



Comunicación de prensa Audi

Dirección Comunicación y RR.EE. Audi

Tel: +34 91 348 86 11 / 12

E-mail: nacho.gonzalez@audi.es

E-mail: alejandro.martin@audi.es

<http://prensa.audi.es>

Mayo 2021

INFORMACIÓN DE PRENSA

Jornadas Técnicas Audi: sistemas de dirección

| | |
|--|-----------|
| La tecnología y los sistemas de dirección de Audi | 2 |
| ▶ La evolución del volante | 3 |
| ▶ Dirección inteligente | 6 |
| ▶ Un repaso a los sistemas de dirección de Audi | 7 |
| El ajuste de las características del sistema de dirección | 10 |
| El desarrollo de los volantes en Audi | 13 |
| Glosario | 16 |



La tecnología y los sistemas de dirección de Audi

- **Precisión y control con el mínimo esfuerzo: la filosofía de los sistemas de dirección en Audi**
- **Nueva generación de volantes con pantallas táctiles y reconocimiento capacitivo**
- **Funciones de asistencia a la dirección para mayor seguridad y confort**
- **Enfoque centrado en la deportividad y la manejabilidad, tanto en la tecnología como en el diseño**

El volante es casi tan antiguo como el propio automóvil. Y es un hecho que un vehículo circulará en la dirección deseada en función de los movimientos que realice el conductor sobre el volante y, por lo tanto, del funcionamiento del sistema de dirección. Pero las tecnologías que hay detrás de un volante y un sistema de dirección son complejas y se han vuelto cada vez más sofisticadas en las últimas décadas. Los desarrolladores de Audi trabajan para ofrecer la combinación perfecta entre manejo dinámico y confort. Al mismo tiempo, las funciones de asistencia a la dirección ofrecen más seguridad y apoyo en la conducción diaria, por ejemplo a la hora de cambiar de carril, en una maniobra de esquivar o al aparcar. Como resultado, el volante de un vehículo se está convirtiendo cada vez más en un dispositivo de comunicación, alejándose del volante estándar para transformarse en un centro de mando de alta tecnología.

¿En qué consiste el tacto típico de la dirección de un Audi?

La respuesta que siente el conductor y el denominado “hand moment”, la resistencia que el conductor siente al girar el volante, son cruciales. Todos los modelos de Audi se conducen y se pueden dirigir con suavidad y precisión con un mínimo esfuerzo, también al maniobrar y aparcar. Es otra forma de decir que el tacto de la dirección ofrece un bajo “hand moment”. Éste aumenta a altas velocidades. El resultado es un comportamiento ágil y una dinámica de conducción optimizada: el vehículo puede trazar las curvas con precisión. Su carácter deportivo se ve reforzado por una sensación de control y estabilidad mientras el volante se mantiene en su posición media. Esto es algo que se aprecia particularmente durante la conducción por autopista, donde el tacto de la dirección se ve afectado no sólo por la velocidad, sino también por el posible viento lateral y por las condiciones de la carretera. El conductor puede seguir teniendo que hacer correcciones en el volante, pero aplicando una fuerza significativamente menor. Un sensor mide continuamente el ángulo de giro del volante. La fuerza de auto centrado se nota siempre con precisión desde su posición media, y aumenta de forma perceptible hasta una fuerza lateral elevada. Un tacto óptimo de la dirección implica también que el coche responde a las órdenes que se transmiten desde el volante con un retardo imperceptible. La latencia entre el volante y la aplicación del movimiento sobre los ejes es cuestión de apenas unos pocos milisegundos.

¿Qué factores afectan al tacto de la dirección?

El equilibrio de la dirección se ve afectado fundamentalmente por los tres grandes factores que intervienen en la física de la conducción: la dinámica longitudinal, lateral y vertical. Así, además de la aceleración y la deceleración del vehículo, también influyen las fuerzas laterales



que se producen al pasar por una curva, así como las fluctuaciones de la carga que soportan las ruedas y las vibraciones de la masa suspendida en el chasis. El objetivo principal de los ingenieros de Audi es lograr una respuesta adecuada de las fuerzas del eje delantero con respecto a las condiciones de conducción, el equilibrio, el nivel de adherencia y los baches de la carretera. Una dirección bien calibrada responde de forma predecible y de una manera lineal o progresiva en función de la situación. Y siempre comunica cuándo se han alcanzado los límites de la física.

Por ejemplo, el par de dirección disminuye de forma notable cuando el coche alcanza la fuerza de giro más alta posible en el eje delantero, una indicación de que comienza a aparecer el subviraje. Por esta razón, la dirección contribuye de forma especial a la hora de proporcionar sensación de seguridad durante la conducción.

¿Cómo se le otorga a cada modelo su tacto de dirección individual?

En Audi, el “hand moment” se establece dentro de un área definida, y cada modelo adquiere su carácter específico dentro de esa zona. Por ejemplo, los modelos S y RS ofrecen un “hand moment” más elevado que un Audi A1 o un A3. Además, la puesta a punto del sistema de dirección dentro de una misma gama difiere entre las distintas variantes de motor o chasis. El objetivo de los desarrolladores es conseguir siempre un comportamiento de la dirección óptimo, que ofrezca un equilibrio determinado entre seguridad de conducción, confort y deportividad para cada gama de modelos. Los clientes pueden utilizar el Audi drive select para ajustar las características de la dirección. Por ejemplo, en el perfil de conducción “dynamic”, la resistencia inicial que siente el conductor al girar el volante es más elevada que cuando se elige el programa “comfort”.

Del bastidor de acero a la alta tecnología: la evolución del volante en Audi

El volante es mucho más que una herramienta para cambiar de dirección: es la sala de control digital y la interfaz más importante entre el ser humano y el vehículo. Hoy en día, los conductores de un Audi manejan hasta 18 funciones a través de los botones del volante multifunción: desde la comunicación hasta el infotainment, pasando por las relacionadas con el confort. Por tanto, los volantes de Audi se han convertido en auténticos centros de mando. En este sentido, todos tienen algo en común: comparten la apariencia deportiva característica de los modelos de la marca de los cuatro aros, se adaptan a las manos del conductor de forma ergonómica y ofrecen una gran funcionalidad con un manejo intuitivo.

¿Por qué todos utilizan los volantes?

El volante ha sido el elemento dominante en el interior del automóvil durante más de 120 años. Al principio se utilizaba una palanca de dirección o un manillar para cambiar el ángulo de dirección de las ruedas. Sin embargo, este método era todo menos preciso y flexible. Con el diseño de su “volant”, el ingeniero francés Alfred Vacheron desarrolló una alternativa técnica capaz de optimizar el control sobre la dirección de las ruedas delanteras. Este elemento de control con forma circular permitía transmitir el ángulo de dirección en múltiples rotaciones. Poco después de su introducción, el volante evolucionó hasta convertirse en el estándar mundial.



¿Cómo ha cambiado el volante de Audi a lo largo del tiempo?

Incluso los primeros vehículos de serie de Audi, como el Tipo A y el Tipo B, estaban equipados con volantes de este tipo, que en aquella época todavía eran aros de gran tamaño. Desde entonces, el volante ha evolucionado en paralelo con el automóvil. Gracias a la dirección asistida hidráulica, que Audi introdujo en los años 80, se pudo reducir su tamaño. Su estructura y función también han cambiado. A finales de los años 80 todavía se utilizaba un volante con un armazón de material compuesto que sólo integraba la función del claxon.

En 1991, el airbag del conductor pasó a ser de serie y se introdujeron los primeros botones, como el control de volumen y la función de cambio de emisora. En la actualidad, la última generación de volantes de Audi está compuesta por un armazón fundido a presión que es significativamente más ligero que las construcciones de acero y presenta otras ventajas en cuanto a resistencia y características de amortiguación y moldeo. Ofrece hasta 18 funciones y un reconocimiento de agarre capacitivo que apoya las intervenciones de los sistemas de asistencia y que ha llegado a todos los modelos de Audi.

¿Qué factores determinan el diseño y la ergonomía de un volante?

Se han establecido tamaños fijos para el diseño y el tacto. En Audi existe un credo: la geometría del aro y la zona central del volante deben ser lo más pequeños y compactos posible. Al mismo tiempo, los volantes deben tener un diseño deportivo. Audi estableció 375 milímetros como estándar de referencia para el diámetro, algo que se aplica en todas las gamas. El diseño ovalado de la sección del aro del volante corresponde a un contorno de palma cerrado de forma natural. El diámetro del aro oscila entre los 30 y los 36 milímetros, lo que ya representa el límite inferior de lo posible, al equipar el reconocimiento de agarre capacitivo o la función de calefacción. Todos estos volantes tienen un doble acolchado de espuma y, por tanto, ofrecen una muy buena homogeneidad de la superficie y un tacto antideslizante. La configuración de los brazos del volante debe ajustarse a la disposición básica de la posición de conducción, sin obstaculizar la visión del conductor de las levas de cambio, por ejemplo. En comparación con la competencia, los brazos de los volantes de Audi tienen un diseño muy estilizado, lo que supone un reto en términos de resistencia y seguridad en caso de colisión. Audi también sigue otra máxima: todos los mandos tienen que ser accesibles con cualquiera de los dos pulgares sin que ello afecte a la tarea de conducir.

Inclinación, altura, profundidad: ¿qué influencia tiene la posición del volante en la ergonomía?

La inclinación del volante depende siempre de la posición de asiento del conductor y se sitúa entre 17 y 24 grados, según el tipo de vehículo. En los SUV de Audi el ángulo está entre 22 y 24 grados; en los coches compactos, las berlinas y los Avant, es de 17 a 21 grados. En los modelos deportivos, en los que el conductor va sentado relativamente bajo y erguido, la inclinación de la columna de dirección es muy plana, lo cual implica que el volante queda claramente orientado hacia el conductor. Independientemente del concepto de vehículo, siempre hay que garantizar la visión de todos los indicadores. En todos los modelos de Audi, la altura y la profundidad del volante pueden ajustarse en un margen de +/- 30 milímetros, para que cada cliente pueda encontrar la posición adecuada en el asiento. En general, debe



haber entre 25 y 30 centímetros de distancia entre la parte superior del cuerpo del conductor y el volante, y los brazos deben quedar ligeramente doblados una vez se agarra el volante.

¿Cómo limitan los airbags y la versatilidad funcional el diseño del volante?

En Audi, los diseñadores e ingenieros colaboran estrechamente en el diseño del volante. Los parámetros críticos que determinan la anchura de los brazos del radio son el diámetro del aro, el espacio para el airbag del conductor y el número de botones. Cuando se introdujo el airbag, el centro del volante tuvo que hacerse significativamente más grande porque las bolsas inflables de los airbags de primera generación eran extremadamente voluminosas.

A medida que se desarrollaban, los airbags se podían plegar cada vez más. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que los contornos de las líneas de rotura que permiten que se despliegue el airbag tienen que ser invisibles; pero cuando se produce un choque, estos puntos predeterminados tienen que abrirse en un instante. En cuanto al número de mandos, Audi estipula que sólo se integran en el volante las funciones a las que el conductor necesita acceder rápidamente durante la conducción. Eso incluye, por ejemplo, el control del infotainment y de la instrumentación Audi virtual cockpit, así como los controles operados por voz y el teléfono. Los mandos de los sistemas de asistencia, de los limpiaparabrisas y de los intermitentes están siempre en el mismo lugar.

¿Qué hace que la nueva generación de volantes del Q4 e-tron sea tan especial?

El volante del Audi Q4 e-tron y del Q4 Sportback e-tron establece nuevos estándares de diseño, ergonomía y funcionalidad. Integra 18 funciones que, por primera vez, se pueden manejar a través de superficies táctiles con acabado black panel. Para indicar qué botones están activos, sus áreas de función cuentan con retroiluminación. Cuando están inactivos, estas superficies táctiles acabadas en color negro brillante son prácticamente invisibles. Los cuatro aros del elemento central amortiguador siguen teniendo un diseño plano, es decir, son bidimensionales. Otra novedad es el propio aro del volante, que por primera vez tiene forma achatada en la parte superior e inferior. Eso da al interior un efecto más futurista, acentúa su progresividad y facilita la entrada y la salida del vehículo. En esto último también interviene lo que se conoce como desplazamiento axial: el volante está mínimamente desplazado -7,5 milímetros- por encima del eje del sistema de dirección, lo que optimiza la visión de los mandos, el espacio para entrar y salir del vehículo y las características de rotación del volante.

¿Se pueden manejar las pantallas táctiles de forma intuitiva?

Unas pequeñas protuberancias forman un contorno entre las pantallas táctiles y facilitan su uso. Cuando una persona toca la pantalla con un dedo, no se produce una respuesta instantánea. El sistema registra una acción y proporciona una respuesta háptica sólo cuando el conductor presiona suavemente pero con cierta fuerza. Se trata de la misma tecnología que en la pantalla del MMI touch de la consola central: un panel que se activa mediante un punto de presión reconoce la posición del dedo. A continuación, se produce un clic mecánico al activarlo. De este modo, el conductor puede orientarse intuitivamente utilizando su sentido del tacto. Con este concepto de manejo, Audi integra en el volante una tecnología que ya conocemos por los smartphones y las tablets. Así, además del tacto, también hay



movimientos de deslizamiento, por ejemplo, para desplazarse por las listas de menús de navegación y funciones del vehículo.

Dirección inteligente

Los controladores y sistemas de asistencia inteligentes no sólo aumentan el confort y la oferta de infotainment en el coche, sino que también optimizan la dinámica de conducción y el tacto de la dirección de un Audi.

¿Qué es la detección de agarre?

El reconocimiento de agarre capacitivo se denomina detección de manos sobre el volante. Apoya las funciones de los sistemas de asistencia en los que interviene la dirección y, por lo tanto, crea una mayor seguridad al cambiar de carril, al dar un volantazo en una maniobra de esquivar o al aparcar. Un sensor situado debajo de la capa exterior de espuma del aro determina si el conductor tiene o no las manos en el volante. No requiere que se ejerza fuerza ni presión; puede detectar incluso un agarre muy suave para permitir una conducción relajada. La unidad de control integrada en el volante evalúa el contacto continuamente y reconoce si el conductor está preparado. No pueden transcurrir más de 15 segundos sin que el conductor toque el volante. Si esto sucede, se producen una serie de avisos visuales y acústicos. Como resultado, la nueva generación de volantes aumenta el confort en comparación con las soluciones anteriores, en las que era necesario que el conductor moviese de forma activa el volante para indicar a los sistemas de asistencia que tenía el control del coche, incluso en las rectas.

¿En qué circunstancias la dirección está apoyada por los sistemas de asistencia?

Algunos sistemas de asistencia ayudan al conductor en situaciones críticas con intervenciones correctivas en la dirección. El asistente de cruce adaptativo (ACA), con el asistente de mantenimiento de carril (active lane assist) integrado, mantiene siempre el coche en el centro del carril. Si el vehículo se acerca a las marcas que lo delimitan sin que el conductor active el intermitente, el sistema ayuda realizando intervenciones suaves pero perceptibles en la dirección para ayudar a que el vehículo se mantenga en el carril. Si se cruza la señalización de delimitación del mismo, el conductor puede recibir una advertencia a través de una respuesta háptica.

El asistente para la conducción en atascos (traffic jam assist), que también es un subsistema del asistente de cruce adaptativo, asiste en un rango de velocidad de hasta 65 km/h en vehículos con transmisión automática, siempre que el tráfico se mueva lentamente. Esta tecnología guía el coche realizando suaves movimientos sobre la dirección y se orienta hacia las marcas del carril, las estructuras del borde de la carretera y otros vehículos.

El asistente anti colisiones (collision avoidance assist) puede ayudar al conductor en una situación de viraje que reconoce como crítica, para esquivar un obstáculo. Si después de recibir la señal de alerta de colisión el conductor puede evitar el obstáculo, este sistema de asistencia ayuda aplicando un frenado específico a las ruedas y aumentando o reduciendo el par de la dirección. De esta forma, si el conductor gira el volante demasiado, el sistema



reduce el par de dirección y, viceversa. El asistente ayuda de la misma manera al cambiar de nuevo de carril.

El asistente de aparcamiento (park assist) asume la dirección de forma completamente automática. Una vez que ha identificado una plaza de aparcamiento perpendicular o paralela adecuada gracias a los sensores de ultrasonidos, dirige automáticamente el vehículo. El conductor sólo tiene que acelerar, cambiar de marcha, frenar y supervisar el proceso de aparcamiento.

¿Cómo afecta la plataforma electrónica del chasis a la dirección?

Un coche moderno tiene unas 100 unidades de control, cada una de las cuales es responsable de una sola función. Sin embargo, la tendencia es hacia unidades de control centrales inteligentes, capaces de combinar simultáneamente múltiples funciones con una enorme potencia de procesamiento y una fusión de sensores de radar, cámaras de video y sensores de ultrasonido y lidar.

A la hora de calibrar los componentes del chasis y el sistema de dirección, Audi confía en la Plataforma Electrónica de Chasis (ECP). La unidad de control múltiple se utilizó por primera vez en 2015 en el Q7 y, en la actualidad, a partir del A4, está integrada en todos los modelos Audi de tamaño medio. Procesa toda la información de a bordo y las señales de los sensores con respecto a la velocidad, los movimientos verticales, de balanceo y de cabeceo del coche, y el comportamiento en situaciones como el sobreviraje y el subviraje. La ECP utiliza esa información para generar continuamente una radiografía de la situación de conducción y del coeficiente de fricción entre los neumáticos y la carretera. Con los datos de los numerosos sistemas de suspensión, la Plataforma Electrónica de Chasis determina el funcionamiento óptimo de cada uno de los componentes en milisegundos.

Los sistemas de dirección de Audi

Actualmente, Audi utiliza cinco sistemas de dirección diferentes, que contribuyen a la agilidad, el confort y la seguridad. Representan una conducción controlada y sin esfuerzo, con el típico tacto Audi, que garantiza una ejecución precisa y deportiva del movimiento del volante. El sistema superior es la dirección dinámica a las cuatro ruedas; con este sistema, Audi explora los límites de lo físicamente posible y combina la manejabilidad con una alta precisión.

Tecnología punta: la dirección asistida electromecánica

La dirección asistida electromecánica es una tecnología punta que actualmente se encuentra en todos los automóviles modernos de gama alta. El sistema funciona sin componentes hidráulicos y, por tanto, ahorra una cantidad significativa de energía. Además, hace posible técnicamente los sistemas de asistencia con intervención en la dirección. Con este sistema se puede ajustar la asistencia de la dirección a la velocidad del vehículo, lo que contribuye a la estabilidad direccional. De este modo, el conductor tiene una sensación de dirección deportiva y obtiene una respuesta extremadamente precisa y diferenciada de la carretera.



Un amplio campo de aplicación: la dirección progresiva

“Progresiva” significa que la dirección se implementa de forma diferente en función del ángulo de giro del volante. Para ello la cremallera y los piñones de la dirección tienen una forma y un engranaje especiales. Para grandes ángulos de giro, la relación de transmisión es menor y la dirección resulta muy directa. Cuando el conductor tiene que maniobrar o aparcar, basta con dos giros y medio del volante entre topes. Gracias a un engranaje que permite una relación más directa, los conductores experimentarán una mayor agilidad en las carreteras sinuosas. La asistencia se ajusta a la velocidad: a bajas velocidades mantiene un nivel alto para facilitar la maniobrabilidad y disminuye a medida que aumenta la velocidad. La dirección progresiva electromecánica es la tecnología más extendida en Audi cuando hablamos de sistemas de dirección.

Rotación reducida: la dirección dinámica

La dirección dinámica varía la desmultiplicación de la dirección hasta en un 100 por ciento, basándose en la velocidad de marcha, en el ángulo de la dirección y en el programa elegido en el sistema Audi drive select. El componente central es un engranaje superpuesto en la columna de dirección. Este sistema transmite los movimientos del conductor sobre el volante de una forma tan directa como en un vehículo con una dirección convencional. Además, existe un vínculo mecánico directo con el engranaje en el eje delantero y el feedback asociado a las fuerzas en las ruedas. Cuando el engranaje de superposición es controlado por el motor eléctrico, aumenta o disminuye el ángulo de dirección, lo que ajusta constantemente la desmultiplicación en función de la situación de conducción. Esto mejora el confort y el comportamiento. A bajas velocidades, por ejemplo en tráfico urbano o maniobras, la dirección dinámica opera muy directamente: el volante describe de tope a tope solo dos vueltas completas. La fuerza de servoasistencia es también alta, facilitando mucho las maniobras de aparcamiento. En carreteras secundarias, la inmediatez de la respuesta y la fuerza de asistencia se reducen progresivamente. A velocidades típicas de vías rápidas, como en autopista, se aplican desmultiplicaciones más lentas y baja fuerza de asistencia para suavizar los movimientos irregulares de la dirección, logrando una impresionante estabilidad lineal.

Agilidad: la dirección a las cuatro ruedas

Audi introdujo la dirección a las cuatro ruedas en 2014 con el Audi Q7, estableciendo un nuevo estándar en cuanto a la agilidad. El sistema puede ajustar los ángulos de giro de las ruedas en los ejes delantero y trasero de forma independiente. Utiliza la dirección asistida electromecánica en el eje delantero y una cremallera de accionamiento eléctrico con dos brazos de conexión en la parte trasera. La señal de giro se transmite a los actuadores de la parte trasera del coche mediante un sistema by-wire. A bajas velocidades las ruedas traseras giran hasta cinco grados en sentido contrario a las delanteras, lo que reduce el radio de giro en aproximadamente un metro y resulta especialmente beneficioso en maniobras y al aparcar. A partir de unos 60 km/h las ruedas traseras siguen el movimiento de las delanteras. Al girar hasta dos grados en la misma dirección se mejora el comportamiento dinámico a velocidades de autopista y autovía, lo que se traduce en un aumento de la estabilidad en situaciones de viraje. Además, la dirección a las cuatro ruedas contribuye a que los SUV de la clase de lujo de Audi se encuentren entre los modelos más ágiles de su segmento.



Combinación superior: la dirección dinámica a las cuatro ruedas

Una evolución de la dirección a las cuatro ruedas es la dirección dinámica a las cuatro ruedas, que se puede instalar de forma opcional en los Audi A6, A7 y A8, y es equipamiento de serie en el S8. Actualmente es la tecnología más avanzada entre los sistemas de dirección de Audi. Combina la dirección dinámica en el eje delantero con la dirección en el eje trasero. Con este sistema, que ofrece importantes ventajas, Audi explora los límites de lo físicamente posible. Combina una respuesta directa y deportiva de la dirección con una estabilidad de conducción superlativa; o, en pocas palabras: manejabilidad con una precisión extremadamente alta. La relación global de la dirección varía en un rango de 9,5 a 17,0: directa a bajas velocidades y estable a altas velocidades.



El ajuste de las características del sistema de dirección en Audi

- **Entrevista con Carsten Jablonowski, jefe del equipo de desarrollo responsable de las características de conducción**
- **La calibración básica se realiza virtualmente para crear el típico tacto de dirección Audi**
- **Los diferentes sistemas de dirección se basan unos en otros**

Ya sea en carreteras alpinas con muchas curvas, en autopistas llenas de tráfico o en vías urbanas con baches camino del supermercado, un buen sistema de dirección debe cubrir el espectro completo de situaciones de conducción. En esta entrevista, Carsten Jablonowski, responsable del equipo de desarrollo de las características de conducción de los vehículos Audi, explica el complejo proceso de ajuste y calibración para otorgar a un modelo de la marca de los cuatro aros un tacto de dirección único.

¿Cómo describiría el típico tacto de dirección de los vehículos Audi?

Cuando estamos situados al volante de un coche, el tacto específico de su dirección depende de una gran variedad de factores. Entre otros, el diseño general, el peso del vehículo y su distribución entre los ejes desempeñan un papel relevante, como también lo hacen los componentes individuales del chasis, los neumáticos y el sistema de dirección empleados. Ahora bien, cuando conduzco diferentes modelos de Audi, reconozco enseguida ese tacto familiar; el coche vira con facilidad, suavemente, con precisión y sin apenas esfuerzo. Y esto es así sin que importe si estoy aparcando, trazando curvas cerradas o sencillamente rodando tranquilo por ciudad. Dado que el volante de un Audi genera un mayor par de reacción, puedo trazar las curvas con precisión y agilidad. Nuestros modelos cambian de dirección con un alto grado de precisión, especialmente cuando se rueda rápido en curvas enlazadas.

Por otro lado, un Audi mantendrá la estabilidad lineal a velocidades altas en autopista sin parecer en absoluto ‘nervioso’. Esto significa que puedo sentir siempre cómo el coche se relaciona con la carretera. El volante me transmite la sensación del equilibrio del coche, su nivel de agarre, y también las irregularidades y los baches. Todo esto es importante para una experiencia de conducción segura y agradable.

El proceso de desarrollo en un vehículo dura hasta cinco años. ¿Cómo se asegura de que el tacto de la dirección recibe la suficiente atención durante ese tiempo?

En primer lugar, definimos las características de comportamiento para el modelo en cuestión. Cada vehículo tiene definido un objetivo en función del ángulo de dirección requerido. Esto determina, entre otros parámetros, el radio de giro o la curva de desmultiplicación del tren delantero direccional. A continuación, diseñamos el sistema de dirección delantero en consecuencia. Con las demandas más exigentes de dinámica de conducción y comportamiento de los modelos más grandes, como el Q7 y el Q8, usamos también dirección en el eje trasero.



¿Cómo se calibra un sistema de dirección, en ordenador o en el mundo real?

Con ambos. Lo que denominamos calibración básica se realiza en gran parte de modo virtual. Hemos ido fijando maniobras estandarizadas de conducción y dirección que podemos simular en toda la gama de velocidades de un vehículo. Nos concentramos principalmente en las circunstancias con las que rueda habitualmente el conductor medio, como las trayectorias lineales con reducidas fuerzas laterales y frecuencias direccionales normales. Pero también exploramos los límites para evaluar el comportamiento del vehículo con altos niveles de aceleraciones laterales y rápidas frecuencias direccionales. La calibración básica funciona muy bien con este enfoque, especialmente con sistemas complejos, como la dirección dinámica a las cuatro ruedas. Pero, obviamente, no proporciona resultados suficientes para una aprobación final.

¿Cuál es el siguiente paso en el proceso de afinamiento?

A base de simulaciones no es posible afinar y armonizar todos los componentes del chasis entre sí. Sólo podemos valorar adecuadamente el tacto de la dirección con ensayos en carretera. Esto requiere recorridos de prueba para determinar si los reglajes que hemos seleccionado con la calibración básica se orientan en la buena dirección. Para este fin primero ensayamos el vehículo en diversas pistas de prueba y se tienen en cuenta durante el proceso de calibración criterios tanto objetivos como subjetivos. Nos hacemos preguntas como ésta: ¿Cómo se comporta la autodirección del coche? ¿El volante transfiere a las ruedas las órdenes del conductor directa o indirectamente? ¿Transmite al conductor una buena percepción de la superficie de la carretera? ¿Se nota el volante vivo o perezoso?

¿Y qué hacen si perciben que la calibración no es la apropiada?

Si un recorrido de prueba revela que algo debe ser cambiado o que deberíamos ensayar un reglaje diferente, hacemos las modificaciones necesarias y enseguida programamos el siguiente recorrido. Ajustamos parámetros en las unidades de control, tomando en cuenta diferentes neumáticos y sistemas de transmisión. Buena parte del proceso de afinamiento y calibración se realiza en carreteras abiertas. Después de todo, ahí es precisamente donde los coches funcionarán día a día. Con cada sesión de calibración ajustamos los criterios y el sistema en general hasta que, finalmente, alcanzamos el nivel adecuado para el paso a la producción.

En este contexto, ¿cómo tratan específicamente el tema de los neumáticos originales?

Son los neumáticos, en definitiva, los que aplican a la carretera el nivel tecnológico de nuestros coches. La selección de diferentes neumáticos puede alterar significativamente el comportamiento dinámico y el tacto de la dirección del vehículo. Esto significa que es crucial que el chasis y el sistema de dirección funcionen juntos en perfecta armonía.

Toma mucho tiempo hasta que se consigue que un nuevo Audi y un determinado tipo de neumático encajen perfectamente. En colaboración con fabricantes de primera línea, desarrollamos específicamente los neumáticos adecuados para cada modelo Audi. En este proceso armonizamos nuestras especificaciones con las gamas de neumáticos ofrecidas por nuestras firmas colaboradoras. La lista de criterios que un neumático original pensado para Audi debe satisfacer en rigurosos ensayos es bastante larga.



¿Y esto qué criterios incluye?

El diseño de los neumáticos de verano y de invierno se afina a lo largo de diversas fases hasta que quedamos satisfechos de sus resultados en lo que se refiere a calidad de equilibrado, resistencia a la rodadura, dinámica de conducción y comportamiento, características de frenada, alta velocidad, aquaplaning, test invernales y uniformidad. En el proceso, el diseño de la estructura interna, la carcasa, y el compuesto de goma para la banda de rodadura se ajustan constantemente al modelo en cuestión. Durante el desarrollo ponemos el listón bien por encima de los requerimientos legales. Sólo tras unos 50 ensayos se aprueba un neumático para equipar a un Audi. En total, recorreremos unos 40.000 kilómetros en nuestros ensayos de durabilidad.

Audi dispone actualmente de varios sistemas de dirección en su gama de modelos. ¿Cuáles son los beneficios?

Nuestra dirección con asistencia electromecánica ha sentado la base para todos nuestros sistemas de dirección. Permite variar la asistencia en función de la velocidad. La dirección progresiva o variable fue desarrollada en base a este sistema. Como el término sugiere, esto funciona con una desmultiplicación progresiva, lo que supone que los movimientos del volante se transmiten de modos diferentes, dependiendo del ángulo de dirección. Esto permite reducir notablemente el esfuerzo requerido en maniobras y aparcamientos. No obstante, en carreteras secundarias con curvas, o al realizar giros pronunciados, el conductor notará una respuesta más ágil como resultado de una dirección más directa. A partir de esto, la mejora llegó con la introducción de la dirección dinámica, que hace posible variar la desmultiplicación independientemente del ángulo de giro del volante, lo que resolvió numerosos compromisos técnicos. Además, el conductor puede ajustar la dirección a su gusto a través del Audi drive select.

Y luego llegaron la dirección a las cuatro ruedas y la dirección dinámica a las cuatro ruedas, el actual tope tecnológico entre los sistemas de dirección. ¿Cuáles son los beneficios de que las ruedas traseras también direccionen?

La adición de dirección en el eje trasero, en el sistema que en Audi denominamos dirección a las cuatro ruedas, mejora significativamente la manejabilidad del vehículo. Seguramente todos hemos podido tocar alguna vez de forma accidental el bordillo interior en una estrecha rampa de acceso de un aparcamiento mientras se pasa de uno a otro piso. Gracias a la dirección a las cuatro ruedas, eso ya no ocurre tan frecuentemente. A baja velocidad, el eje trasero mueve las ruedas en sentido opuesto al giro del volante. Esto hace más pequeña la trayectoria descrita por el vehículo, reduciendo notablemente su radio de giro al maniobrar. Si, por otro lado, te estás desplazando a mayor velocidad, la orientación de dirección de las ruedas traseras se invierte. El hecho de que las ruedas de los dos ejes giren en el mismo sentido (aunque con diferente ángulo) produce un considerable aumento de la estabilidad direccional, especialmente en adelantamientos. La dirección dinámica a las cuatro ruedas viene a reunir las ventajas de las direcciones dinámicas y a las cuatro ruedas, de modo que podemos beneficiarnos de combinar tecnologías previas.



El desarrollo de los volantes en Audi

- **De la impresión 3D al modelo de producción: cuatro o cinco años de desarrollo**
- **Criterios específicos Audi para la ergonomía, diseño y tacto del volante**
- **El análisis funcional, fundamental en el proceso**

Un espíritu de innovación y pasión por el detalle caracterizan el trabajo de los expertos de Audi en volantes de dirección. El proceso entero, desde diseñar la configuración y seleccionar los materiales hasta la fabricación del modelo de producción, pasando por la elaboración de los primeros prototipos y la realización de ensayos de durabilidad, pueden tomar entre cuatro y cinco años. Repasamos el desarrollo de la nueva generación de volantes de Audi.

“La evolución del volante de dirección está progresando rápidamente. En el espacio de tres décadas, lo que antes era un armazón de acero revestido de cuero se ha transformado en un centro de mando de alta tecnología que cumple los mayores niveles de diseño y calidad”, explica Marcel Bruch, responsable de desarrollo de volantes en Audi. “En los últimos once años hemos lanzado cuatro generaciones de volantes de dirección, englobando más de 200 versiones para los diferentes modelos de Audi”.

De la lista de elementos al diseño básico

En Audi, la nueva generación de un volante se desarrolla a partir de un abanico de bocetos concurrentes y de requerimientos de tamaño y forma. La integración de todas las diversas funciones es uno de los mayores retos en este proceso. “Pese a la amplia variedad de funciones, debemos asegurarnos de que no recargamos el volante de mandos; al contrario, los conductores precisan manejarlo todo de forma intuitiva, de modo que puedan concentrarse plenamente en la carretera”, explica Bruch. “Las funciones operativas y de confort de un volante se definen específicamente para cada modelo. En el nuevo Q4 e-tron, por ejemplo, se puede emplear para controlar 18 diferentes funciones. Eso es un desafío de gran exigencia”.

En primer lugar, antes de agrupar las funciones relacionadas entre sí en un segundo paso, el equipo de desarrollo elabora un resumen de todas las funciones necesarias. En la siguiente fase se decide dónde situar los distintos conjuntos de funciones y, dentro del proceso de crear el diseño general, se seleccionan los elementos de control apropiados. Sólo entonces se toma la decisión sobre cómo actuarán las funciones; por ejemplo, si con accionamiento táctil o físico.

“El resultado es un diseño básico con posibles modificaciones adaptadas al modelo y a las funciones”, continúa Bruch. “Por ejemplo, el volante de serie difiere de las versiones opcionales con respecto al revestimiento, detalles decorativos, colores, aplicaciones y funciones técnicas”. Sólo para el Q4 e-tron hay 16 diferentes versiones del volante. Un nuevo rasgo para el SUV compacto eléctrico es el aro, que opcionalmente puede ser con forma achatada en la parte superior y la inferior. Este diseño no sólo es muy deportivo, sino que se adapta especialmente a la nueva forma de la pantalla de la instrumentación, además de



facilitar la entrada y la salida al puesto de conducción. “Tenemos que equilibrar constantemente las demandas, a veces en conflicto, del diseño y la ergonomía. Después de todo, el volante debe seguir siendo fácil de manejar y cumplir determinados requerimientos ergonómicos. La clave aquí es encontrar las mejores soluciones en las fases iniciales del proceso de desarrollo”, explica Bruch.

Criterios de ergonomía, diseño y seguridad

El desarrollo del volante de dirección en Audi está presidido por una serie de principios fundamentales:

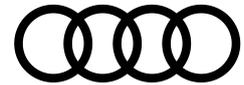
- Las formas del aro y el centro deben ser tan pequeñas y compactas como sea posible.
- En lo que se refiere al diámetro exterior del volante, los 375 mm se han convertido en un tamaño estándar.
- El diseño oval de la sección del aro corresponde al contorno natural de la palma de una mano cerrada. El diámetro del aro mide aproximadamente entre 30 y 36 milímetros.
- Debe ser posible accionar funciones con el pulgar sin interferir con el proceso físico de direccionar el vehículo.
- El enfoque se centra en un diseño deportivo. Los radios deben ser más bien finos.
- Las superficies y tolerancias de las uniones deben cumplir los altos niveles premium de calidad de Audi.

Como parte del sistema de sujeción del conductor, el desarrollo del volante debe cumplir más de 35 normas y recomendaciones, algunas de las cuales se solapan unas con otras dependiendo de la normativa de cada país. Estas reglas incluyen especificaciones relativas a la seguridad de los ocupantes, reacción a impactos e inflamabilidad, así como diseño, materiales y sistemas de ayuda a la conducción. En Audi, los volantes tienen el mismo diseño en todo el mundo. La única diferencia de un país a otro se refiere al airbag del conductor, debido a los diferentes requerimientos de las pruebas de choque.

El volante de los modelos Audi viene equipado de serie con airbag para el conductor desde 1993, un hito en seguridad pasiva. “La introducción de un airbag en el volante planteaba importantes retos a los diseñadores, a causa de la necesaria capacidad para absorber impactos, debiendo a la vez ser lo más pequeño posible. Pero también en este caso la tecnología y los procesos de producción han experimentado avances relevantes y han logrado continuos ahorros de espacio”, añade Bruch. En caso de colisión, el volante debe soportar enormes esfuerzos sin que se rompan el aro u otros componentes, lo que se verifica en ensayos de resistencia y crash-tests, que incluyen pruebas de impacto con las rodillas o con el torso, en los que se hace impactar a los dummies con el armazón del volante a velocidades de hasta 26 km/h y en diversas posiciones. Esto hace posible localizar zonas sometidas a especial esfuerzo, y optimizar específicamente estructuras y dimensionamiento de los componentes.

El tacto del volante

El tacto también es protagonista en los desarrollos de volantes en Audi. Todos los volantes de Audi que cuentan con función de detección capacitiva y/o aro calefactable llevan dos capas



de espumado para lograr un notable nivel de calidad superficial y un tacto no resbaladizo. Este criterio se aplica al detalle más pequeño y a cada elemento de control. Los conductores lo perciben, por ejemplo, en actuaciones muy precisas de rotación/presión, o en el característico clic de los botones del volante que es típico de los vehículos Audi.

Al seleccionar los materiales, la marca de los cuatro aros se fija en tres criterios: alta calidad, durabilidad y resistencia. El cuero empleado procede de subproductos de elaboración de alimentos, curtido en procesos sin cromo, transpirable, y teñido enteramente. Los ensayos de laboratorio incluyen pruebas de resistencia a la abrasión, resistencia a la luz, encogimiento, fuerza en flexión y tensión, emisiones y comportamiento ígneo, entre otros aspectos. “Además, también utilizaremos en el futuro la microfibra Dinamica para el revestimiento de volantes”, añade Bruch. “La microfibra Dinamica tiene un aspecto visual y un tacto como el cuero, pero su confección se basa mayormente en poliéster reciclado, como el que se obtiene de los textiles y de las botellas de polietileno PET”.

Ensayos y preparación para producción

Los prototipos iniciales a escala real representan un primer hito en el proceso de desarrollo. Son componentes impresos en 3D en los que se aplica manualmente el cuero al aro, fijándose con adhesivo para posteriormente ser cosido a mano, como en las unidades de producción. Sobre esas muestras iniciales tienen lugar el desarrollo y la terminación.

“Una nueva generación de volantes sólo se puede valorar adecuadamente en la carretera. Los ensayos se llevan a cabo en los vehículos de pre-producción, en test de resistencia”, explica Bruch. Los conductores para estos ensayos incluyen personas que conducen a menudo o de forma esporádica, mujeres y hombres, personas jóvenes o de edad, altas o bajas, así como personas que conducen de forma deportiva o más conservadora. Pese a las diferencias, todos ellos son expertos de Audi que ensayan y juzgan el vehículo desde cualquier punto de vista similar al de un cliente.

Estos probadores aportan información válida durante el desarrollo para asegurar que el volante ofrece un máximo de funcionalidad y ergonomía. ¿Cómo se siente el volante mientras se conduce? ¿El aro resulta demasiado grueso o fino? ¿Tiene algún resalte que se perciba negativamente al tacto? ¿Cómo califica la ergonomía general del volante? ¿Es intuitivo de manejar? ¿Funciona bien el detector capacitivo que reconoce que el conductor mantiene las manos en el volante? Todo esto se ensaya en diferentes situaciones y entornos de circulación, en zonas urbanas, carreteras secundarias y autopistas. En este proceso, unos 600 vehículos de pre-producción circulan unos seis meses totalizando 700.000 horas de conducción y 35 millones de kilómetros. “Así es como nos aseguramos de que, al igual que los otros componentes de nuestros vehículos, nuestros volantes cumplan también los más altos niveles de calidad y seguridad”, concluye Bruch.



Glosario: términos técnicos sobre los sistemas de dirección

Los sistemas de dirección se relacionan con ciertos términos técnicos descriptivos. En este glosario se tratan los más significativos.

Columna de dirección.

La columna de dirección realiza el vínculo mecánico transmitiendo el movimiento de rotación del volante al engranaje de dirección, que a su vez impulsa las bieletas en el sentido apropiado. El par de reacción que genera el engranaje se transfiere a través de la columna al volante, determinando el 'tacto' de la dirección. La columna de dirección ajustable en altura y profundidad permite a conductores de muy diversas configuraciones físicas encontrar una posición de conducción que sea apropiada.

Dirección asistida.

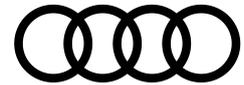
Una dirección puramente mecánica debe ser movida únicamente por la fuerza del conductor. En contraste, una dirección asistida puede ofrecer asistencia electromecánica, electrohidráulica o simplemente hidráulica, lo que hace mucho más fácil el manejo del volante en parado, aparcando o a bajas velocidades. Es uno de los avances más significativos en la evolución de los sistemas de dirección. Sin asistencia, los coches con peso preponderante sobre el eje delantero -que es lo más habitual hoy día- y con neumáticos anchos ofrecerían una dirección difícil de manejar, especialmente a bajas velocidades. La servodirección electromecánica es el sistema más avanzado, haciendo técnicamente posibles todas las variantes de dirección asistida. En consecuencia, es también un factor clave para los coches de conducción autónoma.

Dirección progresiva.

La dirección electromecánica progresiva mejora la dinámica de conducción y el confort. Su cremallera de dirección interconectada varía la desmultiplicación dependiendo del ángulo de giro del volante. Cuando aumenta el ángulo la dirección se hace más directa, es decir, menos desmultiplicada. En tráfico urbano y maniobras esto reduce el esfuerzo a realizar sobre el volante y mejora la agilidad en curvas cerradas. Además, la dirección progresiva adapta la asistencia a la velocidad, aumentando a baja velocidad para una mayor manejabilidad.

Dirección dinámica.

La dirección dinámica puede modificar su grado de actuación hasta en un 100%, dependiendo de la velocidad de avance, del ángulo de dirección, y del modo elegido en el sistema de conducción dinámica Audi drive select. El componente principal es el engranaje variable de desmultiplicación en la columna de dirección. Traduce los movimientos del conductor sobre el volante tan fielmente como en un vehículo con dirección convencional, pero también conserva un enlace mecánico directo con el engranaje del eje delantero, y el tacto asociado a las fuerzas ejercidas en las ruedas. Cuando el engranaje adicional es controlado por el motor eléctrico incrementa o reduce el ángulo real de dirección, lo cual ajusta de modo constante la desmultiplicación efectiva, de acuerdo con la situación de conducción determinada. Esto aumenta el confort de manejo y la estabilidad lineal, según la velocidad de avance y la



situación de conducción. A bajas velocidades -en tráfico urbano o maniobras de aparcamiento- la dirección variable funciona de forma muy directa; el volante apenas gira dos vueltas completas de tope a tope. La servo-asistencia también es alta, lo que hace más fácil aparcar o maniobrar. En carreteras secundarias la rapidez de giro de la dirección y la asistencia eléctrica se atenúan progresivamente. Para eliminar movimientos inestables de la dirección y permitir una mayor estabilidad lineal a las velocidades de circulación en autopista se utilizan desmultiplicaciones mayores y una menor asistencia.

Dirección a las cuatro ruedas (all-wheel steering).

En vez de actuar sólo sobre las ruedas delanteras, como es habitual, los vehículos con dirección a las cuatro ruedas pueden direccionar también las ruedas traseras. Por esa razón, a veces a este sistema se le denomina dirección en el eje trasero. A bajas velocidades las ruedas posteriores giran hasta cinco grados en sentido opuesto a las delanteras, lo que reduce significativamente el radio de giro e incrementa la manejabilidad. El conductor también puede sentir más confort y estabilidad a velocidades más altas, pues las ruedas traseras giran hasta dos grados en el mismo sentido que las delanteras. La señal de variación del ángulo de giro es transmitida eléctricamente a los actuadores y brazos de suspensión del eje posterior. Una evolución de este sistema es la dirección dinámica a las cuatro ruedas, que también puede variar la desmultiplicación de la dirección en el eje delantero.

Dirección “by-wire”.

Con de dirección by-wire (por impulso eléctrico, sin conexión mecánica), la tecnología digital de dirección se encarga de girar las ruedas delanteras y las posteriores, diferenciándose de los sistemas convencionales, en los que el volante, los engranajes intermedios y las bieletas de accionamiento forman una sucesión de conexiones mecánicas. En un vehículo con sistema by-wire no se precisa un eje de dirección. En vez de ello, las órdenes direccionales se transmiten eléctricamente a través de una unidad de control a un motor que ejecuta físicamente el movimiento direccional y lo transfiere a la rueda.

Estabilidad direccional.

La estabilidad direccional o lineal es la capacidad del vehículo para mantener una trayectoria recta sin necesitar correcciones sobre el volante. La estabilidad direccional depende no sólo del mecanismo de dirección, sino también de las condiciones del chasis, los neumáticos, la aerodinámica y el posible viento existente.

Momento de dirección.

El momento o par de dirección, o momento manual, es la fuerza ejercida por el conductor para mover el volante con el objeto de conseguir una determinada respuesta del sistema de dirección, y es una de las más importantes variables en el tacto percibido al volante.

Momento de guiñada.

El momento o par de guiñada se produce cuando el vehículo aborda una curva, y es un valor de rotación respecto al eje vertical del coche. Cuanto mayor sea la velocidad o más cerrada la curva, mayor será el momento de guiñada. Si se produce en exceso, el coche puede virar, cambiar de orientación excesivamente y patinar fuera de control.



Retorno de dirección.

Cuando el volante retorna automáticamente de forma apropiada a su posición media de giro, no sólo ayuda al confort y la estabilidad direccional, sino también confiere una sensación de seguridad en la conducción. La percepción de autocentrado, incluso cuando se aplican pequeños ángulos de dirección, asegura una precisión óptima.

Sobreviraje.

El sobreviraje ocurre cuando el coche tiende a desviarse de la trayectoria marcada en una curva, con la zaga orientándose al exterior. Este efecto está motivado por la combinación de una velocidad inapropiadamente alta y el repentino trasvase de la carga que soportan los ejes. En una situación así, la posible acumulación de fuerzas laterales en las ruedas traseras no permite una trayectoria segura, y se produce deslizamiento lateral. El sobreviraje se puede compensar con una acción controlada de contra-volante y una deceleración. El sistema ESC de control electrónico de estabilidad corrige el sobreviraje a base de frenar la rueda delantera exterior a la curva y de reducir el par motor aplicado en las ruedas, para así hacer volver el vehículo a la trayectoria deseable.

Subviraje.

El subviraje se da cuando las ruedas delanteras pierden parte de su agarre y, mientras el coche describe una curva, el eje delantero se desvía hacia el exterior de la misma. Si las fuerzas longitudinales y laterales son excesivas, el vehículo puede llegar a salirse de la carretera. El control electrónico de estabilidad ESC corrige el subviraje frenando la rueda trasera interna a la curva, y puede también, a través de la gestión del motor, reducir el par que llega a las ruedas, para hacer retornar el coche a su trayectoria idónea.

Valores límite.

Derrapaje, frenada de emergencia sobre superficies desiguales, conducción en slalom o abordaje de curvas muy cerradas a altas velocidades; los valores límite ilustran las posibilidades de conducción limitadas por la física.

–Fin–

El Grupo Audi, con sus marcas Audi, Ducati y Lamborghini, es uno de los fabricantes de automóviles y motocicletas de mayor éxito en el segmento *Premium*. Está presente en más de 100 mercados en todo el mundo y produce en 17 plantas distribuidas en 11 países. Entre las filiales cien por cien subsidiarias de AUDI AG se incluyen Audi Sport GmbH (Neckarsulm), Automobili Lamborghini S.p.A. (Sant'Agata Bolognese, Italia) y Ducati Motor Holding S.p.A (Bologna, Italia)

En 2020, el Grupo Audi entregó a sus clientes cerca de 1,693 millones de automóviles de la marca Audi, así como 7.430 deportivos de la marca Lamborghini y 48.042 motocicletas de la marca Ducati. En el ejercicio 2019, AUDI AG alcanzó una facturación de 55.700 millones de euros y un resultado operativo de 4.500 millones de euros. La compañía emplea en la actualidad, a nivel mundial, a 87.000 trabajadores aproximadamente, de los cuales más de 60.000, en Alemania. Con nuevos modelos, ofertas de movilidad innovadoras y otros servicios atractivos, Audi se está convirtiendo en un proveedor premium de movilidad sostenible e individual.
