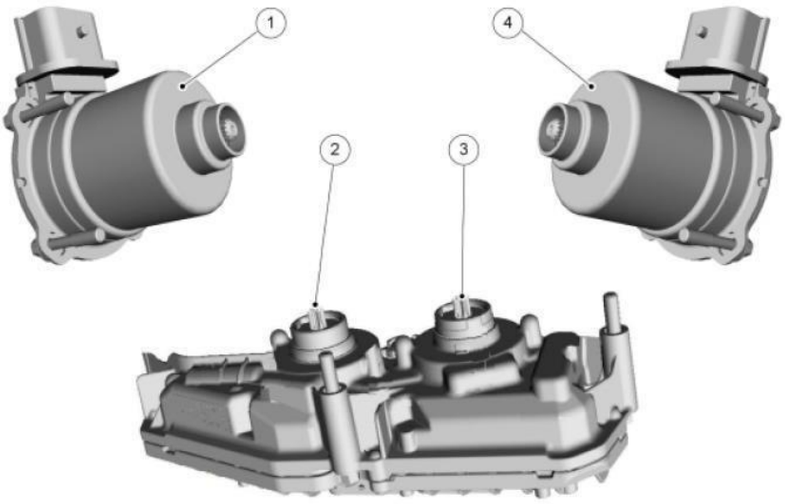
Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-10 Sensor TR.

Tabla 3-11 Componentes del Sensor TR.

	Descripción
1	Sensor de TR
2	Placa de la cubierta
3	Biela de accionamiento

3.2.2.5. Motores eléctricos



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

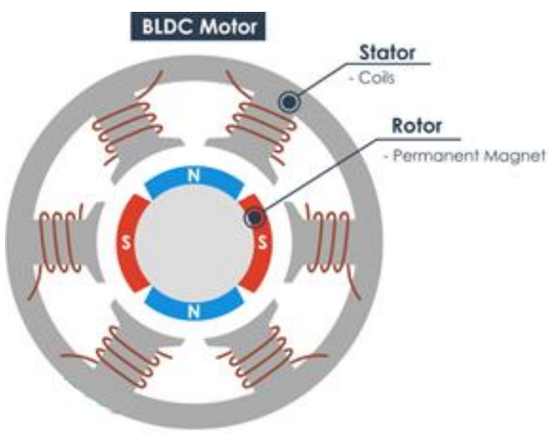
Figura 3-11 Motores eléctricos de la transmisión.

Tabla 3-12 Componentes de los motores eléctricos de la transmisión.

	Descripción
1	Motor del actuador del embrague de DC A Obs: Acciona el embrague para la 1^{era}, 3^{era} y 5ta velocidad a través del actuador de palanca electromecánico
2	Motor eléctrico de cambio A en el TCM Obs: Controla las horquillas del selector para 1^{era}, 5ta y 3^{era} velocidad/reversa a través del tambor del selector de engranaje 1
3	Motor eléctrico de cambio B en el TCM Obs: Controla las horquillas del selector para 2da, 6ta y 4ta velocidad/reversa a través del tambor del selector de engranaje 2
4	Motor del actuador del embrague de DC B Obs: Acciona el embrague para 2da, 6ta y 4ta velocidad y reversa a través del actuador de palanca electromecánico

Los motores usados corresponden a motores eléctricos “brushless” o sin escobillas de corriente continua (Ver Figura 3-11), los cuales son sucesores de los antiguos motores con escobillas que, a pesar de ser más baratos, tienen muchas desventajas en comparación a la nueva generación de motores brushless. Los antiguos motores incorporaban, además del rotor y estator, un llamado “porta escobillas” que corresponde a un elemento que porta los carbones o escobillas, que entran en contacto directo con el rotor para alimentarlo eléctricamente y así generar el campo magnético necesario para inducir al estator. Este método involucra elementos en contacto directo, por lo que desprende calor, chispas y generan fricción que acorta la vida útil de los elementos internos, provocando que las mantenciones periódicas sean necesarias.

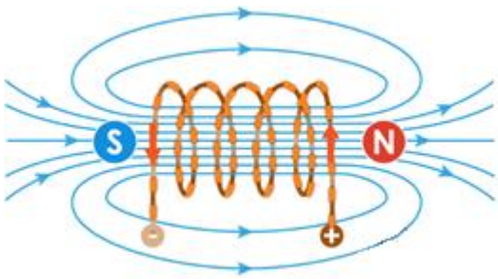
Los motores brushless de corriente continua, o también llamados motores BLDC, pueden considerarse más caros debido a su necesidad de incorporar un elemento de control. Este dispositivo electrónico consta de dos partes principales, un estator y un rotor. El rotor es un imán permanente de dos polos, mientras que el estator está compuesto por bobinas dispuestas como se muestra en la Figura 3-12.



Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-12 Componentes internos de un motor eléctrico brushless

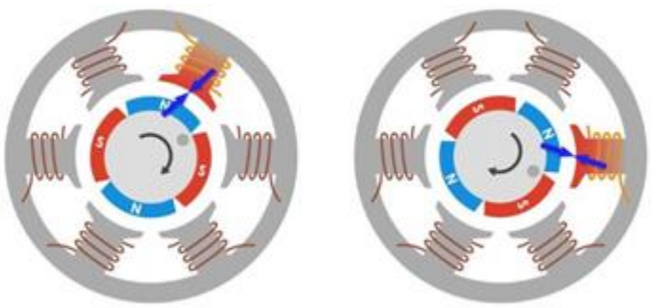
Al aplicar corriente a través de una bobina, se generará un campo magnético y las líneas del campo magnético o los polos dependen de la dirección de la corriente.



Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-13 Bobina de campo magnético

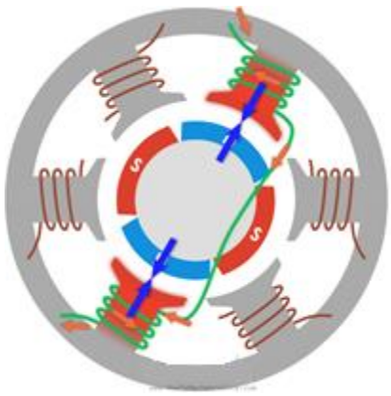
Este campo magnético atraerá el imán permanente de los rotores, por lo tanto, al activar cada bobina, una tras otra, el rotor seguirá girando debido a la interacción de fuerzas entre el permanente y el electroimán. (Ver Figura 3-14)



Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-14 Bobina energizada en un motor eléctrico brushless

Para incrementar la eficiencia del motor, se enrollan dos bobinas opuestas como si fuese una sola, de manera que se generen polos opuestos a los dos polos del rotor, obteniendo una fuerza de atracción doble. (Ver Figura 3-15)

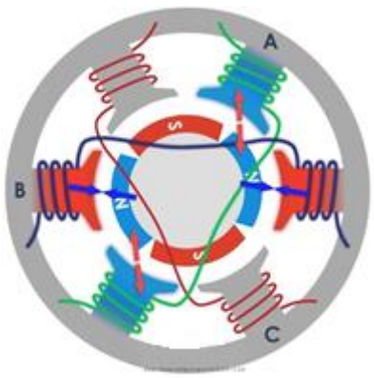


Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-15 Energizado de bobinas opuestas

Con esta configuración se pueden generar los seis polos en el estator con solo 3 bobinas o fase. Se incrementa la eficiencia energizando dos bobinas al mismo tiempo, de modo que, una bobina atraerá y la otra repelerá el rotor (Ver Figura 3-16).

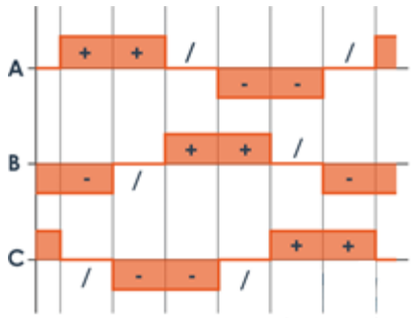
Al no haber elementos en interacción física constante; el desgaste se minimiza, no emiten ruidos mayores, pueden alcanzar un mayor número de giros por unidad de tiempo, generan más potencia en relación con su peso y prácticamente son libres de mantenimiento.



Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-16 Energizado de dos bobinas

En el Gráfico 3-3, se puede observar que el rotor necesita seis pasos o intervalos para realizar un ciclo completo de 360º.

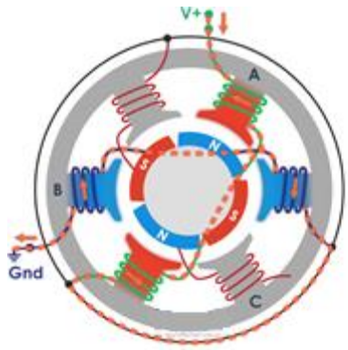


Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Gráfico 3-3 Forma de la curva de corriente del motor eléctrico brushless

En cada intervalo hay una fase de corriente positiva, una fase con corriente negativa y una fase se apaga. Esto permite conectar los puntos finales libres de cada una de las tres fases juntos y así podemos compartir la corriente entre ellas o usar una sola corriente para energizar las dos fases al mismo tiempo

En la Figura 3-17, se puede observar como ejemplo que si se energiza la fase A al conectarse a la tensión de corriente continua positiva , o alterna, con algún tipo de interruptor, que en los motores eléctricos del doble embrague de la transmisión DPS6 son transistores de unión bipolar NPN, y en el otro lado conectamos la fase B a tierra, entonces la corriente fluirá desde V+ (voltaje de corriente continua), a través de la fase A, el punto neutro y la fase B, a tierra. Entonces, con un solo flujo de corriente se generan los cuatro polos diferentes que hacen que el rotor se mueva.

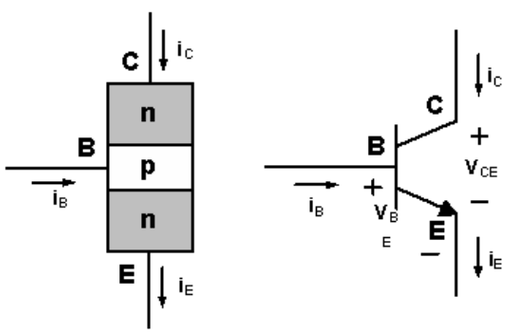


Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Figura 3-17 Motor eléctrico brushless con dos bobinas energizadas.

- Transistor BJT NPN (Transistor de unión bipolar NPN)

Es un dispositivo semiconductor, generalmente compuesto de silicio, construido con tres regiones semiconductoras dopadas (base, colector y emisor) separadas por dos uniones PN, en los cuales las letras "N" y "P" se refieren a los portadores de carga mayoritarios dentro de las diferentes regiones del transistor. Los transistores más utilizados son los BTJ tipo NPN, debido a que la movilidad del electrón es mayor que la movilidad de los "huecos" en los semiconductores, permitiendo mayores corrientes y velocidades de operación. La unión PN entre la base y el emisor tiene una tensión de barrera (V_0) de alrededor de 0,6 V, que es un parámetro importante de un transistor BJT.



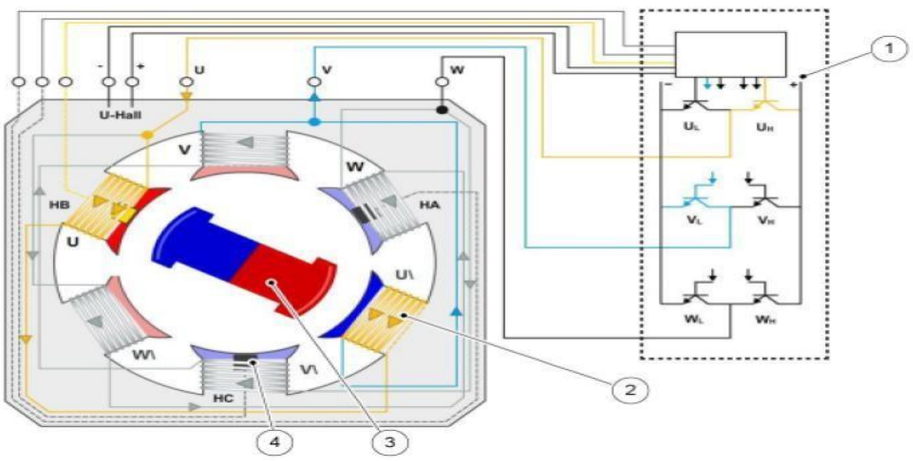
Fuente:

http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_10_3_HowTransistorWorks.html

Figura 3-18 Símbolo esquemático de un transistor tipo NPN, BJT

Con esta configuración se obtiene una conexión en estrella de las fases del motor eléctrico brushless de corriente continua, donde el punto neutro está conectado internamiento y los otros 3 extremos de las fases salen del motor y es por eso por lo que este motor tiene 3 cables que salen de él.

Por lo tanto, en la Figura 3-19, se puede ver que para que el rotor realice un ciclo completo, solo necesitamos activar los dos transistores BTJ del tipo NPN correctos en cada uno de los 6 intervalos, y de esto se encarga el controlador electrónico de velocidad, ESC.



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6

.Figura 3-19 Diagrama de motor eléctrico brushless.

Tabla 3-13 Componentes de motor eléctrico brushless.

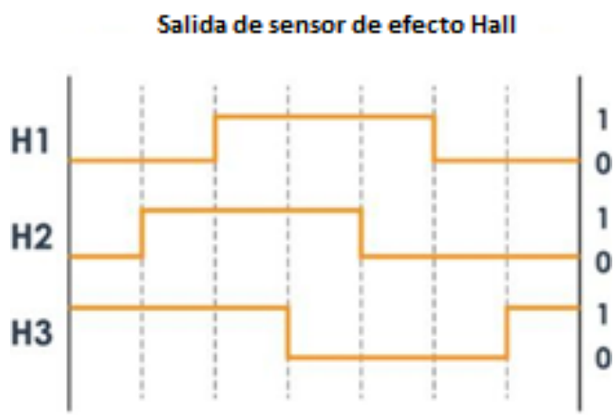
	Descripción
1	Control del motor en el TCM
2	Bobinas del estator
3	Rotor
4	Sensor Hall

El controlador de velocidad electrónico, ESC, controla el movimiento o la velocidad del motor eléctrico brushless activando los transistores adecuados para crear el campo magnético giratorio de manera que el motor gire. Cuanto mayor sea la frecuencia o más rápido pase el controlador a través de los 6 intervalos, mayor será la velocidad del motor.

Sin embargo, existe una pregunta importante sobre como sabemos cuándo activar las fases. Para esto, se necesita conocer la posición del rotor, la cual es indicada por mediante el uso de sensores de efecto hall integrados en el estator, dispuestos a 120º entre sí. En el sistema doble embrague de la transmisión DPS6, son utilizados este tipo de sensores.

En la Figura 3-19, se pueden distinguir los sensores en las bobinas W, U y V \, los cuales van conectados al controlador, informando acerca de la posición y velocidad de giro del rotor. Esta información es necesaria para el accionamiento de los tambores giratorios de marcha y actuadores electromecánicos para la selección de embragues.

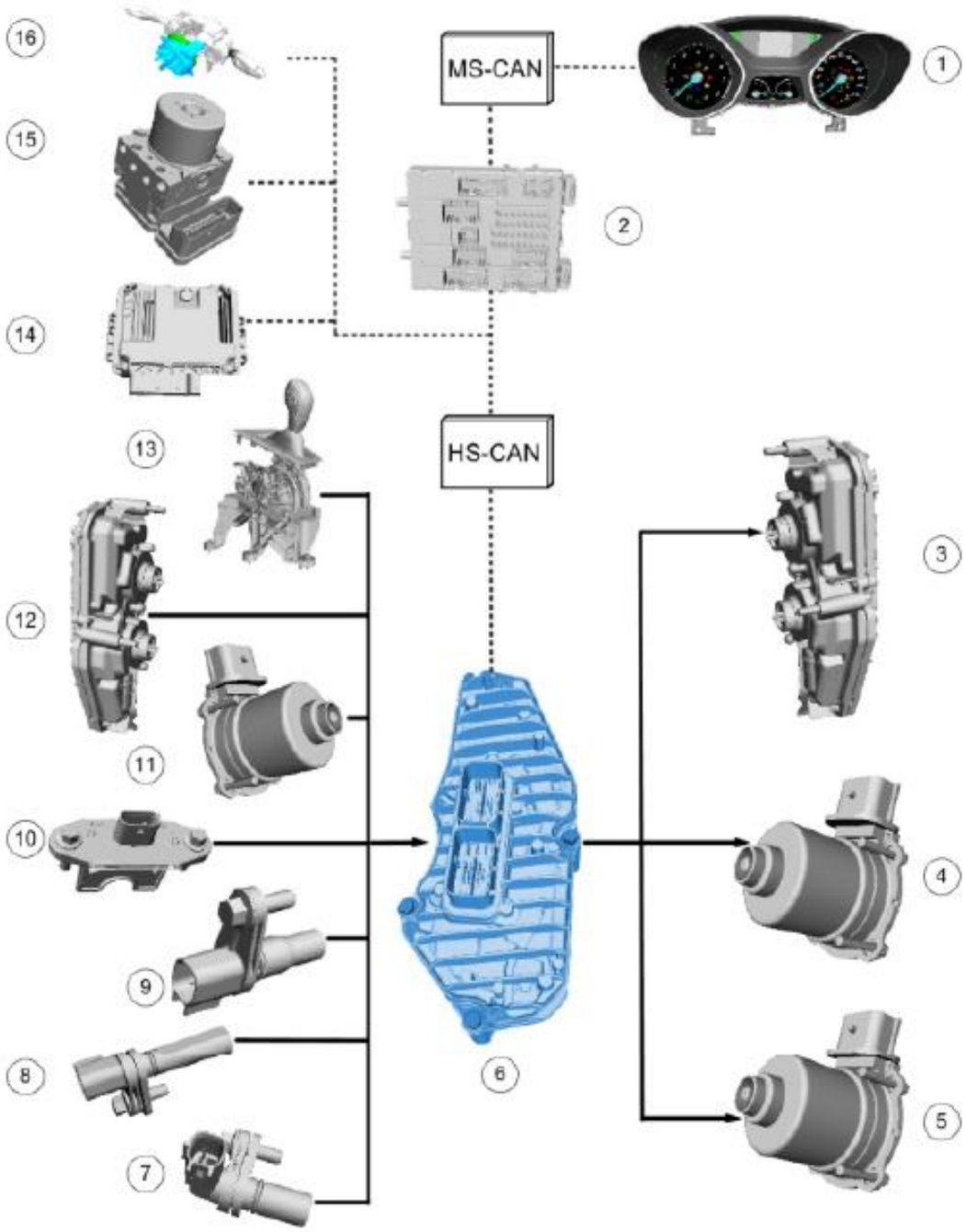
A medida que los rotores de los imanes permanentes giran, los sensores de efecto Hall detectan el campo magnético y generan una lógica "alta" para un polo magnético o la lógica "baja" para el polo opuesto. De acuerdo con esta información, el controlador sabe cuándo activar la siguiente secuencia o intervalo de conmutación.



Fuente: https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm

Gráfico 3-4 Salida de sensor de efecto hall de un motor eléctrico brushless

3.2.3. Diagrama de flujo de componentes eléctricos



Fuente: Manual Ford, transmisión DPS6.

Figura 3-20 Diagrama de flujo componentes eléctricos y electrónicos.

Tabla 3-14 Componentes eléctricos y electrónicos.

	Descripción
1	Tablero de instrumentos
2	ECM
3	Motores eléctricos de cambio en el TCM Obs: accionan las flechas de cambio
4	Motor del actuador del embrague de DC A
5	Motor del actuador del embrague de DC B
6	TCM
7	Sensor ISS A
8	Sensor ISS B
9	Sensor OSS
10	Sensor de TR
11	Sensores Hall del motor del actuador del embrague de DC A y B
12	Sensores Hall de los motores de cambio eléctricos en el TCM
13	Interruptor de selección de cambio
14	PCM
15	ABS
16	Sensor de giro del volante

3.3. DATOS ESPECÍFICOS DE LA TRANSMISIÓN

3.3.1. Tipo de aceite usado por la transmisión

- SAE 75W 1.8 [L].

3.3.2. Sincronizadores de marcha

- Sincronizador con embrague de marcha y bola de seguro.

3.3.3. Diferencial

- Tipo tornillo sin fin.

3.3.4. Torque máximo que soporta

- Torque máx.: 250 Nm.

3.3.5. Material de fricción del disco de embrague

Existe un amplio rango de materiales de fricción en función de las necesidades específicas del vehículo, por potencia y uso. Otras partes estructurales del embrague, incluyendo el volante motor y el plato de presión sobre el que fricciona el material del disco de embrague, se utiliza fundición de hierro, aluminio (volante) o acero convencional, también se utiliza aleaciones especiales de acero, titanio, o carbono (carcasa) en alta competición.

En la tabla 3-15, se puede observar que el material del que está fabricado el revestimiento del disco de embrague es de carbono (Clutch, Carbon facing). Este tipo de revestimiento se considera orgánico, son fibras de metal entre tejido compactado de aramida (poliamida aromática con estructura química perfectamente regular con las propiedades de una cadena razonablemente rígida, estable mecánicamente y muy tenaz) o fibra de vidrio y aglutinado mediante resinas poliméricas.

Tabla 3-15 Materiales de fabricación Transmisión DPS6.

Materiales de fabricación Transmisión DPS6/6DCT250	
Componentes	Material
Carcasa	Aleación de aluminio
Engranes	Acero al manganeso
Ejes	Acero al manganeso
Caja del diferencial	Hierro fundido/ aluminio
Engranajes del diferencial	Aleación de acero
Anillos sincronizadores	Aleación de acero
Engranajes de cambio, cubo sincronizador	Metal sinterizado
Arandela	Torlon Poliamida
Tornillo pasador	Aleación de acero
Sellador	Adhesivo Loctite
TCU, E-motors	Electrónico
Embrague	Revestimiento de carbón

Fuente: Advanced materials in transmissions design and manufacturing., GETRAG.

Se caracterizan por tener un accionamiento suave y progresivo, larga vida útil, amplio rango de temperaturas de trabajo y periodo de desgaste inicial casi nulo. Los forros con este material soportan un uso intenso, pero son intolerantes al uso abusivo repetido, provocando un sobrecalentamiento.

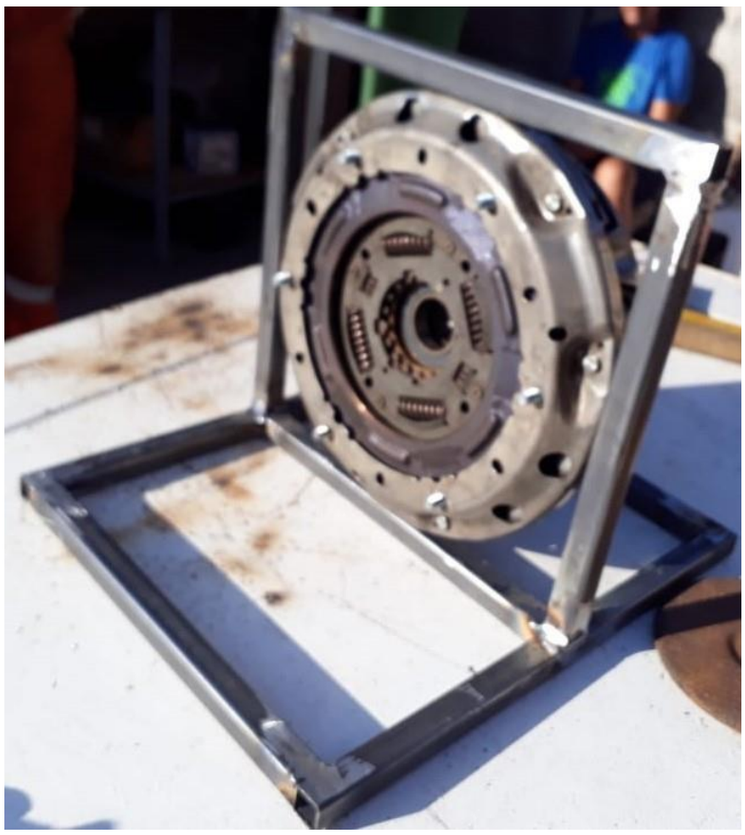
Sin embargo, retornan a sus condiciones óptimas de funcionamientos tras sufrir un calentamiento. El forro del disco de embrague es de color marrón o negro, con las fibras de metal visibles. Generalmente, el metal empleado para su fabricación suele ser cobre o latón.

Las propiedades que debe tener el material del revestimiento del disco son un alto coeficiente de fricción, resistencia al desgaste, a elevadas temperaturas y presiones, por lo tanto, debe mantener constante su coeficiente de fricción sobre un rango de temperaturas y presiones; también debe tener una alta conductividad térmica, baja inercia térmica, buena resistencia a esfuerzos cortantes producidos transmitido por la fricción de los elementos.

CAPÍTULO 4 : CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA

4.1. CONSTRUCCIÓN DE MAQUETA

La presente maqueta muestra un sistema de doble embrague, esto comprende: Dos prensas, dos discos de embragues, disco de transmisión, dos muelles de diafragma, elemento de ajuste para desgaste, entre otros. Se ubica sobre una base de metal con pivotes en los extremos superior e inferior, dando la posibilidad de rotar el elemento, que, gracias a un corte en la carcasa, permite ver el disco de embrague A y B por ambos lados del disco de transmisión.

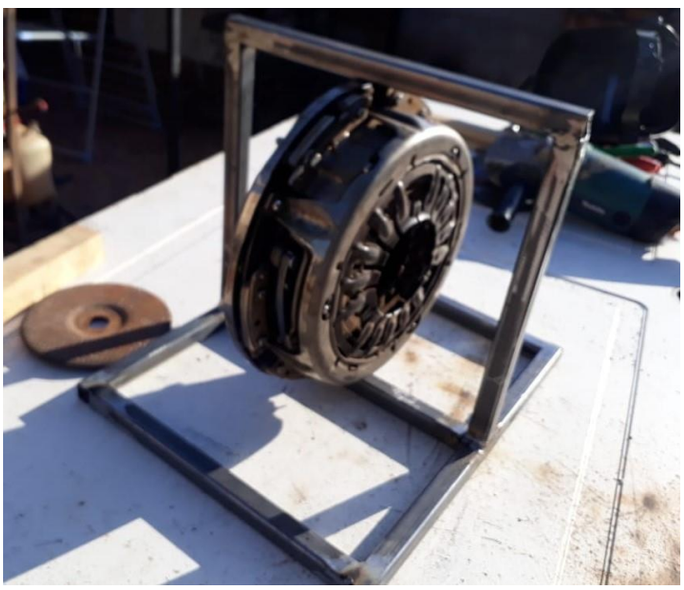


Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-1Vista previa de la maqueta, lado motor.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-2 Vista previa de la maqueta, ángulo de giro 90º.



Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-3 Vista previa de la maqueta, lado caja de transmisión.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-4 Maqueta de embrague doble, ángulo de giro 45º.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-5 Maqueta de embrague doble, vista lado caja de transmisión

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta.

Figura 4-6 Maqueta de embrague doble, vista lateral en corte.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta.

Figura 4-7 Maqueta de embrague doble, vista lateral sin corte.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-8 Maqueta de embrague doble, vista lado volante motor.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-9 Maqueta final. Vista lado volante motor.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-10 Maqueta final. Vista lateral en corte.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-11 Maqueta final. Vista lado caja de transmisión.

Fuente: Doble embrague entregado por la empresa Siglo XXI para la realización de la maqueta

Figura 4-12 Maqueta final. Vista lateral sin corte.

4.2. MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para llevar a cabo la construcción de la maqueta del mecanismo de doble embrague se necesitarán las siguientes herramientas y materiales:

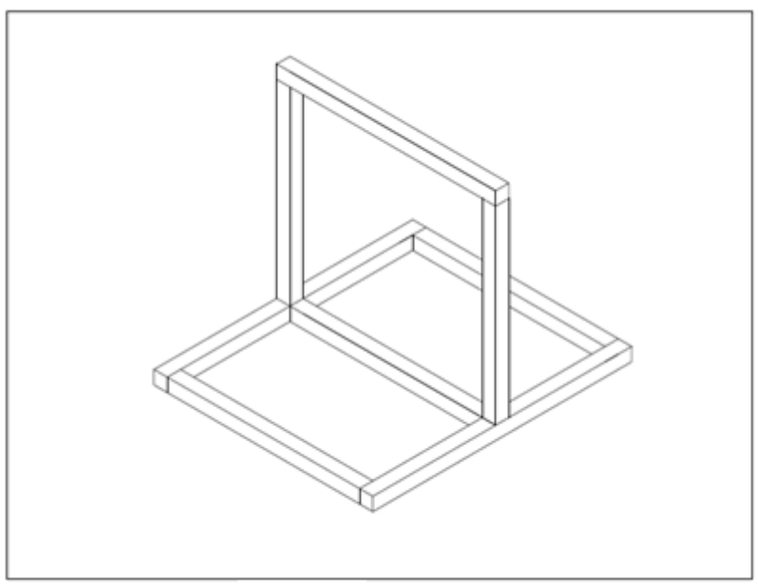
- Esmeril con disco de corte.
- Máquina de soldar con electrodos (6010).
- Taladro con broca de 8 [mm].
- Una barra cuadrada de acero, 20 x 20 [mm], de 6 [m] de longitud.
- Una lámina rectangular de lata, 330 x 390 [mm], de 2 [mm] de espesor.
- Pintura y brocha.

4.3. PLANOS DE LA MAQUETA

A continuación, en los siguientes planos se podrá visualizar las medidas con las que se fabricó el soporte para el mecanismo de doble embrague, que consiste en una base rectangular con un arco recto donde estará sujeto el doble embrague, permitiendo un giro de 360° para observar el doble embrague en todas las direcciones.

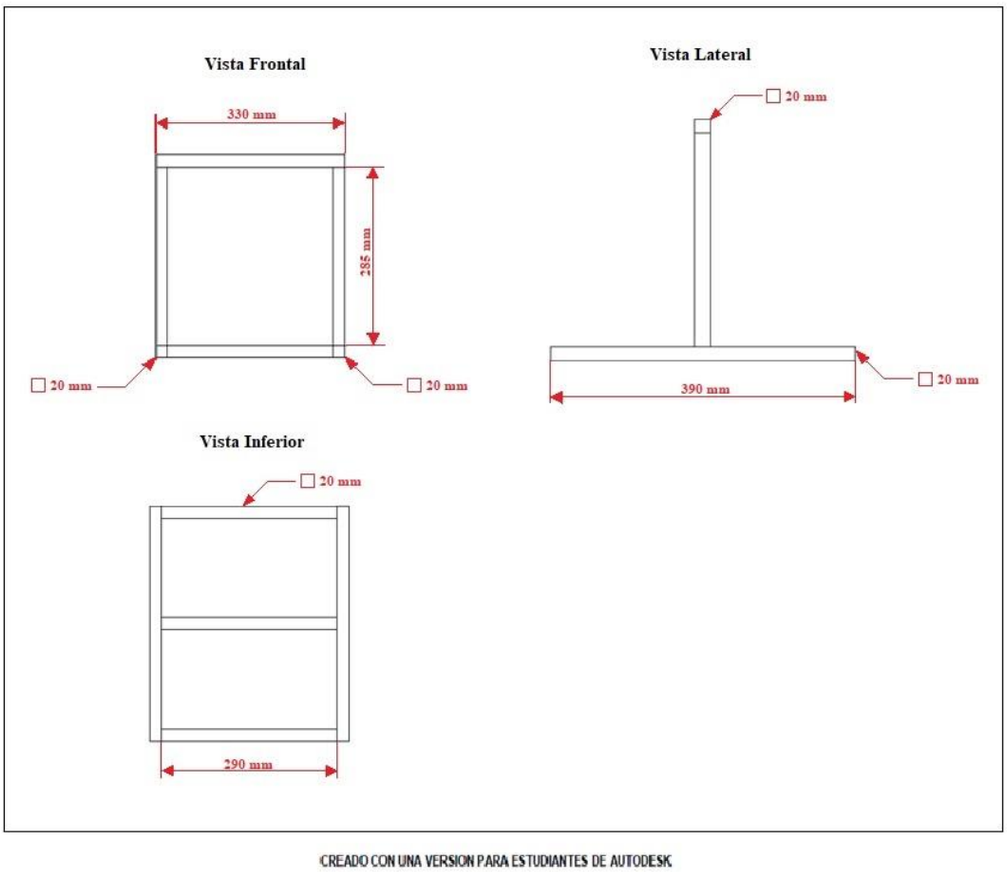
Se deberá cortar la barra de acero en las medidas indicadas para ser unidas mediante soldadura y obtener una estructura rígida que mantendrá equilibrado el doble embrague al momento de girar.

Además, en la cara superior de la base de la estructura se colocará una lámina de lata para colocar la placa de la maqueta de trabajo de título, una vez que la estructura esté totalmente pintada.



Fuente: Estructura de la maqueta de trabajo de título.

Planos 4-1 Estructura de la maqueta sin la lámina y placa.



Fuente: Estructura de la maqueta de trabajo de título.

Planos 4-2 Planos de vista frontal, lateral e inferior.

CONCLUSIONES

El uso de transmisiones de doble embrague se ha masificado en los últimos años por la constante demanda del público, quien ya no desea la transmisión manual convencional con pedal y se inclina hacia la comodidad y facilidad al conducir, pero con la opción de pasar a modo “deportivo” cuando se tenga la necesidad. Esta versatilidad le ha dado fama a este tipo de transmisiones, por lo que prestigiosas marcas como Borg Wagner, Getrag, Eaton, ZF, han optado por masificar y diversificar las opciones para que, tanto vehículos de gama baja como el Fiesta, como superdeportivos de Ferrari, las incorporen.

La transmisión DPS6 presenta ciertas ventajas, como la disminución del peso total del vehículo por el diseño compacto de la transmisión y la falta de sistema hidráulico, gracias a la implementación de la PowerShift. La transmisión viene sellada de fábrica, por lo tanto, el único fluido que tiene es el que lubrica la parte interna; además, los actuadores que mueven los trenes de velocidades son electromecánicos, convirtiéndola en una transmisión libre de mantenimiento hasta por 10 años. También, como los embragues son controlados por medio de la TCM, la vida de los revestimientos se prolonga mucho más, así que el embrague se sustituye en el mismo periodo de tiempo. Pero, este mecanismo tenía algunas desventajas, que por el usuario podrían ser consideradas como fallas o comportamientos anormales, estos solían ser molestos ruidos al acoplar y desacoplar las velocidades, siendo cada vez más evidentes. Por otra parte, al apagar el motor la transmisión tiene que prepararse y quedar en una posición ideal para el arranque, produciéndose en algunas ocasiones ruidos debido a que la PowerShift se está moviendo internamente.

La transmisión DPS6 desgraciadamente quedará en la historia por su mala fama debido a sus fallas repetitivas, estas solían ser una fricción demasiado baja o deslizamiento entre el disco de embrague y el volante motor por un desgaste prematuro del revestimiento de fricción, un resorte de diafragma debilitado o por fugas de aceite. Además, algunos de los vehículos afectados presentaban una vibración excesiva del embrague de la transmisión durante eventos de aceleración ligera, esto podría deberse a la contaminación del embrague por fluido, provocado por fugas a través de los sellos de la flecha de entrada. También se producían aceleraciones repentinas o retardadas y una lentitud en los cambios de marcha; las empresas encargadas de su reparación han realizado reprogramaciones del software y cambios en el sistema electrónico que se ocupa de los cambios de marcha, pero el problema persiste.

Finalmente, se apuntó a la calidad de los discos de embragues, ya que al desarmar el sistema se encontraba como residuo una gran cantidad de material de los revestimientos del disco de embrague. No obstante, el problema volvía a manifestarse a los meses después.

Básicamente los embragues trepidaban a bajas velocidades por el aceite que ingresaba al interior del conjunto, provocando, además, que el TCM arrojase lecturas erróneas del funcionamiento, teniendo en cuenta que el sistema utiliza datos concretos como es el coeficiente de fricción para determinar los puntos ideales de cambio. Por lo que al verse modificado este parámetro por el resbalamiento del embrague, el proceso se vuelve deficiente.

Dado este problema, la transmisión tuvo que ser rediseñada desde la casa matriz Getrag. Sin embargo, las nuevas transmisiones derivadas de la DPS6 no estuvieron exentas de problemas similares y generaciones puntuales de vehículos que las incorporan han sido llamados por Ford y Volvo para revisiones preventivas.

Aun cuando la marca encargada de su fabricación es la misma que ha realizado genuinas transmisiones de carrera; Fieles y “a prueba de balas”. Aun así, al menos la marca tuvo que hacerse responsable de sus errores e ir mejorando la transmisión sin masificar esta información, puesto que para el marketing de las marcas no traería beneficios y les resultaba beneficioso ir mejorando progresivamente una transmisión que aún está en camino hacia su punto cúlmine de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Transmisión automática - Transmisión PowerShift de 6 velocidades - DPS6/6DCT250. Manual de procedimientos de taller. [PDF]. Chile, Servicio Técnico FORD [entre 2012 y 2014].

Ford Motor Company. Ficha Técnica Focus-f2 C. [en línea]<https://www.casatoro.com /resources/documents/856817a72cd55a8e1c32ff41d5 447ced.pdf>.

Green Car Congress. Getrag Begins Series Production of New Powershift Transmission; Up to 20% Reduction in Fuel Consumption Compared to Conventional Torque Converter Automatic. [en línea]. <https://www.greencarcongress.com/2010/04/getrag-20100416.html> [16 de abril de 2010].

Rodrigo Buendía. Daimler-Benz, la historia de elegancia alemana [en línea] <https://www.seminuevos.com/blog/daimler-benz-la-historia-elegancia-alemana/?pais=> [24 de julio de 2017].

Eduardo Lausin. ¿Qué es el cambio DSG de doble embrague? Funcionamiento, historia y evolución. [en línea] <https://www.actualidadmotor.com/cambio-dsg/> [2 de diciembre de 2015].

Javier Costas. ¿Qué es el cambio DSG de doble embrague? Funcionamiento, historia y evolución. [en línea] < https://www.motorpasion.com/tecnologia/breve- historia-de-la-transmision-de-doble-embrague> [14 de diciembre de 2012].

Héctor Mañón. Todo lo que debes saber sobre la transmisión Powershift de Ford [en línea] <https://noticias.autocosmos.com.mx/2012/07/05/todo-lo-que-debes- saber-sobre-la-transmision-powershift-de-ford> [05 de julio de 2012].

Delarosa. Sistema de embrague de fricción, parte 4 [en línea] <https://8000vueltas.com/ 2008/08/11/sistema-de-embrague-de-friccion-parte-4> [11 de agosto de 2008].

C. Maselli, GETRAG. Advanced materials in transmissions design and manufacturing. The GETRAG Bari plant experience [en línea] https://es.slideshare.net/ArtiPuglia/ amif2014-automotive-ettore-camarda-materiali-innovativi-nella-progettazione-e-produzione-di-trasmissioni-lesperienza-dello-stabilimento-getrag-di-bari [17 de septiembre de 2014].

Team-BHP. Ford PowerShift Dual-Clutch Transmission (DCT) - A Technical Overview [en línea] <https://www.team-bhp.com/forum/technical-stuff/168683- ford-powershift-dual-clutch-transmission-dct-technical-overview.html> [28 de septiembre de 2015].

Marshall Brian. How Does a Brushless Electric Motor Work? [En línea] <http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_10_3_HowTransistorWorks.html>

Communications Museum. How an NPN Bipolar Junction Transistor (BJT) Works? [En línea] <https://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm>