

# **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

Facultad de ciencias de la electrónica  
Ingeniería en Sistemas Automotrices



## **“Metodología de pruebas de función de sensores en Fascia delantera de vehículo de gama Premium”.**

### **TÉSIS**

Presentada para obtener el grado de licenciatura en:

**Ingeniería en sistemas automotrices**

Presenta:

**Raúl Juárez Furlong**

Asesor: Mtro. Luis Eduardo Espinosa Maya

Asesor externo: Ing. Jesús David González Valencia

Puebla, Pue. Enero 2020





## **Hoja Informativa Aviso de Confidencialidad**

Aviso de confidencialidad para los trabajos de grado, tesis de licenciatura y maestría, trabajos semestrales, trabajos de estudio etc. elaborados en AUDI MÉXICO S.A. de C.V.

### **Para trabajos elaborados en idioma español:**

Aviso de Confidencialidad

La presente tesis de licenciatura/trabajo de grado, está basado en información interna y datos confidenciales así como información de la empresa AUDI MÉXICO S.A. de C.V.

El trabajo final nada más se podrá proporcionar al primer y segundo revisor así como a los miembros apoderados del órgano de examinación. No se permite una publicación o reproducción – incluso de extractos – del trabajo final.

Una revisión por parte de terceros requiere del consentimiento expreso del autor y de AUDI MÉXICO S.A. de C.V.

### **Para trabajos elaborados en idioma alemán:**

Sperrvermerk

Die vorgelegte Abschlussarbeit basiert auf internen, vertraulichen Daten und Informationen des Unternehmens AUDI MÉXICO S.A. de C.V.

Die Abschlussarbeit darf nur dem Erst- und Zweitgutachter sowie befugten Mitgliedern der Prüfungsorgane zugänglich gemacht werden. Eine Veröffentlichung und Vervielfältigung der Abschlussarbeit ist – auch in Auszügen – nicht gestattet.

Eine Einsichtnahme der Arbeit durch Unbefugte bedarf einer ausdrücklichen Genehmigung durch den Verfasser und das Unternehmen.

### **Para trabajos elaborados en idioma inglés:**

Confidentiality Note

The bachelor's/degree thesis as presented is based on internal, confidential data and information of the company AUDI MÉXICO S.A. de C.V.

The dissertation may only be made available to the first and second examiner as well as to authorized members of the examination boards. Publication and duplication of the dissertation – including excerpts thereof – shall not be permitted.

The explicit permission of the author and the company shall be required before the dissertation may be inspected by unauthorized parties.



## **Dedicatorias:**

*Isabel Furlong Salgado*

*Gilberto Juárez Palacios*

*Familia en general*

*Mtro. Luis Eduardo Espinosa Maya*

*Ingeniero Manuel Zapata y Sánchez*

*Dra. Luz del Carmen Gómez Pavón*

*Profesores ISA de la FCE BUAP*

*Ing. Jesús David González Valencia*

*Ing. Humberto Lara Aguilar*

*Ing. Gerald Rieder*

*Fachteam 3 Oficina Técnica Audi México*

## **Agradecimientos:**

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

*Facultad de Ciencias de la Electrónica*

*Mtro. Luis Eduardo Espinosa Maya*

*Ing. Jesús David González Valencia*

*Dr. Roberto Carlos Ambrosio Lázaro*

*Dr. Luis Abraham Sánchez Gaspariano*

*Dr. Israel Vivaldo de la Cruz*

*Dra. Luz del Carmen Gómez Pavón*

*Ing. Humberto Lara Aguilar*

*Ing. Ricardo Jiménez*

*Ing. Salvador Torres*



# Índice

<b>Dedicatorias:</b> .....	3
<b>Agradecimientos:</b> .....	3
<b>Índice</b> .....	4
<b>Tabla de imágenes</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 1: Elementos involucrados en el desarrollo de la Fascia</b> .....	12
<b>1.1 Descripción general del vehículo</b> .....	12
1.1.1 Segmento “Premium” .....	12
1.1.2 VDA 6.1 .....	13
1.1.3 IATF 16949 .....	13
1.1.4 Core Tools .....	14
1.1.5 Investigación empírica .....	15
1.1.6 Muestra del estudio .....	15
1.1.7 “Amor por el detalle” .....	16
<b>1.2 Fascia y sensores</b> .....	17
1.2.1 Fascia automotriz .....	17
1.2.2 Fascia Audi Q5 .....	17
1.2.3 Sensor ACC.....	18
1.2.4 Sensor de aparcamiento.....	19
<b>1.3 Proceso de desarrollo automotriz</b> .....	20
1.3.1 Desarrollo automotriz .....	20
1.3.2 Pruebas de función Automotriz .....	20
1.3.3 Túnel de viento .....	20
1.3.4 Cabina de agua .....	21
1.3.5 Péndulo.....	21
1.3.6 Cámara climática .....	21
<b>1.4 Universo de estudio.</b> .....	22
1.4.1 Audi Q5 2018 .....	22
1.4.2 BMW X3/X4 2017.....	23
1.4.3 Mercedes Benz GLC 2019 .....	23

<b>CAPÍTULO 2: Validación de una pieza automotriz .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Desarrollo de proyecto de un vehículo Premium. ....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Piezas exteriores de un vehículo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Explosivo de un vehículo completo en piezas separadas.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 Explicación de concepto y diseño CAD de una Fascia delantera.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Explicación de concepto y diseño de los sensores .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.1 Sensor ACC: .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.2 Sensor de aparcamiento: .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6 Simulaciones del CAD utilizando FEM.....</b>	<b>36</b>
<b>2.6.1 CAD:.....</b>	<b>36</b>
<b>2.6.2 Método del elemento finito: .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7 Pruebas físicas de durabilidad y función en fascias .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.1 Mecánicas.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8 Pruebas físicas de durabilidad y función en los sensores.....</b>	<b>41</b>
<b>2.8.1 Cámara climática. ....</b>	<b>42</b>
<b>2.8.2 Pruebas electrónicas.....</b>	<b>43</b>
<b>2.9 Pruebas de sensores en vehículo completo (Audi Media Center) .....</b>	<b>47</b>
<b>2.9.1 Detección de peatones. ....</b>	<b>48</b>
<b>2.9.2 ACC (Adaptive Cruise Control). ....</b>	<b>48</b>
<b>2.9.3 Asistencia de cambio de carril.....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.4 Asistencia de línea activa. ....</b>	<b>49</b>
<b>2.9.5 Asistente de aparcamiento.....</b>	<b>50</b>
<b>2.9.6 Asistente de vuelta.....</b>	<b>50</b>
<b>2.9.7 Asistente crucero adaptativo. ....</b>	<b>51</b>
<b>2.9.8 Asistente de espera. ....</b>	<b>52</b>
<b>2.9.9 Sensor de presencia 360° .....</b>	<b>52</b>
<b>2.9.10 Sensor de presencia de frente/ciudad. ....</b>	<b>53</b>
<b>2.9.11 Asistente lateral/cambio de carril. ....</b>	<b>53</b>
<b>2.9.12 Asistente anti colisión.....</b>	<b>54</b>
<b>2.9.13 Asistente freno multi colisión. ....</b>	<b>54</b>
<b>2.9.14 Asistente de cruce. ....</b>	<b>55</b>
<b>2.9.15 Asistente de eficiencia predictivo. ....</b>	<b>55</b>
<b>2.9.16 Asistente de tráfico mermelada.....</b>	<b>56</b>
<b>2.10 Aprobación de la pieza e inserto en la serie de producción.....</b>	<b>57</b>

<b>CAPÍTULO 3: Análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1 Ciclo de validación del ACC.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2 Pruebas de validación del ACC.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3 Metodología de pruebas de los sensores .....</b>	<b>63</b>
<b>3.4 Casos de estudio.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4.1 Pruebas en la industria. ....</b>	<b>64</b>
<b>3.4.2 Accidentes. ....</b>	<b>68</b>
<b>3.4.3 Funciones en vivo. ....</b>	<b>74</b>
<b>3.4.4 Asistencia al conductor. ....</b>	<b>76</b>
<b>3.5 Comprobación de la hipótesis. ....</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO 4: Conclusiones .....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliografía y referencias:.....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo I: “Adaptive Cruise Control System Overview” .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo II “Accelerometer (ACC) Sensor Data Sheet. ....</b>	<b>95</b>

## Tabla de imágenes

Imagen I.1 “Finish Audi México” [22].	9
Imagen I.2 Línea de montaje Audi México [22].	10
Imagen 1.1 Audi Q5 2018 [22].	12
Imagen 1.2 Manual VDA Teil 6 [1].	13
Imagen 1.3 Presentación oficial del Audi Q5 [22].	15
Imagen 1.4 Ejemplos de autos “Premium” [28].	16
Imagen 1.5 “Amor por el detalle” representado [22].	16
Imagen 1.6 Fascias “Premium” [29].	17
Imagen 1.7 Ubicación de las partes de la Fascia [22].	18
Imagen 1.8 ACC de Continental [9].	18
Imagen 1.9 ACC de Bosch [10].	19
Imagen 1.10 sensores de aparcamiento [30].	19
Imagen 1.11 Audi Q5 2019 [22].	22
Imagen 1.12 BMW X3 2019 [31].	23
Imagen 1.13 Mercedes Benz GLC 2019 [32].	23
Imagen 2.1 Plan de desarrollo de industria automotriz [41].	24
Imagen 2.2 Briefing en proceso [12].	25
Imagen 2.3 Esbozos del auto a desarrollar [12].	25
Imagen 2.4 Primer diseño CAD [12].	26
Imagen 2.5 Modelo en arcilla [12].	26
Imagen 2.6 *Piezas exteriores de un vehículo [24].	28
Imagen 2.7 Explosivo de un auto [22].	28
Imagen 2.8 Frente de una Audi Q5 [22].	29
Imagen 2.9 Audi Q5 vista de frente [22].	29
Imagen 2.10 Fascia y componentes [36].	30
Imagen 2.11 Modulo de control ACC [33].	31
Imagen 2.12 Los 4 modos desarrollados por el ACC [11].	32
Imagen 2.13 Configuración del sistema [11].	33
Imagen 2.14 Distribución de los componentes [11].	33
Imagen 2.15 Radar de onda milimétrica [11].	34
Imagen 2.16 Tabla del rendimiento del radar de onda milimétrica [11].	34
Imagen 2.17 Sensor de aparcamiento [25].	35
Imagen 2.18 CAD de una fascia [34].	36
Imagen 2.19 Fascia automotriz en programa de FEM Ansys 15.0 [35].	36
Imagen 2.20 Fascia delantera de una Audi Q5 [37].	37
Imagen 2.21 Túnel de viento [22].	37
Imagen 2.22 Fascia delantera en túnel de viento [21].	38
Imagen 2.23 Prueba de Fascia delantera en túnel de viento climático [21].	38
Imagen 2.24 Pruebas de Fascia delantera en cabina de agua [38].	39
Imagen 2.25 Péndulo para pruebas físicas [13].	40
Imagen 2.26 Cámara climática de alto volumen [26].	40
Imagen 2.27 Vehículo en cámara climática [26].	41
Imagen 2.28 Cámara climática [26].	42

Imagen 2.29 Cámara climática con generador de aire [26].	42
Imagen 2.30 generador de ecos de radar R&S AREG100A [16].	43
Imagen 2.31 Las pruebas de sensores de radar requieren simuladores de eco [16].	43
Imagen 2.32 R&S AREG100A y cámara R&S ATS1500A [16].	45
Imagen 2.33 Generador de señales, generador de ecos, Frontend y cámara apantallada [16].	46
Imagen 2.34 Mapa de sensores del Audi Q2 [21].	47
Imagen 2.35 Mapa de sensores del Audi Q5 [21].	47
Imagen 2.36 Audi Q5 detectando un peatón [21].	48
Imagen 2.37 ACC funcionando [21].	48
Imagen 2.38 Asistencia de cambio de carril [21].	49
Imagen 2.39 Asistencia de línea activa [21].	49
Imagen 2.40 Asistente de aparcamiento [21].	50
Imagen 2.41 Asistente de vuelta [21].	50
Imagen 2.42 Asistente de cruce adaptativo [21].	51
Imagen 2.43 Asistente de espera [21].	52
Imagen 2.44 Sensor de presencia 360° [21].	52
Imagen 2.45 Sensor de presencia de frente [21].	53
Imagen 2.46 Asistente lateral/cambio de carril [21].	53
Imagen 2.47 Asistente anti colisión [21].	54
Imagen 2.48 Asistente freno multi colisión [21].	54
Imagen 2.49 Asistente de cruce [21].	55
Imagen 2.50 Asistente de eficiencia predictivo [21].	56
Imagen 2.51 Asistente de trafico mermelada [21].	56
Imagen 2.52 PPAP [23].	58
Imagen 3.1 ejemplo de validación de proceso o producto	60
Imagen 3.2 Pruebas electrónicas del ACC [16].	60
Imagen 3.3 ACC funcionando, vista interna del vehículo [10].	61
Imagen 3.4 Vehículo en situación real usando ACC [10].	62
Imagen 3.5 ACC detectando peatones [10].	62
Imagen 3.6 comparación Euroncap Audi Q5 y BMW X3/X4 [27].	64
Imagen 3.7 Estadísticas Audi Q5 [27].	65
Imagen 3.8 Estadísticas BMW X3/X4 [27].	65
Imagen 3.9 Mercedes-Benz GLC vs Audi Q5 [39].	66
Imagen 3.10 interiores de ambas camionetas [39].	67
Imagen 3.11 Ilustración del ACC [21].	68
Imagen 3.12 Tesla X accidentado [20].	69
Imagen 3.13 Módulo de control ACC [17].	74
Imagen 3.14 Audi Q5 siendo probada en carretera [19].	75
Imagen 3.15 Caricatura del sensor ACC [40].	76
Imagen 3.16 sistemas de asistencia al conductor [11].	77
Imagen 4.1 ACC funcionando [21].	82





Imagen I.1 "Finish Audi México" [22].

## Introducción

"Premium" viene del inglés, significa tanto "valor añadido" como "precio superior". Este tipo de mercado es particularmente resistente en plena crisis y no deja de crecer. Nos ofrecerá algo que marcas generalistas no pueden sacar, no se atreven a sacar, o no pueden superar.

En general, consideramos que un producto es Premium cuando tiene alguna **diferenciación** o prestación que le hace **destacar sobre un producto de venta masiva**. Eso, obviamente, va acompañado de un precio superior al normal, porque no se compite solo en precios, la calidad es más importante.

En automóvil, cuando hablamos de **segmento "Premium"**, estamos hablando en los mismos términos. Se paga más a cambio de obtener una diferenciación, que puede ser a nivel de ingeniería, equipamiento, prestigio, prestaciones, nivel de acabados, etc. También se mima al cliente con más atención, eso es fundamental.

Durante el tiempo que ha durado la carrera, en diferentes ocasiones y en distintas materias hemos abordado muchas veces, la importancia de hacer pruebas y comprobar que los resultados obtenidos son lo que esperamos de nuestro modelo u objeto que estamos probando y de ser lo contrario, se debe indagar a una solución rápida y efectiva.

Haciendo las prácticas profesionales en la industria automotriz de vehículos de gama Premium, nos podemos dar cuenta que también ahí es muy importante realizar todo tipo de pruebas que nos ayuden a garantizar la durabilidad y función de nuestras piezas, con esto poder garantizar que el auto que se está diseñando, armando y vendiendo en las concesionarias tenga una excelente calidad, ya que el cliente de vehículos de gama Premium busca confort, vanguardia en tecnología y durabilidad, además de seguridad personal y de terceros; considerando también que el vender autos es un negocio sumamente lucrativo y que entre mejor calidad tengamos en nuestros vehículos más venderemos y en mejor precio.

El tipo de pruebas de función de sensores varían de acuerdo a la marca y modelo del auto que se está probando, es decir, cada firma de automóviles tiene su propio proceso de pruebas dependiendo la gama de sus vehículos y la garantía que ofrecen. Los vehículos Premium, de los cuales se abordará y hablará en esta investigación, manejan pruebas más rigurosas que las gamas más bajas, con esto se busca asegurar que sus vehículos tienen aseguradas todas las características que ofertan y que el cliente busca en un automóvil Premium.



*Imagen 1.2 Línea de montaje Audi México [22].*

En general este documento es una recopilación de todo el proceso que debe pasar una pieza incluida en un auto de gama “Premium” para poder ser introducida en la serie productiva, esto incluye desde el concepto hasta que llega al cliente después de su venta.

Para justificar este documento podemos decir que estará orientado a demostrar la importancia que tiene, para las marcas de vehículos Premium y los clientes que los compran, el realizar pruebas que nos ayuden a asegurar que las piezas exteriores de nuestros vehículos cumplen con la función deseada y son duraderas, ya que, se está invirtiendo una gran cantidad de recursos y tecnología en estos autos tanto en el desarrollo como en la compra de estos y uso de sus clientes, además de que al ser de una gama alta en calidad deben ofrecer piezas que cumplan con esos altos estándares.

Cabe resaltar que los sensores ubicados en la fascia delantera están ampliamente relacionados con funciones de seguridad del auto, tanto para el usuario como para terceros, y estos deben actuar correctamente en todo momento para salvaguardar la integridad en caso de presentarse una situación de peligro. En este documento, debido a esto, se tocarán en distintas ocasiones temas relacionados a seguridad, estos pueden ser normas, pruebas, o dispositivos.

Este documento propuesto se trata de una investigación acerca de todo el proceso que tiene que pasar una pieza de carrocería o exterior de un automóvil de gama Premium, específicamente los sensores de la Fascia delantera, para poder validarse y entrar en la serie productiva del modelo a la cual están destinados. Este proceso incluye desde el diseño de la pieza hasta su validación en campo (por el cliente); es decir, proceso de diseño CAD, acuerdos con el proveedor (material, herramental, maquinaria, etc.), construcción de la pieza, pruebas de función y durabilidad, inserto en la serie productiva y venta al público.

El objetivo general es realizar una investigación profunda acerca de la metodología que tienen que pasar los sensores de la fascia delantera de un vehículo Premium, para poder ser aprobados e insertados en el vehículo y comprobar que la metodología aplicada funciona adecuadamente; con esto tener un material didáctico y completo para consulta de los alumnos de la carrera de ingeniería en sistemas automotrices.

Hablando de objetivos específicos del documento tenemos los siguientes:

- Describir el proceso de desarrollo de una Fascia delantera de vehículo Premium.
- Describir el proceso de desarrollo, especificaciones y funciones de los sensores de una Fascia delantera de vehículo de gama Premium (ACC y aparcamiento) y comparar sus funciones con sensores de vehículos de menor gama.
- Documentar y abordar las pruebas de función de estos sensores dentro y fuera de la fascia, en condiciones de conducción normal en ciudad y carretera, realizadas mediante la metodología propuesta; con esto poder determinar que tanto mejoran la experiencia del usuario.
- Abordar casos reales, donde se pueda ver el funcionamiento de la metodología y sus resultados y nombrar que organizaciones se dedican a realizar este tipo de pruebas, como son sus procesos y donde podemos consultar esa información.

En cuanto a los alcances que tengo para realizar los objetivos cuento con el apoyo cognitivo de ingenieros de Audi México con los que tuve oportunidad de realizar mis prácticas profesionales y con los que trabaje precisamente con las distintas versiones de las fascias de la Audi Q5. Además cuento con bastante material de apoyo de acceso público relacionado al tema y con la asesoría de algunos profesores de la facultad.

En cuanto a las limitaciones no cuento con una fascia delantera físicamente para poder hacer las pruebas en vivo y tampoco con los sensores ACC y de aparcamiento, así que en general el trabajo se basará en simulaciones y datos ya comprobados con experimentos realizados por especialistas de revistas automotrices y de la industria.

Como todo documento de tesis debemos abordar el tema con una hipótesis. Para empezar a hablar de ella podemos decir que los sensores de la fascia delantera en un vehículo Premium cumplen varias funciones para el usuario, varias de estas relacionadas con temas de seguridad personal y de terceros; las pruebas de función de estos son de suma importancia para asegurar que no fallen en momentos cruciales y brinden una mejor experiencia del vehículo al usuario.

Es por esto que las pruebas de durabilidad y función en la Fascia delantera y los sensores ACC y de aparcamiento representan parte importante del aseguramiento de varias funciones relacionadas a la seguridad y comodidad del usuario y aprobar estas pruebas nos garantiza que el usuario tendrá mayor seguridad y comodidad al manejar su auto y todo este proceso de pruebas deben tomarse con suma importancia e irse actualizando constantemente. Con este documento demostraremos la hipótesis de que entre más elementos de seguridad tengamos en nuestro vehículo y nos aseguremos realmente bien que funcionan, podremos garantizar una mayor seguridad y comodidad para el usuario; además de poder marcar un camino de desarrollo seguro en cuanto a nuestros sistemas electrónicos automotrices.

Además de los sensores, estos procesos también aplican a piezas de carrocería y exteriores que también juegan un papel muy importante en el desarrollo del automóvil.

Adentrándonos en el documento debemos mencionar que este consta de 3 capítulos, Marco teórico y fundamentos, desarrollo y experimentación con resultados.





*Imagen 1.1 Audi Q5 2018 [22].*

## CAPÍTULO 1

### “Elementos involucrados en el desarrollo de la Fascia”

El primer capítulo que habla del marco teórico y fundamentos, es donde definiremos cada una de las cosas importantes de las cuales habla el documento con base en fuentes fidedignas de información. Esto es importante definirlo ya que en muchas ocasiones hablamos de la manera más normal de ciertas cosas que dominamos pero la gente que pueda leer el documento a lo mejor no sabe a qué nos referimos o de que trata esa parte específica y en este capítulo se puede ayudar bastante a entender de qué estamos hablando.

#### 1.1 Descripción general del vehículo

En esta sección del capítulo 1 describiremos de manera general lo que es un vehículo de gama Premium, es decir, que conlleva que un vehículo de estos se le denomine “Premium” y citaremos normas que influyen y temas relacionados.

##### 1.1.1 Segmento “Premium”

Premium refiere a una particularidad de un determinado bien o servicio, aquella que lo hace ser destacado por su extremada calidad y por lo tanto solo asequible por un número reducido de personas.

Las marcas de vehículos de gama Premium, además de tener en la Fascia delantera las diferentes piezas mencionadas anteriormente en la introducción, incluyen una característica adicional que es de suma importancia, y esta es la “Imagen del vehículo”, resulta ser la cara del auto, lo que el cliente ve primero en su auto nuevo y lo hace enamorarse de él.

Es por esto que las marcas Premium hacen mucho énfasis en cada detalle que lleva la Fascia delantera, además de todos los componentes que cumplen alguna función, esta pieza debe ser funcional y tener una estética excelente. Sin duda las marcas Premium se caracterizan por los frentes de sus autos, resultan ser una característica insignia de la marca y gran parte de esto se los da la Fascia delantera; todo este trabajo con la pieza viene relacionado a lo que los ingenieros llaman “Amor por el detalle”.



*Imagen 1.2 Manual VDA Teil 6 [1].*

### **1.1.2 VDA 6.1**

Las normas VDA [1] tienen su origen en la Asociación de la Industria Automovilística Alemana (Verband der deutschen Automobilindustrie e.V), cuyas siglas son VDA.

La familia de las normas VDA está constituida por diversas normas, desde las normas VDA 6.1, VDA 6.2 y VDA 6.4 sobre los sistemas de gestión de calidad, la norma VDA 6.3 sobre auditorías de proceso, la norma VDA 6.5 sobre auditorías de producto, hasta normas sobre limpieza de equipos, normas de iluminación.

La norma VDA 6.1 se desarrolló en 1996 e iba dirigida a las auditorías de proveedores de piezas en la industria automovilística y a la obtención de un certificado de sistemas de gestión de calidad.

Algunos puntos destacables de la norma VDA 6.1\* que deben ser tenidos en cuenta son:

- Es necesario definir las políticas en materia de calidad
- Se deben calcular y controlar los costes de calidad
- Tener en cuenta la calidad del producto y la responsabilidad civil por productos defectuosos

### **1.1.3 IATF 16949**

La IATF16949:2016 [2] fue desarrollada por miembros de la International Automotive Task Force (IATF) y enviada a la Organización Internacional de Normalización (ISO) para su aprobación y posterior publicación.

Dicho documento es un requisito de calidad para la industria de la automoción basado en la ISO 9001 que incorpora requisitos específicos para dicho sector.

La IATF 16949:2016 enfatiza el desarrollo de un proceso orientado en la gestión de la calidad que asegure:

- La mejora continua.
- La prevención de defectos.
- Una reducción en la variación y residuos en la cadena de suministro.

El objetivo es cumplir efectiva y eficientemente con los requisitos del cliente.

\*VDA 6.1: manual "Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie"

#### **1.1.4 Core Tools**

Core Tools [23] es un conjunto de herramientas principalmente usadas en el sector automotriz también conocidas como PPAP, APQP, AMEF, SPC y MSA. Estas herramientas son procesos desarrollados conjuntamente por Chrysler, Ford y General Motors para diseñar, desarrollar, prevenir, medir, controlar, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente. Estas herramientas son un requisito de la especificación técnica IATF 16949:2016.

##### **1.1.4.1 APQP Advanced Product Quality Planning**

La planeación avanzada de producto es una metodología que debe seguir un fabricante o proveedor para llegar a un producto terminado. Es muy importante en proyectos complejos ya que la metodología facilita mucho la comunicación entre las partes involucradas, ya sean departamentos internos de un corporativo o clientes y proveedores.

##### **1.1.4.2 PPAP Product Part Approval Process**

El propósito del PPAP es asegurar que todos los registros y especificaciones de ingeniería del cliente sean entendidos con claridad. Aunque es similar al APQP, su enfoque está en la aprobación de un producto que ya ha pasado por el proceso de APQP.

##### **1.1.4.3 FMEA Failure Mode and Effects Analysis**

Proporciona las herramientas para el análisis de riesgo en productos o procesos nuevos, modificaciones mayores en procesos ó especificaciones, cambios mayores de ubicación de procesos funcionales.

En principio, el AMEF conocido también así por sus siglas en español (Análisis de Modo y Efecto de Falla) se encarga de analizar los posibles riesgos de falla en productos y procesos. El enfoque es metodológico, se basa en diagramas de causa y efecto, criterios de evaluación, etc.

##### **1.1.4.4 SPC Statistical Process Control**

SPC es sencillamente control estadístico de procesos con una orientación bien definida hacia los procesos automotrices. Está relacionado con MSA sobre todo en los estudios de estabilidad a largo plazo.

En realidad, este tema puede ser sustituido por cualquiera de control estadístico de calidad pero su estatus de documento emitido por AIAG lo hace prácticamente normativo.

##### **1.1.4.5 MSA Measurement Systems Analysis**

El análisis de sistemas de medición se divide básicamente en dos partes: la que abarca la parte metodológica de un laboratorio de mediciones y calibraciones y la que se encarga de las herramientas estadísticas para asegurar la calidad en los resultados de las mediciones. MSA unifica criterios sobre la manera en que se acepta o libera un sistema de medición, se concentra principalmente en el estudio y control de la variabilidad de los sistemas de medición y su relación con los procesos de producción. Entre los términos más comunes de



*Imagen 1.3 Presentación oficial del Audi Q5 [22].*

MSA está el de GR&R, que es básicamente una herramienta estadística que cuantifica la variabilidad del sistema de medición, sus fuentes, y su relación con la variabilidad del proceso de producción.

### **1.1.5 Investigación empírica**

La investigación empírica se puede definir como "la investigación basada en la experimentación o la observación (evidencias)". Este tipo de investigación es llevada a cabo para poner a prueba una hipótesis.

La palabra empírica significa información obtenida por medio de experiencia, observación o los experimentos. El tema central en el método científico es que todo aporte debe ser empírico, lo que significa que es basado en la evidencia. Teniendo esto en cuenta, la palabra "empírica" también se refiere a trabajar con hipótesis que pueden comprobarse mediante la observación y los experimentos.

### **1.1.6 Muestra del estudio**

En estadística, una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población. Como un subgrupo o subconjunto representativo de la población, extraída seleccionada por algún método de muestreo. La muestra siempre es una parte de la población. Si se tienen varias poblaciones, entonces se tendrán varias muestras.



*Imagen 1.4 Ejemplos de autos "Premium" [28].*



*Imagen 1.5 "Amor por el detalle" representado [22].*

### **1.1.7 "Amor por el detalle"**

Las marcas de vehículos de gama Premium incluyen una característica adicional que es de suma importancia, y esta es la "Imagen del vehículo", resulta ser la cara del auto, lo que el cliente ve primero en su auto nuevo y lo hace enamorarse de él. Lo primero que ve una persona en su auto es como lo visto en la imagen 1.4.

Es por esto que las marcas Premium hacen mucho énfasis en cada detalle que lleva la Fascia delantera, además de todos los componentes que cumplen alguna función, esta pieza debe ser funcional y tener una estética excelente. Sin duda las marcas Premium se caracterizan por los frentes de sus autos, resultan ser una característica insignia de la marca y gran parte de esto se los da la Fascia delantera; todo este trabajo con la pieza viene relacionado a lo que los ingenieros automotrices llaman "Amor por el detalle".



*Imagen 1.6 Fascias "Premium" [29].*

## **1.2 Fascia y sensores**

En esta sección del capítulo abordaremos específicamente que es una Fascia automotriz, describiremos específicamente la fascia de la Audi Q5 y hablaremos de los sensores que esta lleva que son los del ACC y los de aparcamiento.

### **1.2.1 Fascia automotriz**

La Fascia de un automóvil (imagen 1.6) se define como un sub-ensamble que va ensamblado al auto, puede ser delantera o trasera y está fabricada en material plástico, generalmente la base es polipropileno y polietileno. Suele ir pintada al color de la carrocería y cuando sufre un daño se requiere su desmontaje para un correcto conformado o soldado de la pieza. Consta de múltiples piezas; estas pueden ser partes plásticas, cromadas, electrónicas, arneses, adhesivos, etc.

También llamada "parachoques" o "salpicadero", resulta ser una pieza de suma importancia para nuestro vehículo, ya que incluye diversos tipos de sensores relacionados con sistemas de seguridad y asistencia al conductor, tales como los sensores de activación de Airbags, de reversa, de estacionamiento autónomo, de cambio de carril, anticollisión, entre otros.

### **1.2.2 Fascia Audi Q5**

La Fascia de un vehículo se define por ser la pieza frontal más importante de este ya que abarca la parrilla central, el emblema de la marca del auto, la unión a la carrocería por medio de las salpicaderas y la base estética para con los faros. Se trata normalmente de piezas plásticas combinadas con algunas piezas en cromo, rejillas, algunos sensores, el porta placa y emblemas diversos dependiendo de la versión del vehículo.

Las Fascia de la Audi Q5 2019 consta de 3 piezas plásticas de base que se ensamblan entre ellas por medio de grapas y son las laterales y la central; a esta se le ensambla en medio la rejilla central que tiene los emblemas y porta placa y en las laterales se le ponen las rejillas en donde a su vez van montados los sensores de la Fascia.

En la parte de debajo de la Fascia se le monta el Spoiler el cual varía dependiendo de la versión de la camioneta que estamos manejando y por detrás se montan los arneses que conectan los sensores con la batería del vehículo.



Imagen 1.8 Ubicación de las partes de la Fascia [22].



Imagen 1.7 ACC de Continental [9].

### 1.2.3 Sensor ACC

El control de crucero adaptativo (ACC [3]) es un sistema de control de crucero disponible para vehículos de carretera que ajusta automáticamente la velocidad del vehículo para mantener una distancia segura de los vehículos que están por delante. A partir de 2019, también recibió 20 nombres únicos que describen esa funcionalidad básica. Esto también se conoce como control de crucero dinámico.

#### 1.2.3.1 Sensor ACC Continental

El sistema ACC [9] se comporta como un sistema de control de crucero convencional en una condición de carril abierto. Al acercarse a un vehículo más lento en la ruta del vehículo sujeto, el sistema ACC utiliza el tren motriz y el sistema de freno electrónico para ajustar la velocidad del vehículo sujeto a fin de mantener el avance seleccionado por el conductor. La Generación 4 incluye: ACC Stop & Go, reacción en objetos estáticos a priori, Auto Go (ya no se requiere confirmación del conductor dentro de un intervalo de tiempo máximo definido para salir de la parada), entrada de asistencia de velocidad externa.



*Imagen 1.9 ACC de Bosch [10].*



*Imagen 1.10 sensores de aparcamiento [30].*

### **1.2.3.2 Sensor ACC Bosch**

Conducir en tráfico pesado o mantener una distancia segura del vehículo precedente requiere un alto nivel de concentración. El control de cruceo adaptativo (ACC [10]) puede reducir el estrés para el conductor al controlar automáticamente la velocidad del vehículo y mantener una distancia mínima predefinida al vehículo precedente. Como consecuencia, el conductor disfruta de más comodidad y puede concentrarse mejor en el tráfico.

### **1.2.4 Sensor de aparcamiento**

Los sensores de aparcamiento son dispositivos de asistencia al estacionamiento basados en unos sensores que se instalan en los parachoques del vehículo, especialmente en los traseros, para informar de los obstáculos que puedan existir en los ángulos muertos de visión, así como de la distancia disponible para maniobrar.

Dichos sensores se activan cuando se utiliza la marcha atrás y si detectan, a una distancia inferior a dos metros cualquier obstáculo como, por ejemplo, otro vehículo, una pared o muro, avisan al conductor mediante una señal acústica (convertida en un pitido) aumentando su intensidad, a medida que se aproxima al obstáculo y así evitar un posible golpe.

## **1.3 Proceso de desarrollo automotriz**

En esta sección abordaremos varias cosas que tienen que ver fuertemente en el desarrollo de un automóvil, desde su concepto hasta su aprobación salida al mercado.

### **1.3.1 Desarrollo automotriz**

El diseño de automóviles, también conocido como diseño automovilístico o diseño de automoción, es la profesión implicada en el desarrollo de un automóvil. Normalmente está referido al diseño de automóviles de turismo, pero normalmente también se refiere a motocicletas, camiones, autobuses y furgonetas. Esta práctica, hoy en día, es llevada a cabo por un gran equipo que reúne diferentes disciplinas. En este contexto se refiere sobre todo a desarrollar el aspecto o la estética visual del vehículo, aunque también está implicado en la creación del concepto del producto. El diseño de automóviles es practicado por los diseñadores que tienen generalmente una orientación en arte, pero sobre todo, un grado en diseño industrial o diseño del transporte.

### **1.3.2 Pruebas de función Automotriz**

Estas pruebas de función se definen como la metodología empírica que se emplea en la industria automotriz para comprobar que cada parte del auto cumpla con la función específica que tiene asignada; estas pruebas dependen directamente de la índole que maneje la pieza que se esté probando, ya que existen muchos tipos de piezas en un automóvil como piezas electrónicas, mecánicas, plásticas, metálicas, telas, entre otras.

Cabe resaltar que las pruebas de función las realizan ingenieros de pruebas del departamento de desarrollo técnico de la marca que está haciendo el diseño de un nuevo auto y dependiendo de la prueba a realizar es el material que se usa y el procedimiento.

Entre las pruebas que se realizan están las siguientes:

- Análisis de materiales visco elásticos en componentes de vehículos.
- Análisis dinámico de álabes de turbina de vapor.
- Determinación de la contaminación de lubricantes y desgaste de maquinaria.
- Diagnóstico para mantenimiento preventivo de equipo mediante el análisis y monitoreo de lubricantes.
- Prueba de durabilidad y ciclo de vida de partes automotrices
- Prueba de equipo eléctrico/electrónico (basado en certificaciones de FCC y TCB).
- Prueba de materiales para tapicería (plástico, tela, cuero, compuestos).
- Pruebas de desempeño.
- Verificación del cumplimiento de especificaciones de lubricantes.
- Bancos de Pruebas.

### **1.3.3 Túnel de viento**

En ingeniería, un túnel de viento o túnel aerodinámico es una herramienta de investigación desarrollada para ayudar en el estudio de los efectos del movimiento del aire alrededor de objetos sólidos. Con esta herramienta se simulan las condiciones que experimentará el objeto de la investigación en una situación real. En un túnel de viento, el objeto o modelo permanece estacionario mientras se propulsa el paso de aire o gas alrededor de él. Se utiliza para estudiar

los fenómenos que se manifiestan cuando el aire baña objetos como aviones, naves espaciales, misiles, automóviles, edificios o puentes.

#### **1.3.4 Cabina de agua**

Las cabinas de cortina de agua se utilizan para procesos de pintura. En ellas un velo de agua atraparé la pintura remanente del proceso de aplicación. Este método permite evitar el uso de filtros lo que reduce su mantenimiento. Son utilizadas en pintura en altos volúmenes, y sirven para una alta variedad de pinturas, con diferentes viscosidades, y densidades. El funcionamiento de la cortina de agua es el siguiente:

- 1.-Un extractor genera una corriente de aire que atrae la pintura que no se aplicó a la pieza
- 2.-La corriente de aire proyectará los remanentes de pintura hacia una cortina de agua, la cual atraparé estas partículas.
- 3.-Se realiza un cambio en la dirección del aire por lo que las partículas que no quedaron atrapadas en la primera cortina son proyectadas hacia una segunda cortina.
- 4.-El aire continua su paso a través de un sistema de mamparas, donde al chocar con las mismas van dejando las moléculas de agua que llegó a capturar el aire.
- 5.- Se libera a través de la chimenea un aire limpio, libre de partículas.
- 6.-Las partículas de pintura quedaron recolectadas en la tina de agua.

#### **1.3.5 Péndulo**

El péndulo (del lat. pendŭlus, pendiente)<sup>1</sup> es un sistema físico que puede oscilar bajo la acción gravitatoria u otra característica física (elasticidad, por ejemplo) y que está configurado por una masa suspendida de un punto o de un eje horizontal fijos mediante un hilo, una varilla, u otro dispositivo que sirve para medir el tiempo.

#### **1.3.6 Cámara climática**

La Cámara Climática es un equipo para realizar simulaciones ambientales con rango de Temperatura y Humedad. Este equipo es adecuado para probar materiales de sectores de aeronáutica, automóvil, defensa, telecomunicación y eléctrica.

##### **1.3.6.1 RKD (Ruten Klima Dauerlauf)**

Plan de prueba del objeto en el que se contemplan altas y bajas temperaturas dentro de la cámara climática, comúnmente en las pruebas automotrices se va desde los -40°C hasta los 90°C.

##### **1.3.6.2 Wärmelagerung**

Pruebas en altas temperaturas entre 30°C y 90° C.

##### **1.3.6.3 Kalte Lagerung**

Pruebas en bajas temperaturas entre 0°C y -40° C.



*Imagen 1.11 Audi Q5 2019 [22].*

## **1.4 Universo de estudio.**

El universo de estudio se considera como esas muestras que vamos a usar para probar nuestra teoría o hipótesis, en este caso contamos con 3 camionetas de gama “Premium” y teniendo como la principal del estudio a la Audi Q5.

### **1.4.1 Audi Q5 2018**

El Audi Q5 es un automóvil todoterreno de lujo del segmento D que fabrica la empresa alemana Audi desde el año 2008. El modelo de primera generación (Typ 8R) fue el tercer miembro de la familia B8 en ser lanzado después del Audi A5 y la cuarta generación del A4, todos basados en la plataforma MLB del Grupo Volkswagen. La segunda generación del Q5 (Typ 80A) debutó en 2016 y comparte la plataforma MLBevo con las versiones B9 correspondientes del A4 y A5.

Al igual que sus hermanos Audi A4 y Audi A5, su principal característica diferenciadora es la disposición longitudinal de su motor, lo que facilita el uso de motores de seis o más cilindros y es la base del sistema quattro, basado en un transeje longitudinal fácilmente prolongable al tren trasero.

La primera generación, el Q5 8R, se produjo en Audi en Ingolstadt. Para la segunda generación, el Q5 FY (imagen 1.11), Audi construyó expresamente una fábrica en México desde donde se fabricase el vehículo.



*Imagen 1.12 BMW X3 2019 [31].*



*Imagen 1.13 Mercedes Benz GLC 2019 [32].*

#### **1.4.2 BMW X3/X4 2017**

El BMW X3 (imagen 1.12) es un automóvil todoterreno de lujo del segmento D producido por el fabricante de automóviles alemán BMW desde el año 2003. Se basa en el automóvil de turismo Serie 3, pensado como complemento del BMW X5, un todoterreno más grande, potente y costoso que el X3.

La primera generación se fabricó en la planta de Graz, Austria por parte del carroceros Steyr. Para su segunda generación, traslado su operación a la planta de Spartanburgo, Estados Unidos.

Entre los rivales del X3 se encuentran el Acura RDX, Alfa Romeo Stelvio, Audi Q5, Jaguar F-Pace, Lincoln MKC, Lexus NX, Land Rover Discovery Sport, Mercedes-Benz Clase GLC, Porsche Macan y Volvo XC60.

#### **1.4.3 Mercedes Benz GLC 2019**

El Mercedes-Benz Clase GLC (imagen 1.13) (código de fabricación: X204 anteriormente conocido como Clase GLK; Geländewagen Luxus Kompaktklasse) es un automóvil todoterreno del segmento D producido por el fabricante alemán Mercedes-Benz desde fines del año 2008. Es un cinco plazas con carrocería de cinco puertas, motor delantero longitudinal y tracción a las cuatro ruedas, desarrollado sobre la plataforma del Mercedes-Benz Clase C de tercera generación. El Clase GLC se encuentra colocado en la gama de la marca por debajo del Mercedes-Benz Clase GLE, y se enfrenta a modelos como el Acura RDX, el Audi Q5, el BMW X3, el Infiniti EX, el Jaguar F-Pace, el Land Rover Discovery Sport, el Lexus NX, el Lincoln MKC y el Volvo XC60.

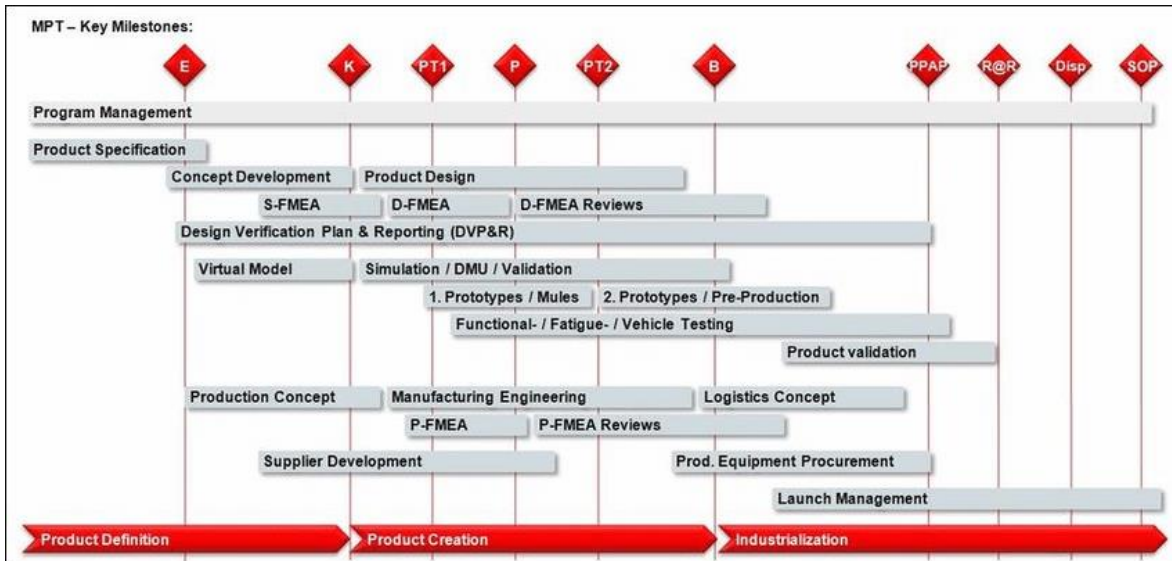


Imagen 2.14 Plan de desarrollo de industria automotriz [41].

## CAPÍTULO 2

### “Validación de una pieza automotriz”

El segundo capítulo habla del desarrollo del tema abordado que es precisamente el desarrollo automotriz específicamente para la fascia delantera y los sensores que lleva. En este capítulo trataremos primero que es el desarrollo automotriz, los pasos que lleva y los elementos que engloba. También abordaremos las distintas pruebas de función que se les hacen comúnmente a las fascias y a los sensores que estas llevan; se darán cuenta que estas pruebas son sumamente variadas, se hacen diferente y sirven para probar diferentes cosas que hay que asegurar antes de aprobar una pieza. Considerando también procesos y normas relevantes.

#### 2.1 Desarrollo de proyecto de un vehículo Premium.

Hoy en día, y gracias a los avances en herramientas informáticas y tecnológicas, un nuevo desarrollo de vehículo (turismo) tarda aproximadamente 5 años desde que lo tiene en mente el fabricante hasta que sale de la cadena de montaje la primera unidad de producción serie. A partir de ese momento, dicho modelo tiene 5 años de producción por delante hasta que salga su sucesor o un nuevo modelo lo sustituya.

El esquema de la imagen 2.1 muestra un ejemplo de las diferentes fases (hitos) que el desarrollo de un vehículo suele necesitar.

Si bien el anterior esquema es específico del fabricante Magna como proveedor de componentes, se podría extrapolar de forma general para el desarrollo de un vehículo completo. Información más específica sobre el desarrollo de productos en la industria de automoción puede ser encontrada en el procedimiento APQP o en la norma IATF 16949.



*Imagen 2.1 Briefing en proceso [12].*



*Imagen 2.2 Esbozos del auto a desarrollar [12].*

### **Los 8 pasos esenciales para crear un auto\*:**

#### **PASO 1 – Briefing:**

Las líneas maestras que sujetarán al modelo en el que se está trabajando. Es una hoja de ruta que guiará a la fabricación, en donde se origina el ADN del auto. Todo el resto del proceso deberá respetar estas primeras indicaciones. Como ejemplo la siguiente imagen 2.2:

#### **PASO 2 – Esbozos:**

La fase preferida de los diseñadores: tiempo para desgastar la punta del lápiz y llenar el tacho de basura de bocetos magros como se nota en la imagen 2.3. Durante la etapa de experimentación pueden realizarse hasta mil diagramas previos del nuevo producto. Es, según los responsables del diseño, intenciones en pales de lo que "les gustaría hacer", para luego ir avanzando en procura de lograr una "foto" casera del auto a realizar.

\*Artículo en completo en: <https://www.infobae.com/autos/2016/06/13/los-8-pasos-esenciales-para-crear-un-auto/>



*Imagen 2.3 Primer diseño CAD [12].*



*Imagen 2.4 Modelo en arcilla [12].*

### PASO 3 – Generación del CAD:

Es la recreación virtual de los esbozos. El documento digital es útil no sólo para el diseño del nuevo vehículo, sino también se utiliza para hacer un seguimiento técnico del progreso.

### PASO 4 – Modelo de clay:

En esta fase del programa el auto se esculpe en arcilla (imagen 2.5), en donde se suelen utilizar hasta cinco mil kilos. Con este proceso el modelo adquiere dimensiones reales y simula las líneas exteriores. Suele pesar el doble a un coche convencional. El trabajo de un artesano va puliendo a mano los cambios introducidos durante el trabajo de diseño externo hasta que se congele y apruebe el modelo final.

#### PASO 5 – Frozen model:

La etapa cúlmine del modelo de clay. Es la imitación exacta sobre arcilla del diseño exterior definitivo elegido por los directores de la compañía. Es la apariencia aprobada y sellada, lista para volverse real.

#### PASO 6 – Creación de colores:

Es uno de los aspectos más determinantes en el proceso de creación. Los encargados para pintar los productos de la automotriz Seat pertenecen al departamento de "Color & Trim", responsables de los colores externos e internos del flamante auto. Sus consideraciones contemplan modas, arquitectura, diseños, motivos, mercado en un plazo de trabajo de dos años. El resultado, tras más de cien formulaciones y la inversión en mil litros de pintura, conformará una paleta de colores de 12 tonalidades para la apariencia exterior del modelo.

#### PASO 7 – Asientos:

Sobre dos conceptos medulares se trabaja en el diseño de las butacas: estética y confort. La configuración de una química entre materiales y colores y la búsqueda de nuevos patrones para los tapizados también son aspectos a considerar.

#### PASO 8 – Diseño interior:

Se rige bajo los lineamientos de la utilidad y la eficiencia. Es una tarea que está orientada al conductor, donde todo se piensa a partir de la funcionalidad de los elementos. El momento para preguntarse dónde guardar el smartphone, las gafas, la botella de agua. Y donde ha ganado protagonismo últimamente el desempeño de las pantallas, que se instalan sobre el eje de la consola central.

## **2.2 Piezas exteriores de un vehículo.**

El exterior del coche: neumáticos, chasis y carrocería [24].

Llegados a este punto entran en juego el chasis y los neumáticos. El primero es la parte del coche se encarga de dar estabilidad al vehículo. Sostiene todo el habitáculo incluyendo el motor, la transmisión, la carrocería, el sistema de escape y la caja de dirección.

La transmisión o caja de cambios transfiere a las ruedas el par motor que hará que el vehículo se ponga en movimiento o venza la resistencia una vez que esté en marcha. Por su parte, la caja de dirección permite que el coche siga la trazada que el conductor quiera. Este sistema comienza en el volante (que traslada el movimiento a la caja de dirección) a través de las columnas de dirección. Es importante comprobar que la dirección está alineada con frecuencia ya que puede dar lugar a situaciones de peligro. En este campo, la mecánica está evolucionando a pasos agigantados, empiezan a verse avances como el volante gestual que auguran un futuro muy emocionante en el sector de la automoción.

El conjunto de componentes del automóvil que unen las ruedas con el chasis se denomina suspensión. Estos resortes metálicos y amortiguadores guían a las ruedas en su recorrido y transforman la energía cinética (de baches y cuestas) en calorífica. Al cambiar los neumáticos

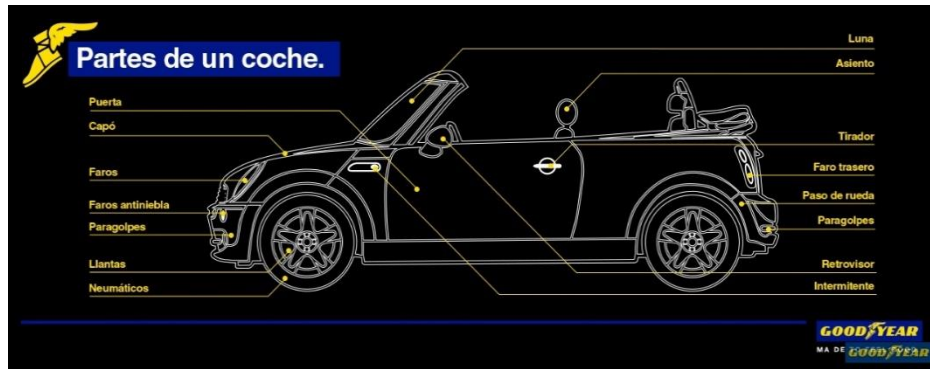


Imagen 2.5 \*Piezas exteriores de un vehículo [24].



Imagen 2.6 Explosivo de un auto [22].

es más fácil que podamos ver alguno de los elementos que componen la suspensión (brazos, pilares, elementos de control auxiliar) o los discos de freno. A su vez, los neumáticos de un coche son muy variados en función de la superficie para la que están desarrollados o la estación del año, por lo que es necesario conocer qué neumático montamos en nuestro coche y las equivalencias que nos pueden valer.

Entre todas estas partes del coche es importante no confundir el chasis con la carrocería. La carrocería es la parte del vehículo que soporta los pasajeros o la carga. Incluso hay una forma más visual de entenderlo, si es susceptible de tener un arañazo, entonces es carrocería.

### 2.3 Explosivo de un vehículo completo en piezas separadas

El prestigioso fotógrafo alemán **Fabian Oefner**, realizó una sesión de fotos (imagen 2.7) con la versión de 10mo aniversario del Audi R8 V10 y con ella podemos darnos cuenta todo lo que conlleva el armar un auto y todo lo que influye para que este sea una joya. Sin duda nos podemos dar cuenta que cada pieza es esencial y debe cuidarse mucho.

\*Imagen 2.6: exposición de piezas exteriores de un vehículo por parte de Goodyear.



*Imagen 2.8 Frente de una Audi Q5 [22].*



*Imagen 2.7 Audi Q5 vista de frente [22].*

## **2.4 Explicación de concepto y diseño CAD de una Fascia delantera**

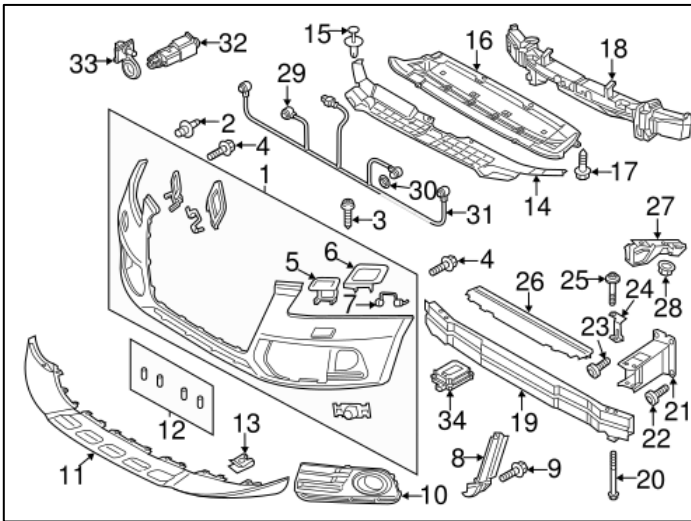
La Fascia de un automóvil se define como un sub-ensamble que va ensamblado al auto, puede ser delantera o trasera y está fabricada en material plástico, generalmente la base es polipropileno y polietileno. Suele ir pintada al color de la carrocería y cuando sufre un daño se requiere su desmontaje para un correcto conformado o soldado de la pieza. Consta de múltiples piezas; estas pueden ser partes plásticas, cromadas, electrónicas, arneses, adhesivos, etc. como se muestra en la imagen 2.8.

La palabra “Fascia” es derivada de la palabra “facial” que a su vez se refiere o habla de la cara o el frente de alguna cosa, es decir, que las fascia de nuestro auto prácticamente es la cara del vehículo y en cuestión de marcas Premium cuenta como un aspecto sumamente importante para el convencimiento del cliente por comprarlo.

Es por lo anterior que esta pieza es tan importante, se dice que lo primero que el cliente ve de su auto nuevo precisamente es el frente y en un 80% este puede convencer al cliente de comprarlo. Lo demás del auto, tanto exterior como interior se consideran un complemento cuando hablamos de enamorar al cliente del auto. Además de que del frente del auto debemos decir que la fascia constituye la mayor parte, esto quiere decir que si nuestra fascia es estéticamente atractiva, seguramente el cliente querrá comprarnos el auto.

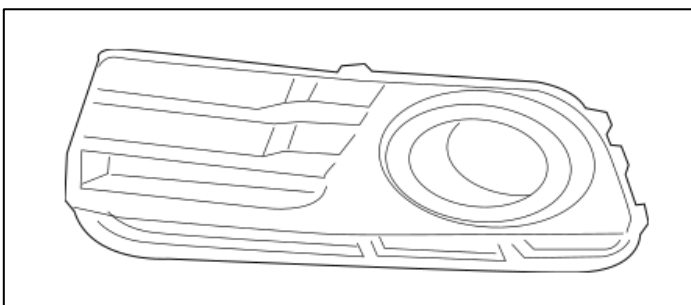
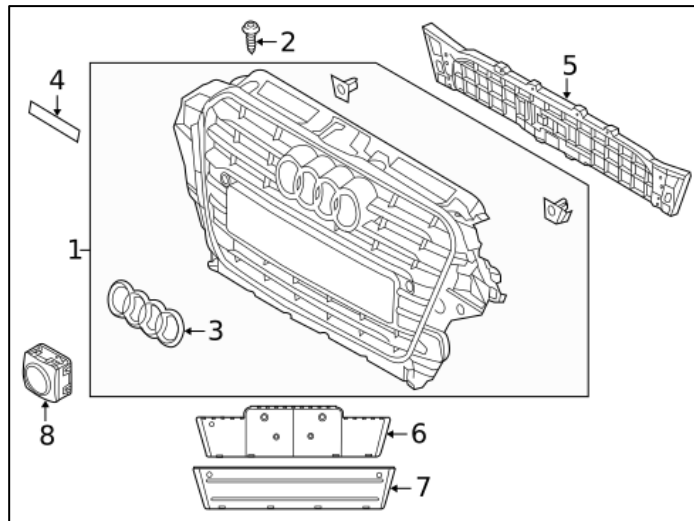
También debemos mencionar que a pesar de ser el mismo modelo de vehículo, en sus diferentes versiones normalmente cuenta con variaciones en la fascia, ya sea que cambien las rejillas, el spoiler, los emblemas, las entradas de aire o hasta el porta placa.

**Explosivo de Fascia delantera Audi Q5**



- 1. Cubierta fascia    19. Barra de impacto
- 5. Cubierta        29. Sensor aparcamiento
- 7,8 Retenedor    32. Sensor temperatura
- 10. Rejilla
- 11. Spoiler
- 16. Cubierta
- 18. Absorbente

- 1. Rejilla frontal
- 3. Emblema
- 5. Plato
- 6. Porta placa
- 7. Plato de ajuste
- 8. Módulo ACC



Rejilla frontal lateral de la fascia, es donde se monta el módulo de control ACC.

Módulo de control ACC.

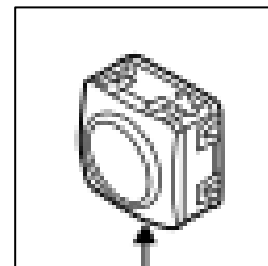


Imagen 2.9 Fascia y componentes [36].



*Imagen 2.10 Modulo de control ACC [33].*

## **2.5 Explicación de concepto y diseño de los sensores**

Un sensor en la industria es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas con un transductor en variables eléctricas.

### **2.5.1 Sensor ACC:**

El control de crucero adaptativo [6] (ACC) es un sistema de control de crucero disponible para vehículos de carretera que ajusta automáticamente la velocidad del vehículo para mantener una distancia segura de los vehículos que están por delante. A partir de 2019, también recibió 20 nombres únicos que describen esa funcionalidad básica. Esto también se conoce como control de crucero dinámico.

El control se basa en la información del sensor de los sensores a bordo. Dichos sistemas pueden usar un sensor de radar o láser o una configuración de cámara que permita que el vehículo frene cuando detecta que el automóvil se aproxima a otro vehículo adelante, y luego acelera cuando el tráfico lo permite.

La tecnología ACC es ampliamente considerada como un componente clave de cualquier futura generación de automóviles inteligentes. Afectan la seguridad y la comodidad del conductor, así como el aumento de la capacidad de las carreteras al mantener una separación óptima entre los vehículos y reducir los errores del conductor. Los vehículos con control de crucero autónomo se consideran un automóvil autónomo de Nivel 1, según lo definido por SAE International. Cuando se combina con otra función de asistencia al conductor, como el centrado de carriles, el vehículo se considera un automóvil autónomo de Nivel 2.

El control de crucero adaptativo no proporciona plena autonomía: el sistema solo brinda alguna ayuda al conductor, pero no conduce el automóvil solo.

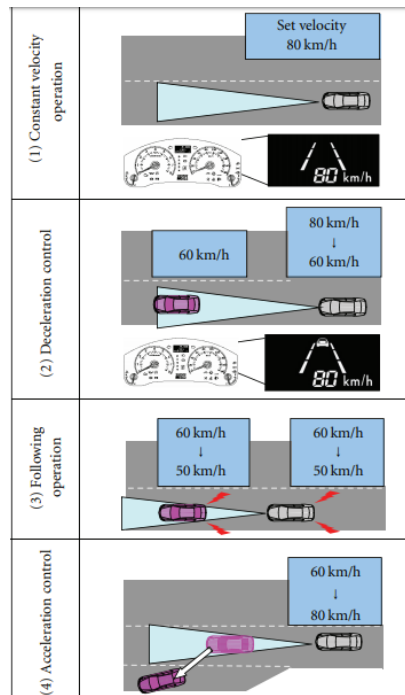


Imagen 2.11 Los 4 modos desarrollados por el ACC [11].

## “Mejora del rendimiento del control de cruceo adaptativo”

### 2.5.1.1 Modos de control:

El sistema ACC de desarrolla en cuatro modos de control [11], que se describen a continuación:

- a) Control de velocidad constante: cuando hay una vía sin vehículos o no hay vehículo por delante, o cuando hay una gran distancia entre el vehículo del conductor y el próximo vehículo, el sistema mantiene una velocidad constante del vehículo.
- b) Control de desaceleración: cuando se detecta un vehículo por delante que avanza a una velocidad más lenta, el sistema usa el acelerador para desacelerar el vehículo del conductor. Si esta desaceleración es insuficiente, el sistema usa el freno para desacelerar el vehículo.
- c) Control de seguimiento: cuando el vehículo del conductor está detrás del vehículo precedente, el sistema controla el acelerador y el freno de manera que el intervalo de tiempo entre los vehículos (que corresponde a la distancia entre los vehículos que es proporcional a la velocidad del vehículo del conductor) es el tiempo establecido por el conductor.
- d) Control de aceleración: cuando, debido a un cambio de carril, ya no hay un vehículo por delante del vehículo del conductor, el sistema acelera el vehículo hasta la velocidad establecida por el conductor, y luego mantiene una velocidad constante. Además, cuando el vehículo del conductor se acerca a un vehículo por delante sin frenar lo suficiente, un zumbador de alerta y un indicador de pantalla solicitan al conductor que aplique los frenos o tome otras medidas apropiadas.

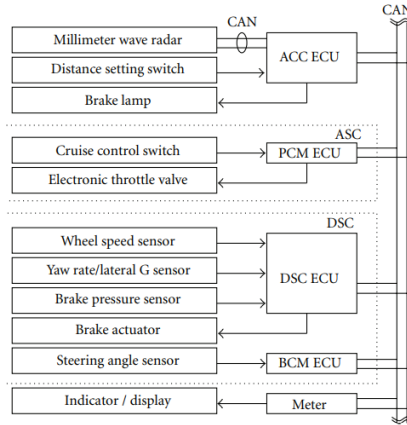


Imagen 2.12 Configuración del sistema [11].

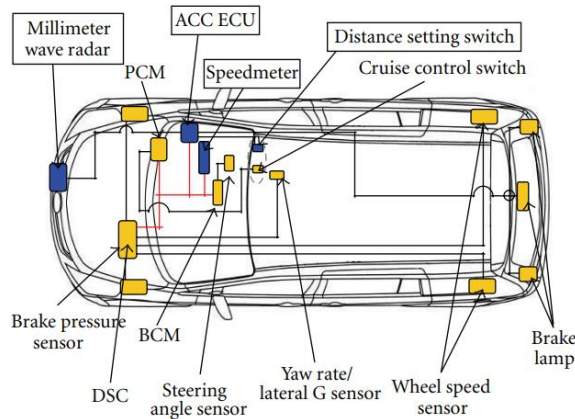


Imagen 2.13 Distribución de los componentes [11].

### 2.5.1.2 Configuración del sistema:

La figura 2.13 muestra la configuración del sistema ACC y la disposición de la unidad en un vehículo. Esta configuración incluye el existente control de velocidad automático (ASC), Control de estabilidad dinámico (DSC), el radar de onda milimétrica usado para detectar objetos por delante, ACC Unidad de control eléctrico (ACC ECU) utilizada para calcular los valores de control para el motor y freno, interruptor de ajuste de distancia utilizado para establecer un intervalo de tiempo para seguir el vehículo por delante (para mantener un distancia constante) e Indicador / Pantalla que informa al conductor del modo de control.

La Figura 2.14 muestra el diseño de la pieza para los sensores, la ECU y otros componentes. Para el control de frenos, la función del actuador de freno DSC se extiende para realizar control de retroalimentación, para que la desaceleración demandada por él se entregue al conductor. Para el control del motor, la velocidad del vehículo establecida por ACC se transmite a la sección de control de velocidad del vehículo del ASC existente, y el sistema controla la velocidad del vehículo para seguir el vehículo que lo precede.

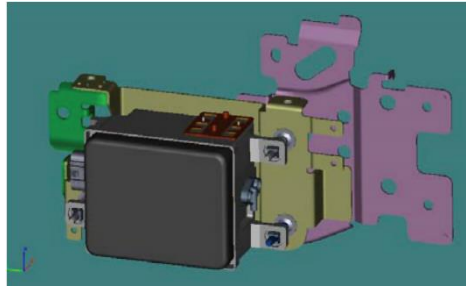


Imagen 2.14 Radar de onda milimétrica [11].

Detection range	Max	150 m
	Min	2 m
	Resolution	0.1 m
Range rate	Max	200 km/h
	Min	-200 km/h
	Resolution	0.36 km/h
Azimuth angle	Area	$\pm 7.5$ deg
	Resolution	0.1 deg
Data rate		100 msec

Imagen 2.15 Tabla del rendimiento del radar de onda milimétrica [11].

Valores del sensor de velocidad de la rueda y velocidad de guiñada / lateral del sensor G se transmiten a la ECU DSC y los valores para la velocidad del vehículo y otros elementos establecidos desde la operación de los interruptores se transmiten a la ECU de PCM. Además, las señales de ambas ECU se recopilan en la ECU del ACC a través de CAN (Red de área de control). Las transmisiones entre estas se transportan al radar de onda milimétrica y la ECU ACC a través de CAN. Además, cuando se realiza el control del freno, el ACC controla el relé entre el interruptor del pedal del freno y la luz de freno para encender las luces de freno.

Como se describió anteriormente, en lugar de desarrollar un nuevo control de actuador para el motor y el freno, en su lugar, las funciones del sistema existente se extienden, asegurando que este sistema puede ser desarrollado eficientemente.

### 2.5.1.3 Radar de onda milimétrica:

La figura 2.15 muestra una vista externa del radar de onda milimétrica utilizado en este sistema. La frecuencia del radar de onda milimétrica es de 76 a 77 GHz.

Se utiliza un sistema FMCW, que permite medir la distancia entre vehículos y la velocidad relativa para ser simultáneamente medido con muy alta precisión. Para detectar el ángulo horizontal, se utiliza un sistema de escaneo mecánico, en el que la antena y el transmisor / receptor de onda milimétrica son panorámica de ida y vuelta a los lados derecho e izquierdo por un motor. Este sistema produce una resolución de ángulo relativamente alta. Además, el grosor de este radar se ha reducido hasta 70 mm, lo que permite instalarlo dentro del parachoques, a pesar del escaneo mecánico. Las especificaciones del radar de ondas milimétricas se muestran en la tabla de la imagen 2.16.



*Imagen 2.16 Sensor de aparcamiento [25].*

### **2.5.2 Sensor de aparcamiento:**

Son dispositivos de asistencia al estacionamiento [25] basados en unos sensores que se instalan en los parachoques del vehículo, especialmente en los traseros, para informar de los obstáculos que puedan existir en los ángulos muertos de visión, así como de la distancia disponible para maniobrar (imagen 2.11).

Dichos sensores se activan cuando se utiliza la marcha atrás y si detectan, a una distancia inferior a dos metros cualquier obstáculo como, por ejemplo, otro vehículo, una pared o muro, avisan al conductor mediante una señal acústica (convertida en un pitido) aumentando su intensidad, a medida que se aproxima al obstáculo y así evitar un posible golpe.

1. **Los sensores de ultrasonidos** que van incorporados en los paragolpes y son fácilmente reconocibles ya que se trata de pequeños cilindros del tamaño de una moneda de un euro incrustados en las defensas. Normalmente son cuatro y funcionan emitiendo ondas de ultrasonidos que rebotan en los obstáculos. Este tipo de sensores tiene un radio de acción que oscila entre  $130^\circ$  y  $160^\circ$  de barrido horizontal y entre  $50^\circ$  y  $60^\circ$  en barrido vertical.
2. **Los sensores de detección electromagnética**, colocados también en los paragolpes, pero que consisten en una tira metálica adherida al interior de éste. Su principio de funcionamiento se basa en detección de alteraciones del campo electromagnético producida por los objetos sólidos. Su detección es continua, cubriendo toda la parte trasera del vehículo y tienen la ventaja de que son más resistentes ante un posible golpe.



Imagen 2.17 CAD de una fascia [34].

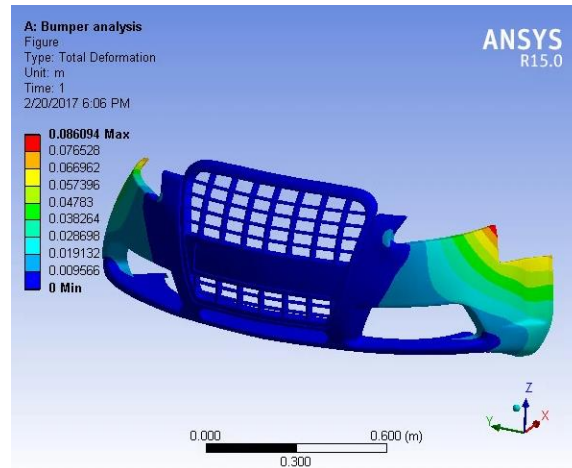


Imagen 2.18 Fascia automotriz en programa de FEM Ansys 15.0 [35].

## 2.6 Simulaciones del CAD utilizando FEM

En el mundo del desarrollo automotriz una parte que se ha vuelto de suma importancia es la del diseño por computadora y simulaciones, todo auto fabricado actualmente tiene su diseño CAD y en este se basan los ingenieros para replicarlo a la realidad y realizar modificaciones.

### 2.6.1 CAD:

El diseño asistido por computadoras, más conocido por sus siglas inglesas CAD (computer-aided design), es cuando se utilizan diferentes programadores gráficos para lograr crear una serie de imágenes que conjuntas crean una imagen más grande (por así decirlo) o más conocida como dibujo o ensamble.

### 2.6.2 Método del elemento finito:

El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

El MEF está pensado para ser usado en computadoras y permite resolver ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico sobre geometrías complicadas. El MEF se usa en el diseño y mejora de productos y aplicaciones industriales, así como en la simulación de sistemas físicos y biológicos complejos. En cuanto a una fascia automotriz, este método se utiliza para simular esfuerzos y deformaciones que esta pueda sufrir en condiciones normales en diferentes partes del mundo y con ello poder asegurar que la pieza se comportara de buena manera en nuestro vehículo completo.



Imagen 2.20 Fascia delantera de una Audi Q5 [37].



Imagen 2.19 Túnel de viento [22].

## 2.7 Pruebas físicas de durabilidad y función en fascias

Aquí comenzamos a hablar de las pruebas realizadas cuando un diseño pasa su aprobación en simulaciones, una vez que la computadora nos dice que el diseño es apto para fabricarlo hay que corroborarlo con piezas físicas y realizar medidas correctivas de ser necesarias.

### 2.7.1 Mecánicas

Hablando de pruebas mecánicas en una fascia las más comunes son en túnel de viento, cabina de agua, péndulo y cámara climática; por ser estas las que arrojan resultados más claros y contundentes en demostrar si nuestra fascia cumplirá con los requerimientos mínimos solicitados.

#### Túnel de viento

La resistencia aerodinámica y optimización del ruido tienen un efecto considerable sobre la comodidad y el consumo del vehículo. Estos aspectos son precisamente los que investiga Audi en el túnel aeroacústico\* (imagen 2.15), uno de los más modernos del mundo, que ofrece una variedad de pruebas prácticamente ilimitada. Capaz incluso de simular una velocidad de 300 km/h: la velocidad punta del Audi R8.

\*Artículo "El túnel de viento aeroacústico": <https://www.audi.cl/experiencia/centro-del-tunel-de-viento/los-3-tuneles-de-viento>



Imagen 2.21 Fascia delantera en túnel de viento [21].



Imagen 2.22 Prueba de Fascia delantera en túnel de viento climático [21].

a) Túnel de viento termal:

Audi utiliza el túnel de viento termal (imagen 2.16) principalmente para estudiar el sistema de refrigeración del motor y la gestión del calor. En el túnel se realizan pruebas a los vehículos bajo condiciones extremas, con temperaturas que pueden alcanzar los 55 grados y velocidades del aire de hasta 275 km/h.

b) Túnel de viento climático:

Una combinación de viento, calor y hielo: ahora Audi es capaz de realizar sus programas de pruebas bajo condiciones reales en su nuevo túnel de viento climático, con un frío glacial o un calor abrasador y con vientos de hasta 300 km/h. El objetivo es mejorar aún más la comodidad y la seguridad de sus vehículos.



*Imagen 2.23 Pruebas de Fascia delantera en cabina de agua [38].*

### **2.7.1.1 Cabina de agua**

La cabina de agua (imagen 2.18) es un cuarto sellado con rociadores de agua que rodean todo nuestro vehículo que se va a probar. Estos rociadores de agua son capaces de arrojar agua a diferentes velocidades y ángulos simulando lluvia de leve a intensa, charcos, inundaciones leves y salpicones de agua laterales, frontales y traseros.

Todas estas pruebas anteriormente mencionadas van dirigidas a probar la hermeticidad del vehículo, ya que este, bajo ciertas condiciones, debe permanecer sellado y no mojarse por dentro por ningún motivo.

### **2.7.1.2 Péndulo**

La prueba de impacto [13] determina la cantidad de energía absorbida por un material durante la fractura. Esta energía absorbida es una medida de la tenacidad (dureza) de un material y actúa como una herramienta para estudiar transición frágil-dúctil dependiente de la temperatura. Es para determinar si el material es frágil (quebradizo) o dúctil en naturaleza.

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:**

- Energía disponible en 150J para pruebas Charpy e Izod
- Levantamiento del martillo por impulsión del motor con auto-retornado después de la prueba para productividad incrementada y seguridad del operador
- El mecanismo de control electromagnético para freno/clutch responde rápidamente para mejor operación
- Controles convenientemente localizados para pruebas eficientes
- Distancia entre soporte es 40 mm
- Ángulo de caída de 150 grados
- Adecuado para especímenes de 10 x 10 x 5 mm



Imagen 2.25 Péndulo para pruebas físicas [13].



Imagen 2.24 Cámara climática de alto volumen [26].

- Modo de prueba con sensibilidad automática de la puerta de la cámara que permite pruebas rápidas y continuas y modo manual para que el operador tenga más control.
- Codificador altamente sensible para tomar las lecturas de los ángulos para cada posición del martillo y para capturar el punto de pico exacto del ángulo de levantamiento (subida).
- Menú de verificación directa para verificar las pérdidas y calcular el error como descrito en los estándares (resistencia del aire, resistencia del cojinete, etc.)

### 2.7.1.3 Cámara climática:

El test INKA de Audi reproduce 12 años de sufrimiento en sólo 19 semanas [15].\*

El test INKA está compuesto de cinco pruebas que no sólo evalúan el exterior del vehículo, también el interior. La primera prueba es una niebla de agua salina en una cámara climática a 35 grados centígrados de temperatura. De ahí se pasa a la segunda, donde el coche es expuesto a un clima tropical de hasta 50 grados centígrados con una humedad máxima del aire del cien por cien.

\*Artículo completo en: <https://www.motorpasion.com/audi/el-test-inka-de-audi-reproduce-12-anos-de-sufrimiento-en-solo-19-semanas>



Imagen 2.26 Vehículo en cámara climática [26].

Sigue el calor en la tercera parte, donde 80 lámparas de 1.200 vatios calientan la carrocería hasta los 90 grados centígrados, para luego pasar a la siguiente prueba, donde la temperatura baja hasta los 35 grados bajo cero y una máquina con cuatro postes hidráulicos mueve el coche para simular la torsión y tensión de la carrocería y los apoyos del motor para simular la circulación por una carretera bacheada.

Por último una serie de probadores conducen repetidamente los coches sobre pistas especiales en las instalaciones de ensayo al aire libre. Se recorren un total de 12.000 kilómetros con cada unidad, incluyendo las zonas de barro y medio salino.

Tras las pruebas, los inspectores de calidad revisan 600 puntos del coche en busca de posibles puntos débiles, entre los que se encuentra el interior, donde entre otras cosas se verifica que los materiales mantengan el color y queden quebradizos.

Es decir, cuando estos coches lleguen a ser clásicos tendrán mucho mejor aspecto y menos trabajo que realizar que los clásicos actuales. Aunque sin irnos tan lejos tendremos coches con cierta edad menos deteriorados que antes.

## 2.8 Pruebas físicas de durabilidad y función en los sensores

Hablando específicamente de las pruebas de durabilidad y función en los sensores por si solos, podemos decir que son básicamente 2 tipos, las de cámara climática y las electrónicas, siendo las segundas un tipo de simulaciones de manera física con generadores de señales y generadores de ecos.

Cabe mencionar que en esta sección hablaremos de algo llamado “Frontend” que en la industria automotriz se conoce como la parte frontal del automóvil, aunque dependiendo la marca del vehículo este puede o no considerar a la fascia delantera dentro de este ensamble. Para las camionetas que estamos considerando en este documento la fascia no forma parte como tal del “Frontend”, que cuenta con los faros, radiador y algunos sensores diferentes principalmente, la fascia delantera va montada sobre el “Frontend” y se analizan como ensambles diferentes.



Imagen 2.28 Cámara climática [26].



Imagen 2.27 Cámara climática con generador de aire [26].

### 2.8.1 Cámara climática.

Las pruebas en cámara climática [26] también se realizan al puro sensor o módulo de control para poder comprobar que estos por si mismos soportan cualquier cambio de temperatura o condiciones que se puedan dar luego ya en el ensamble de la Fascia o del vehículo completo; la diferencia en estas es el proceso y el tamaño de las cámaras.

#### 2.8.1.1 Pruebas de variación rápida de temperatura.

##### **RKD (Ruten Klima Dauerlauf):**

Ruten Klima Dauerlauf significa en español “prueba con ruta de clima” y esto quiere decir que son pruebas que abarcan normalmente 300hrs de la pieza en la cámara climática y dentro de estas contempla ciertas horas a muy bajas temperaturas, ciertas horas a 0 grados, otras más a temperatura ambiente (22°) y otras más a 90°, además de que los cambios de temperatura son rápidos y salida la pieza debe aguantar igual las pruebas de función establecidas.

##### **Cámaras Climáticas con Generador de Aire.**

##### **Wärmelagerung:**

Wärmelagerung significa en español “prueba de calor” las cuales van entre 30° y 90° y con duración entre 120 y 300hrs dependiendo la pieza que se está probando.

##### **Kalte Lagerung:**

Kalte Lagerung significa en español “prueba de frio” las cuales van entre 0° y -40° e igualmente con duraciones de entre 120 y 300hrs dependiendo la pieza que se está probando.



Imagen 2.29 generador de ecos de radar R&S AREG100A [16].



Imagen 2.30 Las pruebas de sensores de radar requieren simuladores de eco [16].

### 2.8.2 Pruebas electrónicas.

El correcto funcionamiento de los sensores de radar [16] utilizados en los sistemas de asistencia a la conducción es de vital importancia para la seguridad. Por este motivo, todos los sensores deben ser sometidos a pruebas durante la producción y después de su montaje en el vehículo. Un nuevo generador de ecos de radar desempeña un papel fundamental en este contexto.

El generador de ecos de radar para la industria automotriz R&S AREG100A (imagen 2.24) se compone de una unidad base y un frontend separado que puede elegirse de acuerdo con la banda de radar utilizada.

Los sistemas de asistencia a la conducción que utilizan radares (por ejemplo, el control de velocidad inteligente) dependen del correcto funcionamiento de los sensores de radar integrados. El hecho de que un sensor en particular incorporado en un vehículo sea capaz de registrar correctamente la distancia, el tamaño, la dirección y la velocidad de un objeto depende por un lado de la calidad del sensor, y por otro, de su posición de montaje. Ambos aspectos son relevantes para la seguridad, por ello son necesarios ensayos funcionales tanto

por parte del proveedor del sensor durante su producción como en la línea de ensamblaje del fabricante del automóvil.

Para evaluar la idoneidad de cubiertas de sensores (radomos), Rohde & Schwarz ha lanzado recientemente al mercado el sistema de pruebas R&S QAR. Para los sensores propiamente dichos existe ya desde hace tiempo la posibilidad de realizar pruebas exhaustivas durante el proceso de desarrollo con el generador de ecos digital ARTS 9510, especialmente con blancos simulados en movimiento. Una vez que se ha alcanzado el nivel desarrollo apto para la producción del sensor y el radomo para un modelo de automóvil con ayuda de estos instrumentos, en la producción en serie basta con probar el cumplimiento de los valores límites previamente especificados de parámetros clave.

Esta prueba se puede ejecutar con toda facilidad y fiabilidad con el nuevo generador de ecos de radar analógico para la industria automotriz R&S AREG100A (figs. 1 y 2). Éste permite evaluar sensores de radar actuales y futuros con toda fiabilidad, tanto en la banda ISM de 24 GHz como en las bandas E de 77 GHz y 79 GHz. Con el fin de brindar la máxima flexibilidad durante las pruebas y facilitar el manejo, el instrumento se compone de dos módulos:

- La unidad base incorpora todos los componentes necesarios para generar hasta cuatro objetos artificiales a distancias fijas con valores de sección equivalente de radar y velocidad radial configurables de forma individual. El cliente puede indicar en su pedido cuatro distancias fijas para los objetos artificiales y obtener así una solución a la medida de su escenario de prueba.
- El frontend instalado por separado mezcla la señal que proviene del sensor de radar en una banda de frecuencia intermedia inferior. Después de generar el eco en la unidad base, la señal vuelve a mezclarse en la banda del radar y se envía de vuelta al sensor de radar.

El R&S AREG100A admite ya en la banda E anchos de banda de hasta 4 GHz y simula incluso distancias de objetos sumamente cortas a partir de 4 m, si el cliente elige una distancia de 0,8 m entre el frontend y el dispositivo examinado. Con estas características, se trata de una solución orientada al futuro para probar rada-res de campo cercano y lejano.

El R&S AREG100A y la cámara R&S ATS1500A (imagen 2.26) conforman una solución de sistema para probar sensores de radar, también, y en especial, para la fabricación en serie.



*Imagen 2.31 R&S AREG100A y cámara R&S ATS1500A [16].*

Hasta hace poco tiempo, las interferencias recíprocas entre los sensores de radar de automóviles no se consideraban un gran problema, puesto que su presencia se limitaba al escaso segmento de los vehículos de lujo equipados con sistemas de asistencia basados en radares. Sin embargo, esta situación ha cambiado ya que su uso se ha popularizado y extendido a la gama media y económica. Paralelamente, también la cantidad de sensores y sistemas basados en radares dentro de un mismo vehículo está aumentando. Como resultado de estas dos tendencias, la probabilidad de interferencias recíprocas entre los sensores de radar es cada vez mayor. Por eso es necesario realizar pruebas de inmunidad. Desde junio de 2017 están vigentes regulaciones que exigen esta certificación, concretamente la norma europea sobre equipos radioeléctricos RED y normas asociadas como ETSI EN 303396. Para probar la inmunidad de los sensores de radar frente a interferencias, Rohde & Schwarz ofrece una solución de referencia basada en el R&S AREG100A (fig. 3).

El frontend del R&S AREG100A puede mezclar la señal interferente generada por un generador junto con los ecos generados en la banda del radar. Por lo tanto, un generador de señales con una frecuencia superior de 6 GHz es suficiente.

Puesto que la directiva RED solamente prescribe pruebas con interferencias CW, basta con un generador de señales analógico como el R&S SMB100B. Igualmente, pueden simularse también escenarios de interferencias más complejos, por ejemplo, con secuencias chirp de FM, es decir, señales típicas de los radares. La utilización de un software de simulación como el R&S Pulse Sequencer en combinación con un generador vectorial de señales como el R&S SMW 200A es la elección perfecta en estos casos. Junto con el R&S AREG100A se puede simular cualquier escenario de interferencias, por muy complejo que sea.

Con el R&S AREG100A, la cámara R&S ATS1500 y un generador de señales de FI analógico como el R&S SMB100B se pueden realizar con facilidad las pruebas de inmunidad

## Solución de referencia para probar escenarios de interferencia

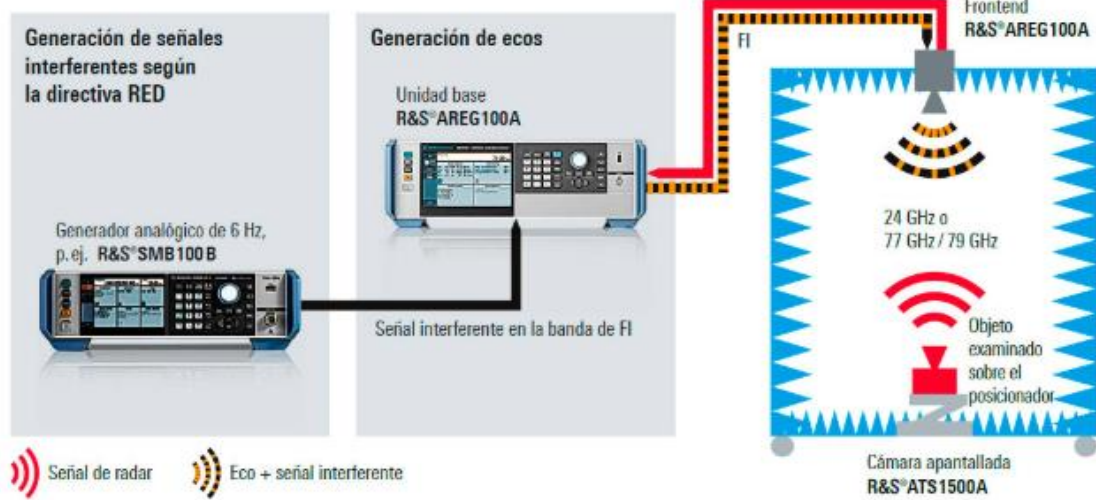


Imagen 2.32 Generador de señales, generador de ecos, Frontend y cámara apantallada [16].

a perturbaciones en sensores especificadas en la directiva RED. Caracterización según RED de sensores de radar en el ensayo funcional como se muestra en la fig. 2.27.

La directiva de equipos radioeléctricos RED especifica también un límite superior para la máxima potencia de emisión permitida. Gracias a los caminos de recepción calibrados del R&S AREG100A es posible incluir la verificación del cumplimiento de estos límites en el ensayo funcional final de los sensores durante la producción en serie. La conversión de la señal de radar de la banda ISM o E a la frecuencia intermedia a través del frontend del R&S AREG100A simplifica considerablemente la configuración.

Para medir la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) basta con conectar un medidor de potencia R&S NRP 8S a la salida calibrada de frecuencia intermedia del R&S AREG100A. Un analizador de señal y espectro como el R&S FSW 8 en una salida de FI adicional mide simultáneamente parámetros clave como el ancho de banda ocupado, la linealidad de chirp o la duración de chirp.

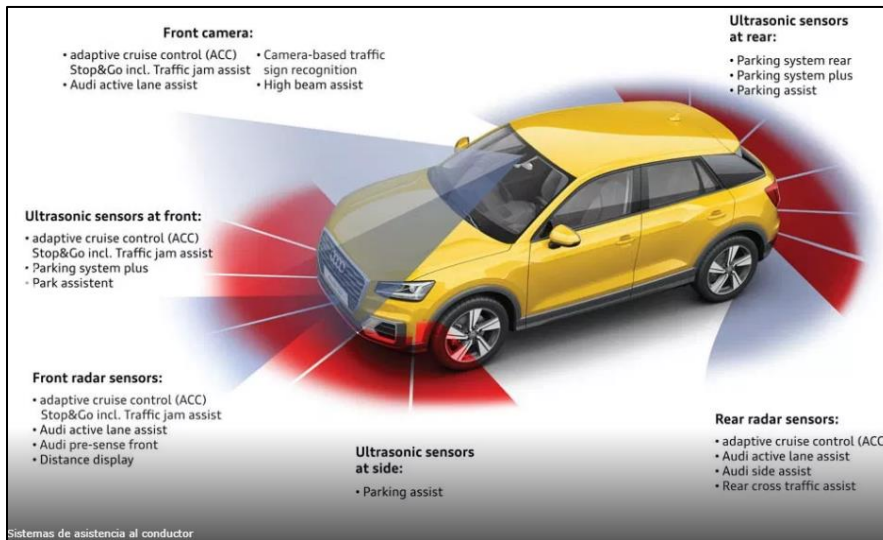


Imagen 2.33 Mapa de sensores del Audi Q2 [21].

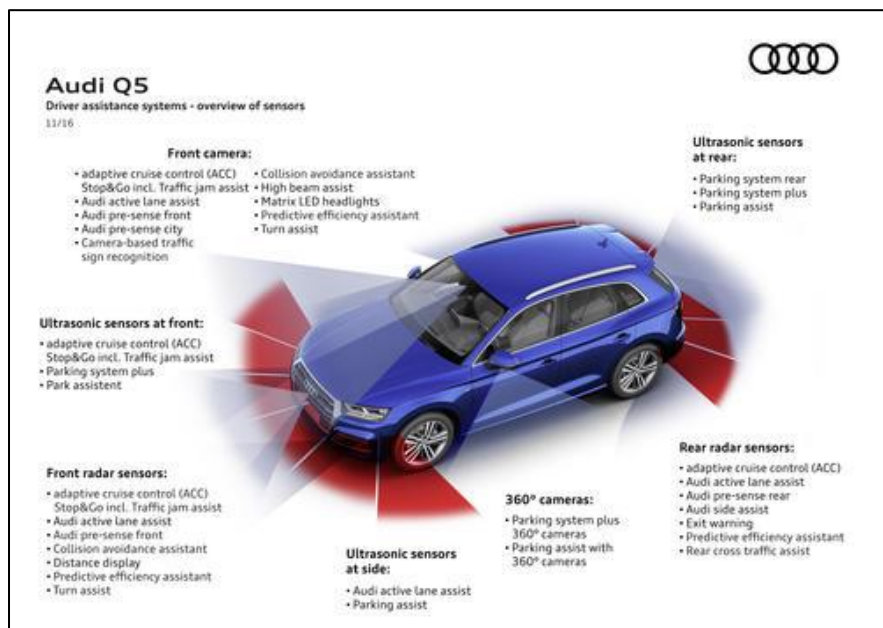


Imagen 2.34 Mapa de sensores del Audi Q5 [21].

## 2.9 Pruebas de sensores en vehículo completo (Audi Media Center)

En cuestión de pruebas en vehículo completo existe una gran variedad y estas se hacen conforme a la función que queremos probar que funcione bien, entre más alta gama tenga nuestro vehículo, más funciones tendrá y más pruebas tendrán que hacerse.

Para esta sección usaremos información tomada de la página oficial del Audi Media center [21]\* que está a disposición del público en general.

\*Pagina oficial Audi Media Center: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>



Imagen 2.36 Audi Q5 detectando un peatón [21].

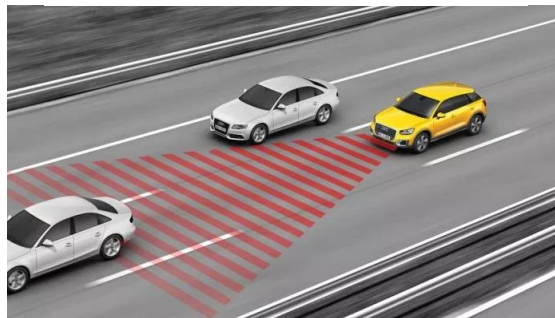


Imagen 2.35 ACC funcionando [21].

### 2.9.1 Detección de peatones.

El Audi pre sense front con protección predictiva de peatones está incluido de serie en el Audi Q2. Gracias al radar delantero, el sistema reconoce las situaciones de peligro que se puedan producir con otros vehículos o peatones que crucen por delante del coche. El sistema alerta al conductor de forma gradual, hasta detener el vehículo, si éste no reacciona. Si fuera necesario, se ponen en marcha las medidas de protección opcionales del sistema Audi pre sense basic. Los cinturones de seguridad de los asientos delanteros se tensan eléctricamente, las ventanillas y el techo solar opcional se cierran y se encienden las luces de emergencia.

### 2.9.2 ACC (Adaptive Cruise Control).

El control de crucero adaptativo (ACC) recibe la información del radar delantero que, en combinación con el control de crucero, mantiene nuestro vehículo a la distancia deseada del vehículo que le precede. El conductor puede elegir entre cinco niveles de distancia mediante los mandos del volante y ajustar la aceleración seleccionando el modo de conducción en el Audi drive select.

Si el vehículo está equipado con la transmisión S tronic de siete marchas, el sistema actúa en un rango de velocidad que va desde 0 a 200 km/h; con la caja de cambios manual ese rango comienza a 30 km/h. En tráfico normal la función Stop&Go trabaja en coordinación con la transmisión S tronic para permitir que el Audi Q2 se pueda parar por completo detrás del coche que le precede. El ACC permanece activo durante los tres segundos siguientes para reemprender la marcha de nuevo.



Imagen 2.38 Asistencia de cambio de carril [21].



Imagen 2.37 Asistencia de línea activa [21].

### 2.9.3 Asistencia de cambio de carril.

El asistente de cambio de carril Audi side assist utiliza los dos sensores de radar montados en los laterales del paragolpes trasero para detectar si se localiza un vehículo en el ángulo muerto o se aproxima rápidamente. El sistema se activa desde los 15 km/h de velocidad en adelante y avisa al conductor con una luz LED en las carcasas de los respectivos retrovisores exteriores. Si el conductor mantiene aún la señal de intermitente, el LED da unos destellos brillantes varias veces seguidas.

### 2.9.4 Asistencia de línea activa.

El Audi active lane assist es el sistema que ayuda a mantener el coche en el carril por el que se conduce, a través de la información que se capta desde la cámara frontal situada en el parabrisas. Si el Q2 se acerca a la línea detectada por la videocámara sin que se haya encendido previamente el intermitente, el sistema interviene suavemente sobre la dirección para ayudar al conductor a mantenerse en el carril. Dependiendo de los ajustes, esta corrección sobre la dirección puede ocurrir relativamente pronto o justo antes de que se vaya a cruzar la línea. Si el conductor elige la primera opción, el asistente de dirección actúa continuamente. Si el coche dispone del Audi side assist, el sistema Audi active lane assist también considera el tráfico que viene por detrás. Si un vehículo que se aproxima desde atrás se encuentra en la zona crítica, la intervención sobre la dirección sucede cuando los intermitentes están activos.

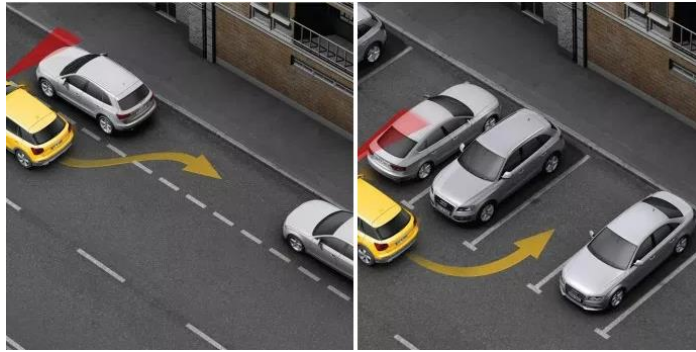


Imagen 2.40 Asistente de aparcamiento [21].

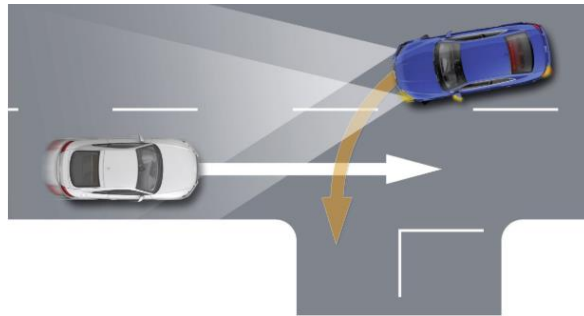


Imagen 2.39 Asistente de vuelta [21].

### 2.9.5 Asistente de aparcamiento.

El Audi park assist es la solución superior de la oferta y puede hacer que el Audi Q2 maniobre por sí mismo en los espacios de aparcamiento. Conduciendo a baja velocidad, dos sensores ultrasónicos detectan las plazas de aparcamiento válidas, bien sea en paralelo o en perpendicular. El conductor sólo tiene que engranar la marcha adecuada y utilizar el acelerador y el freno; el vehículo se ocupa de actuar sobre la dirección.

### 2.9.6 Asistente de vuelta.

El asistente de giro monitorea el carril de la carretera con el tráfico que se aproxima por medio de sensores de radar, la cámara frontal y, en ciertos modelos, un escáner láser. El monitoreo se inicia tan pronto como el conductor establece la señal de giro. Al conducir desde una parada, o durante una conducción lenta hasta una velocidad de 10 km / h (6.2 mph), el sistema puede intervenir aplicando los frenos para evitar que el automóvil choque con un vehículo que se aproxima al girar a la izquierda o la derecha (país -dependiente). Esta intervención de frenado mantiene el vehículo dentro de su propio carril de conducción. El conductor es informado de la intervención por un indicador en el cuadro de instrumentos.

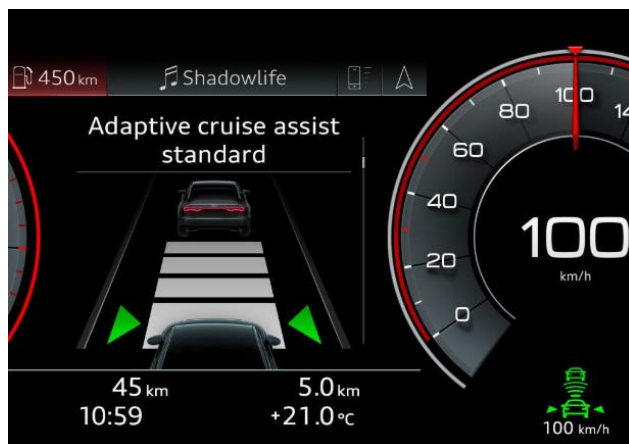


Imagen 2.41 Asistente de crucero adaptativo [21].

### 2.9.7 Asistente crucero adaptativo.

La asistencia de crucero adaptativa (ACA) ayuda al conductor con control longitudinal y lateral sobre todo el rango de velocidad, mejorando sustancialmente la comodidad en viajes largos, en particular. Incorpora las funciones de control de crucero adaptativo, asistencia de embotellamiento y asistencia activa de carril. Según el modelo, el ACA utiliza el sensor de radar en la parte delantera del vehículo, el escáner láser, la cámara frontal y los sensores ultrasónicos para monitorear permanentemente los alrededores del vehículo.

Dependiendo del conjunto de sensores, el sistema detecta marcas de carriles, estructuras en el camino, vehículos en carriles adyacentes y vehículos que circulan por delante. La ACA utiliza esta información para derivar una ruta virtual del vehículo y "guía" el vehículo dentro de ella. El sistema también incluye una útil intervención de dirección para que el vehículo permanezca en el centro del carril. En algunos modelos basados en la plataforma longitudinal modular, el sistema utiliza también el escáner láser: el ACA detecta si el carril es demasiado estrecho para permitir la conducción de lado a lado y permite la conducción offset en tramos estrechos.

La asistencia de crucero adaptativa mantiene la velocidad y la distancia de seguimiento adecuadas mediante aceleración y frenado específicos. El automóvil adapta automáticamente su velocidad a la situación del tráfico y la ruta, por ejemplo en curvas y cruces. En situaciones de tráfico intermitente y de atasco, la ACA puede detener el automóvil por completo. Dependiendo de la duración de la parada, el automóvil puede volver a arrancar automáticamente.



Imagen 2.43 Asistente de espera [21].

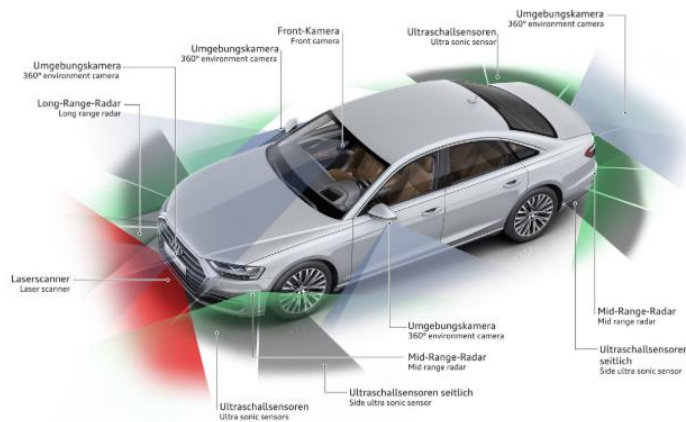


Imagen 2.42 Sensor de presencia 360° [21].

### 2.9.8 Asistente de espera.

La asistencia de espera permite una conducción conveniente cuando el automóvil se encuentra en las pendientes y descensos habituales del tráfico de la calle, y evita que el vehículo ruede. El sistema cambia automáticamente al freno de estacionamiento electromecánico cuando el automóvil se detiene por un período de tiempo más largo mientras la asistencia de retención está activada. Esto asegura que el automóvil permanecerá estacionario incluso sin la activación del freno de estacionamiento. En conjunto con S tronic, por ejemplo, después de una parada en un semáforo, el automóvil se marcha tan pronto como el conductor presiona el pedal del acelerador. El sistema se activa presionando un botón.

### 2.9.9 Sensor de presencia 360°.

El Audi pre sense 360° detecta riesgos de colisión en todo el automóvil e inicia medidas de seguridad específicas. Incluye los siguientes sistemas de asistencia de controlador:

- Audi pre sense delantero
- Audi pre sense trasero
- Audi pre sense basic
- Audi pre sentido lateral

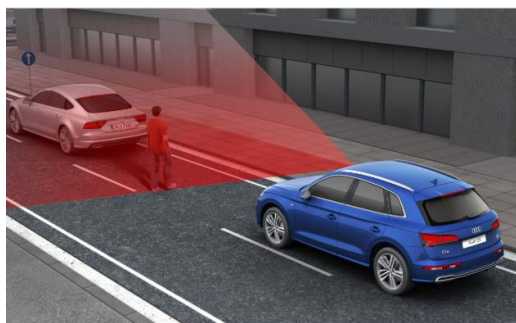


Imagen 2.45 Sensor de presencia de frente [21].

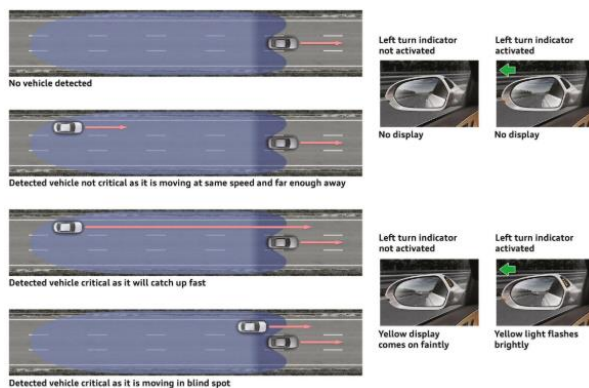


Imagen 2.44 Asistente lateral/cambio de carril [21].

### 2.9.10 Sensor de presencia de frente/ciudad.

Audi pre sense front y Audi pre sense city utilizan los datos de los sensores de radar y/o la cámara frontal, según el modelo del automóvil, para calcular la probabilidad de una colisión. Dentro de las limitaciones del sistema, advierte sobre amenazas de colisión e inicia el frenado a velocidades específicas del vehículo. Los vehículos se detectan en el rango de velocidad de conducción de hasta 250 km/h (155.3 mph), peatones de hasta 65 km/h (40.4 mph) u 85 km/h (52.8 mph) según el modelo, así como los ciclistas, dependiendo del sistema. Si una colisión es inminente, el sistema advierte al conductor con advertencias visuales, acústicas y táctiles basadas en un concepto de advertencia en varias etapas. Si es necesario, el sistema proporciona asistencia de frenado para reducir la velocidad del vehículo o inicia una aplicación de freno completo para evitar la colisión en ciertas circunstancias. También se toman medidas para proteger a los ocupantes. Las luces de emergencia están activadas, los cinturones de seguridad están pretensados de forma reversible, la posición del asiento está optimizada y las ventanas y el techo solar panorámico opcional están cerrados.

### 2.9.11 Asistente lateral/cambio de carril.

El asistente de cambio de carril lateral de Audi ayuda al conductor a cambiar de carril a velocidades de conducción de 15 km/h (9.3 mph) y más rápido. Utiliza dos sensores de radar montados en la parte trasera con un alcance de exploración de aproximadamente 70 metros (229.7 pies). Si el sistema detecta un vehículo ubicado en el punto ciego o que se acerca rápidamente desde la parte trasera, se enciende un LED de advertencia en la carcasa del retrovisor exterior correspondiente. Si el conductor activa la señal de giro de todos modos, el LED parpadea varias veces en rápida sucesión.

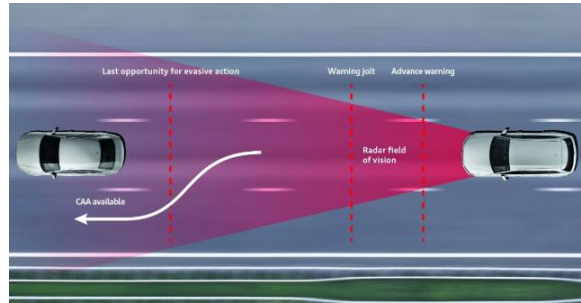


Imagen 2.47 Asistente anti colisión [21].

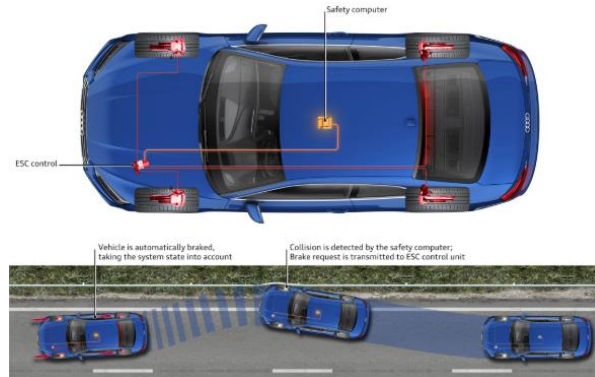


Imagen 2.46 Asistente freno multi colisión [21].

### 2.9.12 Asistente anti colisión.

La asistencia para evitar colisiones ayuda al conductor a sortear un obstáculo en una situación crítica. El sistema utiliza datos de los dos sensores de radar y la cámara frontal para este propósito. Al calcular un corredor de maniobra evasiva adecuado, tiene en cuenta la distancia, el ancho y el desplazamiento del vehículo que circula por delante. La asistencia para evitar colisiones está disponible en un rango de velocidad de aprox. 30 a 150 km/h (18.6 a 93.2 mph), y se supone que el conductor está conduciendo activamente durante la maniobra. El conductor es informado de la intervención por un indicador en el cuadro de instrumentos.

Primero, se produce una sacudida para advertir al conductor del peligro. Si el conductor evita activamente el obstáculo, el asistente aplica un ligero par de dirección que ayuda al corregir la entrada de dirección del conductor o al hacer un cambio de carril. Modelos como el Audi A8 (2017) utilizan un frenado específico de ruedas individuales, con el cual el vehículo está hecho para seguir el curso calculado.

### 2.9.13 Asistente freno multi colisión.

La asistencia de frenado multicollisión frena automáticamente el vehículo en caso de accidente, lo que reduce el peligro de derrapes y el riesgo de nuevas colisiones. La función utiliza los sensores relevantes para detectar una colisión. La computadora de seguridad calcula la severidad del choque y la reducción de velocidad. Si se exceden los umbrales definidos, la computadora de seguridad envía un mensaje correspondiente a la unidad de control de Control Electrónico de Estabilización (ESC) para activar una aplicación de freno automática, teniendo en cuenta el estado del sistema. Si el conductor acelera, el vehículo no se frena automáticamente.



Imagen 2.48 Asistente de cruce [21].

#### 2.9.14 Asistente de cruce.

La asistencia de cruce reconoce el tráfico cruzado crítico frente al automóvil y advierte al conductor tanto visual como audiblemente. A velocidades de hasta 10 km/h (6.2 mph), inicia una breve acción de frenado cuando es necesario. La asistencia de cruce está activa a velocidades del vehículo de hasta 30 km/h (18.6 mph). Utiliza datos de la computadora central zFAS, con la información más importante aquí proporcionada por los radares de rango medio y el escáner láser.

Si el conductor quiere entrar en una intersección o salir con poca visibilidad, puede presionar el botón de estacionamiento. Esto envía las imágenes de las cámaras de 360 grados al monitor MMI. Expanden drásticamente el campo de visión, y el controlador puede elegir entre múltiples vistas.

#### 2.9.15 Asistente de eficiencia predictivo.

La asistencia de eficiencia ayuda al conductor a conducir de forma preventiva y a ahorrar combustible. El sistema trabaja en estrecha colaboración con el control de crucero adaptativo (ACC) o la asistencia de crucero adaptativo (ACA). Accede a datos de ruta predictivos desde la navegación y la información de Car-to-X. Para detectar señales de tráfico y otros vehículos, la asistencia de eficiencia utiliza la cámara frontal y los datos de los sensores de radar delantero y trasero.

Al conductor se le muestra la información correspondiente en el cuadro de instrumentos o en la cabina virtual de Audi y la pantalla de visualización tan pronto como sea sensato quitar el pie del pedal derecho. Los símbolos de límites de velocidad, curvas, rotondas, ciudades o pendientes cuesta abajo que indican al conductor que disminuya la velocidad se muestran en función de los datos de la ruta y el reconocimiento de las señales de tráfico. Dependiendo del modelo, el pedal del acelerador también pulsa contra la planta del pie del conductor, una clara indicación de quitar el pie del acelerador.

Si la asistencia de crucero está activada o el ACC está activado, la asistencia de eficiencia regula activamente. Se desacelera y acelera de forma predictiva y adapta la velocidad al curso de la carretera y a la situación del tráfico, teniendo también en cuenta los vehículos que circulan por delante. Si el conductor así lo desea, el sistema controla la operación de marcha libre y de inercia del motor en cooperación con otras unidades de control. El sistema predictivo siempre mantiene un estilo de conducción que refleja el programa de conducción



Imagen 2.50 Asistente de eficiencia predictivo [21].

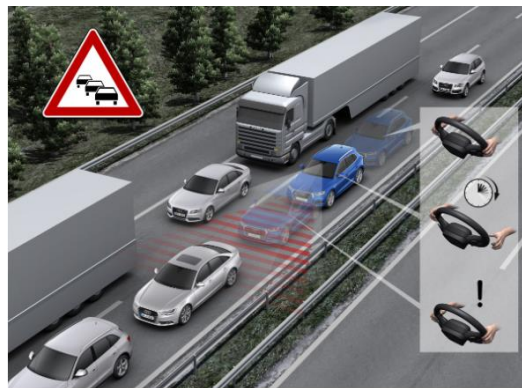


Imagen 2.49 Asistente de trafico mermelada [21].

seleccionado, de eficiente a deportivo, y utiliza el alcance para la recuperación en el Audi e-tron.

El conductor puede anular el sistema en cualquier momento acelerando y frenando. Además, los controladores pueden activar, desactivar y configurar individualmente muchas de sus funciones detalladas en la MMI. Dependiendo del modelo, el control, por ejemplo, se puede adaptar al curso de la carretera en tres etapas: lenta, media o rápida.

### 2.9.16 Asistente de tráfico mermelada.

Traffic jam assist es un subsistema de control de crucero adaptativo (ACC) o de asistencia de crucero adaptativo (ACA). En los vehículos con transmisión automática, la asistencia para atascos de tráfico puede asumir ciertas tareas de dirección en un rango de velocidad de hasta 65 km/h (40.4 mph) en carreteras que están en buenas condiciones, siempre que el tráfico se mueva lentamente. El sistema utiliza los sensores de radar y la cámara frontal. Guía el automóvil haciendo movimientos de dirección suaves dentro de los límites del sistema y se orienta a las marcas de carriles, estructuras de carretera y otros vehículos en la carretera. Cuando la asistencia para atascos alcanza los límites del sistema, como cuando el tráfico se reduce o hay una curva cerrada por delante, el conductor debe asumir las tareas de manejo nuevamente. Si el controlador no lo hace, el sistema le advierte en varias etapas. Como medida final, el vehículo se detiene de forma autónoma.

## **2.10 Aprobación de la pieza e inserto en la serie de producción.**

El PPAP o Proceso de Aprobación de Pieza de Producción [23] es un elemento imprescindible dentro de los procesos de producción industrial y requisito fundamental de los exigidos en la especialización técnica ISO/TS16949.

La norma ISO/TS 16949 (IATF 16949\*) sobre los Sistemas de Calidad en el sector automotriz, garantiza la satisfacción del cliente por el cumplimiento de sus exigencias y la seguridad de los productos, siendo esta característica fundamental en este sector.

El fin que persigue el PPAP es definir y controlar que los registros de los proyectos de ingeniería y peticiones del cliente para que cumplan con las exigencias determinadas por los propios clientes de una manera constante.

Los registros de obligatorio cumplimiento formadores del PPAP son:

- Registros de proyectos.
- Aprobación de la Ingeniería de clientes.
- Diagrama de flujo del proceso.
- Documentos de autorización de alteración de ingeniería.
- Planos de control.
- Registros de los resultados de ensayo de material / desempeño.
- FMEA de proceso.
- Resultados de dimensiones.
- Estudios iniciales del proceso.
- Certificado de emisión de pieza (PSW).
- Ayudas de verificación.
- Muestras de piezas de producción.
- Muestra patrón.
- Requisitos específicos del cliente.
- FMEA del proyecto, sólo presente en empresas responsables del proyecto del producto.
- Estudios de análisis de los sistemas de medición.
- Documentos de Laboratorio Cualificado.
- Informe de aprobación de apariencia.

Es un elemento que aporta a la organización unas herramientas que puedan ser usadas por todo el personal para entender y poner en marcha los requisitos exigidos por los clientes.

La propia organización tiene la responsabilidad de comprobar, previamente a la ejecutar el envío del material al cliente o de finalizar el proceso, que todos los parámetros medidos durante el proceso se encuentran dentro de los márgenes definidos y, por tanto, cumplen con los requisitos especificados por el cliente.

\*IATF 16949: es la norma internacional para sistemas de gestión de la calidad en la industria automotriz.



*Imagen 2.51 PPAP [23].*

Así que un PPAP sea aprobado supone que las piezas y materiales producidos, cumplen los requisitos definidos por el cliente y, es correcto continuar con la fabricación a escala determinada por el cliente.

En ocasiones, el PPAP se aprueba con restricciones, lo que implica que el proceso de fabricación se ejecute pero debe ser en todo momento controlado y es limitado en tiempo y número. Teniendo finalmente la empresa que superar un segundo PPAP e implantar varias acciones preventivas.

El proceso de aprobación del PPAP es desarrollado por una persona responsable de verificar si se cumplen o no los requisitos exigidos por los clientes. De dicha verificación se obtiene un informe, el PSW, donde se recoge el estudio hecho a la documentación, registros y análisis de datos.

El Proceso de Aprobación de Piezas o PPAP\* (imagen 2.46) es un componente dentro del Planeamiento Avanzado de la Calidad del Producto, conocido por sus siglas APQP. De tal manera, que este sistema garantiza la calidad del material fabricado y el cumplimiento de lo deseado por el cliente. Será el mismo cliente el que debe dar el visto bueno y su aprobación en todos los controles y modificaciones realizadas.

\*PPAP: más información en <https://spcgroup.com.mx/ppap/>

## **CAPÍTULO 3**

### **“Análisis e interpretación de resultados”**

En este capítulo veremos y analizaremos casos reales donde intervienen los elementos que hemos estado estudiando y como se han comportado para así poder ya sacar conclusiones de su desempeño; todos los casos de este capítulo son documentados de pruebas realizadas por empresas, revistas y analistas automotrices,

Por último el tercer capítulo trata de la experimentación y la recaudación de resultados; en este abordaremos casos reales referentes a pruebas dentro de la industria, accidentes, pruebas realizadas por analistas automotrices y la descripción de las asistencias al usuario del automóvil que estamos probando.

#### **3.1 Ciclo de validación del ACC.**

La validación de procesos es establecer evidencia documentada que proporciona un alto grado de seguridad de que un proceso específico, consistentemente produce un producto que cumple las especificaciones y características de calidad predeterminados.

Hablando específicamente del ACC debemos recordar todos los pasos que lleva el poder aprobarlo para su inserto en la serie productiva de un vehículo, gran parte de lo que hablamos en el capítulo 2.

Se empieza por el desarrollo del módulo ACC, esto conlleva desde el planteamiento de que funciones queremos que este realice hasta su aprobación en todas las pruebas requeridas para su inserto en el vehículo completo. Se desarrolla el circuito (el dibujo depende de la marca que lo realice) y se construye el módulo de control, además de desarrollar el software con el cual va a trabajar en conjunto con el cerebro de motor y el módulo de control de seguridad.

Ya con el módulo de control ACC construido se procede a realizar las distintas pruebas de validación de este, comenzando por las individuales, luego en el ensamble de la fascia y siguiendo con las pruebas en vehículo completo.

Una vez aprobadas todas las pruebas que se realizan, este es aprobado y se inserta en la serie productiva y de refacciones para su venta al público. Cabe mencionar que este trabajo lo realizan en conjunto el proveedor desarrollador y la marca automotriz que montará estos dispositivos en sus autos y durante todo el proceso de validación se apegan a las normas que rigen el mundo automotriz en el país o países donde se venderá el vehículo con el ACC, tales pueden ser las VDA, ISO, NOM, NMX, etc.

Por ultimo podemos considerar las actualizaciones del producto como los siguientes pasos de validación, ya que, siempre que hay una mejora o actualización de un producto se deben volver a hacer las pruebas pertinentes para asegurarnos de que nuestro modulo funciona, considerando también que es una pieza referente a seguridad.

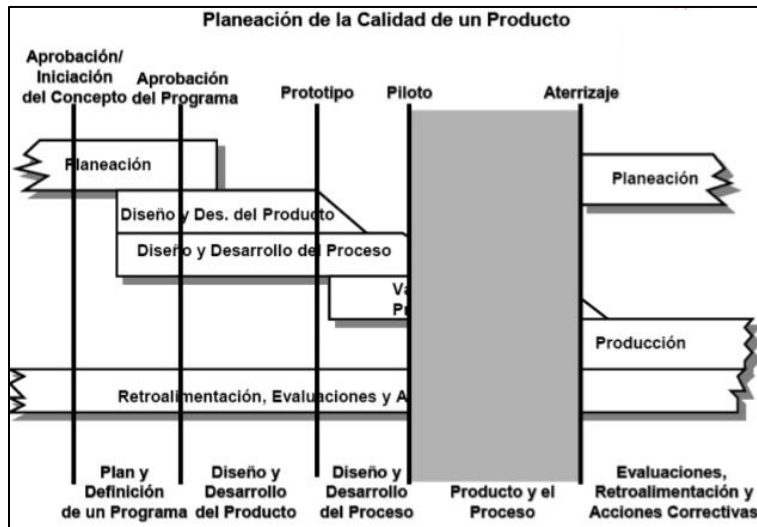


Imagen 3.1 ejemplo de validación de proceso o producto

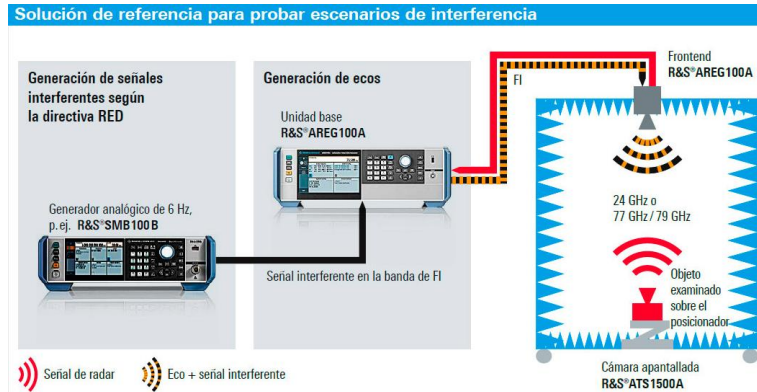


Imagen 3.2 Pruebas electrónicas del ACC [16].

### 3.2 Pruebas de validación del ACC.

Hablando específicamente de las pruebas de validación vamos a recordar que hay varios tipos dependiendo la situación o circunstancia que queremos probar. Pueden ser pruebas individuales, en ensamble o en vehículo completo y también podemos dividirlos en electrónicas, climáticas y mecánicas.

Enfocándonos en el proceso de validación del módulo ACC, cuando ya tenemos el modulo armado y pasa a las pruebas de validación de función debemos empezar probando la electrónica de este, para eso se usan unos aparatos especiales de los cuales hablamos en el capítulo 2, que básicamente generan las señales que el módulo debe detectar y registran la reacción de este para comprobar que sea la correcta, al igual que simulan las distintas situaciones que pueden pasar luego de reaccionar ante una situación ya simulada antes. Si estas pruebas salen bien se procede a las pruebas climáticas, estas son variaciones de temperatura de  $-40^{\circ}$  hasta  $90^{\circ}\text{C}$  durante cierto número de horas establecido por el fabricante y pasado este proceso se vuelven a realizar las pruebas electrónicas, esto para comprobar que luego de soportar climas extremos el módulo sigue funcionando.



*Imagen 3.3 ACC funcionando, vista interna del vehículo [10].*

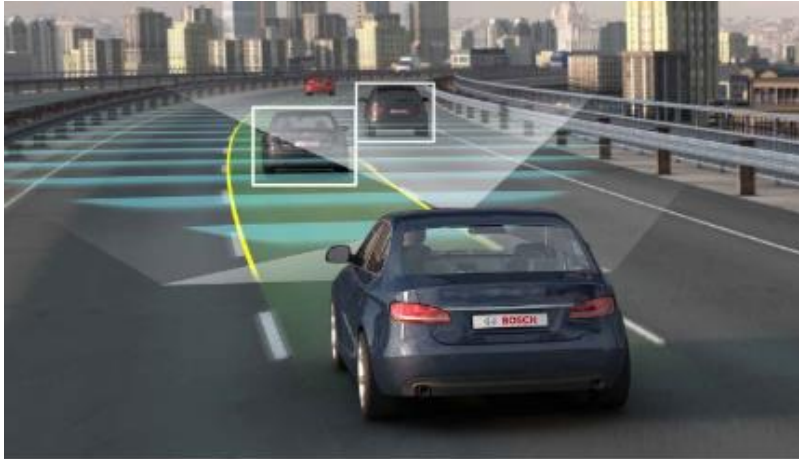
Pasando estas pruebas de manera individual debemos proceder a probar el módulo ya montando en el ensamble en que lo vamos a usar, normalmente estos módulos van montados en pares en las fascias delanteras, cabe mencionar que solo los vehículos de segmento semi Premium y Premium cuentan con estos dispositivos.

Para probar las fascias debemos considerar varios tipos de pruebas, como las mecánicas, climáticas y electrónicas. Hablando de pruebas mecánicas hay las pruebas destructivas y no destructivas; las destructivas en fascias son las pruebas de péndulo en 3 puntos, y después de cada golpe del péndulo el dispositivo debe seguir funcionando.

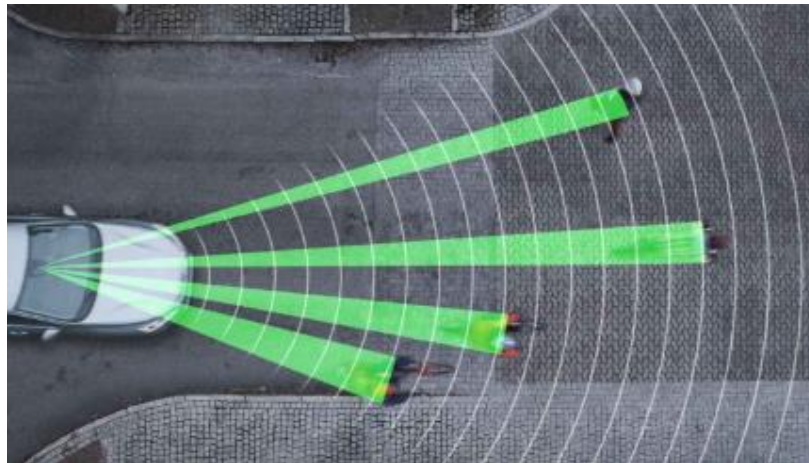
Siguiendo con pruebas mecánicas, la fascia se mete a cabina de agua y túnel de viento; en cabina de agua se prueba que el dispositivo funcione en condiciones húmedas y en túnel de viento se prueba que este siga funcionando simulando frentes fríos, vientos fuertes y alta velocidad con viento de frente y lateral.

En cuestión de pruebas climáticas, las fascias se someten también a cámara climática con variaciones de temperatura de  $-40^{\circ}$  a  $90^{\circ}\text{C}$  y después de tales condiciones extremas nuestro módulo montado debe seguir funcionando a la perfección.

Ya hablando de pruebas en vehículo completo podemos decir que las pruebas se realizan de manera simultánea. En pruebas electrónicas, el dispositivo se prueba con el vehículo en movimiento y con aparatos de monitoreo que registran toda actividad del módulo, se le presentan distintas situaciones al vehículo y se comprueba que funcione bien. Siguiendo con las pruebas, el vehículo se somete a cámara climática con las ya mencionadas variaciones de temperatura extremas, a cabina de agua donde se checa su hermeticidad y al túnel de viento mientras mantiene sus funciones activas y después de todo esto el módulo debe seguir funcionando a la perfección, solo después de comprobar esto se puede dar su aprobación para su inserto en la serie.



*Imagen 3.4 Vehículo en situación real usando ACC [10].*



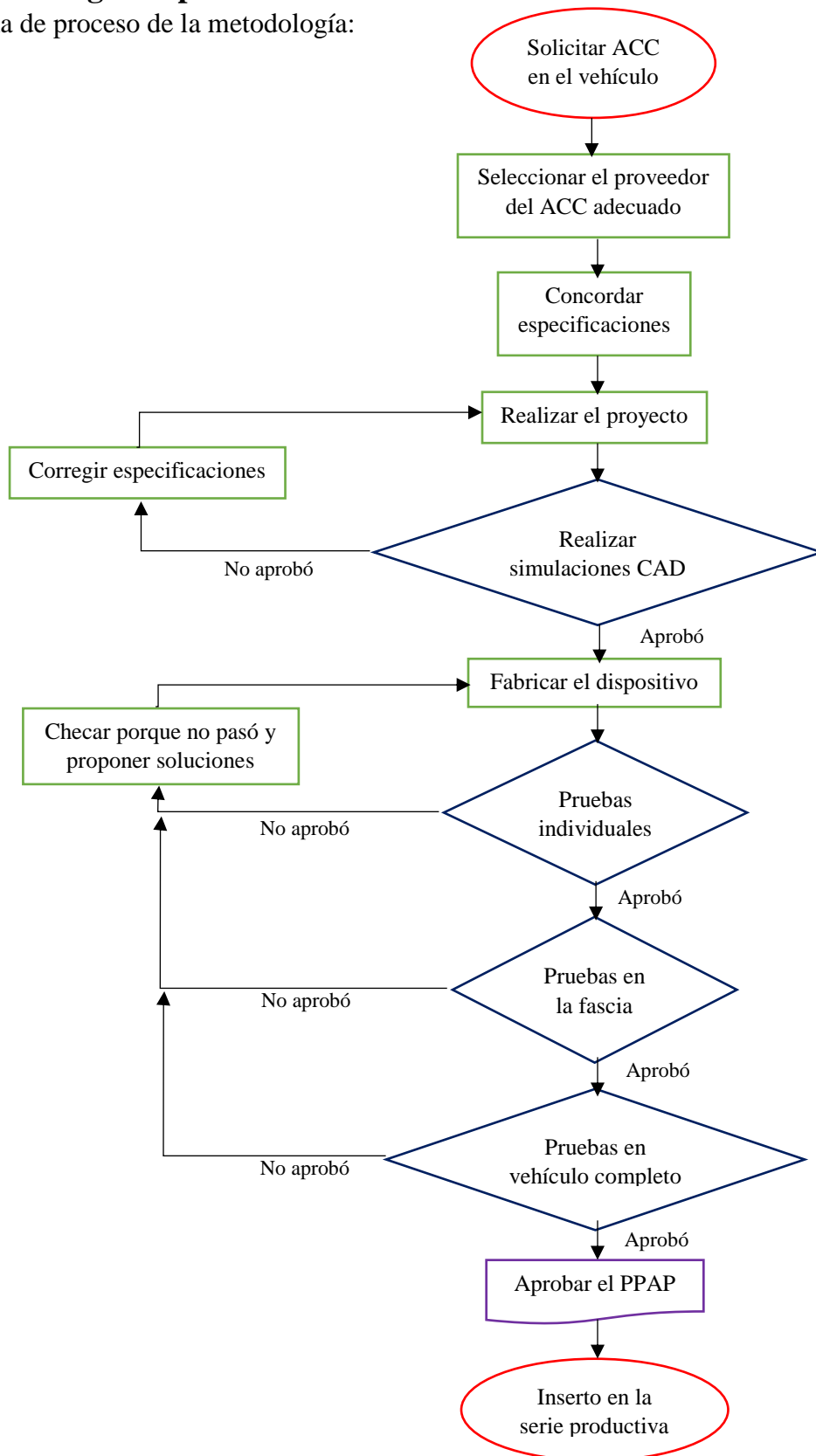
*Imagen 3.5 ACC detectando peatones [10].*

Cabe mencionar que todas las pruebas individuales son realizadas en los laboratorios del proveedor desarrollador y si estas las acepta la marca automotriz que solicita el modulo, se procede a las pruebas en ensamble y vehículo completo ya en la planta armadora.

Un dato importante respecto a las pruebas del ACC en vehículo completo es que este al estar relacionado directamente con la seguridad del vehículo y de los ocupantes, no solo se prueba detectando otros vehículo u objetos que puedan presentarse de forma frontal o lateral sino también nos sirve para detectar peatones que se atraviesen, como en la imagen 3.5, y el dispositivo manda la señal al módulo de controla los sistemas de seguridad y este frena el vehículo para salvaguardar la vida del peatón también. El módulo ACC se convierte entonces en un sistema que no solo protege al vehículo y sus ocupantes sino también a la gente externa a este.

### 3.3 Metodología de pruebas de los sensores

Diagrama de proceso de la metodología:



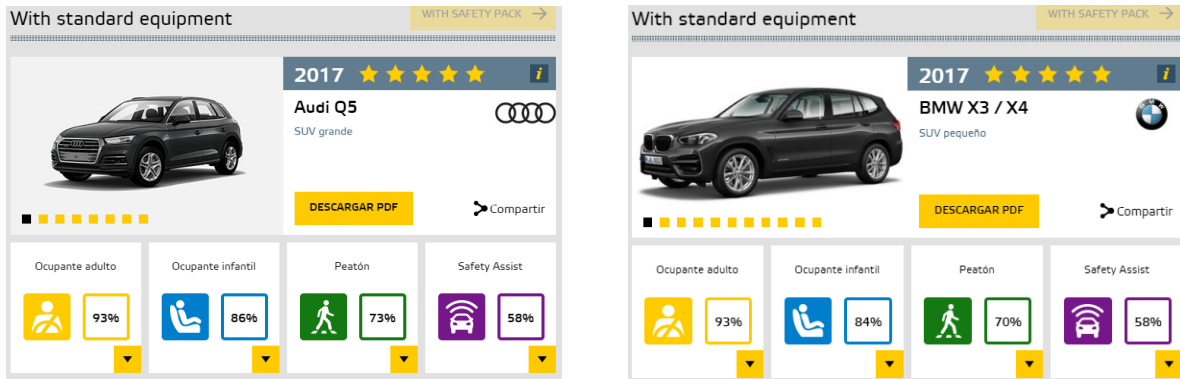


Imagen 3.6 comparación Euroncap Audi Q5 y BMW X3/X4 [27].

### 3.4 Casos de estudio.

Los casos de estudio son pruebas reales con resultados relevantes en los que nos basamos para determinar una postura en cuanto al tema que estamos checando o estudiando.

#### 3.4.1 Pruebas en la industria.

Las pruebas en la industria son el caso de estudio más cercano y con más información que podemos consultar, ya que existen varias instituciones que trabajan en conjunto con las marcas y las normativas, probando los vehículos de diversas maneras y publican los resultados y procesos para que el cliente este consiente de que está adquiriendo.

##### 3.4.1.1 Euroncap.

Según la firma “Euroncap” [27] encargada de realizar pruebas de seguridad al usuario en todos los vehículos de origen europeo que se venden en Europa y de marcas extranjeras las camionetas Audi Q5 2017 y BMW X3/X4 2017 (las cuales son objeto de estudio de este documento) cuentan con una alta calificación en seguridad, teniendo ambas 5 estrellas. Aunque sus porcentajes y equipamiento varían realmente no varían mucho y cumplen altos estándares de calidad.

Varios rubros evaluados en estas pruebas tienen que ver con la parte frontal del vehículo donde va la fascia que hemos estado estudiando y sus componentes.

Las pruebas contemplan 4 grandes grupos los cuales son: ocupante adulto, ocupante infantil, peatón y safety assist. En cada uno de estos intervienen dispositivos de seguridad como los sensores ACC y aparcamiento de los que hemos estado hablando, ya que interactúan con distintos sistemas del auto para asegurar mayormente a nuestros usuarios.

Podemos darnos cuenta que ambas camionetas tienen altas calificaciones para con los usuarios en cuestión de seguridad (chechar imagen 3.6, 3.7 y 3.8) y por lo tanto son confiables y el cliente no tendría problema alguno en comprar alguna de las 2. Aquí es cuando nos damos cuenta que la competencia entre ambas camionetas llega a la parte física y estética porque en cuestión de seguridad y comodidad ambas son una garantía. Este es claro ejemplo de que el “Amor por el detalle” da resultados muy positivos y puede posicionar nuestro vehículo con ventaja para su venta.

## Audi Q5 2017.

	Conductor	Acompañante	Parte trasera	OTROS SISTEMAS DE SEGURIDAD	
<b>PROTECCIÓN CONTRA COLISIONES FRONTALES</b>				Capó activo	●
Airbag frontal	●	●	✘	AEB para peatones	●
Pretensor del cinturón	●	●	●	AEB para ciudad	●
Limitador de carga del cinturón	●	●	●	AEB interurbano	●
Airbag de rodillias	✘	✘	✘	Control de velocidad	●
<b>PROTECCIÓN CONTRA COLISIONES LATERALES</b>				Sistema de asistencia de carril	○
Airbag de cabeza lateral	●	●	●	<b>Nota:</b> puede haber otro equipamiento en el vehículo, pero no se tuvo en cuenta en el año de prueba. ● Instalado en el vehículo de serie ○ Disponible en el vehículo como parte del paquete de seguridad ○ No disponible en el vehículo de prueba pero sí como equipamiento opcional o como parte del paquete de seguridad ✘ No disponible — No aplicable	
Airbag torácico lateral	●	●	○		
Airbag pélvico lateral	●	●	○		
<b>PROTECCIÓN DE NIÑOS</b>					
Isofix	—	○	●		
Asiento para niños integrado	—	✘	✘		
Interruptor de desconexión del airbag	—	●	—		
<b>SAFETY ASSIST</b>					

Imagen 3.7 Estadísticas Audi Q5 [27].

## BMW X3/X4 2017.

	Conductor	Acompañante	Parte trasera	OTROS SISTEMAS DE SEGURIDAD	
<b>PROTECCIÓN CONTRA COLISIONES FRONTALES</b>				Capó activo	●
Airbag frontal	●	●	✘	AEB para peatones	●
Pretensor del cinturón	●	●	●	AEB para ciudad	●
Limitador de carga del cinturón	●	●	●	AEB interurbano	●
Airbag de rodillias	●	✘	✘	Control de velocidad	●
<b>PROTECCIÓN CONTRA COLISIONES LATERALES</b>				Sistema de asistencia de carril	○
Airbag de cabeza lateral	●	●	●	<b>Nota:</b> puede haber otro equipamiento en el vehículo, pero no se tuvo en cuenta en el año de prueba. ● Instalado en el vehículo de serie ○ Disponible en el vehículo como parte del paquete de seguridad ○ No disponible en el vehículo de prueba pero sí como equipamiento opcional o como parte del paquete de seguridad ✘ No disponible — No aplicable	
Airbag torácico lateral	●	●	✘		
Airbag pélvico lateral	✘	✘	✘		
<b>PROTECCIÓN DE NIÑOS</b>					
Isofix	—	✘	●		
Asiento para niños integrado	—	✘	✘		
Interruptor de desconexión del airbag	—	●	—		
<b>SAFETY ASSIST</b>					
Testigo de aviso del cinturón	●	●	●		

Imagen 3.8 Estadísticas BMW X3/X4 [27].



*Imagen 3.9 Mercedes-Benz GLC vs Audi Q5 [39].*

### **3.4.1.2 Mercedes-Benz Clase GLC Sport 2019 vs. Audi Q5 45 TFSI Elite 2019.**

No podríamos omitir las comparaciones que se hacen en el mundo automotriz entre vehículos del mismo segmento, esta vez checaremos la comparativa entre la Audi Q5 y la Mercedes-Benz GLC y con esto poder concluir, para nuestros fines, cuál de estas tiene mejores prestaciones y conviene más.

Empezando con la SUV de Mercedes podemos decir que la naturaleza tecnológica de la Mercedes-Benz GLC se extiende hasta sus sistemas de seguridad, creando un arsenal intuitivo de características que trabajan para proteger a los ocupantes en todo momento. La parte delantera y trasera de la cabina están acolchadas por siete bolsas de aire e incluyen cinturones de seguridad de tres puntos con ETD.

Luego de hablar de la Mercedes debemos seguir hablando pero ahora de la SUV Audi Q5.

Lo que podemos decir de esta camioneta es que además de los cinturones y las bolsas obligatorias, la Q5 está equipada con frenos de emergencia automáticos de baja velocidad que pueden evitar o mitigar las colisiones hacia adelante. La Q5 contiene características avanzadas de seguridad que pueden ayudar a mantener a la SUV centrada en su carril durante distancias cortas sin la intervención del conductor y hacer que los automóviles se detengan en el tráfico intenso.

Además de todo el anterior debemos mencionar que el sistema de Audi es el mejor en el mercado de este segmento.



Imagen 3.10 interiores de ambas camionetas [39].

En la siguiente imagen podemos observar el interior de ambas camionetas visto desde el punto del conductor, es importante mencionar que todo cliente de un vehículo Premium debe probar sus opciones antes de decidirse por uno ya que, aunque son vehículos similares en su segmento y características siempre tienen diferencias y puede que te guste una más que la otra, en este tipo de vehículos muchas veces la decisión de cual comprar termina en el gusto de la persona y no en el equipo que tienen.

A continuación se enlistan las funciones más relevantes de cada camioneta:

- Lámparas diurnas LED y luces traseras.
- Tecnología de frenado adaptativa.
- Asistencia de frenado
- Limpiaparabrisas con sensor de lluvia
- Faros LED activos (opcional)
- Freno PRESAFE® con reconocimiento de peatones (opcional)
- Asistencia de límite de velocidad (opcional)
- Asistente de estacionamiento plus
- Asistente de arranque (Audi Hold Assist)
- Asistente para las luces de carretera
- Audi drive select
- Audi pre sense rear
- Birlos de seguridad
- Botiquín con triángulo de seguridad
- Cámara de reversa
- Control electrónico de estabilidad (ESC)
- Cruise control y limitador de velocidad

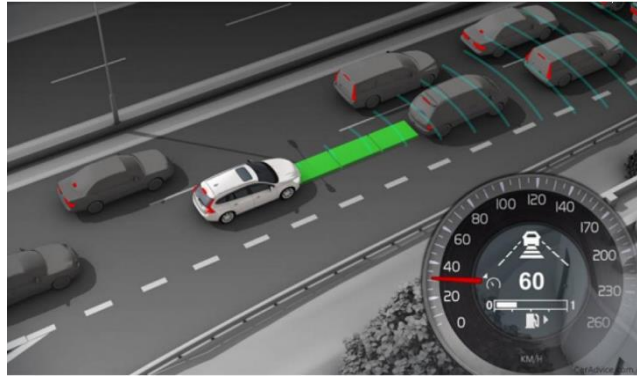


Imagen 3.11 Ilustración del ACC [21].

### 3.4.2 Accidentes.

Sin duda los accidentes han sido a lo largo de la historia una gran manera de darnos cuenta que está fallando o que podría hacerse mejor e invertir tiempo y tecnología en mejorar y desarrollar eso que falló en un accidente.

#### 3.4.2.1 Auto Bild España:

“El uso del control de crucero adaptativo a las distancias y velocidades con los coches que circulan delante podría ahorrar en España unos 14.000 accidentes anuales, el equivalente al 16,8 % de los más 83.000 que se contabilizaron el año pasado” [18].

El uso del control de crucero adaptativo (CCA) a las distancias y velocidades con los coches que circulan delante podría ahorrar en España unos 14.000 accidentes anuales, el equivalente al 16,8 % de los más 83.000 que se contabilizaron el año pasado. Esta es la conclusión central del Barómetro de Seguridad Vial y Medio Ambiente, elaborado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles (Anfac), en colaboración con el productor de componentes para el automóvil Bosch. (Échale un ojo a los avances tecnológicos que presentó Bosch hace poco).

El barómetro pone de manifiesto la disponibilidad casi total del control de crucero adaptativo en las berlinas de los segmentos 'premium' o de lujo, pues alcanza al 92% del mercado, bien como equipamiento de serie u opcional. También se destaca que el uso del control de crucero adaptativo (CCA) se empieza a extender a vehículos de segmentos inferiores, como el compacto o las berlinas de gama media, pues en este año lo incorpora aproximadamente un tercio de la oferta.

Otro dato es que en las berlinas de empresas se encuentra en un 95% de los vehículos, dentro de un canal que representa el 29 % del mercado.

En el estudio por comunidades autónomas, se constata que los coches más vendidos con control de crucero adaptativo (CCA) proceden de Aragón y los que menos de los archipiélagos balear y canario, muy mediatizados por la demanda turística de coches de alquiler.



*Imagen 3.12 Tesla X accidentado [20].*

En el acto, encabezado por el presidente de Bosch España, Frank Seidel, y el vicepresidente de Anfac, Mario Armero, se reconoció que el control de crucero adaptativo (CCA) no resulta económico, aunque en los últimos tiempos se han abaratado costes de producción al desarrollar un sistema de radar de media distancia, complementando a los de larga.

Seidel señaló que, pese a este precio, la influencia del control de crucero adaptativo (CCA) resultan al final económicas para los conductores, por su influencia en la seguridad vial, la economía de consumo y los costes de seguro, un matiz, este último, que actualmente se negocia con las aseguradoras para que en las tarifas de las pólizas repercuta a favor el equipamiento de este instrumento.

Otro punto favorable expresado en el barómetro respecto al control de crucero adaptativo es el influjo que tiene en una conducción tranquila, liberada de estrés, por parte del conductor.

Bosch tiene planificado pasar este mismo año a producir de uno a dos millones de estos sistemas de control de crucero adaptativo y llegar al año 2016 con cinco millones de unidades contabilizadas. El control de crucero adaptativo consiste en un sistema de radar que facilita la detección de los coches que circulan por delante y adapta la velocidad a esta circunstancia, por lo que puede llegar a acelerar el proceso de frenado ante riesgo inminente de colisión.

Frank Seidel expuso el programa de actuación de Bosch en sus avances tecnológicos para hacer la conducción más segura y facilitar el aparcamiento, ya que en 2015 producirán en serie sistemas que permitan la localización de huecos y la maniobra automática.

#### **3.4.2.2 Revista automotriz Xataka:**

“El accidente de un Tesla Model X provoca la muerte de su conductor y una nueva investigación en torno a la conducción autónoma” [20].

El pasado viernes 23 de marzo de 2018, un hombre a bordo de un Tesla Model X perdió la vida después de impactarse de forma frontal contra la barrera central de la carretera 101 en Mountain View, California. Tras el choque, dos coches se impactaron contra el Model X y provocaron que el SUV de Tesla se incendiara y terminara como se ilustra en la imagen 3.12.

Esto ha abierto una nueva investigación por parte de la Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (NTSB), quienes examinarán qué fue lo que ocurrió, qué provocó el accidente y

la muerte del conductor, así como determinar si estaba activado el sistema de conducción semi automatizada de Tesla, Autopilot.

Esta nueva investigación se centrará, según la NTSB, en tres puntos clave: determinar si el Autopilot estaba activado, el incendio posterior al choque y las medidas de seguridad implementadas para retirar el vehículo tras el accidente. Y es el que problema fue que este accidente presentó unos daños que nunca antes se habían visto.

Asimismo, Tesla mencionó que nunca antes habían visto este nivel de daño en un accidente con un Model X, y aseguran que la razón de esto se debe a que la barrera de seguridad había sido recortada por razones que se desconocen.

Ahora mismo se trata de una investigación abierta y en los próximos días empezaremos a ver los primeros resultados, donde, nuevamente, será importante saber si se trata nuevamente de un caso que involucre al Autopilot de Tesla o simplemente estamos ante un error humano.

### **3.4.2.3 Revista automotriz Xataka:**

“El día que quise suicidarme con un coche con control de crucero adaptativo” [20].\*

Si bien no se trataba de una conducción totalmente autónoma, sino una asistencia a la conducción, hace unos meses tuvimos la oportunidad de probar un vehículo equipado con uno de esos sistemas de ciencia ficción. En realidad probamos control de crucero adaptativo. Un sistema que, mediante radares, permite al conductor programar una velocidad deseada de crucero pero también una distancia de seguridad con el coche que nos precede. Podéis verlo en el vídeo que tenéis aquí arriba.

Eso significa que no es necesario que corrijas el rumbo con el volante: el coche no se saldrá nunca de la carretera. Y, naturalmente, tampoco hay que pisar freno o acelerador, porque será el propio coche el que controle esas variables en función de lo que haga el vehículo que tiene delante. A no ser que uses los pedales, este control de crucero te mantiene vivo. Tanto es así que traté de mover el volante, salir de la carretera y provocar un accidente, pero el volante me corregía el rumbo con tanta fuerza que no lo conseguí.

La prueba de conducción la realizamos en la Bosch Spain Experience, en el área de Mobility Solutions de Bosch en la Escuela de Conducción Segura del RACC (Madrid), por parte de Lorenzo Jiménez, responsable de Marketing Mobility Solutions.

\*Artículo encontrado en: <https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/el-dia-que-quiso-suicidarme-con-un-coche-con-control-de-crucero-adaptativo>

### 3.4.2.4 Normativa mexicana de seguridad del automóvil.

Según la NORMA Oficial Mexicana “NOM-194-SCFI-2015, Dispositivos de seguridad esenciales en vehículos nuevos-Especificaciones de seguridad” todo vehículo vendido en México debe contar como mínimo con los siguientes dispositivos esenciales de seguridad:

Dispositivo	NOM o NMX	FMVSS/SAE	Directivas Europeas	SRRV	KMVSS	CONTI
Apoyacabeza	---	202 ó 202a	78/932/EEC (87/534) ó 74/408/EEC	TRIAS Art. 22-4 1983 / 32-2-2005 Attach 34	26 ó 99	220 ó
Cinturón de seguridad	---	209 ó 210 ó 208	78/115/EEC (90/38) y 77/541/EEC (90/628)	TRIAS Art.22-3 31-1994/37-1998 Attach 31/32/33	27 ó 103	048 ó 220
Indicadores	---	101	78/316/ EEC	---	13	225 ó
Controles	---	101	78/316/ EEC	---	13	225 ó
Doble cerradura de cofre	---	113	---	---	21	461 ó 636
Retrovisores (interiores y exteriores) --Espejo retrovisor interior con ajuste día/noche Espejos retrovisores o dispositivos de visión indirecta	---	111	71/127/ EEC (86/562)	TRIAS Art. 44 29-1973 / 39-1975 attach 79/80/81	50 ó 108	226
Sistemas de asientos	---	207	78/932/EEC (90/37) y 74/408/EEC (81/577, 96/37)	TRIAS Art. 32 35-2-2005 / 36-1995 Attach 30	97 ó 98	463 ó 220
Llantas	NMX-D-136-CT-1988	109 ó 139 ó 110	458/2011/ EEC	TRIAS Art. 9 43-1992 attach 2	12 ó 88-2	14 ó 259
Faros delanteros	NMX-D-051-1971	108 (dic07) ó SAE J945, J592e, J594f y J568	78/781/EEC (87/354, 89/517, 1999/17) ó 78/756/EEC ó 78/758/EEC	TRIAS Art. 32 22-1996 Attach 50	Art 38, 106.1	227 ó 380
Luces de advertencia (intermitentes)	NMX-D-233-1984	108, SAE J590b, J585, J588	78/756/EEC (97/28) ó 77/540/EEC	TRIAS Art 41-3 22-1-1996, TRIAS Art 41, 41-2 22-16-2005 Attach73,47,48	45, 48, 106	227 ó 380
Luz de freno	NMX-D-233-1984	108, SAE J588	78/758/EEC (87/354, 89/516, 97/30) ó 78/756/EEC	TRIAS Art 39 01/01/1996 Attach 70; BLUE BOOK 39	43, 106	227 ó 380
Luces de matrícula (placa trasera)	NMX-D-233-1984	108	78/756/EEC ó 78/760/EEC	No aplica	41 ó 106	227 ó 380
Luces de posición	NMX-D-233-1984	108	78/756/EEC ó 78/758	No aplica	40, 42 ó 106	227 ó 380
Luces de reversa	NMX-D-233-1984	108 (dic07) ó SAE J593	77/539/EEC (97/31) (87/354, 97/32) ó 78/756/EEC	TRIAS Art40 22-1996 Attach 72	39, 106	227 ó 380

Luces direccionales	NMX-D-233-1984	108, SAE J586 ó J588	78/758/EEC (97/30) 78/759/EEC (87/354, 89/277, 1999/15) ó 78/756/EEC	TRIAS Art. 39 01/01/1996; (41, 41-2, 22/16/2005 Attach 73, 47, 48)	44, 108	227 ó 383 ó 294
Reflejantes	NMX-D-233-1984	108 ó SAE J594f	78/758/EEC ó 78/757/EEC	No aplica	49 o 107	227
Sistema desempañante	NMX-D-141-1978	103	78/317 EEC ó 872/2010 EEC	No aplica	109	No aplica
Sistema limpia y lava parabrisas	NMX-D-111-1977 NMX-D-155-1980	104 ó SAE J 903-C	78/316/ EEC ó 94/68/EEC ó 1008/2010/EEC	Art48 Attach84 TRIAS 45-J084-01	51, 109	224
Sistema de frenado (freno de servicio y de estacionamiento)	NMX-D-148-SCFI-1979	105 ó 135	71/320/EEC	TRIAS Art. 12 12/02/2001 Attach 12	90	463 ó 777 ó 380 ó 395 ó 519
Vidrio laminado, vidrio templado, vidrio plastificado	---	205	92/22/EEC (2001/92)	TRIAS Art. 29 52/1994	34	254
Velocímetro	NMX-CH-074-1993-SCFI	101	75/443/EEC (97/39)	TRIAS ART. 46 y TRIAS 58-2003	110	014

Hablando de pruebas de impacto y lateral los vehículos deberán contar con lo siguiente:

Prueba	NOM o NMX	FMVSS/SAE	Directivas Europeas	SRRV	KMVSS	CONTRAN	Normas o regulaciones de la ONU
Protección a ocupantes a Impacto frontal		208	96/79/EEC (33, 94)	18Art Attache 23 Trias 18-J023-01	Art 102	221/07 NBR 15300-1, 15300-1 & 15300-3 Edict 190/09 255/07	UN R 94
Protección a ocupantes a Impacto lateral		214	96/27/EEC (95)	Art. 18 Trias 18-J024 R095-01	Art 102, 104	ABNT 16204	UN R 95

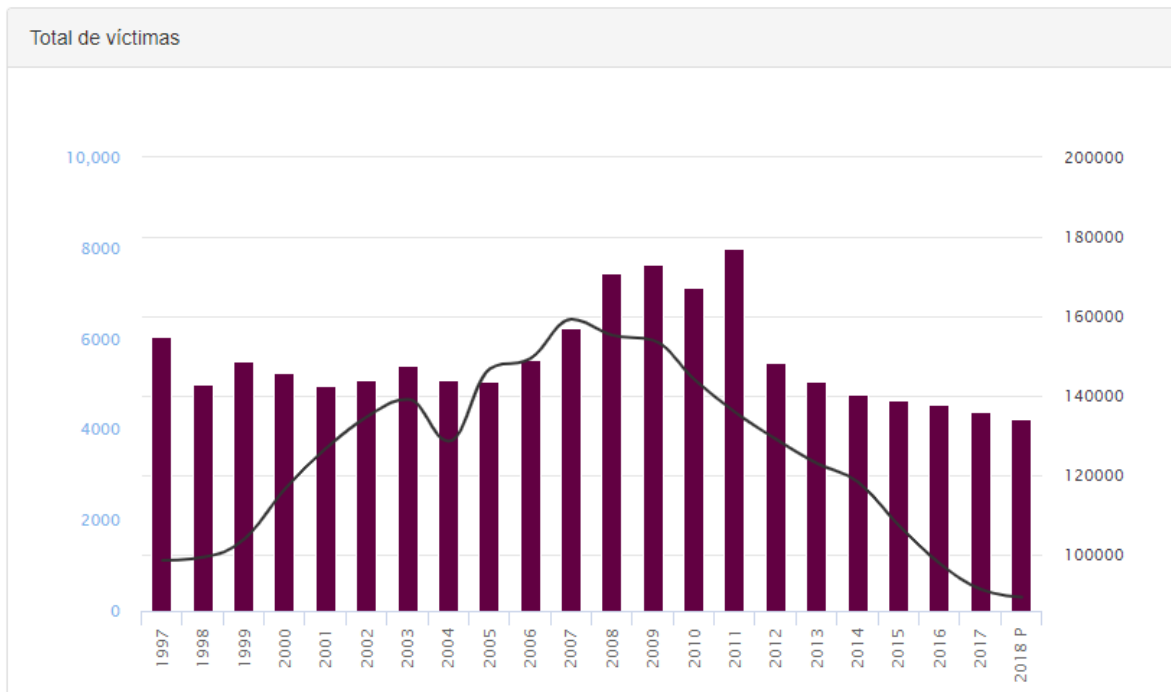
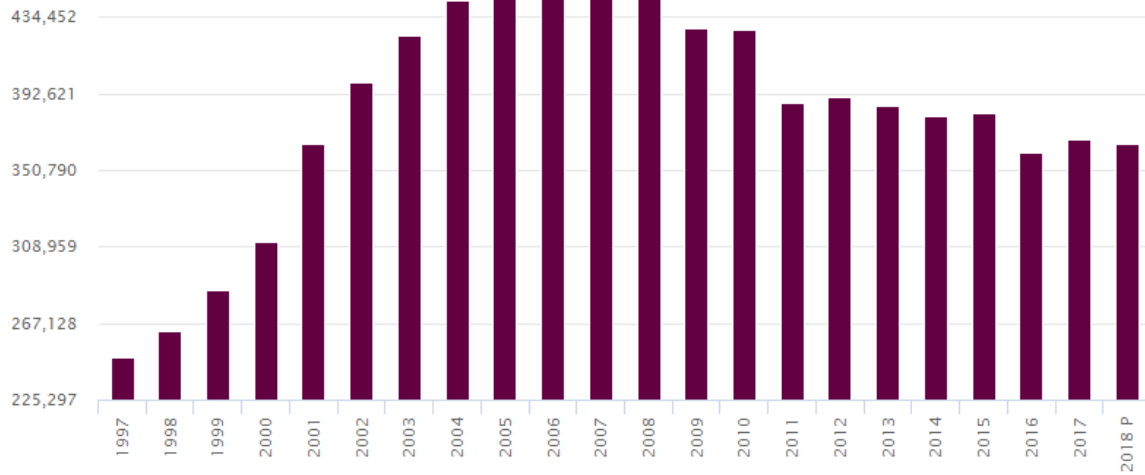
Finalmente con sistemas de antibloqueo de frenado y recordatorio de uso de cinturón:

Dispositivo	NOM o NMX	FMVSS/SAE	Directivas Europeas	SRRV	KMVSS	CONTRAN	Normas o regulaciones de la ONU
Sistema antibloqueo de frenado	No aplica	105 ó 135 ó 126	ECE R13 ó ECE R13H ó ECE R131 ó R(EU) No. 347/2012 ó R(EU) No. 2015/662	Art. 12 (Details of safety reg. Art15)	Art. 15 Y Art. 90	CONTRAN Resolution 380/11 y 519/2015	ECE R13 ó ECE R13H ó ECE R131
Sistema recordatorio de uso de cinturón de seguridad (SBR)	No aplica	208	ECE R16 ó 78/115/EEC (98/38) ó 77/541/EEC (90/628)	Art. 22-3 (Details of safety reg. Art. 30) Attachment 33, TRIAS 22(3)-J033-01	Art. 27 o Art. 103	No aplica	ECE R16

### 3.4.2.5 Estadísticas del INEGI

#### Accidentes de tránsito terrestre

365,167





*Imagen 3.13 Módulo de control ACC [17].*

### **3.4.3 Funciones en vivo.**

Checar y revisar un sistema o un dispositivo que usaremos en un auto también debe pasar por pruebas en vivo con pasajeros reales y sacando el auto a la calle, no todo debe quedarse dentro de la armadora y es aquí donde se aprueba realmente un auto. Hay ingenieros en la industria dedicados de tiempo completo a estas pruebas.

#### **3.4.3.1 Revista “El Motor”.**

“500 kilómetros de conducción semi autónoma con el nuevo Audi A4” [17].

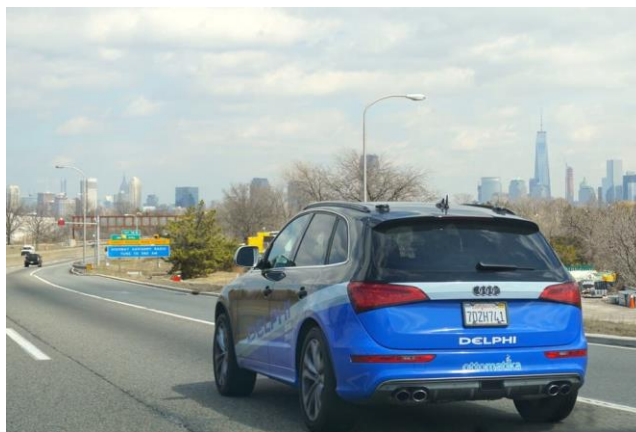
El experimento consiste en conectar el control de velocidad adaptativo del coche alemán, que como primicia ahora también lee las señales de tráfico y reduce o aumenta la velocidad de cruce, dependiendo de la señal de límite de velocidad, además mantiene la velocidad con el vehículo que nos precede. Este sistema en un coche automático sólo deja en manos del conductor el mando del volante, en uno manual también tendremos que cambiar de marcha, adaptándonos a la velocidad a la que circule el vehículo. Esto si cuando cambiemos de marcha el sistema no se desconecta, como sucedía en sistemas de control de cruce más antiguos.

Nuestra ruta fue 60% autopista y 40% Carretera Nacional /Autovía.

Este sistema no es apto para carreteras de montaña ni locales. En cambio en retenciones es muy útil, ya que puede llegar a parar el coche completamente y volver a arrancar cuando el coche que nos precede se mueva, si nuestro coche es automático, si es manual empieza a actuar por encima de 30 Km/h.

El ACC (Control de cruce adaptativo) es un sistema que hace más de una década que hay algunas marcas que lo montan pero el que ofrece Audi (Opcionalmente) en sus modelos, es un paso hacia delante en cuanto a seguridad y confort.

La experiencia lejos de ser estresante, fue hasta divertida y las casi cinco horas de viaje, pasaron con rapidez. Las limitaciones del sistema vienen del mal estado de las red viaria y



*Imagen 3.14 Audi Q5 siendo probada en carretera [19].*

de la mala señalización, ya que en varias situaciones, las señales eran imposibles de leer, estaban dobladas por un accidente anterior o simplemente las de la vía de acceso lateral se situaban en la misma situación que las de la autopista,... el resultado, que en medio de una autopista el sensor detecto que teníamos que ir a 30 Km/h y frenó a fondo, teniendo que coger el control el conductor. Otra situación divertida fue en un cruce de una población la señal de velocidad máxima a 50 Km/h estaba medio borrada y el coche entendió 5 Km/h, el resultado fue un frenazo y otra vez coger los mandos del coche. En total tuvimos unos cuatro sustos de estos en 500 kilómetros, por lo que el resultado es muy positivo.

Por parte del vehículo, hubo un momento en que pasamos por un tramo sin cartografiar, supongo que era una variante nueva. Lo curioso es que el sistema se desconectó por seguridad.

La valoración final es muy positiva, aunque el aporte del conductor sigue siendo imprescindible la tecnología cada vez nos facilita más nuestra labor y aumenta la seguridad a la hora de viajar, tanto pensando egoístamente en nosotros como para el resto de usuarios de la vía pública. Es un sistema muy recomendable si os compráis un Audi.

#### **3.4.3.2 “Un auto sin chofer atravesó Estados Unidos casi sin ayuda humana”. (Periódico “la Nación” 7 de abril de 2015).**

Un Audi SQ5 recorrió 5400 kilómetros para ir de San Francisco a Nueva York [19] usando radares, láseres y cámaras para orientarse en la ruta, un sistema de conducción autónoma desarrollada por Audi y Delphi, una compañía especializada en sistemas autónomos.

Es la primera vez que un vehículo autónomo logra algo así: recorrer 5400 kilómetros en 9 días eligiendo las rutas y sin que los ingenieros dentro del auto tocan el volante salvo en un par de ocasiones (al pasar camiones, y en una zona en la que la ruta estaba en refacción).

El auto tenía incorporados GPS, radares, cámaras para reconocer su entorno y otros vehículos, y sensores láser para medir distancias, además de computadoras a bordo, para recorrer las autopistas, determinar su posición, la velocidad a la que debía transitar y qué carril debía tomar en cada momento.



Imagen 3.15 Caricatura del sensor ACC [40].

La compañía confirmó que aun así al sistema le falta desarrollo; en algunos momentos le costaba distinguir entre las marcas en el pavimento de las diferentes partes de Estados Unidos, y el sol directo y la lluvia, que complicaba el uso de las cámaras que usa el auto para reconocer su entorno, aunque el radar y los sensores láser complementaron su uso.

Audi y Volvo ya confirmaron que usarán sistemas de Delphi para mejorar las computadoras del auto con más sensores e inteligencia para ayudar en las maniobras a los conductores.

#### **3.4.4 Asistencia al conductor.**

En cuando a la asistencia al conductor debemos mencionar que el ACC influye en varias funciones que tiene nuestro auto y que son las que nos apoyan en nuestra conducción.

Algunas de estas funciones son precisamente el control crucero adaptativo que mantiene nuestro auto a cierta distancia, seleccionada por el usuario, del vehículo cercano más próximo, con el fin de evitar una colisión con este. La frenada de este sistema no supera los  $3\text{m/s}^2$ .

También contamos con el sistema de frenado de emergencia (Braking Guard) que si la frenada normal del ACC no es suficiente, este se acciona y frena muy fuerte por 0.5s. Esto es gracias a un radar que vigila un campo de  $8^\circ$  y 180m por delante del coche. Si detecta un obstáculo manda 2 alertas y reacciona si el conductor no lo hace. La segunda alerta permitiría ahorrar entre 100 y 200 ms y eso a 130 km/h son 7m que sin duda podrían evitar un accidente bastante fuerte.

Además de lo anterior nuestro ACC también nos apoyara en los momentos en que cambiamos de carril detectando posibles colisiones con un auto cercano en el carril de junto al que estamos pasando, algún vehículo u objeto que venga en sentido contrario o acercarnos demasiado al auto que queremos rebasar.

Una función más que nos brinda el ACC es la de mantener el carril de conducción, es decir que mientras sigamos en un carril y este varíe el sistema detectara las variaciones y ajustara nuestro vehículo para impedir que invadamos el carril de junto.

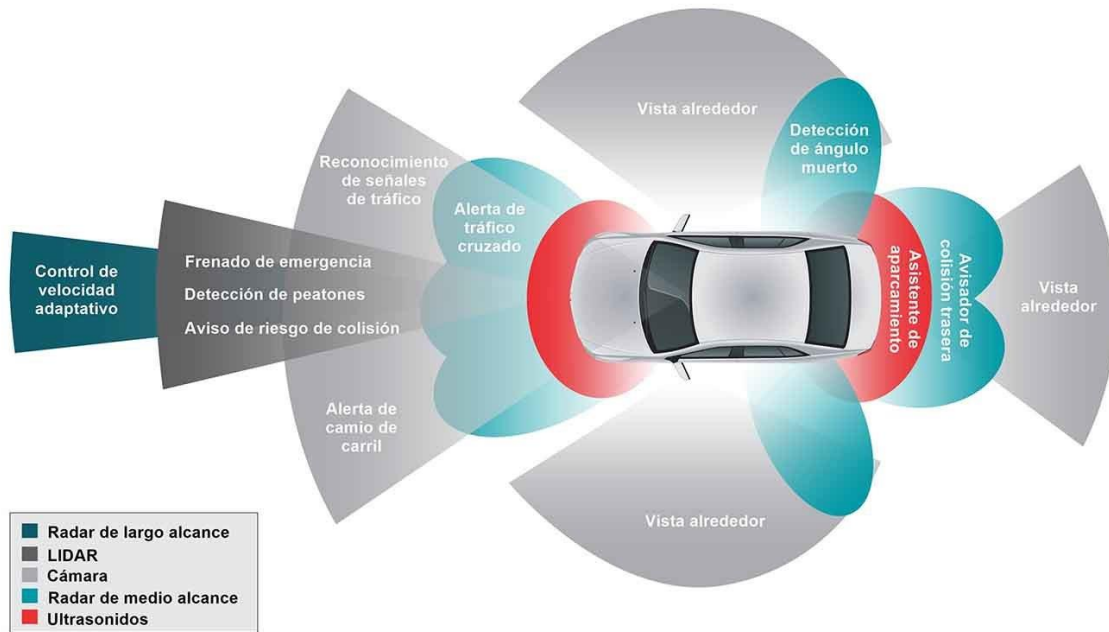


Imagen 3.16 sistemas de asistencia al conductor [11].

Por último debemos mencionar el sistema de detección de peatones que va dirigido a disminuir el riesgo de atropellamiento a una persona que no veamos o que se cruce imprudentemente en nuestro camino. Este sistema funciona en conjunto el ACC y la cámara frontal de nuestro vehículo que al detectar un peatón atravesando enfrente de nosotros automáticamente frenara el vehículo hasta su totalidad si es necesario; además de esto si se llega a colisionar contra el peatón la fascia, mediante un sensor adicional de tipo manguera, detectara el golpe y accionara un par de dispositivos explosivos que levantarán el cofre del vehículo en dirección contraria con el fin de cachar al peatón, que no coche su cabeza contra el parabrisas o el motor y disminuir el daño.

### 3.5 Comprobación de la hipótesis.

Después de analizar a fondo el ciclo de validación del ACC, las pruebas de validación del mismo, los casos de estudio en la industria, los accidentes relacionados, las funciones en vivo y la asistencia del conductor, es momento de pasar a analizar si con todo esto podemos comprobar la hipótesis que planteamos en la introducción del documento u obtuvimos un resultado negativo.

Para empezar a comprobar esto, primero tenemos que hablar del ciclo de validación del ACC; prácticamente siempre estos sistemas son diseñados y fabricados en empresas externas a la armadora que los pondrá en sus vehículos, las marcas que los utilizan en sus vehículos, normalmente Premium, someten a concurso a las empresas fabricantes y contratan a los que ofrecen un módulo funcional al mejor precio y mayores facilidades de entrega y volumen. En esta parte del contrato, hay ingenieros de la marca checando los procesos de los

proveedores, su trabajo, su personal, sus instalaciones y su eficiencia para asegurarse de que podrán cumplir con los pedidos que se les realicen una vez empezando a surtir los ACC.

El proveedor desarrollo del dispositivo tiene como obligación por contrato el asegurar que todos los dispositivos ACC que mande a la armadora funcionen, si esto no se cumple están sujetos a penalizaciones económicas y en casos extremos que se les retire el contrato y se use otro proveedor; esto es una motivación bastante grande a hacer las cosas bien. Para poder cumplir con todo lo anterior, estas fábricas tienen laboratorios propios donde durante el proceso de desarrollo van probando los módulos y en base a los resultados van corrigiendo las fallas que vayan obteniendo hasta dar con el proceso adecuado de fabricación, todo esto en conjunto con el desarrollo del software que normalmente también lo hacen estos y al cual solo tienen acceso ellos y algunos ingenieros de la marca que trabajan con el dispositivo ya en la planta armadora.

Todo el trabajo que se hace junto con el proveedor da como resultado que al momento de que los dispositivos llegan a la nave de montaje del vehículo, podremos asegurar que llegan en óptimas condiciones para su inserto en este y que a la hora de probar el vehículo ya armado estos funcionarán si problemas.

Ya en la planta armadora este dispositivo es recibido meses antes de empezar a montarlo en nuestro vehículo con el fin de probarlo en las Fascias y en el vehículo completo, para esto se utilizan vehículos de pre-serie y de serie 0 en los cuales se montan las nuevas piezas y pasan por todas las pruebas que ya vimos anteriormente hasta que comprobamos que efectivamente el dispositivo funciona por si solo y montado en el vehículo. Para este trabajo se unen varios ingenieros del departamento de desarrollo técnico, calidad, vehículos pre-serie, producción y pista de pruebas; juntos realizan las pruebas, generan reportes de resultados que van a base de datos, comparten resultados con los proveedores y se encargan de corregir y adaptar lo que sea necesario para que finalmente se apruebe nuestro módulo en el vehículo.

Retomando los casos de estudio que analizamos en la sección 3.3 de este capítulo, tenemos varias cosas que mencionar; empezando con las pruebas en la industria hemos visto que son muchas, tardadas, costosas y tediosas, sin embargo son muy necesarias, sin estas no sabríamos realmente si nuestro vehículo llega bien fabricado a nuestros clientes y por supuesto que esto representa muchos problemas, sobre todo que este dispositivo es de seguridad y es el área donde más debemos estar seguros de que el vehículo va bien al mercado. Si esta parte del trabajo no va bien hecha es cuando llegamos a recibir demandas por accidentes, lamentar probablemente algún fallecimiento y a desprestigiar el nombre de nuestra marca. Por supuesto que nuestro sistema no es perfecto y si se han visto accidentes en donde este fue ocasionado porque el ACC falló de alguna manera, pero de las miles de camionetas y coches que se venden con este módulo, podemos hablar de uno o dos vehículos que fallaron y es una gran estadística, de hecho está comprobado que los accidentes han bajado considerablemente gracias a estos sistemas de asistencia al conductor.

Llegando al tema de la asistencia al conductor hay que mencionar que año con año salen al mercado más sistemas de estos, actualmente los vehículos Premium cuentan con muchas

nuevas funciones que tienen que ver con estos dispositivos y que nos ayudan a tener una mejor conducción en muchos escenarios.

El hecho de llamarle “Premium” a un vehículo ya es sinónimo de que cuenta con una gran variedad de equipo, ya sea de entretenimiento, seguridad, asistencias, aditamentos, comodidad, etc. y por este lado el ACC ayuda en varias funciones que nos ofrecen estos vehículos, como ya lo vimos en la sección 2.9, y sin duda es un gran argumento para comprar uno de estos vehículos.

El hecho de que un vehículo Premium tenga tantos aditamentos y dispositivos como el ACC repercute en varias cosas y una de las más importantes es la seguridad, el hecho de contar con este módulo nos da varias funciones de asistencia al conductor relacionadas con tener un mejor y más seguro manejo de nuestro auto y esto aumenta mucho la calificación en seguridad que se le otorga al vehículo y las probabilidades de sobrevivir a un accidente fuerte también crecen mucho; a pesar de no ser un sistema infalible contra accidentes si ha reducido estadísticamente los casos en vehículos con este sistema y en los que ha habido ha reducido el daño a los pasajeros en un gran porcentaje.

Después de hablar de todo lo anterior referente al módulo de control ACC si podemos comprobar la hipótesis de que entre más elementos de seguridad tengamos en nuestro vehículo y nos aseguremos realmente bien que funcionan, podremos garantizar una mayor seguridad y comodidad para el usuario; además de poder marcar un camino de desarrollo seguro en cuanto a nuestros sistemas electrónicos automotrices.

Sin duda el tener más y mejores dispositivos de seguridad, como el ACC, en el vehículo podemos asegurar más a nuestros clientes en caso de tener un percance automovilístico además de que efectivamente hacen más cómodo su manejo y mejoran ampliamente la experiencia del usuario con el vehículo.

## **CAPÍTULO 4**

### **Conclusiones.**

Después de trabajar en esta tesis con el tema de “Pruebas de función de sensores en fascia delantera de vehículo de gama Premium”, específicamente el ACC (Adaptive Cruise Control) en todas las etapas que pasa este para poder estar insertado en un vehículo y salir a la venta, podemos sacar varias conclusiones importantes.

Hablando primero respecto al desarrollo automotriz podemos concluir, con lo visto en los capítulos anteriores, que este departamento de la industria automotriz ciertamente es el más importante de todos, más que calidad, montaje, ventas, logística, etc. ya que en este departamento se gesta el avance tecnológico en nuestros automóviles en todo aspecto, además de que los ingenieros que trabajan en este son los encargados de que toda pieza que es montada en un automóvil de su marca vaya acorde a su concepto.

En el departamento de desarrollo técnico de una empresa automotriz uno de los pilares más importantes y a los que más se le invierten recursos para el desarrollo es el de seguridad, debido a que es un requerimiento obligatorio en muchos países que el automóvil tenga mínimo ciertos aditamentos de seguridad y además de que, hablando de marcas Premium, el tema de seguridad es uno de los que más vende. Actualmente un vehículo Premium con muchos dispositivos dedicados a la seguridad de los ocupantes y que además sea amigable con el medio ambiente (híbridos y eléctricos) ya son los más atractivos para la gente que cuenta con los recursos suficientes para comprarlos. Sin duda son vehículos que valen mucho la pena pero se debe de seguir trabajando acorde a mejorar aún más los dispositivos de seguridad y que la tecnología eléctrica automotriz sea más eficiente, más segura y más económica que en estos momentos.

En un segundo punto de conclusiones, hablando específicamente de los sensores que lleva la fascia, también podemos sacar varias conclusiones. En cuanto al ACC podemos decir que es un dispositivo que ayuda bastante al conductor en situaciones específicas, con el evitar colisiones con autos de frente, pasar de un carril a otro, mantener cierta velocidad que le indiquemos al vehículo, pero nos pudimos dar cuenta que es un dispositivo de ayuda nada más, no hay que entender o creer que este hace autónomo a nuestro vehículo y se podrá conducir solo, si bien si es el principio de la autonomía de un vehículo para nada podemos dejarle la conducción a nuestro ACC porque sin duda fallará en un momento y tendremos un accidente fuerte. Además de que este dispositivo tiene que ser mejorado aun ya que sigue habiendo situaciones en donde reacciona y frena nuestro vehículo fuertemente y a lo mejor no era necesario frenar o no con tanta violencia; también en el cambio de carril hay ACC's que detectan a lo lejos un vehículo y no nos dejan rebasar cuando perfectamente nos daba tiempo de hacerlo; son cosas “sencillas” pero que marcan una diferencia.

Por ultimo en cuestión del ACC debemos decir que nunca hay que soltar el volante a pesar de que nuestras asistencias al conductor estén funcionando y si cuentas con un vehículo que tiene ya un manejo autónomo aun así no dejes de estar pendiente de su conducción, porque al ser aparatos nuevos y aun no perfectos algo podría fallar.

En cuanto a los sensores de aparcamiento podemos decir que estos son bastante más sencillos en su construcción y funcionamiento y que solo cumplen una función específica que es avisar con alarma sonora, mientras nos estacionamos, que estamos a punto de colisionar con un objeto y tenemos presencia de estos en toda la periferia del vehículo, al menos 8 de estos. Son sensores que ayudan bastante a la gente que le cuesta trabajo estacionarse pero no solucionan como tal el problema, a pesar de tenerlos sigue habiendo complicaciones para la estacionada a estas personas. Lo que sigue después de tener estos sensores es el estacionamiento autónomo con el cual cuentan ya varios modelos de gama Premium pero casi siempre es un aditamento adicional que se cobra aparte.

En el tercer punto de conclusiones refiriéndonos a las pruebas de función de los sensores podemos deducir varias cosas. En primer lugar nos damos cuenta que las pruebas de aprobación de modelo son de suma importancia para asegurar que un vehículo llegue funcionando bien al cliente, no hay ninguna pieza del automóvil que no sea probada antes de su inserto en la serie de producción pero refiriéndonos a piezas que tienen que ver con seguridad estas son bastante más rigurosas y de varios tipos, la seguridad es algo que no se toma a la ligera y que estos sensores estén bien probados puede significar salvar la vida de alguien en un percance automovilístico.

En segundo lugar nos damos cuenta que todo este tipo de pruebas representa una gran inversión económica para la marca lo que también encarece el vehículo, entre más dispositivos y funciones tenga un auto por lógica será más caro, pero no solo es porque le ponen más piezas sino también porque su desarrollo y las pruebas que se realizan en este son más e implican más personal y más equipo.

Y en tercer lugar podemos decir que es bastante notoria la diferencia de pruebas y empeño que se le pone a los vehículos Premium y a los de gamas inferiores, un vehículo Premium conlleva bastante más desarrollo, trabajo, pruebas, validaciones y recursos.

En el cuarto punto de conclusiones nos enfocaremos a la legislación involucrada en seguridad del automóvil en el país. En esta tesis hablamos de la VDA 6.1 que es la normativa que rige en Alemania y también hablamos de la IATF 16949 que es la que rige en América, entre ambas encontramos diferencias pero en muchas cosas coinciden, lo que es más importante en este aspecto es que no todos los países se rigen por ellas específicamente. En Alemania usan la VDA 6.1 y es una norma bastante completa y con muchas exigencias en materia de seguridad, un auto vendido en Alemania mínimo debe contar con 6 bolsas de aire, frenos ABS, ESR, geolocalización, además de que en ese país cuentan con una dependencia del gobierno que se dedica a atender accidentes automovilísticos y cuentan con respuesta inmediata hasta de helicópteros para rescatar algún accidentado.



*Imagen 4.1 ACC funcionando [21].*

Por otro lado la IATF (International Automotive Task Force) es un organismo del tipo del ISO que rige en la industria automotriz internacional y en su norma IATF16949 también hace recomendaciones a nivel de seguridad que incluyen bastantes aditamentos como mínimos para la venta de un automóvil, además de que habla de la normativa que debe llevar el desarrollo automotriz.

Hablando de otro ejemplo específico, Estados Unidos de América, podemos decir que es el país con mayor exigencia en materia de seguridad para las marcas que venden autos en ese país, hasta el auto más sencillo que se vende en EUA, cuenta con 2 estrellas en seguridad por parte de la organización Global NCAP.

En México por otro lado la legislación automotriz es bastante más blanda en materia de seguridad, solo se exigen a partir de 2019 2 bolsas de aire y frenos ABS, con lo que el auto con estos aditamentos solo alcanza media estrella por parte de Latin NCAP, y esto repercute en que los accidentes tienden a ser más dañinos que en países más exigentes en este rubro.

Sin duda en México debería exigirse más aditamentos de seguridad que ayudarían a reducir la tasa de accidentes, además de ser más duros en cuanto a obtener una licencia de conducir se refiere; sin embargo esto encarecería los automóviles vendidos en este país.

Por último podemos concluir que comprar un vehículo de gama Premium siempre será una gran opción, son automóviles a la vanguardia en tecnología, seguridad, infotainment, lujo, comodidad y prestigio.

## **Discusión de resultados:**

En la hipótesis abordamos que una buena metodología de pruebas de función de los sensores en la fascia delantera de nuestros vehículos Premium es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios del vehículo durante un percance o un accidente, que entre mejor llevemos esta metodología y sea más robusta, esto se podrá asegurar de mejor manera y además es un buen motivo para comprar el vehículo.

La metodología de la que hablamos en este documento es la utilizada actualmente en el consorcio Volkswagen en sus marcas de gama Premium como Audi, Porsche, Bentley, Bugatti y Lamborghini, claro cada una con sus variaciones pero todas partiendo de ésta, y en nuestro caso específico hablamos de lo que se hace actualmente en grupo Audi.

Después de ver las evaluaciones de los vehículos de dichas marcas en Euroncap y Latin ncap, pudimos constatar que son bastante favorables y la mínima calificación de un vehículo de Audi es de 4 estrellas; el vehículo objeto de este trabajo (Audi Q5) desde su versión más básica cuenta con 5 estrellas en seguridad y está empatada con sus competidoras directas (BMW X3 y Mercedes-Benz GLC). Todo esto nos lleva a poder decir que la metodología utilizada por la marca para el desarrollo de sus vehículos es bastante efectiva en materia de seguridad, tanto en el ACC como todos los demás dispositivos de seguridad que lleva, y nuestra hipótesis se comprueba positivamente con esto.

Las pruebas de durabilidad y función llevadas a cabo durante este proceso, que son parte de dicha metodología, son bastante extensas y en su mayoría son destructivas; estas nos han comprobado que son necesarias para asegurar la función de nuestros dispositivos en el auto porque simulan todos los posibles escenarios que pueda tener este en donde sean requeridos y el cómo funcionarán, así que por esta parte podemos decir que las pruebas sí ayudan a la seguridad del auto y la comodidad del usuario y éstas son consistentes con nuestra hipótesis.

Los sensores ACC llevan un proceso riguroso de aseguramiento de la función y calidad de estos antes de llegar a la armadora y ya en esta se someten a nuevas pruebas con el vehículo armado o por ensambles, y en este trabajo hemos notado que sin estas pruebas estos dispositivos no sabríamos como llegan a ser montados a nuestro vehículo y la marca no podría garantizar que funcionen bien en un percance, así que también esto es consistente con nuestra hipótesis planteada.

En general después de analizar el documento realizado, los temas abordados, y los resultados obtenidos de las diferentes pruebas que se abordaron podemos concluir que nuestra hipótesis se confirma positivamente y que además este tema es de suma importancia para la industria Premium de vehículos ya que es claramente un plus importante que ofrecen en sus vehículos y ayudan a que estos sean bastante mejores que los de gamas inferiores.

## **Trabajo futuro, ¿Qué sigue?:**

Después de desarrollar este trabajo también podemos sacar conclusiones respecto a que sigue después, en que podemos trabajar después con base a este documento.

Lo primero en que se puede trabajar es respecto al tiempo que se lleva esta metodología en llevarse a cabo, esta contempla un tiempo de trabajo de desarrollo de 5 años (en vehículos de gama Premium), el cual es bastante y se lleva mucho dinero de inversión para poder sacarlo adelante, si se encontrara una metodología igual de eficiente que durara menos, se ahorraría mucho dinero de desarrollo y podrían ofertarse autos nuevos con tecnología nueva más rápido que ahora, aunque habría que cuadrar tiempos de vida de cada modelo ya que uno sustituye a otro normalmente.

También en base a esto se puede después hondar mas en las pruebas de función y durabilidad de los sistemas de seguridad de los vehículos, en su mayoría son pruebas destructivas y esto representa un gasto fuerte para la empresa armadora y la proveedora, ya que son piezas a las cuales no se les puede sacar dinero lógicamente, y es ilegal que después de las pruebas salgan de la planta, estas normalmente se van a desecho o se recicla el material que utilizan, si tuviéramos pruebas igual de efectivas, que no sean destructivas y que con pocas de estas podamos asegurar la función ahorraríamos mucho dinero y tiempo de desarrollo.

Por ultimo podemos hablar de que esta metodología, que ha resultado bastante efectiva, podría ser utilizada y adaptada por marcas con mucho menor calificación en seguridad como algunas norteamericanas o japonesas, que a pesar de ser autos más económicos con esta puedan ofrecer autos más seguros y ayudar a reducir la tasa de accidentes fatales.

## Bibliografía y referencias:

- [1] Industria Automotriz alemana. (1996). Desarrollo automotriz. En VDA 6.1 (273). Alemania: VDA-QMC.
- [2] IATF Global Oversight. *IATF 16949:2016 – Preguntas más Frecuentes (FAQ)*. 1er edición. USA. IATF. (2016).
- [3] IEEE. (2019). Predictive Adaptive Cruise Control Using a Customized ECU. 20/09/2019. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8704211>.
- [4] Bitalino. (2009). ACC Sensor Datasheet. 23/09/2019. Bitalino. [http://bitalino.com/datasheets/ACC\\_Sensor\\_Datasheet.pdf](http://bitalino.com/datasheets/ACC_Sensor_Datasheet.pdf).
- [5] Topix. (2016). Control de velocidad de cruceo adaptativo. 23/09/2019. Topix. [https://topix.jaguar.jlrext.com/topix/service/archive/78684/control%20de%20velocidad%20de%20cruceo%20adaptativo%20\(acc\).pdf](https://topix.jaguar.jlrext.com/topix/service/archive/78684/control%20de%20velocidad%20de%20cruceo%20adaptativo%20(acc).pdf).
- [6] Sunnyday. (2014). Adaptive Cruise Control Sys Overview. 24/09/2019. Sunny day. [http://sunnyday.mit.edu/safety-club/workshop5/Adaptive\\_Cruise\\_Control\\_Sys\\_Overview.pdf](http://sunnyday.mit.edu/safety-club/workshop5/Adaptive_Cruise_Control_Sys_Overview.pdf).
- [7] Audi. (2013). Adaptive cruise control with stop go function. 01/10/2019. Audi AG. <https://www.audi-technology-portal.de/en/electrics-electronics/driver-assistant-systems/adaptive-cruise-control-with-stop-go-function>.
- [8] NHTSA. (2014). Evaluation of adaptive cruise control in requirements. 01/10/2019. NHTSA. <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/812172-evaluadaptvcruisecontrlintrfcrequiremtnads.pdf>.
- [9] Continental. (2013). Adaptive cruise control. 01/10/2019. Continental AG. <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Chassis-Safety/Software-Functions/Cruising/Adaptive-Cruise-Control>.
- [10] Bosch. (2013). Adaptive cruise control. 01/10/2019. Robert Bosch GmbH. <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/adaptive-cruise-control/>.
- [11] Researchgate. (2010). Improvement of Adaptive Cruise Control Performance. 02/10/2019. Researchgate. [https://www.researchgate.net/publication/47696379\\_Improvement\\_of\\_Adaptive\\_Cruise\\_Control\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/47696379_Improvement_of_Adaptive_Cruise_Control_Performance).
- [12] Infobae. (2014). Los 8 pasos esenciales para crear un auto. 02/10/2019. Infobae. <https://www.infobae.com/autos/2016/06/13/los-8-pasos-esenciales-para-crear-un-auto/>.
- [13] UTEST. (2015). Equipo con péndulo para pruebas de impacto motorizado. 03/10/2019. UTEST. <http://www.utest.com.tr/es/26026/Equipo-con-P-ndulo-para-Pruebas-de-Impacto-Motorizado>.
- [14] Audi. (2015). Los 3 túneles de viento. 04/10/2019. Audi AG. <https://www.audi.cl/experiencia/centro-del-tunel-de-viento/los-3-tuneles-de-viento>.
- [15] Motor Pasión. (2015). El test INKA de Audi reproduce 12 años de sufrimiento en solo 19 semanas. 04/10/2019. Motor Pasión. <https://www.motorpasion.com/audi/el-test-inka-de-audi-reproduce-12-anos-de-sufrimiento-en-solo-19-semanas>.

- [16] Inter empresas. (2016). Sensores de radar a prueba. 04/10/2019. Inter empresas. <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/246467-Sensores-de-radar-a-prueba.html>.
- [17] El Motor. (2014). 500 kilómetros con conducción semi autónoma con el nuevo Audi A4. 05/10/2019. El motor. <http://www.elmotor.net/index.php/item/577221-500-kilometros-con-conduccion-semi-autonoma-con-el-nuevo-audi-a4>.
- [18] Autobild. (2015). Accidentes bajan con control de cruceo adaptativo. 05/10/2019. Autobild. <https://www.autobild.es/noticias/accidentes-bajan-control-cruceo-adaptativo-208624>.
- [19] La nación. (2013). Un auto sin chofer atravesó Estado Unidos casi sin ayuda humana. 06/10/2019. La nación. <https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/un-auto-sin-chofer-atraveso-estados-unidos-casi-sin-ayuda-humana-nid1782129>.
- [20] Xataka ciencia. (2014). El día en que quise suicidarme con un coche con control de cruceo adaptativo. 07/10/2019. Xataka. <https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/el-dia-que-quiso-suicidarme-con-un-coche-con-control-de-cruceo-adaptativo>.
- [21] Audi media center. (2014). Driver Assistance Systems. 07/10/2019. Audi AG. <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>.
- [22] Audi. (2016). Audi México. 21/09/2019. Audi México. <https://www.audi.com.mx>.
- [23] SPC Consulting Group. (2012). Core tools. 23/10/2019. SPC Consulting Group. <https://spcgroup.com.mx/core-tools/>.
- [24] Kilómetros que cuentan. (2013). Partes de coche. 24/10/2019. Kilómetros que cuentan. <http://kilometrosquecuentan.com/partes-coche/>.
- [25] Sapiensman. (2014). Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico de aparcamiento. 10/10/2019. Sapiensman. [http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor22.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor22.php).
- [26] Boustens. (2015). Cámaras climáticas. 06/11/2019. Boustens Mexico. <http://www.boustens.com/camaras-climaticas/>.
- [27] Euroncap. (2017). Audi Q5 2017 y BMW X3/X4 2017. 29/10/2019. Euroncap. <https://www.euroncap.com/es>.
- [28] El Cronista. (2016). Los nuevos autos cinco estrellas. 10/12/2019. El Cronistas. <https://www.cronista.com/rpm/Los-nuevos-autos-cinco-estrellas-16-modelos-premium-en-la-Argentina-y-el-mundo-20160520-0001.html>.
- [29] Nexu MX. (2019). Los 5 autos Premium más económicos. 10/12/2019. Nexu MX. <https://www.nexu.mx/blog/autos-premium-mexico/>.
- [30] Sensores de aparcamiento. (2019). ¿Son útiles los sensores de aparcamiento?. 10/12/2019. Sensores de aparcamiento. <https://sensores-de-aparcamiento.es/son-utiles-los-sensores-de-aparcamiento/>.
- [31] BMW Mexico. (2019). BMW X3. 10/12/2019. BMW. <https://www.bmw.com.mx/es/modelos/series-x/X3/2019/bmw-x3-informacion.html#tab-0>.

- [32] Mercedes Benz Mexico. (2019). Mercedes Benz GLC. 10/12/2019. Mercedes Benz. <https://www.mercedes-benz.com.mx/es/vehiculos/class/glc/suv>.
- [33] K electronic. (2019). Sensor ACC Audi Q5. 10/12/2019. K electronic. [https://www.k-electronic-shop.de/images/product\\_images/original\\_images/audi-q5-8r-acc-adaptive-cruise-control-nachruempaket.jpg](https://www.k-electronic-shop.de/images/product_images/original_images/audi-q5-8r-acc-adaptive-cruise-control-nachruempaket.jpg).
- [34] Tobi Forschner. (2019). Frontschurze. 10/12/2019. Grabcad. <https://grabcad.com/library/frontschurze-1>.
- [35] Fiverr. (2019). I will do finite element analysis using ansys with report. 10/12/2019. Fiverr. [https://www.fiverr.com/rash\\_tdv/do-finite-element-analysis-using-ansys-with-report](https://www.fiverr.com/rash_tdv/do-finite-element-analysis-using-ansys-with-report).
- [36] Genuine Audi Parts. (2013). Bumper and components – Front for 2013 Audi Q5. 10/12/2019. Genuine Audi Parts. <https://www.genuineaudi.com/v-2013-audi-q5-premium-plus-3-0l-v6-gas/body--bumper-and-components-front>.
- [37] Mercado libre. (2018). Fascia delantera de Audi Q5 S 2018. 10/12/2019. Mercado libre. [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-689515372-facia-delantera-de-audi-q5-s-2018-original-completa-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-689515372-facia-delantera-de-audi-q5-s-2018-original-completa-_JM).
- [38] Motor pasión. (2016). Así se disparan 30000 litros de agua sobre los coches. 10/12/2019. Motor pasión. <https://www.motorpasion.com/nissan/asi-se-disparan-30-000-litros-de-agua-sobre-los-coches-para-evitar-que-luego-les-salgan-goteras>.
- [39] Auto Mexico. (2019). Comparativa: Mercedes-Benz Clase GLC Sport 2019 vs. Audi Q5 45 TFSI Elite 2019. 10/12/2019. Auto Mexico. <https://automexico.com/resena/comparativa-mercedes-benz-clase-glc-sport-2019-vs-audi-q5-45-tfsi-elite-2019-aid1326>.
- [40] Adobe Stock. (2019). Automobile cockpit. 10/12/2019. Adobe Stock. <https://stock.adobe.com/lv/images/automobile-cockpit-various-information-monitors-and-head-up-displays-autonomous-car-driverless-car-driver-assistance-system-acc-adaptive-cruise-control-vector-illustration/107113475>.
- [41] ResearchGate. (2016). Learning Systems Engineering Lessons from an Electric Vehicle Development. 10/12/2019. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/308091709\\_Learning\\_Systems\\_Engineering\\_Lessons\\_from\\_an\\_Electric\\_Vehicle\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/308091709_Learning_Systems_Engineering_Lessons_from_an_Electric_Vehicle_Development).
- [42] Diario oficial de la federación. (2016). NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SCFI-2015, Dispositivos de seguridad esenciales en vehículos nuevos-Especificaciones de seguridad. 19/01/2020. Diario oficial de la federación. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5436325&fecha=09/05/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5436325&fecha=09/05/2016).
- [43] INEGI. (2018). Accidentes de tránsito terrestre. 19/01/2020. INEGI. [https://www.inegi.org.mx/temas/accidentes/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/accidentes/default.html#Informacion_general).

## Anexo I: “Adaptive Cruise Control System Overview”.

5th Meeting of the U.S. Software System Safety Working Group  
April 12th-14th 2005 @ Anaheim, California USA

# Adaptive Cruise Control System Overview

## 1 Introduction

**Adaptive Cruise Control (ACC)** is an automotive feature that allows a vehicle's cruise control system to adapt the vehicle's speed to the traffic environment. A radar system attached to the front of the vehicle is used to detect whether slower moving vehicles are in the ACC vehicle's path. If a slower moving vehicle is detected, the ACC system will slow the vehicle down and control the clearance, or time gap, between the ACC vehicle and the forward vehicle. If the system detects that the forward vehicle is no longer in the ACC vehicle's path, the ACC system will accelerate the vehicle back to its set cruise control speed. This operation allows the ACC vehicle to autonomously slow down and speed up with traffic without intervention from the driver. The method by which the ACC vehicle's speed is controlled is via engine throttle control and limited brake operation.

## 2 Definitions and Physical Overview

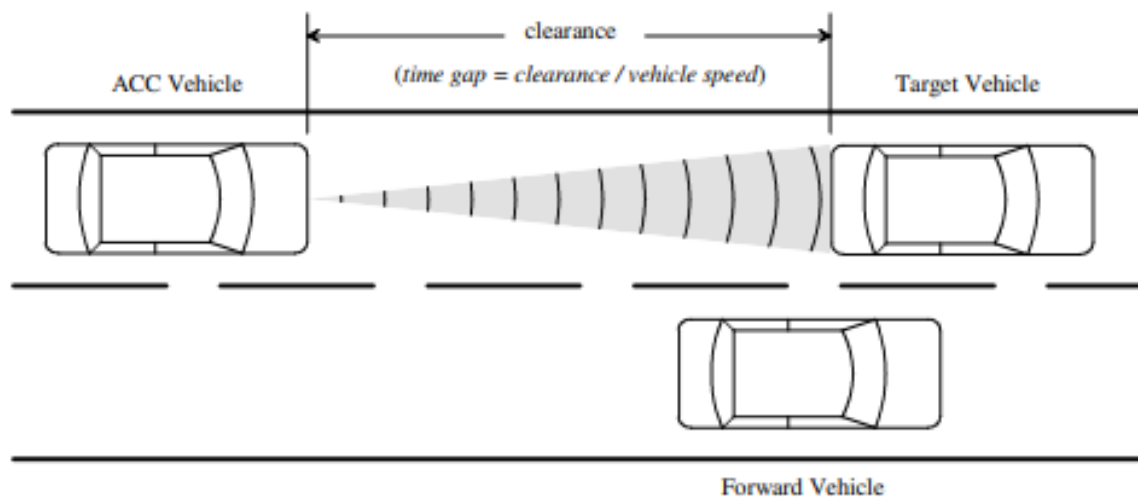


Figure 1 – ACC Vehicle Relationships

## 2.1 Definitions

**Adaptive Cruise Control (ACC)** – An enhancement to a conventional cruise control system which allows the ACC vehicle to follow a forward vehicle at an appropriate distance.

**ACC vehicle** – the subject vehicle equipped with the ACC system.

**active brake control** – a function which causes application of the brakes without driver application of the brake pedal.

**clearance** – distance from the forward vehicle's trailing surface to the ACC vehicle's leading surface.

**forward vehicle** – any one of the vehicles in front of and moving in the same direction and traveling on the same roadway as the ACC vehicle.

**set speed** – the desired cruise control travel speed set by the driver and is the maximum desired speed of the vehicle while under ACC control.

### system states

**ACC off state** – direct access to the 'ACC active' state is disabled.

**ACC standby state** – system is ready for activation by the driver.

**ACC active state** – the ACC system is in active control of the vehicle's speed.

**ACC speed control state** – a substate of 'ACC active' state in which no forward vehicles are present such that the ACC system is controlling vehicle speed to the 'set speed' as is typical with conventional cruise control systems.

**ACC time gap control state** – a substate of 'ACC active' state in which time gap, or headway, between the ACC vehicle and the target vehicle is being controlled.

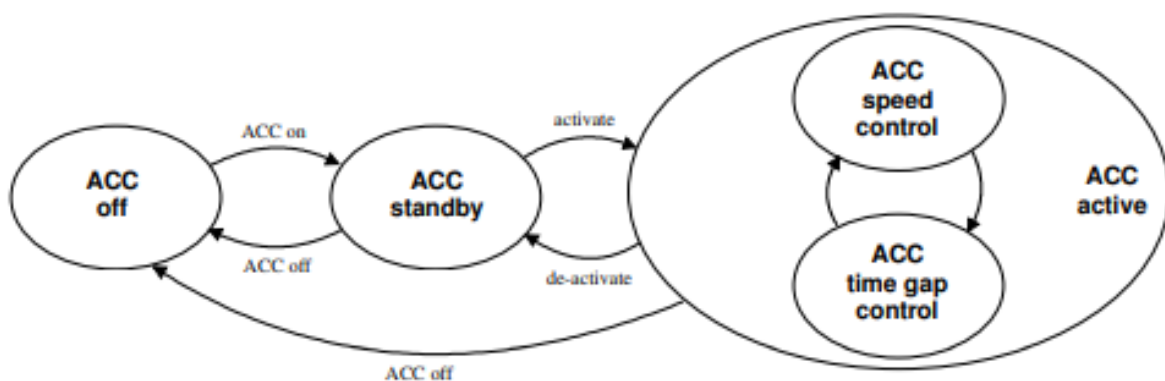


Figure 2 – ACC States and Transitions

**target vehicle** – one of the forward vehicles in the path of the ACC vehicle that is closest to the ACC vehicle.

**time gap** – the time interval between the ACC vehicle and the target vehicle. The 'time gap' is related to the 'clearance' and vehicle speed by:

$$\text{time gap} = \text{clearance} / \text{ACC vehicle speed}$$

## 2.2 Physical Layout

As shown in Figure 3, the ACC system consists of a series of interconnecting components and systems. The method of communication between the different modules is via a serial communication network known as the Controller Area Network (CAN).

**ACC Module** – The primary function of the ACC module is to process the radar information and determine if a forward vehicle is present. When the ACC system is in 'time gap control', it sends information to the Engine Control and Brake Control modules to control the clearance between the ACC Vehicle and the Target Vehicle.

**Engine Control Module** – The primary function of the Engine Control Module is to receive information from the ACC module and Instrument Cluster and control the vehicle's speed based on this information. The Engine Control Module controls vehicle speed by controlling the engine's throttle.

**Brake Control Module** – The primary function of the Brake Control Module is to determine vehicle speed via each wheel and to decelerate the vehicle by applying the brakes when requested by the ACC Module. The braking system is hydraulic with electronic enhancement, such as an ABS brake system, and is not full authority brake by wire.

**Instrument Cluster** – The primary function of the Instrument Cluster is to process the Cruise Switches and send their information to the ACC and Engine Control Modules. The Instrument Cluster also displays text messages and telltales for the driver so that the driver has information regarding the state of the ACC system.

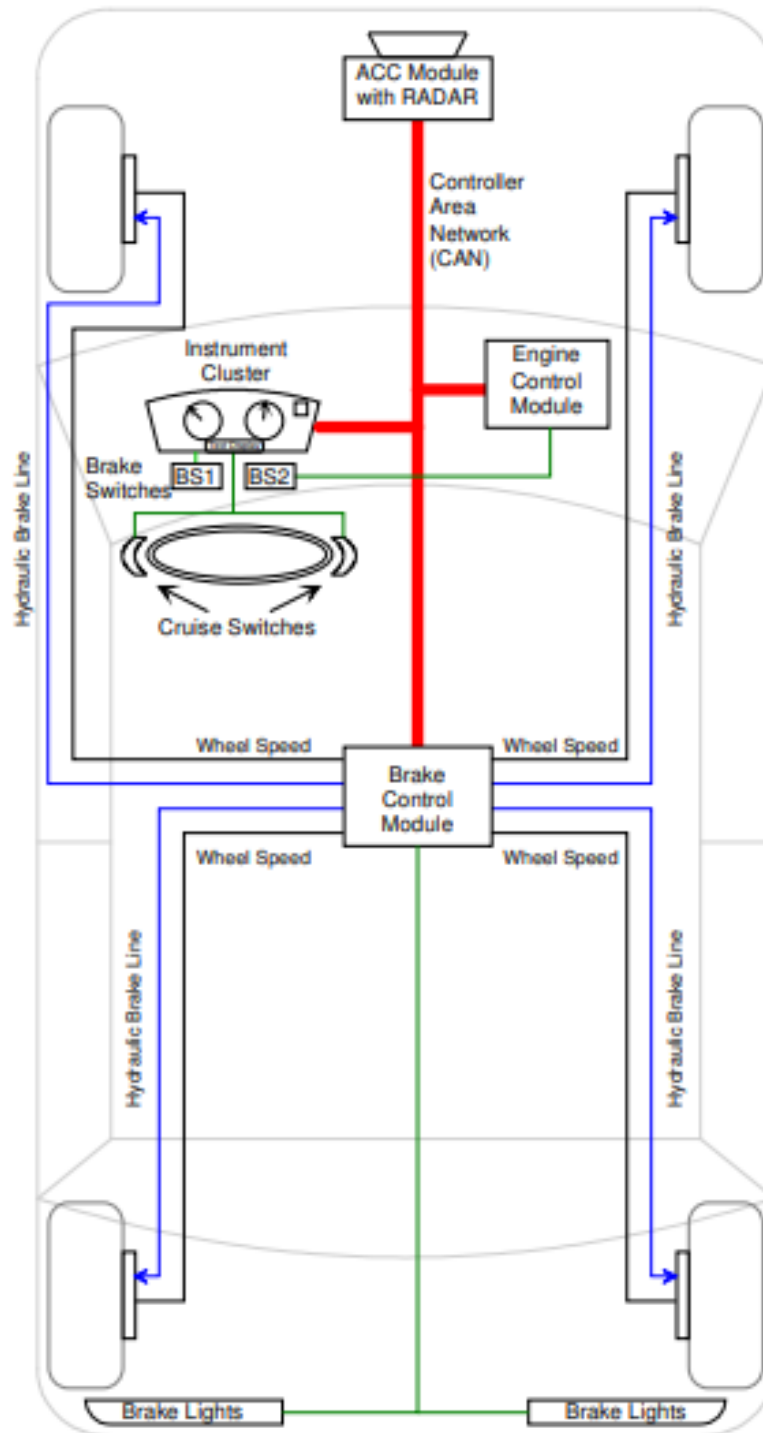
**CAN** – The Controller Area Network (CAN) is an automotive standard network that utilizes a 2 wire bus to transmit and receive data. Each node on the network has the capability to transmit 0 to 8 bytes of data in a message frame. A message frame consists of a message header, followed by 0 to 8 data bytes, and then a checksum. The message header is a unique identifier that determines the message priority. Any node on the network can transmit data if the bus is free. If multiple nodes attempt to transmit at the same time, an arbitration scheme is used to determine which node will control the bus. The message with the highest priority, as defined in its header, will win the arbitration and its message will be transmitted. The losing message will retry to send its message as soon as it detects a bus free state.

**Cruise Switches** – The Cruise Switches are mounted on the steering wheel and have several buttons which allow the driver to command operation of the ACC system. The switches include:

'On': place system in the 'ACC standby' state

'Off': cancel ACC operation and place system in the 'ACC off' state

- 'Set +': activate ACC and establish set speed or accelerate
- 'Coast': decelerate
- 'Resume': resume to set speed
- 'Time Gap +': increase gap
- 'Time Gap -': decrease gap



**Figure 3 – Physical Layout**

**Brake Switches** – There are two brake switches, Brake Switch 1 (BS1) and Brake Switch 2 (BS2). When either brake switch is activated, Cruise Control operation is deactivated and the system enters 'ACC standby' state.

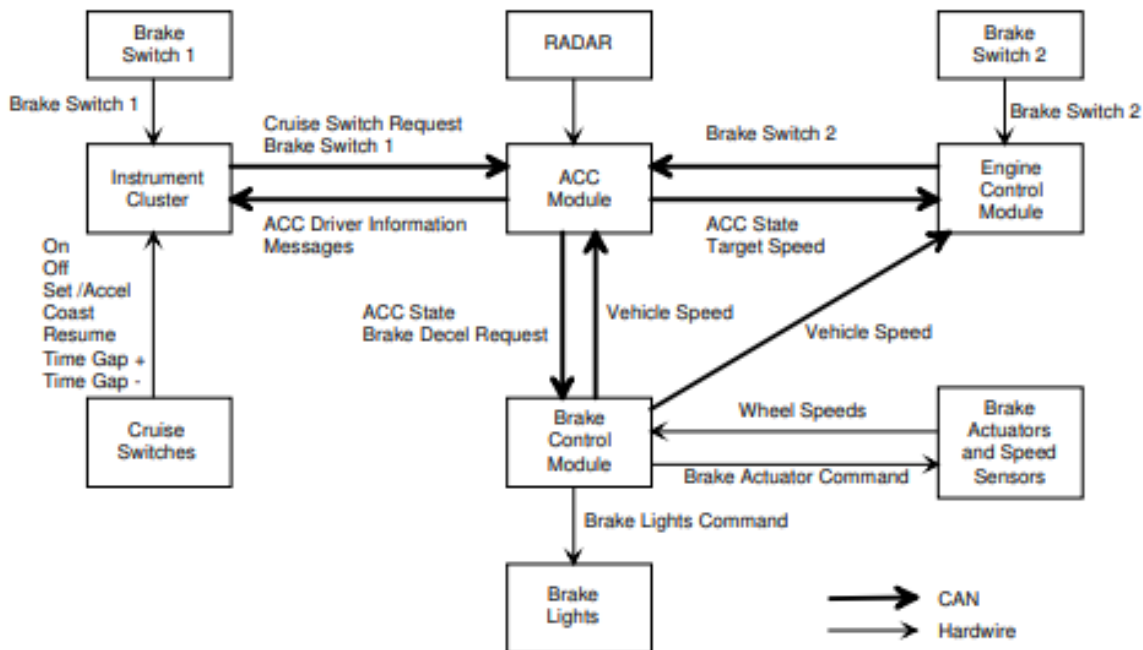
**Brake Lights** – When the Brake Control Module applies the brakes in response to an ACC request, it will illuminate the brake lights to warn vehicles behind the ACC vehicle that it is decelerating.

### 3 Operational Overview

The driver interface for the ACC system is very similar to a conventional cruise control system. The driver operates the system via a set of switches on the steering wheel. The switches are the same as for a conventional cruise control system except for the addition of two switches to control the time gap between the ACC vehicle and the target vehicle. In addition there are a series of text messages that can be displayed on the instrument cluster to inform the driver of the state of the ACC system and to provide any necessary warnings. The driver engages the ACC system by first pressing the ON switch which places the system into the 'ACC standby' state. The driver then presses the Set switch to enter the 'ACC active' state at which point the ACC system attempts to control the vehicle to the driver's set speed dependent upon the traffic environment.

#### 3.1 Control System Interfaces

Figure 4 shows the information and signal flows between the different systems for ACC operation.



**Figure 4 – ACC signals and Information Flow**

### **3.2 Initialization**

When the ignition key is in the off position, no power is applied to any of the systems. When the key is cycled to the on position, the ACC system initializes to the 'ACC off' state.

### **3.3 Engaging Cruise Control**

**Entering 'ACC standby'** - Before active cruise control can be engaged the driver must first enter 'ACC standby'. This is performed by the driver pressing the ACC 'On' button. If no system faults are present, the ACC system will transition to the 'ACC standby' state.

**Entering 'ACC active'** – The driver enters the 'ACC active' state by pressing the 'Set' or 'Resume' button. If a prior set speed is present in memory, the system uses this prior value as the target speed when Resume is pressed, else, the current speed of when the Set button was pressed will become the target speed. The following conditions must be true for the system to enter 'ACC active' in response to the cruise switches:

- Brake Switch 1 = brake not applied
- Brake Switch 2 = brake not applied
- Vehicle Speed  $\geq$  25 mph

When entering active ACC control, the vehicle speed is controlled either to maintain a set speed or to maintain a time gap to a forward vehicle, whichever speed is lower.

### **3.4 Operation During Speed Control Mode (ACC Speed Control)**

Operation during this mode is equivalent to that of conventional speed control. If no forward vehicle is present within the Time Gap or clearance of the system, the vehicle's speed is maintained at the target speed. The engine control system controls the engine output via throttle control to maintain the vehicle speed at the target speed.

### **3.5 Operation During Follow Mode (ACC Time Gap Control)**

The ACC system enters follow mode or 'ACC time gap control' if the radar detects a forward vehicle at or within the clearance distance. During this mode of operation, the ACC system sends a target speed to the Engine Control Module and deceleration commands to the Brake Control module to maintain the set time gap between the vehicles.

**deceleration control** – The ACC system decelerates the vehicle by lowering the target speed sent to the Engine Control Module and sending a brake deceleration command to the Brake Control Module. The maximum allowed braking effort of the system is 0.2 [g]. During brake deceleration events, the Brake Control Module activates the brake lights.

**acceleration control** – The ACC system accelerates the vehicle by increasing the target speed sent to the Engine Control Module. The Engine Control Module tries to maintain the target speed and can accelerate the vehicle at a rate of up to 0.2 [g] of acceleration.

**adjusting the time gap** – The driver can adjust the time gap via the 'Time Gap +' and 'Time Gap –' switches. Pressing the 'Time Gap +' switch causes the time gap value to increase and therefore the clearance between the two vehicles to increase. Pressing the 'Time Gap –' switch causes the time gap value to decrease and therefore the clearance between the two vehicles to decrease.

**reaction to a slow moving or stopped vehicle** – Situations may occur such that the ACC system is not able to maintain the time gap within the deceleration authority of the system, 0.2 [g]. The clearance between the ACC vehicle and the forward vehicle may be rapidly decreasing or the minimum vehicle speed of 25 [mph] may be reached. Under these situations the ACC system enters 'ACC standby' and alerts the driver by displaying a "Driver Intervention Required" text message on the instrument cluster and by turning on an audible chime. If the brakes were being applied by the ACC system, they will be slowly released. At this point the driver must take control of the vehicle.

### ***3.6 Transitioning Between Speed Control and Follow Modes***

The ACC system automatically transitions between Speed Control and Time Gap (Follow) Modes. The mode of operation is determined by the lower of the set speed for Speed Control Mode and the target speed to maintain the gap between the ACC vehicle and a forward vehicle. Basically, if no vehicle is present within the clearance distance, the system will operate in Speed Control mode, else, it will operate in Time Gap mode.

### ***3.7 Canceling Cruise Control Operation***

Cruise Control operation may be canceled by the operator or automatically via the ACC system. Either of the following conditions will deactivate ACC:

- Brake pedal is pressed
- 'Off' button is pressed
- Vehicle Speed < 25 mph
- An ACC system fault is detected

## **4 A Note to the Reader**

This document was developed for use in a workshop on software system safety. There are known deficiencies in both this document and the system described by this document. It is not intended to represent an existing or future production intent system implementation.

# Anexo II “Accelerometer (ACC) Sensor Data Sheet.

## Accelerometer (ACC) Sensor Data Sheet

ACC 080115

### SPECIFICATIONS

- > Range: ±3g
- > Bandwidth: 0-50Hz
- > Consumption: ~0.35mA

### FEATURES

- > 3-axis sensing
- > MEMS technology
- > Pre-conditioned analog output
- > Small form factor
- > Raw data output
- > Easy-to-use

### APPLICATIONS

- > Activity monitoring
- > Tilt detection
- > Vibration measurement
- > Human-Computer Interaction
- > Robotics & Cybernetics
- > Biomechanics
- > Biomedical devices prototyping

### GENERAL DESCRIPTION

Motion produces accelerations that can be translated into numerical values. Our Accelerometer (ACC) has a limited bandwidth, especially designed to acquire data from kinematic and biomechanical events. The analog output of each axis can be accessed individually, extending its potential use. Typical applications include posture detection, range of motion estimation, step counting, actigraphy, fall detection, vibration analysis, and shock detection. By default only the Z-axis is connected, however the sensor has 3 axis, and the user can choose to connect the X- and Y-axis as well, by following these steps: <https://www.youtube.com/watch?v=9nJ03not-td4> <https://www.youtube.com/watch?v=7f8LW-NeV14k>

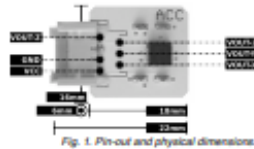


Fig. 1. Pin-out and physical dimensions.

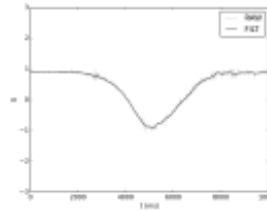


Fig. 2. Raw and filtered ACC data (acquired with BiTaline) for a full rotation around the Z-axis.

## Accelerometer (ACC) Sensor Data Sheet

### TRANSFER FUNCTION

[-3g, 3g]

$$ACC(g) = \frac{ADC - C_{min}}{C_{max} - C_{min}} \cdot 2 - 1$$

ACC(g) – ACC value in g-force (g)

ADC – Value sampled from the channel

$C_{min}$  – Minimum calibration value<sup>1</sup> (typically  $C_{min} = 208$ )

$C_{max}$  – Maximum calibration value (typically  $C_{max} = 312$ )



PLUX – Wireless Biometrics, S.A.  
Av. São Ovídio, n. 70 – B.  
1050-050 Lisbon, Portugal  
bitaline@plux.info  
http://bitaline.com

REV A

© 2015 PLUX

This information is provided "as is," and we make no express or implied warranties whatsoever with respect to functionality, operability, use, fitness for a particular purpose, or infringement of rights. We expressly disclaim any liability whatsoever for any direct, indirect, consequential, incidental or special damages, including, without limitation, lost revenues, lost profits, losses resulting from business interruption or loss of data, regardless of the form of action or legal theory under which the liability may be asserted, even if advised of the possibility of such damages.

<sup>1</sup> Calibration values are determined by performing a very slow 360° rotation of the sensor board to force the accelerometer to cross the gravity-imposed -1g and 1g.



BEWARE: DIRECT OR INDIRECT COUPLING TO THE MAINS MAY RESULT IN SHOCKING HAZARD



PAGE 2 OF 2