



PORSCHE



50 Years of the Porsche 911 – Tradition: Future

Información para la Prensa

Innovaciones

Innovaciones

El Porsche 911 es un referente de rendimiento y eficiencia en su segmento desde hace cinco décadas. Con cada generación, el Porsche 911 ha ido subiendo un poco más el listón. Los ingenieros de Porsche de Zuffenhausen y Weissach reinventaron el Porsche 911 una y otra vez demostrando de forma impresionante la fuerza innovadora que posee la marca Porsche. Aunque el 911 siempre llevó la delantera en el ámbito deportivo, los ingenieros nunca se centraron exclusivamente en las prestaciones de conducción del automóvil. El 911 siempre se ha caracterizado por inteligentes ideas y tecnologías que enlazan parámetros como el rendimiento, la utilidad cotidiana, la seguridad y la sostenibilidad.

1963: columna de dirección de seguridad articulada de tres piezas

Cuando, en 1963, el Porsche 911 fue lanzado al mercado, equipaba una dirección de cremallera muy reconocida en los informes de prueba realizados previamente por su precisión y su comportamiento directo. Al mismo tiempo, esta dirección formaba parte del concepto de seguridad del automóvil: el varillaje estaba compuesto por tres piezas y el mecanismo de dirección se ubicaba en el centro del automóvil. Por esta razón, en caso de una colisión frontal, el volante no se desplazaba directamente hacia el conductor, sino que se deslizaba lejos de éste a través del acodamiento de la biela de guía, de los tubos anticolidión y de los elementos retráctiles. A lo largo del tiempo, Porsche siguió perfeccionando la columna de dirección de seguridad. Las siguientes generaciones equipaban, adicionalmente, un tubo de rejilla como pieza de deformación, el llamado “Jägerzaun” (verja de madera entrecruzada). A partir de 1991, Porsche fue el primer fabricante de automóviles en equipar todos sus modelos con airbags para el conductor y el acompañante de serie.

1965: barra antivuelco Targa

“Primer Cabriolet del mundo con equipamiento de seguridad de serie” – este fue el titular con el que Porsche presentó el primer 911 Targa en septiembre de 1965 con motivo de la celebración del Salón Internacional del Automóvil de Frankfurt IAA. La novedad del nuevo modelo deportivo era el arco Targa fijo, derivado de la probada barra antivuelco utilizada

para los coches de carreras, que garantizaba un alto nivel de protección para los pasajeros. Con su techo plegable desmontable y la luneta trasera de plástico abatible, el 911 Targa se convertía además en un modelo muy versátil y ofrecía a sus pasajeros ni más ni menos que cuatro posibilidades distintas de conducción con la capota abierta y cerrada. El nuevo concepto de capota, patentado en agosto de 1965, ofrecía algunas ventajas adicionales como, por ejemplo, evitar fiablemente el antiestético hinchamiento de la capota cuando el Cabriolet circulaba a grandes velocidades por la autopista y, asimismo, evitar las torsiones de la carrocería típicas de los descapotables de aquella época. Sin embargo, la idea principal del 911 Targa era, indudablemente, el alto estándar de seguridad pasiva tan apreciado por muchos clientes: a principios de los años setenta, la cuota Targa de la gama 911 era de aproximadamente un 40%.

1966: frenos de disco con ventilación interna

La ventilación eficiente de los frenos de disco es uno de los detalles más importantes para un automóvil de alto rendimiento, ya que, sólo si ésta funciona a la perfección, es posible frenar firmemente, incluso varias veces seguidas, cuando el automóvil circula a grandes velocidades. Por esta razón, Porsche equipó el 911 S en 1966 con frenos de disco con ventilación interna. Los discos son de doble pared con el fin de permitir la circulación del aire y reducir el calor de fricción. La perforación ofrece, además, la ventaja de que las salpicaduras de agua se evacuan de forma especialmente rápida. Con el fin de mejorar aún más la ventilación, los sistemas de frenos de disco de otros modelos 911 posteriores equipan, además, orificios de ventilación del aire acumulado que conducen aire fresco a los discos de freno desde el frontal, procedente de orificios situados en el alerón, a través de canales. Ningún otro fabricante invierte tanto Know-how en los sistemas de frenos de sus modelos de serie como Porsche, ya que ningún otro fabricante dispone de una experiencia tan amplia en el mundo del deporte del motor como Porsche. La razón es que Porsche siempre ha desarrollado él mismo los sistemas de frenos para sus coches de carreras. La recompensa a este esfuerzo son sistemas de frenos que no sólo son extremadamente resistentes, sino que también contribuyen a alcanzar la máxima precisión de conducción del automóvil. Los automóviles de serie de Porsche ofrecen siempre las distancias de frenado más cortas de su segmento, lo que representa una ventaja de seguridad en la vía pública.

1972: alerones frontal y trasero

Los ingenieros de Porsche trabajaron incansablemente para mejorar aún más las prestaciones del 911. Una de las medidas de mejora era una aerodinámica más asequible a través del primer alerón frontal, equipado en 1971, que había sido transferido directamente del deporte de las carreras automovilísticas. El alerón podía adquirirse como modelo 911 S y, más tarde, como modelo 911 E. Su función era la de desviar el aire lateralmente reduciendo así el empuje aerostático del tren delantero. Las ventajas eran una mejor estabilidad direccional y un control más fácil. Un año después se equipó también al 911 T con el alerón frontal. El alerón trasero se introdujo con el 911 Carrera RS 2.7 – éste integraba el conciso “Entenbürzel” (cola de pato) contribuyendo así a que este modelo se convirtiera en un automóvil de culto. El siguiente alerón trasero que mereció el atributo de “memorable” fue el del 911 Turbo. Este alerón plano y de gran tamaño adornó el automóvil y, junto con su cometido funcional, se convirtió en un sinónimo de capacidad de rendimiento y velocidad del Turbo. Breve explicación técnica: los alerones frontales y traseros apoyan la aerodinámica del automóvil y mejoran la estabilidad direccional, las propiedades de frenada y dirección, así como el comportamiento en las curvas y con viento lateral, especialmente a altas velocidades. Los alerones frontales conducen el aire alrededor del automóvil evitando que penetre demasiado aire en los bajos del vehículo, que podría conducir a un empuje vertical innecesario y a una fuerte turbulencia, especialmente si éste no dispone de revestimientos y con ello está desplazado. La función del alerón trasero es la de descargar, a ser posible sin turbulencias, el aire que circula alrededor del automóvil por el lugar adecuado, esto es, por el llamado ‘deflector de aire’. Gracias al diseño del alerón trasero en forma de ala de avión invertida es posible aumentar la presión de contacto en las ruedas traseras con el suelo para generar de este modo una fuerza descendional. La limpia corriente de aire del automóvil y el deflector de aire controlado mejoran la velocidad máxima y reducen el consumo de combustible.

1973: sobrealimentación

El deseo de los ingenieros de disponer de la “carga ideal” es casi tan antiguo como el motor de combustión mismo: la combustión óptima de la mezcla de carburante y aire. El objetivo de los técnicos es obtener la mayor cantidad posible de aire en los cilindros para poder comprimirlo y mezclarlo con el carburante de tal modo que, a través de la combustión, se

alcance una presión de trabajo mayor y con ello un mayor rendimiento. El 911 Turbo, presentado en 1973, fue un prototipo precursor, ya que el motor turbo de 3 litros disponía de una unidad de control de la presión de sobrecarga, situada en el lado de los gases de escape, sobradamente probada en las carreras automovilísticas. Con el 911 Turbo, listo para su producción en serie en 1974, Porsche fue el primer fabricante automovilístico en conseguir adaptar el turbosobrealimentador a las diferentes condiciones de conducción. En lugar del control convencional en el lado de aspiración, los ingenieros desarrollaron un control del aire de la presión de sobrecarga en el lado de los gases de escape. Durante la desaceleración y el funcionamiento a carga parcial, fue posible evitar una sobrecarga no deseada conduciendo los gases de escape excedentes a través de una tubería de descarga (llamada también “Bypass”), en lugar de mediante la turbina de gases de escape usual. Si, durante el proceso de aceleración, era necesario disponer nuevamente de presión de sobrecarga, la válvula Bypass se cerraba y la turbina podía desarrollar toda su potencia de trabajo en la corriente del gas de escape.

1975: carrocería galvanizada

Porsche se ocupó del tema “corrosión” con gran éxito en 1975: el 911 fue el primer automóvil de serie en equipar una carrocería galvanizada por las dos caras. Gracias esto, Porsche pudo ofrecer una garantía de seis años contra la oxidación que se amplió a siete años en el modelo del año 1981 y, después, incluso a diez años. La carrocería bruta tratada no sólo alarga el tiempo de vida útil del automóvil, sino que también aumenta su grado de seguridad, ya que la galvanización mantiene la rigidez total y la seguridad contra colisiones de la carrocería a pesar del envejecimiento de la misma. La buena reputación del 911 como automóvil con un tiempo de vida útil extremadamente largo, se debe, en gran parte a la carrocería galvanizada – dos tercios de todos los modelos 911 jamás construidos siguen matriculados hoy en día. Antes de producir la carrocería galvanizada en serie fue sometida a numerosos ensayos. En uno de ellos se seleccionó acero fino inoxidable como material para la carrocería – de este ensayo surgieron tres prototipos de color plata brillante; uno de ellos se encuentra en el “Deutsches Museum” en Múnich. Sin embargo, los ingenieros desecharon la idea de utilizar acero fino y se decidieron por la galvanización de la carrocería bruta, ya que ésta era mucho más fácil de realizar. Uno de los legendarios recorridos con los prototipos fue a través de aguas saladas en el circuito de pruebas de Weissach con el fin de comprobar la resistencia a la corrosión de los automóviles.

1977: enfriamiento del aire de admisión

Uno de los secretos de éxito de la gama 911 es su perfeccionamiento técnico continuo y consecuente. El 911 ha ido mejorando año tras año muchos de sus detalles con el fin de acercarse cada vez más al perfecto deportivo soñado por Ferry Porsche. Esta filosofía también se aplicó al 911 Turbo. Las características principales del 911 Turbo, perfeccionado en 1977, consistieron en una ampliación de la cilindrada a 3,3 litros y el posicionamiento de un intercooler debajo del alerón trasero. Esta fue una novedad mundial para los automóviles de serie que se adaptó directamente de los coches de carreras. El intercooler reduce la temperatura de aspiración del aire en hasta 100 grados celsius. Gracias a esto, el motor puede alcanzar un mayor rendimiento y un par mayor en todos los regímenes de revoluciones – los gases enfriados disponen de una densidad mayor y, en consecuencia, ofrecen una mejor carga del motor. El resultado fue 300 CV a 5.500 r.p.m. y un par máximo de 412 Nm. Además, el enfriamiento del aire de admisión reduce la carga térmica del motor. La temperatura de los gases de escape disminuye con el fin de que también se reduzca la tasa de consumo de combustible y las emisiones de contaminantes. Otra de las ventajas es la mejora del índice antidetonante – gracias a esto se descarta, casi por completo, una inflamación espontánea de la mezcla debido a temperaturas extremas.

1983: Electrónica Digital del Motor

La Electrónica Digital del Motor (DME) se estrenó en 1983 con el nuevo motor de aspiración de 3,2 litros de cilindrada. Sus ventajas principales eran una baja tasa de consumo, una combustión limpia y un rendimiento máximo. El sistema trabajaba con una unidad de control común en la que estaban programados todos los estados de funcionamiento del motor. A cada régimen de revoluciones, cada posición del acelerador y cada temperatura les eran asignados la cantidad de inyección adecuada y el punto de encendido exacto. El corte del suministro de gasolina en la fase de propulsión, es decir, el consumo nulo en el modo de retención del motor, y el ajuste electrónico del motor al ralentí durante la conexión adicional de las unidades auxiliares eran complementos prácticos de la electrónica del motor. La regulación de picado garantizaba condiciones de funcionamiento “sanas” del motor. La “DME” puede combinarse con diferentes sistemas de inyección en función del motor que equipó el automóvil.

1988: tracción total

Porsche pudo recoger una amplia experiencia equipando el sistema de tracción total en los deportivos del Tipo 959, portadores tecnológicos en todos los sentidos. El Porsche 959, del que sólo se fabricaron unas pocas unidades como serie especial, tuvo su continuación y efecto en el primer deportivo de serie equipado con tracción total de Porsche: el 911 Carrera 4 estrenado en 1988. El 959 equipaba un bloqueo del diferencial longitudinal regulado electrónicamente sin escalonamientos que mejoraba la dinámica de conducción y distribuía el momento entre los dos ejes en función de la distribución radial y del coeficiente de fricción de las ruedas sobre la carretera. Con el mismo objetivo, los ingenieros equiparon el Carrera 4 con una distribución básica de los momentos a través de un divisor de fuerza planetario de 31% a 69% (desde el eje delantero al trasero). Además, equipaba un bloqueo del diferencial longitudinal y uno transversal que posibilitaban variar la relación de distribución casi sin escalonamientos. El funcionamiento de estos diferenciales se controlaba a través de una electrónica integrada en la unidad de control del ABS. El siguiente modelo Carrera 4, presentado en 1994, marcó la siguiente etapa de evolución del sistema de tracción total de Porsche. Entre otros detalles, obtuvo un ligero embrague de discos múltiples Visco adaptado de forma óptima como embrague longitudinal.

1989: Tiptronic

A partir de 1989, Porsche equipó la gama 964 del 911 con un nuevo cambio de marchas – el cambio Tiptronic, una síntesis ideal de los parámetros confort y deportividad. Los datos de conducción estaban ligeramente por debajo de los datos de los automóviles equipados con cambios manuales de 5 y 6 velocidades. El Tiptronic es un cambio automático con programas de cambio de marcha inteligentes y la posibilidad de modificarlos individualmente de forma manual. El nuevo cambio disponía de las posiciones convencionales de la palanca de cambios y, además, de una posición paralela en la que, tocando simplemente la palanca de selección, se realizaba un cambio de marchas inmediato. Si se “tocaba” hacia adelante se cambiaba a una marcha superior, si se “tocaba” hacia atrás, se reducía la marcha, siempre y cuando no se sobrepasaran los límites de revoluciones. Si el conductor olvidaba cambiar a una marcha superior, el cambio Tiptronic cambiaba automáticamente a la siguiente marcha superior al alcanzar el número de revoluciones máximo permitido

del motor. La electrónica disponía de cinco programas de cambio de marchas. Dependiendo del temperamento del conductor y de la situación del tráfico, el programa se activaba con los puntos de cambio más favorables. Para realizar otros cambios de marchas se reducían brevemente las revoluciones del motor a través de la reducción del punto de encendido.

1993: chasis de aluminio LSA

El nuevo chasis, fabricado según el “Principio LSA” (construcción ligera, estabilidad y agilidad) mejoró definitivamente el chasis del 911 de motor trasero en la gama 993. Esta novedad afectaba sobretodo al eje trasero que se basaba en un eje de articulación múltiple probado en los coches de carreras y ofrecía una excelente dinámica de conducción. La cinemática básica se ajustó de tal modo que la compresión de los resortes del automóvil era claramente menor durante los procesos de aceleración y la toma de curvas. Gracias a esto se estabilizaba el comportamiento de conducción completo. Adicionalmente, los puntales de aleación ligera con amortiguadores de aluminio aumentaban la agilidad. El principio de la construcción ligera también se aplicó para reducir el peso total y para mantener bajo el peso de las masas no suspendidas. El resultado de todos los esfuerzos fue un chasis que posibilitaba cambiar el carril de forma más rápida y segura, también a altas velocidades y, al mismo tiempo, reducía también los ruidos de rodadura y las vibraciones.

1995: sobrealimentación biturbo

El 911 Turbo de la gama 993, presentado en 1995, equipaba un motor de 3,6 litros con dos pequeños turbosobrealimentadores cuyo rendimiento no difería básicamente del de un motor de aspiración de gran cilindrada. El motor aceleraba fuertemente a partir de 2.000 r.p.m., pero era a partir de 3.500 r.p.m. cuando aceleraba a todo gas dejando a los impresionados pasajeros pegados a sus asientos. Junto con el aumento de potencia a 300 kW (408 CV) y el aumento del par máximo a 540 Nm, los ingenieros de Weissach perseguían también el objetivo de reducir el “agujero del turbo” del motor a un mínimo, hasta ahora desconocido, durante el proceso de aceleración, objetivo que lograron alcanzar equipando el automóvil con dos pequeños turbosobrealimentadores en lugar un solo turbosobrealimentador de mayor tamaño, lo que, sobretodo, repercutió en el bajo momento de

inercia de los pequeños rotores. Las dos turbinas controladas con canales de bypass integrados generaban una presión de sobrecarga de 0,8 bar. El impresionante aumento del rendimiento y de las revoluciones del motor se debía a la optimización del cambio de carga, a la alta eficiencia de ambos turbosobrealimentadores y a la regulación de picado que permitía un funcionamiento con un rendimiento óptimo.

1995: Sistema de Control de Gases de Escape OBD II

Otro de los colofones técnicos del seis cilindros era el nuevo Sistema de Control de Gases de Escape OBD (Onboard-Diagnose) II, utilizado, por primera vez, por un fabricante de automóviles de serie. Gracias a este sistema era posible reconocer a tiempo errores o defectos en el sistema de gases de escape y combustible. Las costosas medidas adoptadas para reducir los contaminantes surtieron gran efecto en el 911 Turbo: para sorpresa del mundo técnico, el motor turbo resultó ser el motor de automóviles de serie con la tasa de emisiones más baja del mundo. Además, el 993 sobrealimentado entró en la historia automovilística como primer biturbo refrigerado con aire. El OBD controlaba constantemente el funcionamiento del sistema de gases de escape completo con catalizadores y sensores de oxígeno, el funcionamiento de la ventilación del depósito con filtro de carbón activo activado, el sistema de ventilación secundario y el sistema de combustible. Asimismo, registraba también fallos en el encendido. El sistema OBD II era ya un equipamiento obligatorio en EE.UU. cuando se introdujo en el mercado. Otros mercados siguieron su ejemplo. El sistema OBD requirió un arduo trabajo de desarrollo y un sistema de gestión del motor extremadamente complejo.

2001: discos de freno cerámicos

En el año 2000, Porsche presentó el 911 Turbo de la gama 996. Este modelo podía equiparse con discos de freno cerámicos opcionalmente, mientras que el 911 GT2 los equipaba de serie. El nuevo sistema de frenos denominado Porsche Ceramic Composite Brake (PCCB) supuso un importante avance tecnológico que estableció referentes, sobretudo en criterios tan decisivos como el comportamiento de respuesta, la estabilidad del aflojamiento del frenado, el peso y el tiempo de vida útil. Porsche fue el primer fabricante automovilístico

del mundo que consiguió desarrollar un sistema de frenos de disco cerámicos con canal de refrigeración Evolente para alcanzar una ventilación interna eficiente. Al igual que los discos de freno metálicos, los discos de freno cerámicos disponían también de agujeros, pero sin embargo su peso era un 50% menor. Con ello se reducía el peso del automóvil en 20 kilos, lo que a su vez, ahorra combustible; por otro lado, también se reducían las masas sin resortes, lo que mejoraba aún más el comportamiento de respuesta de los amortiguadores. Los frenos de disco cerámicos ofrecen otras ventajas: su coeficiente de fricción es siempre constante y un frenazo en seco con el PCCB no requiere ni una alta presión del pedal de freno ni ningún otro elemento técnico auxiliar que ayude a generar la fuerza de frenado máxima en milésimas de segundo. El sistema PCCB ofrece una deceleración máxima inmediata sin tener que presionar el pedal del freno. El comportamiento de respuesta sobre terrenos mojados es, asimismo, excelente, ya que los discos de nuevo diseño absorben menor cantidad de agua que los discos convencionales. Los discos de freno cerámicos asimilan sin protestas la gran carga que se crea especialmente en el modo de conducción deportivo.

2008: cambio Porsche Doppelkupplung (PDK S)

El cambio Porsche Doppelkupplung (PDK) opcional fue estrenado mundialmente en un deportivo de serie en el año 2008 en el 911 de la gama 997. El cambio disponía de siete marchas hacia adelante y de una marcha hacia atrás y podía equiparse, en un principio, en el Carrera y en el Carrera S. En comparación con los cambios manuales y los cambios automáticos convencionales, la ventaja más importante que ofrece el cambio de doble embrague PDK es la rapidez con la que realiza el cambio de marchas. Las marchas ya estaban engranadas antes realizar el cambio, de modo que la fuerza de tracción no se interrumpía durante el cambio de marchas. El cambio PDK ofrecía también ventajas de peso – a pesar de disponer de dos marchas adicionales, en comparación con las cajas de cambios manuales convencionales en aquellos tiempos, pesaba aproximadamente diez kilos menos que el cambio Tiptronic S existente hasta el momento. Porsche fue el primer fabricante del mundo en equipar esta tecnología de engranaje con éxito en los modelos de carreras 956/962 ya en los años 80 adquiriendo con ello la experiencia más amplia del mercado en el ámbito de los cambios de doble embrague para deportivos de gran rendimiento. El cambio de doble embrague Porsche Doppelkupplung combinaba la dinámica de

conducción y la excelente eficiencia mecánica de los cambios manuales con el alto confort de conducción y de conmutación que ofrecían los cambios automáticos. Gracias a esto, el cambio PDK se adaptaba perfectamente tanto a las exigencias deportivas como a las exigencias de confort de los conductores del 911. Seis de las siete marchas hacia adelante del cambio PDK son marchas deportivas, mientras que la séptima marcha disponía de una relación de transmisión más larga para un ahorro máximo de combustible.

2011: construcción de acero-aluminio inteligente

Porsche ha perfeccionado la construcción ligera de los deportivos 911 de la gama 991, estrenada en 2011. Este perfeccionamiento persigue los siguientes objetivos: un aumento de la dinámica y al mismo tiempo una reducción del consumo de combustible mejorando la seguridad y aumentando el confort, en comparación con otros automóviles anteriores. Los ingenieros aplicaron un concepto que colocaba el material adecuado en el tipo de construcción adecuado en el lugar adecuado. Gracias a estas medidas, la generación actual de automóviles es, por primera vez, más ligera que la anterior: aproximadamente 40 kilos. Y esto, a pesar del peso adicional que predecían, en un principio, la batalla más larga, el aumento de la seguridad y la mejora del paquete completo. La nueva carrocería bruta, fabricada con una mezcla de acero-aluminio, supuso el mayor ahorro de peso de aproximadamente 80 kilos. Exceptuando las piezas constructivas de refuerzo locales, el tren delantero, gran parte del suelo, la zaga del automóvil, la tapa del maletero, los guardabarros y la construcción bruta de las puertas son de aluminio. El porcentaje total de aluminio del Coupé es del 44% y de un 43% el del Cabriolet. Las piezas constructivas de acero están compuestas por materiales de alta resistencia y de resistencia ultraelevada. Los aceros conformados en caliente ofrecen un alto grado de seguridad a los pasajeros. Al mismo tiempo, la construcción de acero-aluminio inteligente modificó el proceso de fabricación en la planta de Zuffenhausen: la técnica de fabricación utilizada durante la época de las carrocerías de acero era la soldadura por puntos de resistencia; sin embargo, hoy en día la mezcla de materiales requiere otros métodos de soldadura. Y esto para hasta 400 piezas individuales que componen una carrocería bruta. La cuestión decisiva son, sobretodo, las numerosas uniones de acero-aluminio que no pueden soldarse. El remedio es la mayor utilización de adhesivos estructurales que impiden, al mismo tiempo, una corrosión por contacto entre ambos materiales. Pero también se utilizan otros métodos de unión mecánica, por ejemplo, clinchado, remaches y tornillos flow-drill. Siempre se selecciona el método de unión óptimo.

2011: cambio manual de siete velocidades

El primer cambio manual de siete velocidades del mundo, equipado en el 911 y en la gama 991 de serie, le confiere a estos modelos una característica de cambio de marcha fresca y novedosa. La nueva caja de cambios se diseñó en base al cambio de doble embrague de 7 velocidades y ofrecía un confortable y deportivo proceso de cambio de marchas. Equipados con este cambio de marchas, los nuevos 911 alcanzaban su velocidad máxima en la sexta marcha. La séptima marcha, por el contrario, ofrecía relaciones de transmisión más largas contribuyendo así al ahorro de combustible – ya a bajas revoluciones se alcanzaban altas velocidades. El alto grado de eficiencia y el bajo peso del cambio manual de siete velocidades contribuían también a ahorrar combustible. Además, el cambio equipaba de serie el sistema automático “Start/Stop”. El cambio automático de doble embrague de siete velocidades se diseñó como construcción modular, por lo que pudo ser construido con muchas piezas idénticas. A pesar de todas estas ventajas existía un reto muy especial: en los cambios automáticos de doble embrague, las marchas estaban ordenadas, por razones del diseño, de forma diferente a las de un cambio de marchas usual en forma de H, por esta razón, se desarrolló un actuador de conmutación convertido para la variante manual. Gracias a este actuador, la ordenación de las marchas convencional en forma de H también podía realizarse con el cambio de doble embrague. Al mismo tiempo, un sistema patentado evitaba que se produjeran cambios de marchas erróneos; por ejemplo: la séptima marcha sólo podía ser seleccionada inmediatamente después de haber engranado la quinta o la sexta marcha.