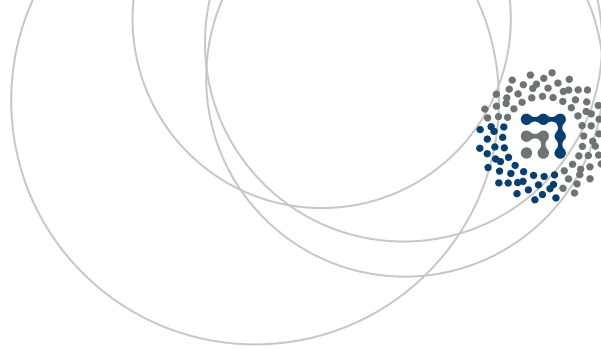


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado
Ingeniaritza Elektronikoko Gradua / Grado en Ingeniería Electrónica

Búsqueda y análisis de patentes relacionadas con el confort, el bienestar y la seguridad en el automóvil

Egilea/Autor/a:
Edurne Palacio Viñas
Zuzendaria/Director/a:
Estibalitz Asua

Índice

1. Introducción y objetivos.....	5
2. Patentes.....	7
2.1. ¿Qué son las patentes?	7
2.2. Estructura de una patente.....	7
2.3. Solicitud de una patente.....	9
2.3.1. Tipos de solicitudes.....	10
2.3.2. Proceso de solicitud.....	12
2.4. La importancia de las patentes: desarrollo económico y tecnológico.....	12
2.5. Patentes en el sector del transporte.....	17
3. Sistemas de asistencia a la conducción.....	19
3.1. Introducción.....	19
3.2. ADAS.....	19
3.3. Evolución de los ADAS: pasado, presente y futuro.....	21
3.4. Los nuevos intereses: el confort, la comodidad y el bienestar.....	24
4. Análisis de patentes.....	27
5. Conclusiones.....	41
Referencias.....	43

1. Introducción y objetivos

En una sociedad en la que se realizan más de dos millones de solicitudes de patentes anualmente, resulta innegable la importancia de estos documentos para la industria y la economía. Además, al margen de esto y de la protección que otorgan las patentes a los inventores, no debe olvidarse que al ser documentos públicos, son también una potente fuente de información, pues en ellas se recogen todos los datos tecnológicos sobre el invento al que se le brinda protección. De esta manera, al divulgarse públicamente, la sociedad obtiene una información de gran utilidad para estudiar dicha tecnología, desarrollarla y mejorarla. En todo proyecto de investigación y desarrollo es de vital importancia conocer el estado actual de la ciencia, por ello, dominar el mundo de las patentes resulta enormemente útil, pues son una fuente fiable y gratuita y, en ocasiones, la información que recogen solo puede hallarse en dichos documentos.

El Grupo de Investigación de Diseño en Electrónica del Departamento de Electricidad y Electrónica se halla inmerso en diversos proyectos para los cuales es imprescindible conocer el estado del arte correspondiente. La información tecnológica se encuentra recogida en artículos científicos, congresos y en múltiples patentes.

En algunos sectores, las patentes son una fuente de información vital para conocer el estado actual de la ciencia, pues la protección y exclusividad que otorgan estos documentos suscita un alto interés económico en las empresas. Por tanto, la rentabilidad económica impulsa las solicitudes de patentes en muchos campos. La automoción es un claro ejemplo, por lo que cualquier proyecto de investigación de este sector necesitará obtener información tecnológica a través de las patentes.

Por otro lado, examinar las publicaciones de patentes al realizar un proyecto evita que durante su desarrollo se infrinja alguna patente ya concedida, descartando así posibles problemas legales.

Además, como las patentes son una base teórica sólida, fiable y actualizada, evitan las investigaciones paralelas, es decir, eluden que durante un proyecto se invente lo que ya está inventado.

En este trabajo, en primer lugar, se realizará una introducción al mundo de las patentes, estudiando a la vez su estrecha relación con la economía de los países. Después, se presentarán los sistemas avanzados de asistencia a la conducción, los ADAS. Se analizará su evolución, estado actual y expectativas futuras.

Finalmente, se expondrán las patentes encontradas en la búsqueda realizada, extrayendo la información tecnológica que recogen. De esta manera, se obtendrá una visión global de las tecnologías y sistemas dominantes actualmente en el sector de los ADAS.

2. Patentes

2.1. ¿Qué son las patentes?

Una patente es un conjunto de derechos exclusivos, otorgados por un Estado en concreto al creador o inventor de un nuevo producto, una tecnología o una solución a un problema determinado. El titular de la patente es el único que puede hacer uso de la tecnología protegida o autorizar su utilización bajo ciertas condiciones. De esta manera, durante los veinte años que dura la patente, se impide que terceras personas produzcan, vendan, importen o usen la tecnología patentada en el país o países en los que se haya concedido el derecho.

La aceptación de una solicitud depende de que la patente cumpla ciertos requisitos fundamentales. La Oficina Europea de Patentes (EPO, *European Patent Office*) establece que el artículo patentado debe ser nuevo en el mundo, sin comunicación pública previa. Por otro lado, es imprescindible que sea susceptible a ser aplicado industrialmente. Finalmente, es necesario que la invención sea el resultado de un proceso inventivo, descartando así las soluciones obvias o evidentes [1].

Actualmente, la primera referencia histórica al sistema de patentes vigente se establece en Sibaris, la antigua ciudad griega destruida en el año 510 AC. Fue allí donde los gobernantes decretaron que si un cocinero creaba una exitosa novedad culinaria, durante el plazo de un año, ningún otro cocinero podría realizar la elaboración de ese plato. A lo largo de dicho periodo, únicamente el creador tendría derecho a recibir las ganancias o beneficios de su plato. De esta manera, los gobernantes griegos promovían la motivación y la competencia, logrando así que todos los cocineros trabajaran duro, mejorando el nivel culinario de Sibaris [2].

2.2. Estructura de una patente

Debido al enorme número de patentes existentes y a las diversas procedencias de las mismas, todas las oficinas de solicitud de patentes deben seguir un estricto criterio con sus publicaciones.

Con cada invención se archivan varios documentos que forman la familia de la patente; el archivo de publicación, las solicitudes realizadas en las oficinas nacionales, los informes, las concesiones realizadas, etc. Por ello, es importante que cada una de estas publicaciones disponga de un código distintivo, pues incluso entre documentos de la misma familia pueden llegar a existir considerables diferencias.

Así, el número de publicación de cada uno de esos archivos consta de tres partes. En primer lugar, el código de dos letras que especifica el tipo de solicitud y el país de procedencia en el caso de las solicitudes nacionales. Inmediatamente después de este código se encuentra el número identificativo de la publicación, y finalmente una codificación que expresa el tipo de documento. De esta manera, un documento con el código A indicará que se trata de una solicitud y con el B de una patente concedida.

Debe tenerse en cuenta que pueden existir variaciones de codificación entre las diferentes oficinas, por lo que es conveniente consultar la clasificación de cada organización. La OEPM (Oficina Española de Patentes y Marcas) codifica así sus documentos [3]:

- A1: Solicitud de patente con su correspondiente informe de búsqueda
- A2: Solicitud de patente
- A3: Informe de búsqueda sobre el estado de la técnica
- B1: Patente concedida con su correspondiente informe de búsqueda
- B2: Patente concedida con examen previo

Por otro lado, la estructura es algo que todas las patentes publicadas deben respetar. Las partes diferenciadas son las siguientes [4] [5]:

- **Datos bibliográficos**

Los datos bibliográficos son lo primero que debe aparecer en una patente; es decir, inventor/es, solicitantes, fecha de prioridad y de solicitud, los documentos en los que se ha basado la patente (Cited references), los documentos que han usado como base dicha patente (Citing references) y la clasificación del ámbito de la invención.

- **Resumen o Abstract**

Recoge el tema de la invención, una explicación breve y sintetizada del documento. Este extracto facilita las búsquedas realizadas en las bases de datos de patentes, pues resume en pocas líneas el contenido de la patente.

- **Campo de la invención**

En el campo de la invención o sector de la técnica se recoge el ámbito de aplicación del invento.

- **Estado previo de la técnica**

Aporta información sobre el estado actual de la tecnología de la invención, proporcionando referencias y técnicas existentes.

- **Descripción de los mosaicos o dibujos**

Habitualmente los documentos de las patentes recogen dibujos, esquemas o diagramas que facilitan la descripción e ilustran la invención, mostrando partes o configuraciones posibles. En este apartado se realizan, por tanto, las explicaciones necesarias para comprender las imágenes incorporadas en el documento.

- **Descripción o exposición detallada**

Es el apartado en el que se describe detalladamente la invención, se dan todas las aclaraciones necesarias y se aporta, al menos, un ejemplo o modo de realización del invento. Normalmente se suele incluir además información extra sobre la utilidad del elemento patentado, indicando posibilidades de utilización o aplicación.

- **Reivindicaciones**

Se trata del apartado con mayor importancia, ya que es donde se define con exactitud qué se está protegiendo. Es por tanto la parte de la solicitud que tiene validez legal y determina la concesión de la patente. Por ello, las reivindicaciones deben contener todas las características técnicas esenciales de la invención que definan la solución al problema técnico planteado. Esta sección suele dividirse en el preámbulo, que especifica el tipo de elemento que se quiere proteger, y la parte caracterizante, donde se expresan las características especiales que hacen de dicho elemento algo innovador.

2.3. Solicitud de una patente

Antes de realizar la solicitud de una patente hay diversos aspectos que deben tenerse en cuenta. Por un lado, puesto que una de las condiciones para que un invento sea patentable es que la invención sea nueva, debe tenerse en cuenta que si se tiene intención de realizar la solicitud de patente, no debe hacerse pública la invención por ningún medio. Es de vital importancia que este requisito se cumpla, ya que de lo contrario, si se ha hecho pública, la invención no será patentable.

Por ello, es importante saber cuándo se realiza la publicación de una solicitud de patente, ya que a partir de ese momento, el invento pasa a ser público. La publicación de la patente varía según las diferentes legislaciones. En algunos países, el documento de patente en el que figuran las reivindicaciones de la patente y la descripción de la invención se publica únicamente en el momento de la concesión. En otros, las solicitudes de patente se publican generalmente 18 meses después de la fecha de presentación. Por tanto, resulta interesante conocer el periodo de publicación de cada país, pues sólo se tiene plena confidencialidad de la invención antes de que esta sea publicada. Durante ese tiempo el titular aún tiene la opción de patentar su invento en más países.

Otro aspecto a tener en cuenta es la fecha de prioridad. Se establece como fecha de prioridad la fecha de la primera solicitud de patente realizada. Durante los siguientes doce meses se pueden presentar solicitudes de protección de la patente en otros países, teniendo prioridad sobre otras solicitudes realizadas en dichos estados (siempre y cuando la fecha de prioridad sea anterior a la de las otras patentes). A dicho periodo, se le denomina el periodo o tiempo de prioridad.

2.3.1. Tipos de solicitud

Actualmente, las patentes son derechos territoriales. Por lo general, la solicitud de patente debe presentarse en cada país en el que se desea obtener protección para la invención, de conformidad con lo que se disponga en la legislación de cada país. En algunas regiones existen oficinas regionales de patentes, por ejemplo, la EPO y la Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual (ARIPO), que aceptan solicitudes regionales de patente y conceden patentes. Dichas patentes surten los mismos efectos que las solicitudes presentadas o las patentes concedidas en los Estados miembros de esa región. Así, en esos lugares se puede obtener una patente regional de una oficina comarcal de patentes, que es válida en varios de sus Estados miembros o en todos ellos, según las legislaciones.

Cabe mencionar que la mayoría de los países de la Unión Europea están trabajando en la aceptación de la patente europea con efecto unitario, la denominada *Unitary Patent*, que se halla actualmente en proceso de ratificación. Según Benoît Battistelli, presidente de la EPO, se estima que entrará en vigor durante la primavera de 2017 [6].

Por tanto, de momento, existen tres tipos de solicitudes para obtener una patente. Para diferenciar cada tipo de solicitud, se incorporarán dos letras antes del número de identificación de la patente.

- **Solicitud nacional**

Esta petición se realiza en las Oficinas Nacionales de Patentes de cada país, por lo que los exámenes e investigaciones pertinentes para la aceptación de las patentes son realizados por esa misma oficina. En caso de que la patente fuera otorgada, ésta únicamente tendría validez en el país en el que se ha realizado la solicitud [7]. Cada país tendrá por tanto dos letras de identificación, de manera que una solicitud realizada en España estará identificada con las letras ES, una del Reino Unido con UK y como se muestra en la Figura 1, una de Estados Unidos se identifica mediante las letras US.

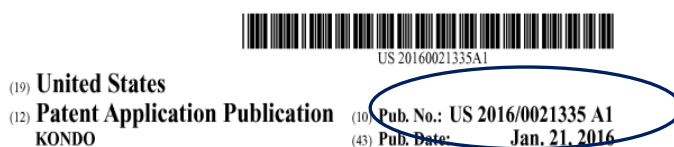


Figura 1: Patente solicitada en la oficina nacional de Estados Unidos. Fuente: WIPO

- **Solicitud EPO**

La Oficina Europea de Patentes es la encargada de tramitar estas solicitudes. Las tasas de esta solicitud son más elevadas que las de la solicitud nacional y el estudio de las reivindicaciones es más intensivo, pero con esta solicitud se pueden obtener las patentes en cada uno de los estados pertenecientes al tratado de la EPO (actualmente 38 países, 27 de la Unión Europea y 9 externos a ésta) sin necesidad de más exámenes. Por tanto, si este organismo aprueba una solicitud de patente, el titular puede tramitarla en cualquiera de los 38 países, de manera que tras la concesión, debe validarse la patente en los estados en los que se quiera proteger la invención. Debe tenerse en cuenta que cada una de esas naciones tendrá pleno derecho para

declarar la nulidad de la patente en su territorio sin que esto influya a la validez del documento en el resto de estados en los que se haya tramitado la patente [8]. Este tipo de solicitudes se identifica mediante las letras EP, como se observa en la Figura 2.

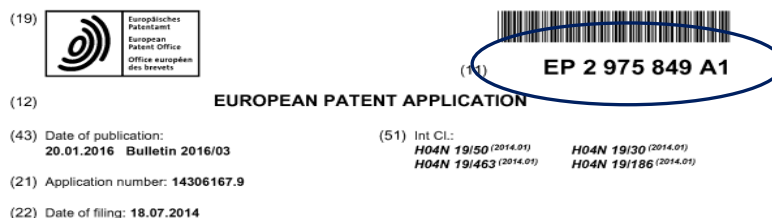


Figura 2: Solicitud de patente realizada en la EPO. Fuente: WIPO

- **Solicitud PCT**

El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, *Patent Cooperation Treaty*) es un tratado internacional administrado por la WIPO, *World Intellectual Property Organization*, que entró en vigor en 1978. Es el encargado de gestionar una única solicitud universal que posteriormente puede ser tramitada en cualquiera de los 148 países que actualmente forman parte del PCT. Ofrece, por tanto, uniformidad de los requisitos de estructura de las patentes, obtención de informes internacionales y un sistema de publicación centralizado. La solicitud de este tipo de patentes puede realizarse en cualquier oficina nacional, de la EPO o de la WIPO. Dicha oficina distribuye la solicitud por el resto de países, de manera que cada uno de ellos pueda realizar su propio estudio de la patente. Existe la posibilidad de realizar un examen previo en la oficina donde se realiza la solicitud, pero el resto de estados tendrá pleno derecho a realizar un segundo examen de la patente si lo considera oportuno.

Este tipo de solicitud presenta múltiples ventajas. Para empezar, ofrece la opción de tramitar la patente en casi cualquier estado del mundo con una única solicitud. Sin embargo, la mayor ventaja es la ampliación del tiempo de prioridad con respecto a las solicitudes nacionales. En comparación con la vía que ofrece el Convenio de París, los solicitantes tienen la posibilidad de aplazar los procedimientos de examen en las oficinas nacionales de patentes, así como el correspondiente pago de las tasas oficiales y los gastos de traducción. Las solicitudes PCT amplían, por tanto, el periodo de prioridad de los 12 hasta los 30 meses. Se obtiene, de esta manera, un mayor plazo de tiempo para decidir en qué países se quiere tramitar la patente.

La solicitud PCT ofrece, por tanto, la posibilidad de aplazar los procedimientos permitiendo a los solicitantes ganar tiempo antes de tomar decisiones sobre el potencial de comercialización de la invención y los mercados en los que deben solicitar protección por patente, incluso aunque la solicitud se haya hecho pública en algún estado [9]. Como se aprecia en la Figura 3, estas solicitudes se designan mediante las letras WO.



Figura 3: Solicitud de patente PCT. Fuente: WIPO

2.3.2. Proceso de solicitud

Obtener una patente no es un proceso rápido, pues desde que se efectúa la solicitud en la oficina de patentes elegida hasta que ésta realiza su concesión pueden pasar años.

En una primera fase, se realiza la petición de la patente y se abona la tasa correspondiente. Entonces, la oficina de patentes verifica que los documentos cumplan todas las normativas, y, si todos los trámites administrativos son correctos, se acepta la solicitud y se declara dicha fecha como fecha de prioridad.

A partir de ahí, la oficina lleva a cabo un estudio oficial y realiza un informe de búsqueda, en el que analiza el estado actual de la tecnología o técnica recogida en la patente. El objetivo de este informe es verificar que la invención es una novedad. Se realiza el pago por esta búsqueda, y posteriormente la petición de patente y el informe de búsqueda se hacen públicos (a los 18 meses de la fecha de publicación o prioridad en la EPO), aunque la patente no esté otorgada todavía.

Finalizado el tiempo de prioridad y con la petición de patente publicada, se inicia la siguiente fase, en la que las oficinas realizan una investigación intensiva con el fin de establecer si se cumplen todas las condiciones para poder otorgar la patente. Ésta es la etapa en la que se estudian exhaustivamente las reivindicaciones del documento, pues son éstas las que limitan la protección otorgada por la patente. A este estudio se le denomina Examen de Fondo, y en dicho periodo el examinador y el solicitante mantienen contacto, de manera que el inventor esté informado del estado de la investigación y pueda modificar la patente en caso necesario. Por tanto, en función del resultado de este examen, se determina si se concede la patente (aceptación), si sus reivindicaciones deben modificarse (negación parcial) o si el invento no es patentable (negación total). Cabe mencionar que durante el tiempo que dura esta investigación, puesto que la patente ya es pública, ésta debe ser considerada en los informes de búsqueda y estado de técnica de otras patentes solicitadas.

Pueden darse reclamaciones ante este veredicto oficial, ya sea por el propio titular de la patente o por parte de terceras entidades que reclamen derechos sobre alguna de las reivindicaciones de dicha patente. Por tanto, aunque una patente haya sido otorgada pueden generarse reclamaciones que acaben con pleitos legales en los tribunales de justicia [10].

2.4. La importancia de las patentes: desarrollo económico y tecnológico

Teniendo en cuenta la protección y exclusividad que otorgan las patentes, éstas deben ser consideradas como una herramienta imprescindible en el mundo empresarial. El universo de las patentes es muy amplio, pues no solo se patentan descubrimientos, métodos y sistemas de alta tecnología, sino también cualquier utensilio o invención que resulte rentable económicamente.

Por tanto, todas las empresas comparten un interés común, obtener patentes que les otorguen la exclusividad de diferentes productos, ya que si se prevé que éstos pueden aportar rentabilidad económica, la inversión inicial será posteriormente compensada. De esta manera, las patentes son una fuente de ingresos importante para muchas compañías, llegando incluso a ser una parte importante del activo total en muchos casos.

Sin embargo, las patentes no son solo un indicativo de rentabilidad económica individual de empresas concretas. Si se estudia el cómputo general de productos patentados se puede examinar el desarrollo tanto económico como tecnológico de un país, o, incluso, el desarrollo a nivel mundial.

La WIPO dispone en su página web [<http://www.wipo.int>] de una amplia base de datos en el apartado de estadísticas. Se ofrece información estadística por países, por tecnologías, por periodos temporales y por el tipo de informe buscado, disponiendo así de la posibilidad de obtener diversos gráficos. Todo el estudio estadístico sobre el desarrollo inherente a las patentes se ha realizado usando la WIPO como fuente de información. En la Figura 4 se observa la evolución de las solicitudes de patentes de las cinco oficinas de patentes principales.

Analizando los datos obtenidos, se observa una inflación considerable en el número de solicitudes a partir de 1960 en Japón; se trata concretamente del denominado “milagro japonés”, época en la que la economía japonesa experimentó el mayor periodo de crecimiento de la historia [11]. Este crecimiento se desaceleró considerablemente en la década de los 90, debido a las secuelas provocadas por el exceso de inversiones realizadas a finales de los años 80. A partir del año 2000 Japón sufrió una decaída económica, y pese a que el gobierno realizó considerables esfuerzos para reactivar el crecimiento económico, los resultados no fueron visibles hasta el 2005, año en el que el país consiguió frenar la decadencia económica y empezó a recuperarse lentamente. Las solicitudes de patentes realizadas reflejan a la perfección el desarrollo económico en todo momento.

En cuanto a las solicitudes realizadas en Estados Unidos, cabe mencionar que no se notó un aumento hasta mediados de 1980, ya que el estado americano sufrió una fuerte crisis económica en la década de los 70 [12]. Desde entonces, se ha fortalecido y declarado como la primera potencia mundial, dato reflejado en el constante aumento de las solicitudes de patentes realizadas en su oficina.

La Oficina Europea de Patentes no aparece hasta el año 1973, con el Convenio sobre la Patente Europea o Convenio de Múnich, tratado internacional que permite que mediante una única solicitud o procedimiento se puedan conseguir patentes nacionales en todos los países firmantes [13]. Desde su creación, las solicitudes realizadas en la oficina europea de patentes han aumentado paulatinamente. Sin embargo, se observa que desde el año 2007 el número de solicitudes de patentes se ha mantenido constante o ha descendido levemente. Debe tenerse en cuenta que Europa está sufriendo actualmente una crisis económica, y el número de solicitudes de patentes realizadas refleja esta decadencia económica también.

Finalmente, China muestra un increíble aumento del número de solicitudes realizadas a partir de la década de los 80. Este extraordinario crecimiento se debe a dos razones principales. Por un lado, China es la segunda economía más grande del mundo en términos de producto

interior bruto nominal, la mayor economía mundial en paridad de poder adquisitivo y el país con el crecimiento económico más rápido desde 1980 [14]. Sin embargo su prolifera economía no es la única razón del vertiginoso aumento de solicitudes; China dispone de mano de obra barata, por lo que la producción está masificada en el territorio chino. Es por ello que las empresas buscan protección en el país de fabricación.

De los datos analizados se extrae que el número de solicitudes de patentes realizadas aumenta durante los periodos de economía próspera y desciende en tiempo de crisis.

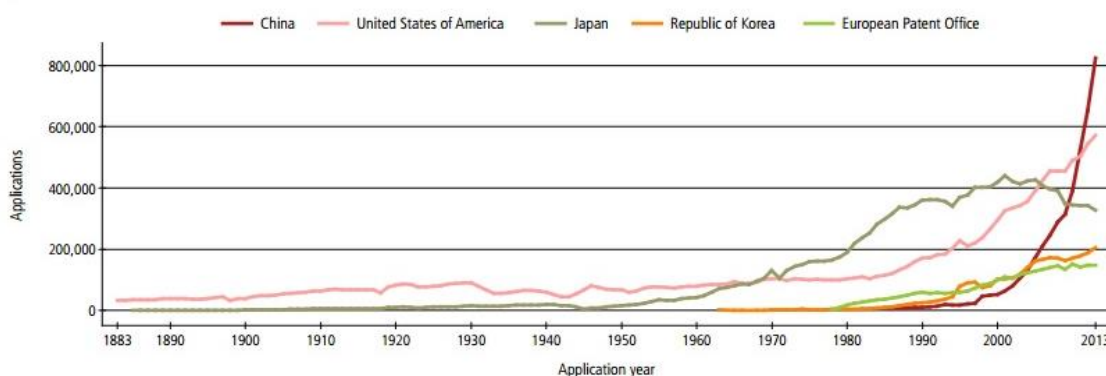


Figura 4: Solicitudes de patentes realizadas en las cinco oficinas principales desde 1883 hasta 2013. Fuente: WIPO (2014)

Actualmente, Estados Unidos continúa siendo el líder mundial en número de solicitudes PCT, sin embargo el bloque asiático formado por China, Japón y la República de Corea se acerca peligrosamente a la primera potencia mundial, ya que múltiples empresas de desarrollo tecnológico proceden de estos países, o tienen sus sedes de producción allí. Además, no debe olvidarse que Estados Unidos permite las patentes de software y modelos de negocio, a diferencia de otros muchos países. En la Figura 5 se recoge el número de solicitudes PCT, y se comprueba que Estados Unidos continúa siendo el país que más solicitudes de este tipo presenta, no en vano, lleva años encabezando las listas de solicitudes de patentes.

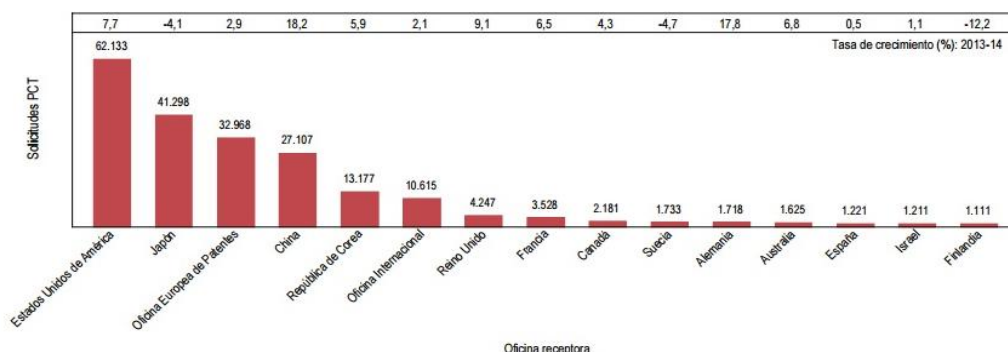


Figura 5: Solicitudes PCT presentadas en 2014 en las 15 oficinas receptoras principales. Fuente: WIPO (Marzo 2015)

Sin embargo, tomando el número de solicitudes de patentes realizadas en las oficinas de cada país, es decir, tanto mundiales como nacionales, China ya ha conseguido desbancar al gigante americano, ya que en su oficina se realizan más solicitudes que sumando las de sus dos principales perseguidores, Estados Unidos y Japón.

En la conferencia otorgada por Francis Gurry, Director General de WIPO, se presentó el siguiente gráfico, Figura 6, para ilustrar el destacado aumento del número de solicitudes realizadas en China en los últimos años.

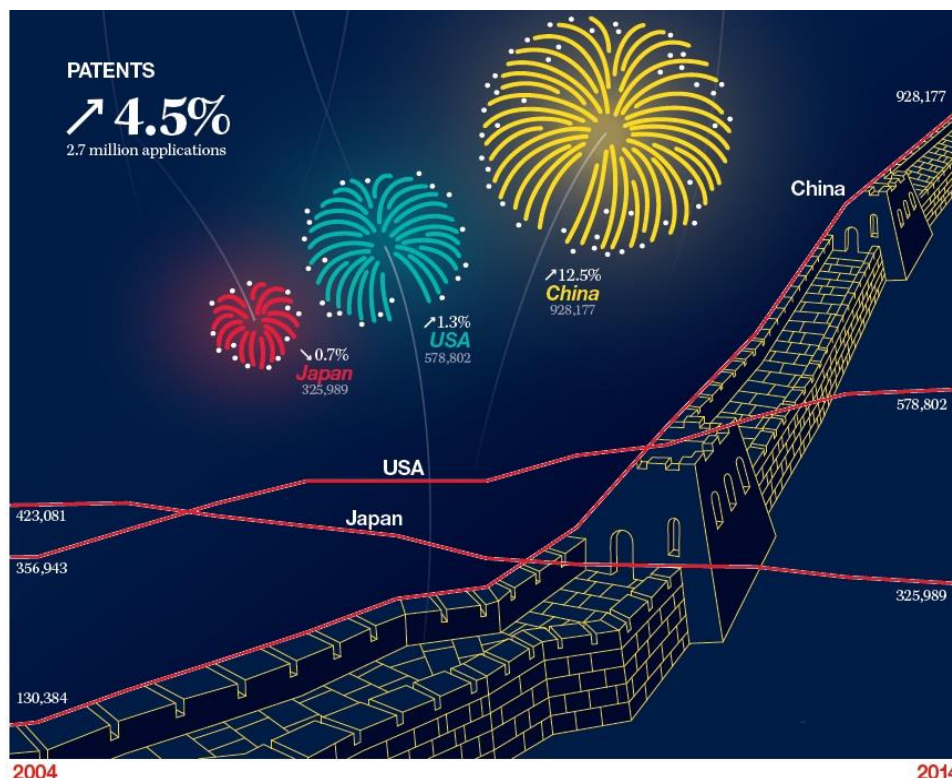


Figura 6: Gráfico ilustrativo del crecimiento en materia de patentes de China frente a EEUU y Japón. Fuente: WIPO (2015)

En cuanto a las tecnologías más patentadas en los últimos años a nivel mundial encontramos la informática por encima de los demás ámbitos, como se observa en la Figura 7. Cabe recordar que en muchos países la regulación prohíbe las patentes de software, aunque según la EPO el término correcto es el de “patentes de programas de ordenador”. En virtud del Convenio de la Patente Europea (CPE), un programa de ordenador reivindicado como tal, no es una invención patentable (Artículo 52 (2) y (2) CPE). Las invenciones de programas de ordenador que implementan métodos de actividades económicas, matemáticas o similares, pero que no aportan ningún efecto técnico adicional no son patentables según el CPE. Pueden concederse, sin embargo, patentes para invenciones implementadas en ordenador siempre y cuando resuelvan un problema técnico de forma inventiva [15].

Incluso teniendo en cuenta esta limitación, la informática prevalece como tecnología más patentada, por lo que su potencial es asombroso. Le siguen de cerca las comunicaciones digitales y la maquinaria, aparatos y energía eléctrica.

Por tanto, puede afirmarse que la tecnología electrónica se mantiene al alza, pues las grandes compañías de teléfonos móviles, ordenadores, y demás dispositivos electrónicos mantienen una constante lucha por acaparar el mercado, lucha que queda reflejada en las solicitudes de patentes realizadas en ese ámbito. En la Figura 8 se recogen las 20 empresas que más solicitudes PCT han realizado en el año 2013. Una gran parte de dichas compañías pertenece al ámbito de la electrónica y la informática, en concreto, las cinco primeras empresas desarrollan tecnología informática o dispositivos móviles. Es destacable que las primeras tres posiciones las ocupen empresas chinas y japonesas, por lo que vuelve a hacerse notoria la importancia cada vez mayor de los países asiáticos.

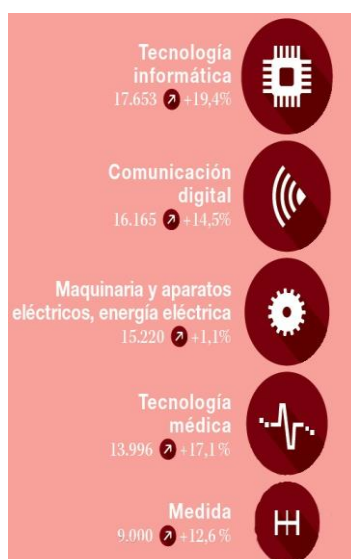
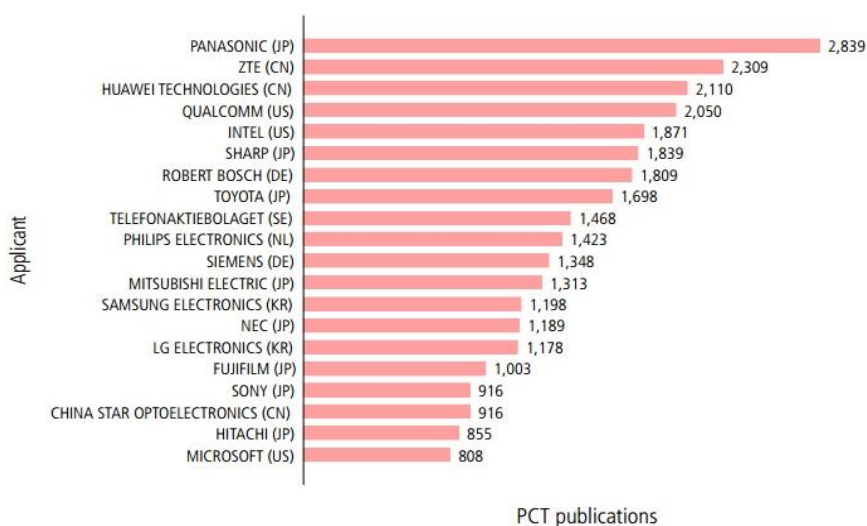


Figura 7: Sectores con mayor número de solicitudes PCT durante el año 2014. Fuente: WIPO (2014)



Note: Origin codes are CN (China), DE (Germany), JP (Japan), KR (Republic of Korea), NL (the Netherlands), SE (Sweden) and US (United States of America). Data refer to the international phase of the Patent Cooperation Treaty system. Due to confidentiality requirements, counts are based on publication date.

Figura 8: Empresas con mayor número de solicitudes PCT en 2013. Fuente: WIPO (Octubre 2014)

2.5. Patentes en el sector del transporte

La tecnología que se va a estudiar en el presente trabajo es la de los sistemas de asistencia desarrollados para los coches, especialmente aquellos relacionados con el confort y el bienestar del conductor. Por tanto, resulta interesante comprobar si el transporte es un tema ampliamente patentado actualmente. Volviendo a la Figura 8, comprobamos que la primera empresa relacionada con el transporte ocupa el octavo puesto entre las empresas que más solicitudes realizan, se trata de la multinacional japonesa Toyota. Cuatro puestos por debajo se encuentra Mitsubishi Electric, otra gran empresa japonesa especialmente dedicada al transporte. Sin embargo, no debe olvidarse que los actuales sistemas de los vehículos están formados principalmente por sensores, actuadores y algoritmos informáticos. Por ello, múltiples empresas en el ámbito de la electrónica patentan sistemas, sensores o programas diseñados especialmente para los vehículos, sin necesidad de tener el transporte como su sector de desarrollo principal. Entre este tipo de empresas multidisciplinarias cabe destacar a la alemana Robert Bosch, que ocupa el séptimo puesto del ranking de solicitantes.

Tomando la información de la reseña anual del PCT realizada por la WIPO, obtenemos el índice de especialización relativa de las solicitudes PCT en el sector del transporte. La Figura 9 recoge dicha información, y muestra que los países con mayor especialización en el ámbito del transporte son europeos, Francia, Alemania, Suecia y Austria respectivamente. Sin embargo, esto no quiere decir que el número de patentes solicitadas en Francia en el sector del transporte sea mayor que el número de solicitudes realizadas en China (cuyo índice de especialización es negativo); este índice expresa la relación entre la cantidad de solicitudes realizadas en un ámbito en concreto y el cómputo total de solicitudes.

Usando el motor de búsqueda facilitado por la WIPO, se ha realizado un gráfico para reflejar el número total de patentes concedidas en el sector del transporte desde 1980 en diferentes países. Los resultados obtenidos se recogen en la Figura 10. De dichos datos se verifica que los países con mayor índice de especialización en un sector no tienen que ser necesariamente los que más patentes obtienen en dicho ámbito. De hecho, Estados Unidos, que presenta un índice de especialización negativo, ha sido el estado que más patentes relacionadas con el transporte ha obtenido hasta el año 2006, cuando ha sido superado por Japón, país de procedencia de las multinacionales del transporte mencionadas previamente. Por tanto, se espera que en la búsqueda que se va a realizar, la mayoría de patentes halladas pertenezcan a empresas japonesas, estadounidenses, alemanas o francesas.

La tendencia de automatizar cada vez más los vehículos y la necesidad de aumentar el confort y mejorar la seguridad vial hacen del transporte un sector en acelerado crecimiento. Actualmente, todas las empresas de vehículos invierten millones anuales en desarrollo e investigación para conseguir evolucionar sus sistemas. Las inversiones y el esfuerzo realizados por todas esas empresas se muestran reflejados en el número de patentes del sector del transporte concedidas en todo el mundo en los últimos años, evolución ilustrada en la Figura 11. Debe recordarse que en el sector del automóvil, se patentan la gran mayoría de los sistemas, métodos y elementos que se inventan, debido al interés económico.

El gráfico obtenido muestra cifras de carácter indudablemente ascendente que continuarán su progresión en los próximos años, de manera que el vehículo autónomo pase de ser un prototipo de laboratorio a una realidad palpable.

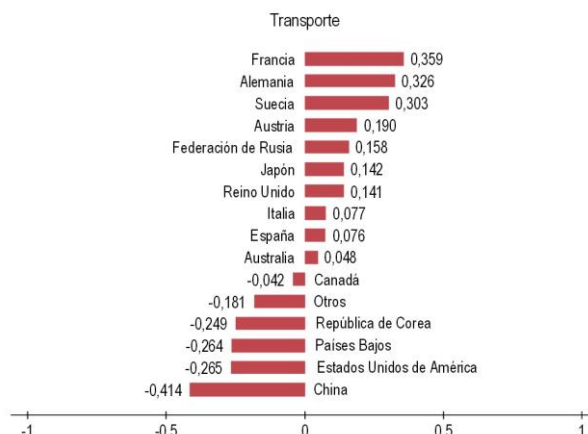


Figura 9: Índice de especialización relativa de solicitudes PCT de diferentes países en el sector del transporte. Fuente: WIPO (2014)

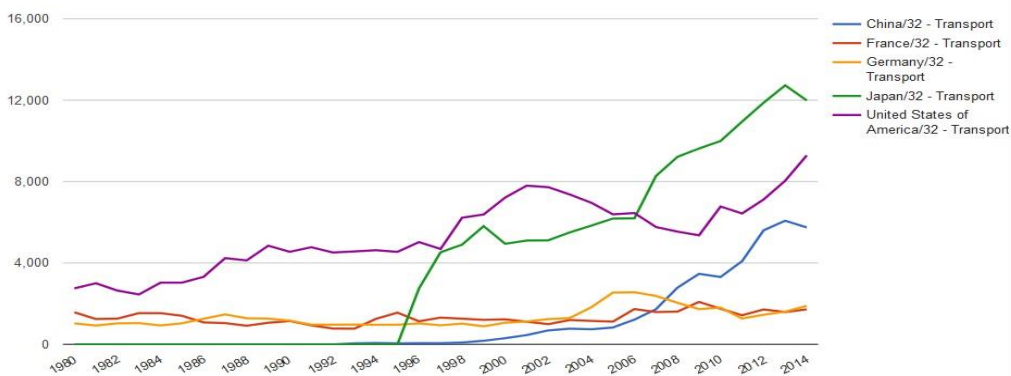


Figura 10: Cifras de patentes obtenidas por diferentes países en el ámbito del transporte desde 1980 hasta 2014. Fuente: WIPO

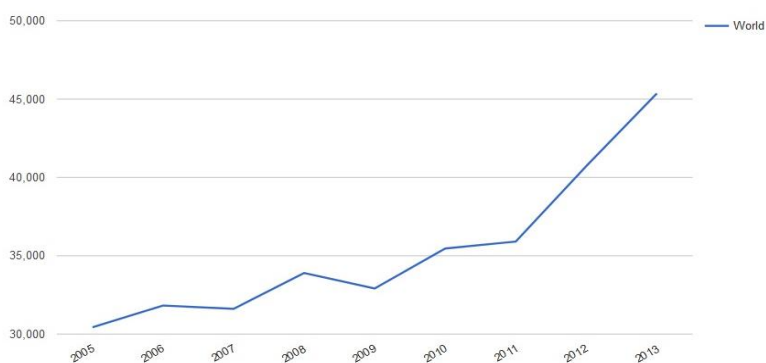


Figura 11: Evolución del número de patentes concedidas en todo el mundo en el sector del transporte desde 2005 hasta 2013. Fuente: WIPO

3. Sistemas de asistencia a la conducción

3.1. Introducción

Las empresas del mundo del transporte invierten miles de millones anualmente en desarrollar sus vehículos, diseñando nuevos prototipos o sistemas cada vez más complejos. Actualmente, la sociedad exige automóviles con un alto nivel de seguridad, un consumo bajo y que maximicen la comodidad de los usuarios durante la conducción. Debido a estas exigencias, los Sistemas de Asistencia a la Conducción (*Driver Assistance Systems*, DAS) han ido obteniendo una importancia cada vez mayor, llegando a ser uno de los focos principales de las inversiones de las multinacionales del transporte.

En los últimos años, los DAS han sufrido una evolución enorme: se ha mejorado su eficiencia energética, se han reducido los costes y se ha fomentado el desarrollo de sistemas con inteligencia artificial. Por ello, en la actualidad, los vehículos comerciales presentan una amplia gama de sensores, actuadores y algoritmos que facilitan la conducción y reducen la posibilidad de accidentes.

Debido precisamente al alto número de sistemas de asistencia, la intervención de los conductores durante la conducción va siendo cada vez menos necesaria, ya que múltiples tareas que antaño eran manuales son ahora completamente automáticas. Como ejemplo, citar que *Mercedes-Benz* ha invertido durante el último año 500 millones de euros en reformar su planta de Hamburgo y convertirla en un centro de alta tecnología orientado a la producción de soluciones de movilidad inteligente [16]. Por tanto, cabe mencionar que la conducción autónoma es una realidad en desarrollo, una tendencia al alza, y las previsiones indican que los vehículos serán capaces de circular de manera totalmente automática a partir de 2030 [17].

3.2. ADAS

Los denominados Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (*Advanced Driver Assistance Systems*, ADAS) constituyen la nueva generación de sistemas encargados de facilitar la conducción. Se diseñan y se producen mediante las técnicas más novedosas, con el objetivo de ayudar al conductor en las tareas de conducción, mejorar la seguridad de los vehículos y hacer de éstos un entorno confortable.

Son sistemas que contribuyen a incrementar, por un lado, la seguridad activa. Una de las ramas de los ADAS, los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) tienen como propósito principal mejorar la seguridad activa de los vehículos. Los SIT son aquellos que usan ordenadores, controles, comunicaciones y diversas tecnologías de automatización para mejorar la seguridad, el rendimiento y la eficiencia del transporte, reduciendo el consumo de energía y el impacto medioambiental [18]. Por otro lado, el desarrollo de los nuevos ADAS se orienta cada vez más a maximizar el confort durante la conducción.

Para que estos sistemas alcancen los propósitos mencionados, es necesaria una interacción efectiva entre el conductor, el vehículo y el entorno. La Figura 12 muestra dicha interacción, e incluye además la posibilidad de establecer comunicación entre el vehículo en cuestión y el resto de automóviles que circulan por la vía. Esta conexión entre los usuarios de las vías ofrece la opción de que los vehículos dispongan de datos actualizados sobre el estado de las carreteras ya que la información se comparte entre los automóviles, algo primordial en el desarrollo de los SIT.

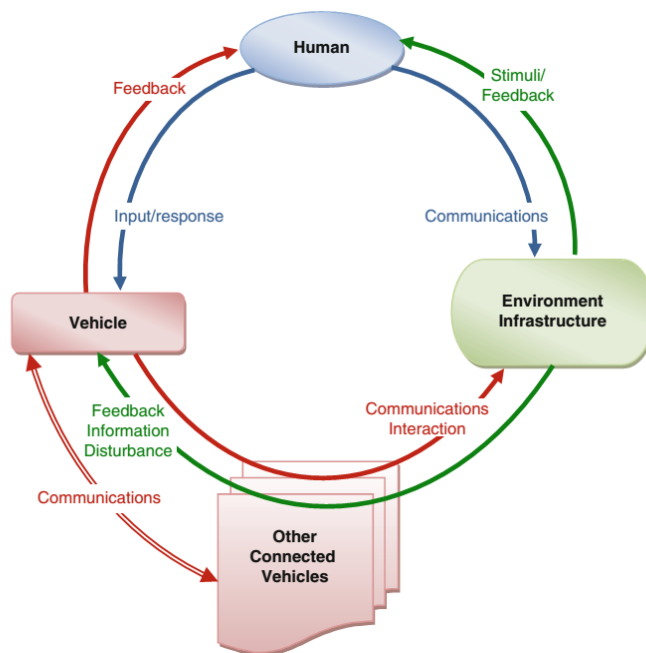


Figura 12: Esquema de interacciones Vehículo-Conductor-Entorno. Fuente: [18]

Los objetivos principales de los ADAS son aumentar la seguridad, la comodidad y la eficiencia de la conducción mediante la intervención en el control del vehículo y mediante el apoyo a las tareas secundarias orientadas al confort, la navegación, etc. [18].

Una de las prioridades de estos sistemas es contribuir en la reducción de los accidentes de tráfico y, en última instancia, erradicarlos. Actualmente, la siniestralidad de los accidentes de carretera es muy elevada (durante el año 2015 en España se produjeron 1018 accidentes mortales, en los que fallecieron 1126 personas y 4843 necesitaron hospitalización [19]), y las estadísticas afirman que en un porcentaje situado entre el 71% y el 83% los siniestros son debidos a errores cuyo factor es puramente humano [20]. Pese a las múltiples campañas que se realizan para concienciar a los conductores sobre la importancia de llevar a cabo una conducción segura, el cómputo total de accidentes anuales continúa siendo alto. Por ello, los ADAS son la respuesta que ofrece la tecnología al elevado número de tragedias que se registran en las carreteras.

Por otro lado, el confort está cobrando una importancia cada vez mayor en el entorno de la conducción, ya que los conductores y usuarios de los vehículos ya no buscan únicamente un coche seguro, sino un espacio que ofrezca un ambiente con un alto grado de confort durante los viajes por carretera.

Finalmente, todos los sistemas que se desarrollan para los vehículos comparten un objetivo común: realizar las tareas para las que han sido desarrollados con un consumo de energía lo más bajo posible, dentro del margen que ofrezcan las especificaciones de cada uno de los sistemas (en algunos casos será necesario establecer un compromiso entre eficiencia energética y otras prestaciones como la velocidad de reacción).

3.3. Evolución de los ADAS: pasado, presente y futuro

A partir de la década de los 70, los fabricantes de vehículos centraron gran parte de sus esfuerzos en el desarrollo de los sistemas de asistencia a la conducción. La evolución de los DAS está estrechamente relacionada al desarrollo de la tecnología, de manera que su progreso se divide en tres etapas ligadas a los avances tecnológicos. La Figura 13 recoge un esquema de dicha evolución.

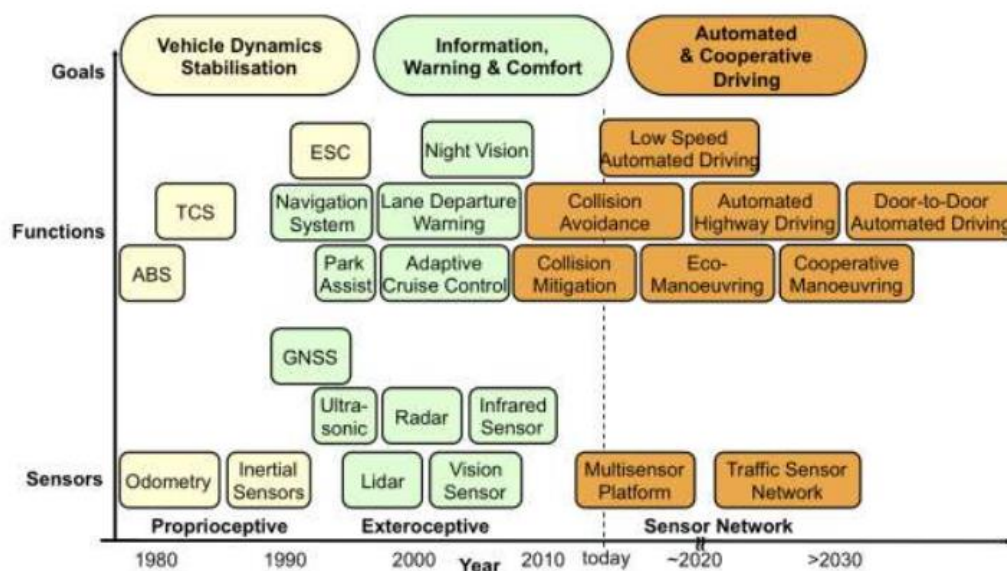


Figura 13: Evolución tecnológica de los DAS. Fuente: [21]

Los primeros sistemas de asistencia a la conducción desarrollados estaban formados por sensores propioceptivos, es decir, sensores encargados de medir el estado interno del vehículo. Gracias a ellos, era posible controlar el movimiento del automóvil [21].

El primer sistema de asistencia activo basado en este tipo de sensores fue el ABS, *Anti-lock Braking System*, producido masivamente por *Bosch* a partir de 1978. Posteriormente fue introducido el TCS, *Traction Control System*, y en el 1995 vio la luz el ESC, *Electronic Stability Control*. En términos de seguridad vial, múltiples estudios han demostrado que los controles de conducción dinámica son los sistemas de seguridad más eficientes después del cinturón de seguridad [21]. Debido al alto potencial que demostraron los DAS en cuanto a seguridad de los ocupantes se refiere, su implantación y su desarrollo se incrementó considerablemente en las siguientes décadas.

La segunda generación de DAS apareció en 1990, y se basó en los sensores exteroceptivos, que son aquellos que adquieren información del entorno y/o del exterior del vehículo. Se incluyen en esta categoría los radares, los ultrasonidos, o los sensores de video entre otros, y gracias a ellos se obtienen datos de la carretera y de los otros vehículos que hay circulando por ella.

Además, en esta segunda etapa se empiezan a desarrollar sistemas para mejorar la comodidad, ya que el otro objetivo de los DAS es proporcionar el máximo confort y bienestar durante la conducción [21] [22]. Los consumidores presentan un nivel de exigencia cada vez mayor cuando van a adquirir un vehículo, ya que el tiempo que se pasa en los coches ha aumentado en los últimos años. En esta etapa de desarrollo, el confort en los vehículos depende de cuatro factores principales: la calidad del aire, la temperatura, las vibraciones y el ruido [23] [24], por lo que se desarrollan múltiples sistemas y métodos para controlar y mejorar dichos aspectos.

Los sistemas de navegación sufren una gran evolución durante la década de los 90. Cabe mencionar que las tecnologías de navegación móviles que usan GNSS (*Global Navigation Satellite System*) suponen una considerable reducción de los costes. Además, se ha demostrado que los sistemas de navegación mejoran la seguridad vial, ya que orientan al conductor y reducen su carga de trabajo, permitiéndole concentrarse más eficientemente en las tareas mentales destinadas a la conducción primaria. Por ello, dichos sistemas, si son usados correctamente, reducen el riesgo de accidentes por falta de atención.

Los sistemas de control de crucero adaptativos (*Adaptive Cruise Control*, ACC) suponen otro gran avance para los DAS, y se empiezan a desarrollar a partir del año 2000. Actualmente estos sistemas de frenado electrónico y control de la conducción funcionan con gran efectividad a pequeñas velocidades, evitando colisiones o atropellos en vías urbanas; sin embargo, su capacidad a altas velocidades continúa en proceso de mejora. El proyecto europeo PREVENT (2004-2008) verificó su efectividad [21], especialmente en vehículos de gran tamaño. En consecuencia, en la Unión Europea, según la ley aprobada en noviembre de 2013 (EC no 661/2009) los camiones de nueva fabricación deben incluir obligatoriamente sistemas de seguridad activa para prevenir colisiones [21] [25]. Por ello, puede afirmarse que pese a la reticencia inicial de los usuarios con respecto a los DAS, estos nuevos sistemas empiezan a aceptarse en el mercado.

Finalmente, en la etapa actual de los DAS, se están empezando a desarrollar sistemas que seleccionan y controlan la trayectoria del vehículo más allá de las solicitudes de los conductores, es decir, orientados a la conducción autónoma. Dicho objetivo, solo puede conseguirse con un gran número de sensores y sistemas interconectados.

Los radares y las tecnologías de cámara son las técnicas dominantes hoy en día, combinadas con estrategias de fusión de datos y conjuntos de sensores de auto calibración e inteligencia artificial. Los sistemas en pleno desarrollo basados en dichos dispositivos y métodos son la detección de peatones o tráfico congestionado en condiciones de baja visibilidad, y los sistemas de asistencia para mejorar la seguridad en las intersecciones [26].

Algunos de estos sistemas requieren el intercambio de datos entre los vehículos y la infraestructura de la carretera. Se están realizando múltiples investigaciones y avances en dicho ámbito, algunas de ellas descritas en [27] y [28]. El desarrollo de un sistema de

vehículos interconectados permitirá una extensión de los límites actuales de los DAS. La disponibilidad de información para todos los usuarios de las vías dará lugar a maniobras cooperativas entre los vehículos, y facilitará, en última instancia, la conducción autónoma.

Tras estudiar la evolución de los DAS, es evidente que los sistemas de asistencia a la conducción muestran una tendencia considerable hacia la conducción autónoma. Aunque las primeras investigaciones en este campo se remontan a finales de los 80, en los últimos años, los vehículos autónomos han sido un campo tecnológico en pleno desarrollo debido a los avances en computación, sensores y electrónica [23].

El número de experimentos realizados con coches autónomos es elevado. Durante el año 2015 el coche autónomo biplaza de Google, apodado “koala”, recorrió más de 2 millones de kilómetros en tráfico abierto. Según declaró el responsable de este prototipo, durante dicho periodo surgieron 341 fallos que obligaron a desconectar el modo automático, de los cuales 272 fueron debidos a errores técnicos. Sin embargo, cabe destacar que en 13 de los fallos, se evitó un accidente gracias a la intervención del conductor humano. Al igual que Google, otras multinacionales del transporte como Nissan o Mercedes, también están realizando experimentos en carretera con sus prototipos de coche autónomo para reforzar el aprendizaje de sus sistemas de inteligencia artificial. Sin embargo, resulta evidente que aún queda camino por recorrer hasta que el coche autónomo sea capaz de circular de manera segura sin intervención humana [30].

Según los estudios, y los datos obtenidos de los experimentos, con la tecnología actual puede afirmarse que la efectividad de los prototipos de vehículo autónomo es alta cuando circulan por vías no urbanas; sin embargo, la conducción automática en zonas urbanas supone aún un reto debido a la diversidad de situaciones y escenarios complejos que deben tenerse en cuenta. Por ello, el proyecto UR:BAN está desarrollando sistemas de asistencia que permitan a los vehículos circular de manera autónoma por zonas urbanas [31] [32].

Los vehículos autónomos dependen de múltiples sensores interconectados para obtener conciencia situacional y ser capaces de tomar decisiones en función del momento y el entorno. Para que esto sea posible, como ya se ha mencionado, es imprescindible la cooperación entre los vehículos usuarios de la vía. Por ello, para que la conducción autónoma sea una realidad, debe desarrollarse una red de vehículos autónomos conectados entre sí que sean capaces de intercambiar datos sobre el entorno y su trayectoria.

Hasta que la tecnología evolucione, y se cree dicha red para que la conducción completamente autónoma sea algo viable, lo que se pretende es desarrollar sistemas de asistencia que puedan intervenir cuando el conductor no esté en condiciones de conducir, por ejemplo debido a la fatiga. La detección de somnolencia, distracciones o fatiga son funciones ya disponibles en el mercado; por lo que el objetivo es desarrollar estos sistemas para que, en caso necesario, el vehículo tome control total de la conducción [33].

3.4. Los nuevos intereses: el confort, la comodidad y el bienestar

En una época en la que el 90% de los conductores valora el confort de los vehículos por encima de la seguridad (%82) o los extras (%80), desarrollar sistemas que fomenten la comodidad es vital para la industria automovilística [34].

El coche autónomo cambiará por completo el concepto actual de viaje por carretera, ya que los usuarios serán transportados por su vehículo sin tener que preocuparse de la conducción. Por ello, el desarrollo de los DAS orientados al confort cobrará una importancia cada vez mayor, ya que cuando la conducción autónoma sea una realidad, el bienestar de los ocupantes del vehículo será primordial, y deberán tenerse en cuenta nuevos factores que afectarán a la comodidad. En la Figura 14 se recogen los factores que afectan al confort en los vehículos actuales, y los que afectarán, en un futuro en los coches autónomos.

Según varias definiciones, la palabra climatización se refiere al conjunto de sistemas que permiten obtener unas condiciones de temperatura, humedad y ventilación óptimas en el interior del vehículo, de manera que el conductor pueda concentrarse en la conducción con la máxima confortabilidad posible. Por tanto, los sistemas HVAC, *Heat Ventilating and Air Conditioning*, son elementos fundamentales para la comodidad de los pasajeros de los vehículos [35]. Las unidades de calefacción y ventilación llevan desarrollándose desde los años 40, por lo que en la actualidad la gran mayoría de los coches dispone de estos sistemas. El estado de este sector particular de los automóviles está, por tanto, muy avanzado; sin embargo, se siguen realizando múltiples avances y pequeñas mejoras en los sistemas HVAC. En cuanto a la recirculación del aire, en [36] y [37] se recogen varios métodos y sistemas, el segundo orientado a reducir el consumo de energía. En [38] y [39] se detallan sistemas HVAC con pequeñas mejoras con respecto al sistema estándar de ventilación.

Por tanto, el clima y la calidad del aire son dos factores que afectan al confort de los vehículos. Además, hay que considerar otros dos parámetros, el ruido y las vibraciones. El primero se controla mediante la carrocería del coche, y el segundo a través de los asientos y los sistemas de amortiguación.

Estos cuatro factores son los que determinan la comodidad de los vehículos actuales, sin embargo, en el futuro habrá que tener en cuenta nuevos parámetros.

Por un lado, debe considerarse la naturalidad de la conducción. Es evidente que la ejecución de maniobras que resulten familiares contribuye a eliminar la sensación de estar siendo controlado por una máquina. Por ello, se están realizando múltiples investigaciones mediante *machine learning* para conseguir modelizar la conducción humana, de manera que los ocupantes de los vehículos se sientan cómodos con el estilo de conducción del vehículo [23].

Por otro lado, la seguridad que sientan los ocupantes del vehículo será otro factor indiscutible, ya que incluso aunque el coche se esté comportando de manera segura, considerando todos los obstáculos dinámicos y estáticos, puede que dicha seguridad no sea transmitida a los pasajeros. Por ello, será necesario desarrollar sistemas que controlen en todo momento las distancias con los demás vehículos y obstáculos, además de asegurar que las maniobras que se realicen no sean bruscas y que los tiempos de reacción estén ajustados. Aún se deben llevar a

cabo investigaciones en este ámbito para establecer correctamente los parámetros de una conducción que transmita seguridad a los ocupantes de los vehículos [23].

Calidad del aire	Ruido y sonido
Temperatura	Vibraciones
CONFORT DE LOS PASAJEROS	
Naturalidad	Molestias conducción
Seguridad aparente	Mareo por movimiento

Figura 14: Factores que influyen en el confort de los ocupantes en los coches tradicionales (parte superior) y en los autónomos (parte inferior). Fuente: [23]

Además, deberán tenerse en cuenta las molestias generadas por la conducción, que pueden clasificarse en dos grupos; las alteraciones provocadas por la carretera, que son las que generan vibraciones verticales y las molestias de carga, que son creadas por la aceleración, el frenado, y el giro, y generan fuerzas laterales y longitudinales. El desarrollo de sistemas que eviten estas molestias se encuentra ya considerablemente avanzado, y la mayoría de los vehículos de gama alta disponen de asientos especialmente diseñados para compensar dichas alteraciones. Entre ellos destacan los sistemas de suspensión para las oscilaciones verticales y las cámaras de volumen variable para amortiguar el movimiento generado por las fuerzas longitudinales y laterales. Algunos de los experimentos realizados con estructuras de asientos adaptables en función de las vibraciones se recogen en [40]. En dicho documento se proporcionan estudios sobre los efectos de los modos de vibración de los asientos en el confort de los ocupantes. Se mencionan varias pruebas experimentales en las que se miden las frecuencias de resonancia de las vibraciones y sus efectos en la sensación de comodidad de los ocupantes. Además, optimizar el movimiento y la trayectoria del vehículo para minimizar las fuerzas que actúan sobre los ocupantes resulta de vital importancia a la hora de mejorar la comodidad de los pasajeros; para ello es necesario que se desarrollen sistemas de control suave, que generen trayectorias continuas y faciliten el proceso de seguimiento de la carretera [23].

Finalmente, se debe considerar el mareo por el movimiento de la conducción. El cuerpo humano se sitúa en el espacio por la combinación de las señales que aportan el aparato vestibular (que se halla en el oído interno), los ojos, los músculos y las articulaciones. Cuando la señal que manda alguno de esos órganos se contradice, se sufre cinetosis o mareo por movimiento. Las investigaciones revelan que los conductores usan inconscientemente referencias visuales en la carretera para adaptarse a su curvatura; sin embargo, los pasajeros no suelen mantener la mirada en la trayectoria, por lo que son más propensos a sufrir

cinetosis. Además, la sensación de mareo aumenta cuando la frecuencia con la que se sufre aceleración lateral se incrementa, es decir en zonas de muchas curvas [23]. En [41] se propone proporcionar respuestas sensoriales ante el mareo de los pasajeros. En la Figura 15 se presenta un modelo de cómo podrían ser dichas respuestas; tanto auditivas como visuales. Poder aliviar los efectos del mareo será algo imprescindible cuando los vehículos circulen sin conductor, ya que los ocupantes pasajeros son más susceptibles a sufrir cinetosis.



Figura 15: Modelo de sistema para evitar mareos. Fuente: [23]

En el siguiente capítulo, con el objetivo de comenzar una nueva línea de investigación, se analizará en profundidad el estado del arte en temas relacionados con el confort. Entre ellos destacarán los asientos, ya que son elementos que influyen en muchos de los factores que afectan al confort (movimiento, vibraciones, etc.) y se están realizando múltiples investigaciones en dicho ámbito en la actualidad. Sin embargo, puesto que la seguridad no debe dejarse de lado, también se analizarán los sistemas de monitorización del conductor, un campo en pleno desarrollo.

4. Análisis de patentes

En este capítulo se realizará un análisis de diversas patentes, con el objetivo de obtener el estado del arte actual de los ADAS orientados al confort y la seguridad. Puesto que se ha verificado que múltiples sistemas están estrechamente relacionados con el asiento, la investigación se empezará por esta línea. Después, se analizará el reposacabezas, un elemento que forma parte del asiento, y tiene una gran importancia para la comodidad, y, sobre todo, para la seguridad de los ocupantes de los vehículos.

Según afirman los expertos, los asientos de los coches son el elemento más importante para la comodidad del conductor y los ocupantes del vehículo, ya que es absolutamente inútil tener un coche perfectamente insonorizado, con un funcionamiento excepcional y un buen sistema de suspensión, si los asientos provocan sobrecargas musculares o incomodidad durante la conducción. Por ello, las diferentes marcas de vehículos tienen departamentos exclusivamente centrados en la fabricación, diseño y experimentación de los asientos.

En la búsqueda realizada, ha quedado patente la importancia de la ergonomía de los asientos. El diseño debe ser estudiado minuciosamente para ofrecer un compromiso perfecto entre firmeza y comodidad. Debe encontrarse la densidad ideal de la espuma de la banqueta de sujeción del asiento, así como la de los diferentes rellenos en base a la función de cada pieza. Lo mismo ocurre con las tapicerías, ya que debe existir un compromiso entre elasticidad y resistencia, además de resultar transpirables [42].

Sin embargo, actualmente el desarrollo de los asientos va más allá de los materiales y las formas. Cuando los conductores pasan varias horas seguidas conduciendo, sufren presión prolongada en los tejidos de los muslos y las caderas, creando incomodidad y fatiga muscular. Los vasos sanguíneos capilares pueden colapsarse con presiones superiores a 30mmHg, por lo que es necesario interferir en la perfusión sanguínea durante los periodos de conducción prolongados. Por otro lado, el contacto continuo con la superficie del asiento causa una considerable acumulación de calor y humedad en la superficie de contacto, provocando incomodidad en el ocupante.

Por ello, para aliviar dichas molestias, los fabricantes han desarrollado múltiples sistemas de masaje y ventilación de asientos, especialmente para sus gamas de lujo. El objetivo es proporcionar una experiencia de conducción relajada y confortable, especialmente si el trayecto es largo, consiguiendo además reducir considerablemente la fatiga del conductor (causante de un gran número de accidentes).

Muchos vehículos disponen ya de estos sistemas, por lo que el desarrollo de los asientos ha tomado una nueva dirección, los asientos multi-contorno dinámicos. Gracias a esta nueva funcionalidad, es posible controlar la sujeción lateral de los ocupantes, evitando así la incomodidad que crea el desplazamiento lateral del cuerpo en las curvas. Además, los asientos multi-contorno ofrecen también la posibilidad de adaptar el asiento ante un impacto, modificando su forma en función del golpe recibido para retener al ocupante y reducir los daños físicos.

Para poder entender todo lo referente al desarrollo que han sufrido los asientos es indispensable conocer las diferentes tecnologías que se han usado en los últimos años. Los

vehículos actuales llevan integrados sistemas de masaje basados en actuadores electromecánicos e hidráulicos. Es decir, los asientos incluyen diferentes cámaras de fluidos que se inflan y se desinflan mediante actuadores electromecánicos, con motores eléctricos o con actuadores hidráulicos cuyo funcionamiento se basa en fluidos a presión. Algunas gamas de lujo incluyen asientos multi-contorno dinámicos, que también usan estas tecnologías para variar el volumen de los asientos y adaptarlos a diferentes sucesos.

Sin embargo, en los últimos años se han realizado múltiples investigaciones con metales y aleaciones con memoria de forma. Los actuadores basados en estas aleaciones ofrecen ventajas como la reducción del tamaño y del coste, por lo que los fabricantes de vehículos muestran un considerable interés en desarrollar esta tecnología y que en el futuro pueda sustituir a los actuadores tradicionales.

En la actualidad, muchos vehículos disponen de sistemas de ventilación y masaje en sus asientos, por lo que estos sistemas ya pueden considerarse como funcionalidades cotidianas y habituales en los automóviles de gama media-alta.

En la patente [43], Ford presenta un sistema multi-contorno basado en cámaras de aire, que ofrecen una configuración en la que se mantienen desinfladas y otra en la que se llenan de fluido. Dichas cámaras incluyen, al menos, un orificio que permite que el aire sea introducido o expulsado de la cavidad. La técnica reivindica el uso de un ventilador acoplado a los orificios de las cámaras, de manera que el flujo de aire sea introducido de manera homogénea en las cámaras, mejorando así la sensación de comodidad del ocupante. En la Figura 16 se presentan varias imágenes del sistema, en las que puede observarse el uso del ventilador para homogeneizar la aplicación de aire en las cámaras, la posición tanto desinflada como inflada de las vejigas y un conjunto de tres capas de cámaras.

La patente [44], cuya fecha de prioridad se remonta a 1997, presenta el contorno de un asiento ajustable, cuyo respaldo tiene múltiples cámaras de aire. Una unidad de control gestiona las presiones de dichas cámaras, con la particularidad de que las burbujas de aire se agrupan formando regiones que se hinchan y se deshinchán a la vez. De esta manera, durante la operación cada grupo de cámaras se activa o desactiva cíclicamente en el tiempo en base a la señal emitida por el controlador.

Se entiende que la agrupación de las cámaras de aire puede traducirse en la creación de movimientos de masaje, ya que dicha funcionalidad requiere que el contorno del asiento varíe por zonas.

La patente [45] está dirigida explícitamente a la función de masaje para mejorar el confort del ocupante. Según el documento, el asiento tiene un dispositivo de masaje integrado en el que múltiples elementos presurizables varían el contorno. Se proporciona un dispositivo de control para gestionar el volumen de los elementos presurizables en diferentes secuencias, creando así varios movimientos de masaje.

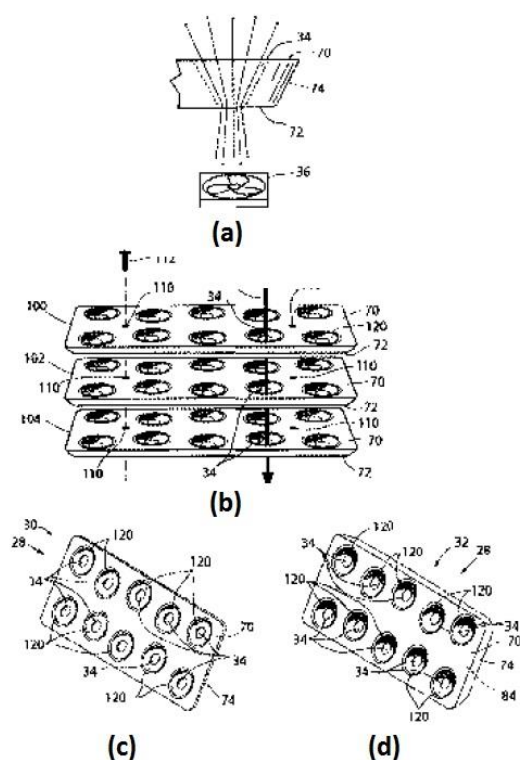


Figura 16: (a) Ventilador para homogeneizar el suministro de aire (b) Conjunto de tres capas de cámaras (c) Conjunto de cámaras en su posición desinflada (d) Cámaras en su posición hinchada. Fuente: [43]

En cuanto a los sistemas de ventilación de asientos basados en ventiladores o sistemas SVS (*Seat Ventilation Systems*) típicos, se han encontrado varias patentes. El documento [46] recoge varios métodos y sistemas para proporcionar ventilación en los asientos. Los sistemas incluidos para dicho propósito son un SVS, y un sensor de presión. Esta patente tiene un consumo de energía considerable, ya que en cuanto se arranca el vehículo, si el SVS está activado, realiza un pre acondicionamiento del asiento, incluso si éste no está ocupado. La patente [47], por el contrario, está totalmente enfocada al ahorro energético, ya que el dispositivo de control actúa en función de la ocupación de asiento. Además, puesto que presenta múltiples sensores de presión en toda la superficie del asiento, determina qué parte del asiento está ocupada y se aplica ventilación únicamente a dichas partes. La patente [48] muestra un sistema similar al de la patente anterior. La particularidad de esta realización radica en que como sólo detecta la presencia o ausencia del ocupante para determinar si se activa el SVS, requiere un único sensor. Por ello, el sistema es simple, y eso permite una considerable reducción de los costes de fabricación.

Para finalizar con los sistemas de ventilación de asientos, se ha encontrado la patente [49]. En ella se recoge un método y un sistema para detectar la rigidez de cuello de los ocupantes y aliviarlo mediante la aplicación de aire caliente o luz infrarroja en la zona del cuello.

Como se ha mencionado, se están realizando múltiples investigaciones con metales y aleaciones con memoria de forma, por lo que se han hallado diversas patentes que detallan estos sistemas.

La patente [50] recoge un sistema de ventilación y calefacción para los asientos de los vehículos, que incluye, además, la funcionalidad de masaje. La invención presenta un gran número de pequeños y ligeros actuadores distribuidos en un minúsculo volumen a lo largo de la superficie del asiento. Se trata de actuadores de aleaciones con memoria de forma (SMA, *Shape Memory Alloy*) y dispositivos termoeléctricos (TED, *Thermoelectric Devices*). Estos actuadores son especialmente adecuados para su uso en los asientos de los vehículos ya que tienen una alta relación potencia-peso. El dispositivo funciona en tres modos: el modo de accionamiento (masaje), el modo de enfriamiento (ventilación) y el modo de calentamiento (calefacción).

En el modo de accionamiento, la activación se realiza mediante la generación de calor por medio de los TED, colocados, como se aprecia en la Figura 17, en la parte superior e inferior de la capa de SMAs. Se desactivarán con un flujo de calor inverso. Para el amplificador de la unidad de accionamiento se usa una arquitectura matricial, ya que el sistema de masaje no requiere que todos los actuadores estén activados al mismo tiempo, sino que se activen por zonas. De esta manera, se usan $2N$ interruptores para activar N^2 actuadores; con la activación de los interruptores de la columna n y la fila m , se accionará el actuador A_{nm} .

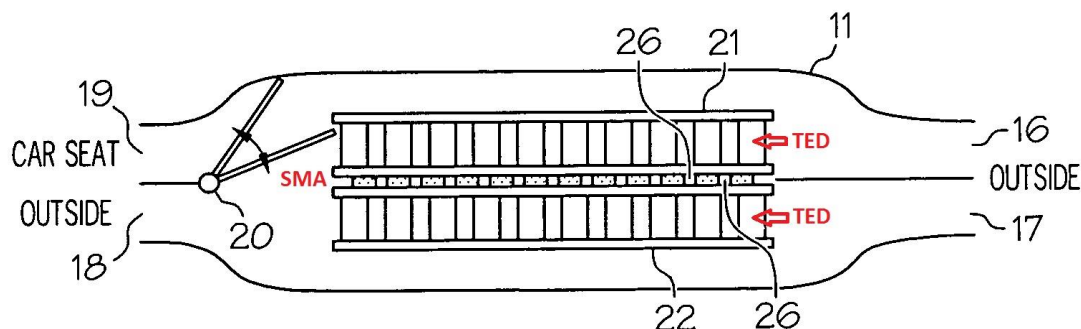


Figura 17: Conjunto de actuadores TED y SMA del sistema. Fuente: [38]

En el modo de refrigeración, se transfiere aire frío al asiento. Para ello, en primer lugar se genera flujo de frío mediante los TED de la superficie superior. El aire que penetra en el espacio desde el exterior (outside) se enfría y se abre la válvula 20 de la Figura 16, de manera que el flujo de aire frío se reconduzca hacia la superficie del asiento (car seat). El modo de calentamiento sigue el mismo proceso pero creándose flujo de aire caliente en lugar de aire frío.

La patente [51] recoge un sistema multi-contorno con función de masaje basado en materiales y aleaciones con memoria de forma. El asiento incluye una superficie de esteras poliméricas, cada una de las cuales incluye una porción de material activo (el término material activo se refiere, en general, a un material que muestra un cambio en una propiedad, tal como la dimensión, la forma, la fase, la orientación, la rigidez, etc. después aplicarle una señal de activación). Las esteras estarán acopladas a una estructura de soporte y a la superficie del asiento, cuya forma será modificada.

Para realizar la activación, una fuente de energía eléctrica acoplada a los metales les suministrará energía, haciendo variar su forma. Un controlador se encargará de seleccionar una entrada eléctrica predeterminada para cada estera, en función del movimiento de masaje que se quiera ejercer.

En la patente [52], se presenta un sistema basado en materiales activos capaz de establecer una posición del asiento en función del peso y la constitución del ocupante. Se ajusta la superficie desde la parte lumbar hasta la cervical, garantizando así el máximo confort.

El montaje incluye varios paneles de asiento con múltiples sensores conectados a un controlador. Entre los sensores se mencionan de fibra óptica, de presión, de posición, de desplazamiento, de polímeros conductores, etc. Su finalidad es establecer el perfil de presión de manera que el controlador pueda generar una señal de activación que establezca una configuración concreta para el asiento. Además, el controlador puede incluir datos de posiciones preferentes de los usuarios, es decir, perfiles de comodidad correspondientes a perfiles de presión medidos en ocasiones previas.

Las reivindicaciones de esta patente incluyen tanto materiales de relleno del asiento pasivos (espuma de poliuretano o semejantes) como activos (SMA, Polímeros electro-activos, EAP, o similares). Dichos materiales cambiarán de forma, rigidez o geometría en función de la señal de activación recibida del controlador, que responderá al perfil de presión proporcionado por los sensores.

La patente [53] protege un asiento configurable basado en materiales activos con múltiples funciones. Las funcionalidades orientadas al confort incluyen masaje y configuración del asiento en función de la entrada proporcionada por diversos sensores (altura, peso, etc.), es decir, una función adaptativa como la presentada en la patente [52].

Actualmente, los metales y aleaciones con memoria de forma son un campo en pleno desarrollo en el sector del automóvil. En el ámbito de los asientos de los vehículos aún no ha sido implementado ningún sistema comercialmente con estos materiales, ya que todavía se están realizando investigaciones y pruebas experimentales.

Sin embargo, se prevé que en un futuro estos materiales activos sustituyan a los elementos electromecánicos e hidráulicos usados en la actualidad, ya que su tamaño es mucho más reducido, tanto en peso como en volumen, su coste es inferior, y presentan una mejor inmunidad ante el ruido y mayor robustez que los sistemas tradicionales de actuación.

Los sistemas mencionados hasta ahora llevan años en el mercado, por lo que actualmente la mayoría de coches de gama media-alta dispone de ventilación y masaje en los asientos. La última novedad en dicho ámbito son los asientos multicontorno dinámicos. Este tipo de construcciones se caracteriza por poder modificar la sujeción lateral y el ajuste del cuerpo en tiempo real. De esta manera, en la mayoría de los sistemas, los motores eléctricos integrados en el asiento ajustan el resalto lateral izquierdo o derecho en función de la fuerza lateral G experimentada por el coche, ya que dicha fuerza, producida durante el desplazamiento del vehículo en un trayecto curvado, suele provocar incomodidad para los pasajeros del vehículo. Además, muchos ofrecen la posibilidad de ajustar el contorno del asiento ante un impacto

para evitar lesiones en el ocupante, o, incluso, generan una respuesta táctil ante un evento peligroso. Es decir, existen sistemas que crean un movimiento vibratorio en la superficie del asiento para alertar al conductor de que se ha detectado una situación peligrosa.

Otra de las aplicaciones interesantes de los asientos multi-contorno es la adaptación del elemento para asegurar una postura correcta en el ocupante. En esta línea se ha encontrado una reivindicación independiente de [45] incluye un método para cambiar la postura de los ocupantes sentados incorrectamente. Para ello, el controlador activa ciertas cámaras estableciendo un contorno determinado, de manera que se movilice la columna vertebral del ocupante, corrigiendo así su postura, y maximizando el confort.

Pese a que los asientos multi-contorno ofrecen diversas posibilidades y múltiples funcionalidades, la línea de investigación más interesante es la de los asientos multi-contorno dinámicos que se adaptan en función de la aceleración lateral.

Para medir la fuerza G, también conocida como aceleración lateral, se emplean múltiples elementos del sistema de control de estabilidad del vehículo: acelerómetro, giróscopo, ángulo de giro del volante, etc.

El fabricante pionero en desarrollar asientos dinámicos fue Mercedes Benz, por lo que como referencia, se iniciará la búsqueda entre las patentes de Daimler Benz, la empresa con la que Mercedes publica la mayoría de sus patentes. Por otro lado, se ha dividido la investigación en dos apartados; en el primero se han buscado sistemas de detección de curvas, y el segundo se ha centrado en la búsqueda de asientos dinámicos.

Para empezar, la patente [54] recoge un método para detectar curvas mediante el uso de una cámara. Una unidad de tratamiento de imágenes analiza los píxeles de las imágenes tomadas por la cámara y utiliza los contrastes de luz existentes entre la vía de circulación (generalmente más oscura) y los arcenes (más luminosos). Así, el sistema determina gradientes de crecimiento o decrecimiento de luz que se usan para detectar las curvas de la carretera. El método presentado en esta patente permite detectar las curvas con antelación, por lo que ofrece tiempo de reacción ante dichos eventos.

La patente [55], por el contrario, usa los sensores del propio vehículo para detectar curvas, especialmente las que están inclinadas lateralmente, ya que éstas son las que más afectan a la estabilidad de los ocupantes. En concreto, hace uso del sensor de velocidad de rotación, el de aceleración lateral, el del ángulo de dirección y el de la velocidad del vehículo. Evidentemente, usar estos sensores evita tener que instalar un sistema adicional para detectar las curvas, pero no ofrece gran tiempo de reacción, ya que los sensores detectan la curva cuando el vehículo está atravesándola.

En la patente [56] se recoge un método en el que se determina la pendiente de una curva utilizando, por un lado, un sistema de detección óptico (similar al de [54]), y por otro, calculando la aceleración transversal a partir de la velocidad momentánea del vehículo.

Finalmente, la patente [57] presenta un método capaz de detectar una curva con antelación. Para ello, propone la combinación de dos sistemas, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de la detección. El primer sistema lo forma el GPS, que ofrece información sobre la geometría de la carretera. Sin embargo, puesto que la cobertura y disponibilidad del sistema de navegación

es limitada, se dispone de un segundo sistema para detectar las curvas, un sistema visual basado en una cámara. En este caso, el dispositivo óptico detecta las líneas de la carretera para determinar la curvatura de la vía. La Figura 18 recoge un diagrama de bloques del método en el que se muestran los diferentes sistemas que se usan.

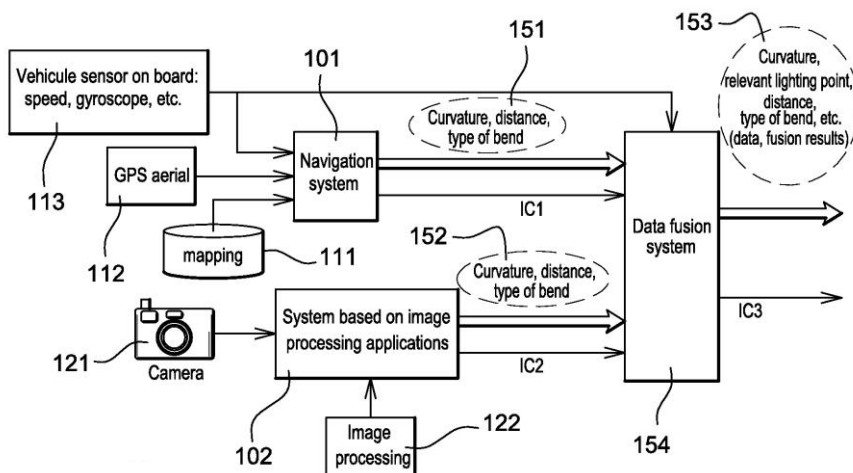


Figura 18: Diagrama de bloques del método de detección de curvas. Fuente: [57]

En cuanto a los asientos dinámicos, se ha hallado la patente [58], perteneciente a Daimler Benz. En ella se presenta un método que permite realizar la adaptación dinámica del cuerpo, en especial la adaptación lateral. Se citan varios patentes de interés para la presente búsqueda. Para empezar, [59] describe un asiento de vehículo con tres cojines de aire hinchables controlados dinámicamente. Después se menciona [60], que recoge un método en el que se adapta la sujeción lateral del conductor del vehículo en función de la situación de la carretera y su estilo de conducción.

Volviendo a la propia patente [58], el método ofrece la ventaja de que la configuración del asiento se realiza de manera preventiva, es decir, el ajuste se lleva a cabo de forma proactiva para que el asiento ya haya experimentado el cambio necesario cuando el evento se inicie. Así, se consigue compensar el retraso, parámetro inherente en cualquier sistema de adaptación. Después, los resultados medidos en el momento del evento sólo se utilizan para realizar pequeñas correcciones o ajustes en el asiento.

La rutina de pre acondicionamiento descrita resulta de vital importancia para obtener la máxima sensación de comodidad, ya que permite adaptar gradualmente el asiento a la posición requerida de manera prácticamente imperceptible para el ocupante.

Para la realización del método, se menciona que el dispositivo de predicción y pre acondicionamiento dispone de un sistema GPS como el de [59], y un dispositivo de control de la velocidad. De esta manera, la unidad de control de la velocidad puede predecir sin problemas la aceleración lateral que se espera en la curva en base a la velocidad actual del vehículo. Además, el documento reivindica que el dispositivo de predicción puede modificarse para almacenar el ajuste del asiento en el mapa digital de carreteras, obteniendo así un mapa de aprendizaje con las configuraciones de diferentes curvas.

La implantación de los asientos multi-contorno dinámicos en los vehículos supondrá una gran mejora en términos de comodidad de los ocupantes, ya que éstos no sufrirán movimientos laterales incómodos. Aunque actualmente sólo algunas gamas de lujo disponen de este tipo de asientos, debido a las constantes investigaciones y desarrollos en este ámbito, se espera que en los próximos años estos sistemas se implanten en la mayoría de los vehículos de gama media-alta.

Pese a que los últimos estudios muestran lo contrario [34], la seguridad de los vehículos es algo que los usuarios siempre han valorado por encima del resto de prestaciones que pudieran presentar los automóviles. No en vano, el objetivo de los sistemas de seguridad es proteger la vida de los ocupantes de los vehículos. Por ello, aunque la comodidad toma cada vez más importancia, la seguridad no debe quedar en un segundo plano, ya que de nada vale disponer de un vehículo con un confort elevado si no es capaz de proteger la vida de los usuarios.

Como se vio al estudiar la evolución de los ADAS, los sistemas de seguridad activa fueron los primeros DAS en desarrollarse, y evolucionaron considerablemente en la década de los 80. Los sistemas de seguridad activa están formados por todos aquellos elementos que contribuyen a proporcionar una mayor eficacia y estabilidad al vehículo en marcha evitando, en la medida de lo posible, un accidente.

El sistema de frenado o ABS es un ejemplo característico de los elementos de seguridad activa. Permite reducir la distancia de frenado manteniendo la capacidad de cambiar de dirección para poder esquivar obstáculos, ya que las ruedas no se bloquean. El sistema de dirección garantiza la correcta maniobra del vehículo; el de suspensión mantiene el automóvil estable y absorbe las irregularidades de la carretera, y gracias a las barras estabilizadoras conectadas a las ruedas de cada eje, controla la inclinación del coche en las curvas, evitando una posible salida de la vía. Los sistemas de control de la estabilidad, la iluminación y los neumáticos son también parte de la seguridad activa de los vehículos.

Por otro lado se encuentran los elementos de seguridad pasiva, que son aquellos que reducen los daños al mínimo cuando el accidente es inevitable. Entre ellos se encuentran los cinturones de seguridad, los airbags, el chasis y la carrocería, los cristales y el reposacabezas [61].

Todos los sistemas mencionados se encuentran implantados prácticamente en todos los vehículos de nueva fabricación en la actualidad, y salvan miles de vidas anualmente. Sin embargo, los fabricantes van más allá de los sistemas de seguridad tradicionales.

Además de ser un elemento clave para la comodidad, el asiento de los vehículos es también un elemento fundamental para la seguridad. Por un lado, su diseño debe evitar el denominado efecto submarino (el cuerpo se cuele por debajo del cinturón de seguridad deslizándose hacia delante), debe proteger los costados del abdomen ante un impacto lateral y el reposacabezas tiene que evitar lesiones cervicales en los alcances traseros.

En la búsqueda realizada se han encontrado asientos con funcionalidades de seguridad adicionales. La ya mencionada patente [53], además de la función de masaje, ofrece la opción de alertar al conductor de un evento de impacto potencial o para advertirle de que el vehículo

se ha desplazado fuera del carril, por ejemplo. Es decir, el asiento basado en materiales activos que recoge el documento puede modificar su forma y crear movimientos vibratorios para indicar una probabilidad creciente de peligro. Para ello, el controlador analiza las señales recibidas de diferentes sensores o subsistemas, y en caso de detectar alguna amenaza, crea una señal de activación para el material activo, haciendo que éste modifique su forma para alertar al conductor del peligro de forma táctil. Además, ofrece la posibilidad de adaptar la forma del asiento ante un impacto lateral, frontal o trasero, de manera que el golpe tenga el menor efecto posible en el ocupante.

El documento [62] recoge un sistema vibratorio semejante. Para ello, el asiento del conductor incluye una capa de espuma con un conjunto de células motores que vibran en respuesta a un evento peligroso de la carretera. Dicho evento se detecta mediante un sensor, que envía la señal al controlador principal, encargado de hacer vibrar el sistema motor.

Por otro lado, cuando se estudiaron los sistemas de detección de curvas, se encontró que alguno de ellos reivindicaba funcionalidades orientadas a la seguridad. En la patente [57], por ejemplo, el sistema de detección ofrece la posibilidad de que la información recogida se use en un sistema de alerta de velocidad. Es decir, cuando el sistema detecta que el radio de la curva es demasiado pronunciado para la velocidad momentánea del vehículo, se activa una alerta visual, táctil o sonora para avisar al conductor del exceso de velocidad.

El documento [58] cita la patente [63], en la que se describe un sistema que calcula la velocidad límite de la curva. Por tanto, si tras realizar el cálculo la velocidad instantánea del vehículo es superior a la velocidad límite, se envía un aviso táctil al conductor, e, incluso, se ofrece la posibilidad de iniciar automáticamente medidas de reducción de la velocidad si se dispone del sistema autónomo necesario para dicho propósito (frenado automático).

Sin embargo, aunque el diseño de los asientos puede ser clave para la reducción de lesiones en caso de accidente, y los sistemas multi-contorno ofrecen la posibilidad de disponer de alarmas o avisos preventivos, el reposacabezas sigue siendo uno de los elementos clave para la seguridad de los ocupantes de los vehículos.

En la patente [64] se proporciona un método para ajustar el reposacabezas del asiento automáticamente. Para lograrlo, se dispone de un conjunto de sensores, un controlador y un dispositivo de ajuste controlado electrónicamente por la unidad de control. Gracias a este método se consigue que el reposacabezas esté en la posición óptima tanto para la comodidad del conductor como para la correcta absorción de fuerzas en caso de impacto.

Además, Como se ilustra en la Figura 19, una posible configuración presenta un sensor ubicado en el asiento (S1) para detectar que el asiento ha sido ocupado y debe modificarse la posición del reposacabezas. En consecuencia, un sensor (S2) ubicado en el propio reposacabezas emite las señales que la unidad de control debe evaluar para establecer la posición óptima del reposacabezas. El dispositivo de ajuste recibe entonces las indicaciones pertinentes para establecer una configuración determinada. Como ejemplo, se menciona que los sensores pueden estar basados en ultrasonidos o en medidas de presión.

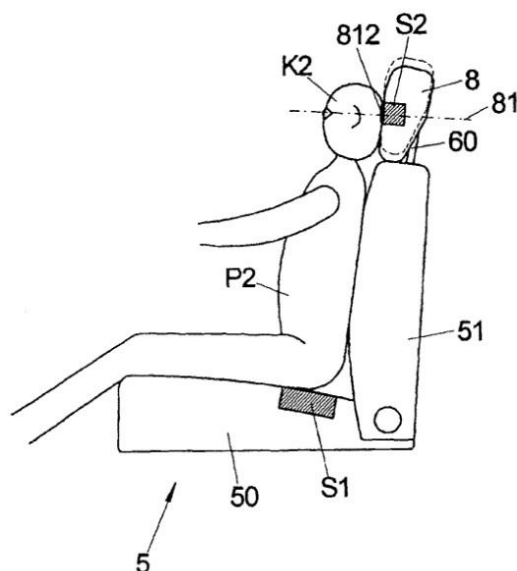


Figura 19: Disposición de sensores del sistema de ajuste de reposacabezas. Fuente: [64]

Pese a que los sistemas de seguridad evolucionan, los accidentes siguen siendo una realidad. Los conductores se sienten cada vez más seguros debido a las mejoras automovilísticas en materia de seguridad, y eso hace que muchos de ellos tiendan a realizar una conducción más arriesgada. Además, son cada vez más los usuarios que usan el coche cuando no están en plenas condiciones para conducir, ya sea porque han bebido, porque están somnolientos o porque presentan un alto grado de fatiga.

Por ello, los fabricantes de automóviles están desarrollando sistemas que monitorizan el estado del conductor, ya que saben que la causa principal de la mayoría de los accidentes es el propio piloto, su falta de atención, su lentitud de reflejos o su exceso de confianza. En la búsqueda realizada se han encontrado múltiples patentes relacionadas con el estado del conductor, por lo que se verifica que actualmente los sistemas de monitorización del conductor son un campo en pleno desarrollo.

La primera patente, [65], presenta un sistema de monitorización del conductor (DMS, *Driver Monitoring System*) que incluye un dispositivo óptico para obtener información visual del conductor y una unidad de obtención biológica formada por biosensores. Los datos recogidos por ambas unidades son procesados en un controlador configurado para detectar un estado de conducción peligroso.

Para ello, en primera instancia, se realizan mediciones iniciales, con el objetivo de determinar el estado normal del conductor y establecer niveles de corte para poder detectar posteriormente estados peligrosos. Después, el DMS monitoriza al conductor y obtiene datos que el controlador compara con la información de referencia. Cuando se supera el nivel de corte establecido de alguno de los parámetros, la unidad de control determina estado de fatiga, estrés o distracción. En función del estado detectado, el controlador emite señales de control que provocan reacciones táctiles o visuales para alertar al conductor.

En el documento se mencionan sensores PPG (*Photoplethysmogram*), ECG (*Electrocardiogram*), EEG (*Electroencephalogram*), EMG (*Electromyography*), GSR (*Galvanic Skin Response*) y EOG (*Electrooculography*).

Además, el sistema ofrece la opción de configurar el controlador para que éste pre detecte una situación peligrosa, basándose en los datos recopilados en ocasiones anteriores. De esta manera, gracias a las técnicas de *machine learning*, en el caso de que el sistema reconociera ciertos patrones, el controlador podría prever un estado de conducción peligroso antes de que llegara a desarrollarse completamente.

En la patente [66], se da a conocer un aparato y un método para estimar el grado de fatiga del conductor. Para llevar a cabo dicho propósito, el dispositivo incluye una unidad de adquisición de datos biológicos formado por un sensor de electrocardiograma, ECG, localizado en el asiento, y un sensor de pulso cardiaco situado en el cinturón de seguridad.

Para empezar, el sistema toma datos biológicos después del arranque del vehículo para establecer el valor de corte del estado de fatiga. Después, se analizan los valores obtenidos a tiempo real, de manera que cuando se detecte un cambio convergente en los valores biológicos ante una deceleración del vehículo, podrá establecerse que el nivel de fatiga es ascendente.

En el documento [67], la multinacional Bosch recoge un método para evaluar el comportamiento del conductor. La invención hace referencia a diversas categorías de comportamiento configuradas (estrés, fatiga, somnolencia, etc.), por lo que en base a los datos obtenidos mediante los sensores biológicos, se realiza un análisis de probabilidades para asignar ciertos valores a cada categoría de comportamiento. Así, cuando la probabilidad obtenida en uno de los comportamientos predefinidos supera un valor umbral, se establece la correspondiente categoría de comportamiento.

Las tres patentes descritas hasta el momento recogen, únicamente, sistemas que monitorizan al conductor, y en [65], se realizan acciones para alertar al conductor del estado de peligro. Sin embargo, la patente [68] ofrece una funcionalidad extra; se proporciona la opción de que en caso necesario, se den instrucciones a algunos componentes del vehículo para que éste pueda circular de manera autónoma.

Primero, el sistema recoge datos provenientes del vehículo (velocidad, tasa de aceleración y deceleración, distancia de seguridad, etc.) por un lado, y datos relacionados con el estado del conductor por el otro (datos biométricos, fisiológicos, expresión facial, frecuencia cardiaca, etc.) para establecer un estado normal de referencia. Después, se procede a recoger información tanto del vehículo como del conductor a tiempo real, de manera que puedan compararse los valores actuales con los datos de referencia. En base a dicha comparación, el controlador decide si se debe modificar el parámetro que provoca acciones autónomas.

En caso de modificarse el parámetro, la unidad de control dará instrucciones a diversos actuadores, elementos y subsistemas para que el vehículo pueda circular de manera automática en caso de detectarse que el conductor no reúne las condiciones necesarias para conducir de manera segura. El parámetro de acción autónoma podría desactivarse en caso de

que se detectara la intervención del conductor y se obtuvieran nuevamente datos biológicos válidos para la conducción segura.

El documento [69] recoge un sistema similar, ya que se centra en modificar el control de uno o varios sistemas del vehículo cuando el conductor está somnoliento. Se incluye el método para monitorizar al conductor y el sistema de vigilancia del vehículo. De esta manera se pretende hacer frente a tiempo a una reacción lenta o una pérdida de atención.

Entre los sistemas controlables se encuentran, por ejemplo, el sistema de frenos, el sistema de control de crucero automático, el de advertencia de colisión, el de asistencia para mantenerse en el carril, e, incluso el control del sistema HVAC. Esto último ofrece la posibilidad de dirigir aire frío al conductor en caso de que se detecte somnolencia para reducir el estado de sueño.

Algunos de los sistemas de monitorización del conductor descritos en las últimas patentes reivindican el uso de un sensor de electroencefalograma, EEG. Es evidente que si se monitoriza la actividad cerebral a tiempo real, se pueden detectar estados de somnolencia o fatiga con una alta eficacia y fiabilidad, ya que el estudio de las ondas cerebrales permite distinguir entre alguien que está despierto y alerta y alguien que está cansado y con riesgo de quedarse dormido.

Neurosky, una empresa californiana dedicada a la fabricación de sensores y sistemas relacionados con los EEG, ha realizado investigaciones y múltiples sesiones de prueba para desarrollar productos que puedan monitorizar las ondas cerebrales [70].

Partiendo de ese dato, se ha encontrado la patente [71], publicada en el año 2008, en la que se recoge un aparato y un método para evaluar los estados mentales en base a las ondas cerebrales. Este sistema de procesamiento de señales cerebrales usa electrodos secos para monitorizar ondas neuronales en un entorno ajeno al laboratorio. Es decir, el aparato es capaz de captar las señales emitidas por el cerebro humano sin necesidad de usar gel en los electrodos y en un ambiente con ruido.

El sistema está formado por una parte analógica que incluye los electrodos como sensores principales, amplificadores y filtros. Para las señales de alimentación se dispone de reguladores de potencia; además, una etapa de conversión analógico/digital prepara la señal para el procesamiento, realizado mediante software.

En el tratamiento de la señal se definen diferentes procesos para poder detectar en la señal de ondas cerebrales los diferentes estados predefinidos y expresarlos de 0 a 100. Dichos estados son: atención, relajación, ansiedad, somnolencia y sueño. Finalmente, un módulo de procesamiento genera un conjunto de señales de control.

El documento recoge, por tanto, un sistema capaz de detectar mediante el análisis de las ondas cerebrales distintos estados que pueden afectar negativamente a la conducción. Sin embargo, el conjunto sensor formado por electrodos requiere el uso de una diadema o soporte auxiliar para posicionar los electrodos contra la cabeza y la zona frontal del conductor. Por ello, no es una solución válida para ser implementada en vehículos, ya que no es viable que los conductores lleven cascos o diademas cableadas durante la conducción.

Debido a la demanda del sector automovilístico, *Neurosky* continúa investigando cómo poder desarrollar un sistema que no requiera un contacto tan invasivo con el conductor. En 2014 se publica una patente de la empresa, [72], en la que se recogen varias técnicas para desarrollar una estructura de descarga electrostática, ESD (*Electrostatic Discharge*), especialmente diseñada para el acondicionamiento de señales biológicas.

Las señales de las ondas cerebrales son de muy pequeña amplitud (generalmente no mayores de 100 μ V) por lo que la etapa de acondicionamiento y amplificación es fundamental para poder procesarlas correctamente. Además, los electrodos son sensores capacitivos con una impedancia de entrada elevada, por lo que existen restricciones a la hora de amplificar la señal obtenida.

Debe tenerse en cuenta que la fuente dominante de ruido en este tipo de sistemas es el ruido de corriente en la entrada del amplificador, provocado por las fugas de corriente del circuito sensor, conectado a la entrada de la etapa de amplificación. Por ello, se requiere un circuito de protección ESD, cuya corriente de fuga sea inferior a la corriente de fuga del amplificador.

Gracias a esta protección, los electrodos pueden colocarse sobre la superficie de la cabeza y el sistema es capaz de detectar las ondas cerebrales incluso a través del pelo o un pequeño espacio de aire. En la Figura 20 se recoge el electrodo seco situado sobre la cabeza y un ejemplo de la realización de la estructura ESD.

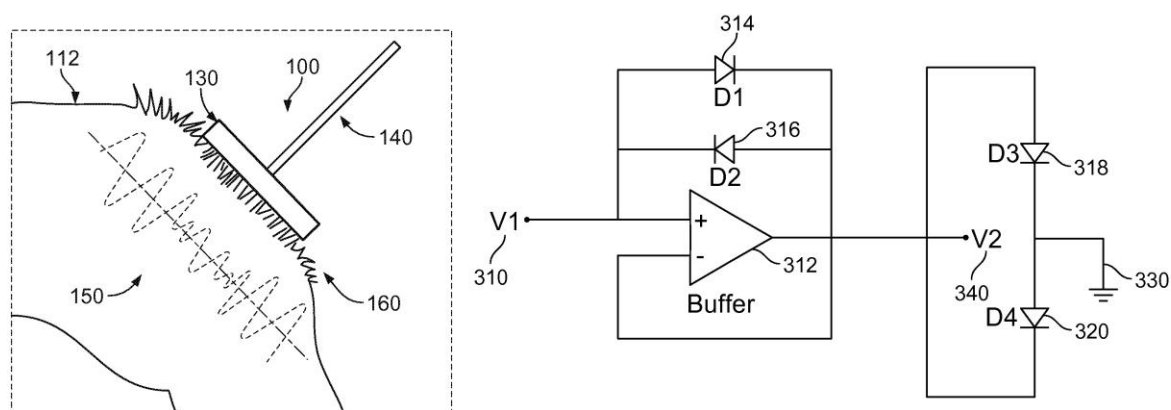


Figura 20: Izquierda: Electrodo sensible sobre pelo Derecha: Ejemplo realización estructura ESD. Fuente: [72]

Si se colocaran electrodos sensibles en el reposacabezas para obtener ondas cerebrales, sería de vital importancia que el reposacabezas estuviera colocado en la posición ideal para que la adquisición de la señal fuera efectiva. Por ello, sería necesario disponer de un sistema que ajustara dicho elemento automáticamente, un sistema como el descrito en [64].

Evidentemente, esta protección también sería de gran utilidad para un sensor de ECG colocado en el cinturón de seguridad, ya que permitiría detectar con eficacia las pulsaciones del conductor incluso a través de la ropa.

Pese a que múltiples fabricantes han mostrado interés en los sistemas desarrollados por *Neurosky* para complementar sus dispositivos de detección de fatiga actuales, los

reposacabezas con electroencefalograma aún no son una realidad. Según afirmó Louise Reyner del *Centro de Investigación del Sueño de la Universidad de Loughborough*, “El electroencefalograma produce una señal muy débil, no obstante, la electrónica está avanzando y los investigadores están depurando la mucho la técnica para eliminar cualquier tipo de interferencia, por tanto, en algún momento este tipo de sistemas podría ser una realidad” [70]. Y parece, que según la última patente de *Neurosky*, esa realidad está cada vez más cerca.

5. Conclusiones

Mediante la realización de este trabajo, se ha verificado que en las últimas décadas, los sistemas de asistencia a la conducción han sufrido una gran evolución. La alta demanda de los usuarios en los ámbitos del confort y la seguridad de los vehículos ha llevado a los fabricantes de automóviles a invertir en desarrollo e investigación.

El conductor es el motor principal de cualquier vehículo, la parte más importante, pues la calidad de la conducción depende de su estado, sus decisiones y sus capacidades. Por ello, un elevado número de las investigaciones realizadas se ha centrado en uno de los elementos que vincula al conductor con el coche, el asiento. La ergonomía, la forma y las características de dicho componente son vitales para maximizar el confort del ocupante, ya que una gran parte del cuerpo del conductor está en contacto constante con la superficie del asiento. Se han desarrollado sofisticados sistemas de ventilación, masaje y adaptación de los asientos, todos ellos orientados a que el ocupante se sienta cómodo mientras conduce. Las gamas de lujo de muchos fabricantes ya disponen de estos sistemas desde hace años, sin embargo, se espera que los coches de gama media incorporen estas funcionalidad en un futuro cercano, ya que se están realizando grandes esfuerzos para reducir los costes de fabricación y el consumo de este tipo de sistemas.

Además, se ha encontrado un creciente interés por los asientos dinámicos, especialmente en la adaptación lateral de estos elementos ante las curvas y los giros. La estabilidad de los ocupantes del vehículo es un parámetro muy importante si se quiere obtener la máxima sensación de confort, y puesto que las irregularidades de la carretera son inevitables, debe ser el coche el que se adapte a ellas.

Sin embargo, el asiento no es sólo un elemento orientado al confort, sino que es también un objeto esencial para la seguridad de los ocupantes. Se han desarrollado sistemas de alarma para alertar al conductor de un evento potencialmente peligroso. Para ello, el asiento varía su contorno creando un movimiento vibratorio, que sirve como aviso táctil de peligro.

Además, la forma, el ángulo de inclinación o la posición del reposacabezas pueden salvar vidas y evitar lesiones graves, por lo que su desarrollo y mejora no debe quedar en un segundo plano.

Por otro lado, en los últimos años, los sistemas de monitorización del conductor se han convertido en tendencia, ya que controlar el estado del conductor en todo momento puede reducir considerablemente el número de accidentes causados por somnolencia o fatiga. La detección de fatiga es un procedimiento ya incorporado por algunos fabricantes en ciertas gamas de vehículos, especialmente en los camiones, ya que los camioneros deben circular durante largos periodos de tiempo y por ello, son más propensos a sufrir el cansancio provocado por la conducción. Actualmente los DMS comercializados usan una cámara para realizar un seguimiento de las facciones del conductor, fundamentalmente los movimientos oculares y el número de parpadeos. Sin embargo, mediante la búsqueda realizada se ha encontrado una alternativa a los dispositivos ópticos; el uso de biosensores. Estos instrumentos pueden usarse como único método de monitorización o para complementar a las cámaras. Parece que los sensores de electrocardiograma son bastante susceptibles a ser

implantados en el cinturón de seguridad para monitorizar el ritmo cardiaco del conductor, así que se espera que algunas gamas los incluyan en los próximos años.

Sin embargo, el verdadero reto del uso de biosensores en la detección de fatiga radica en poder emplear sensores de electroencefalograma. En las ondas mentales se detectan de manera infalible los estados previos al sueño y el cansancio, por lo que poder disponer de un sistema de monitorización con EEC supondría un gran avance en este tipo de sistemas. Pese a que las investigaciones van por buen camino, aún queda un largo recorrido, pues hay que realizar una amplia batería de pruebas con estos sensores.

Además, no debe olvidarse que entre confort y seguridad existe una estrecha relación, ya que si el conductor se siente cómodo, su conducción será de mejor calidad, por lo que al mejorar el confort del vehículo, se está mejorando también la seguridad.

Finalmente, cabe mencionar que muchos de los sistemas hallados funcionan de manera totalmente automática, es decir, no requieren de la intervención del conductor para realizar sus funciones. Algunos de ellos, además, ofrecen ya la posibilidad de controlar ciertos subsistemas y elementos para establecer una conducción autónoma en ciertas situaciones. El coche totalmente automático es una realidad cada vez más cercana, por lo que los ADAS también se están empezando a adaptar a la conducción autónoma.

Toda esta información ha sido obtenida de numerosos artículos científicos, información proporcionada por los fabricantes de los vehículos y, especialmente, de múltiples patentes. Estos documentos son una potente fuente de información, pues en ellas se recoge información técnica de alta utilidad, como el método de fabricación, las técnicas o los materiales usados. De las patentes se obtiene información fiable y actualizada, por lo que deben ser consideradas como elementos imprescindibles en cualquier investigación o proyecto científico, especialmente si se quiere evitar realizar una investigación o desarrollo paralelo.

Además, al margen de la información especializada que recogen, en conjunto, resultan también de gran interés, ya que reflejan el estado económico de un país, debido a su estrecha relación con la economía. Es más, si se estudia el número de solicitudes realizadas en un campo concreto durante un periodo de tiempo, como se ha hecho en el presente trabajo con el sector del transporte, puede obtenerse información sobre el desarrollo y la evolución de dicho ámbito de la ciencia.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, *WIPO*, <<www.wipo.int>> [En línea]. Disponible en: http://www.wipo.int/patentscope/es/patents_faq.html. [Consulta: 18/06/2016].
- [2] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwizrKKSh7bNAhVBPxoKHVFWCUQQFghSMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.oepm.es%2Fcs%2FOEPMSite%2Fcontenidos%2FPatentKit%2FCore_modulo_1_Proteja_sus_ideas.ppt&usg=AFQjCNE8njfFso0docSw9CM_KNuUqeg1bQ&sig2=0kml0PTomXoJ22Qk7I2eow. [Consulta: 19/06/2016].
- [3] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: <http://www.oepm.es/bopiweb/Leyendas/tomo2.pdf>. [Consulta: 06/06/2016].
- [4] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, *WIPO*, <<www.wipo.int>> [En línea]. Disponible en: http://www.wipo.int/sme/es/documents/patent_information.htm. [Consulta: 19/06/2016].
- [5] M. Castro Calderón, “El documento técnico de una solicitud de patente” [En línea] *Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual*, Octubre 2015. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/cursos_convocatorias/doc/MANUEL.pdf. [Consulta: 19/06/2016].
- [6] J. Miravalls, “España, ¿fuera de “la Champions” de patentes? [En línea] *El mundo*, Madrid, Abril 2016. Disponible en: <http://www.elmundo.es/economia/2016/04/09/56fc091346163f277c8b468d.html>. [Consulta: 18/06/2016].
- [7] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/invenciones/herramientas/manual_del_inventor/proteger_su_idea/el_procedimiento_de_patente.html. [Consulta: 19/06/2016].
- [8] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/invenciones/patentes_nacionales/. [Consulta: 19/06/2016].
- [9] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: <http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/08-la-patente-europea.html>. [Consulta: 19/06/2016].

[10] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, *WIPO*, <<www.wipo.int>> [En línea]. Disponible en: http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_901_2015.pdf. [Consulta: 19/06/2016]. [13] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/propiedad_industrial/Normativa/normas_sobre_proteccion_de_inventiones/Derecho_europeo_de_patentes/Convenio_de_Munich_sobre_Concesion_de_Patentes_Europeas.html. [Consulta: 18/06/2016].

[11] J. Pérez García-Valdecasas, “El milagro Japonés” [En línea] *Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad del Japón*, vol. 2, Nº 7, Enero 2010. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/japon/07/jpgv.htm>. [Consulta: 19/06/2016].

[12] M. Giribets Martínez, “Algunas consideraciones sobre las crisis actual del capitalismo, La crisis de los años 70”. [En línea]. *Eumed*. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/599/La%20crisis%20de%20los%20anos%2070.htm>. [Consulta: 19/06/2016].

[13] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: http://www.oepm.es/es/propiedad_industrial/Normativa/normas_sobre_proteccion_de_inventiones/Derecho_europeo_de_patentes/Convenio_de_Munich_sobre_Concesion_de_Patentes_Europeas.html. [Consulta: 18/06/2016].

[14] Wikipedia, <<es.wikipedia.org>> [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Rep%C3%BAblica_Popular_China#Econom.C3.ADA. [Consulta: 18/06/2016].

[15] Oficina Española de Patentes y Marcas, *OEPM*, <<www.oepm.es>> [En línea]. Disponible en: http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/FOLLETO_3_PATENTAR_SOFTWARE/017-12_EPO_software_web.html. [Consulta: 19/06/2016].

[16] “Mercedes-Benz invierte 500 millones en su planta de Hamburgo” [En línea] *Europa Press*. Hamburgo, Abril 2016. Disponible en: <http://www.europapress.es/motor/coches-00640/noticia-mercedes-benz-invierte-500-millones-planta-hamburgo-20160428182721.html>. [Consulta: 19/06/2016].

[16] E. Cano, “Los coches conducirán solos pero no antes de 2030” [En línea] *ABC*. Madrid, Diciembre 2015. Disponible en: http://www.abc.es/motor/reportajes/abci-conduccion-autonoma-coches-conduciran-solos-pero-no-antes-2030-201512172337_noticia.html. [Consulta: 18/06/2016].

[18] A. Eskandarian (Ed.), *Handbook of Intelligent Vehicles*, Vol. 2. Londres: Springer, 2012.

- [19] Dirección General de Tráfico, *DGT*, <<www.dgt.es>> [En línea]. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2016/20160104-nuevo-minimo-historico-numero-victimas-mortales-accidente-desde-1960.shtml>. [Consulta: 18/06/2016].
- [20] J. Millas, “El factor humano de los accidentes” [En línea] *El País*. Disponible en: http://elpais.com/diario/1984/07/01/sociedad/457480803_850215.html. [Consulta: 17/06/2016].
- [21] K. Bengler, K. Dietmayer, B. Färber, M. Maurer, C. Stiller, H. Winner, “Three decades of Driver Assistance Systems, *IEEE Intelligent Transportation Magazine*, vol. 6, N° 4, Invierno 2014.
- [22] M. Aga, A. Okada, “Analysis of vehicle stability control (VSC)’s effectiveness from accident data” Disponible en: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv18/cd/files/18ESV-000541.pdf>. [Consulta: 18/06/2016].
- [23] M. Elbanhawi, SAMME, RMIT Univ., Bundoora, VIC, Australia, M. Simic, R. Jazar, “In the passenger seat: investigating ride comfort measures in autonomous cars”, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 7, N° 3, Otoño 2015.
- [24] M. C. G. da Silva, “Measurements of comfort in vehicles”, *Meas. Sci. Technol.*, vol. 13, N° 6, p. R41, 2002.
- [25] “Europa apuesta por hacer obligatorios los sistemas de seguridad activa” [En línea] *Autónomos en ruta*. Disponible en: <http://www.autonomosenruta.com/transporte-mercancias/sector/camion-normativa-europea-de-seguridad/>. [Consulta: 19/06/2016].
- [26] M. Roser, A. Geiger, “Video-based raindrop detection for improved image registration”, *Proc. ICCV Workshop Video-Oriented Object Event Classification*, Kyoto, pp. 570-577, Septiembre 2009.
- [27] Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland, *SIM-TD*, <<www.simtd.de >> [En línea]. [Consulta: 19/06/2016].
- [28] Kooperative Sensorik und kooperative Perzeption für die Präventive Sicherheit im Straßenverkehr, *KO-FAS*, <<www.kofas.de>> [En línea]. [Consulta: 19/06/2016].
- [29] K. D. Kusano, H. C. Gabler, “Safety benefits of forward collision warning, brake assist, and autonomous braking systems in rear-end collisions”, *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.*, vol. 13, N° 4, pp. 1546-1555, 2012.
- [30] R. Jiménez Cano, “Los humanos evitaron 13 accidentes del coche sin conductor de Google” [En línea] *El país*, Enero 2016. Disponible en: http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2016/01/14/actualidad/1452751197_810350.html. [Consulta: 18/06/2016].

- [31] D. Manstetten, K. Bengler, F. Busch, B. Färber, C. Lehsing, A. Neukum, I. Petermann-Stock, T. Schendzielorz, “UR:BAN MV – a German project focusing on human factors to increase traffic safety in urban áreas”, *ITS World Congress*, Tokyo, Octubre 2013.
- [32] D. Clavero, “Proyecto UR:BAN, el vehículo se hace inteligente en las grandes urbes” [En línea] *Diario Motor*, Mayo 2014. Disponible en: <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2014/05/16/proyecto-urban-el-vehiculo-se-hace-inteligente-en-las-grandes-urbes/>. [Consulta: 20/06/2016].
- [33] N. Kämpchen, P. Waldmann, F. Homm, M. Ardelt, “Umfelderfassung für den Nothalteassistenten – ein System zum automatischen Anhalten bei plötzlich reduzierter Fahrtätigkeit des Fahrers”, *Tagungsband AAET-Kongress Braunschweig*, 2010.
- [34] “¿Cómo es el coche más deseado de España? El confort gana a la seguridad.” [En línea] *Direct Seguros*, Septiembre 2015. Disponible en: http://blog.directseguros.es/tendencias_sector/como-es-el-coche-mas-deseado-en-espana-el-comfort-gana-a-la-seguridad/. [Consulta: 19/06/2016].
- [35] Wikipedia, <<es.wikipedia.org>> [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci%C3%B3n>. [Consulta: 18/06/2016].
- [36] R. Ostermeier and G Ruehl, “Method for controlling a ventilation/air-conditioning system of a vehicle, and vehicle having such a ventilation/air-conditioning system”, US 20160052363 A1, Feb. 25, 2016.
- [37] J.C. Rollinson and A.D. Wallington, “Automatic recirculation control for vehicular HVAC system”, US 2014083672 A1, Mar. 27, 2014.
- [38] W. Mayer, M. Markowitz and D. Fischer, “Vehicle air conditioning system and method for operating such a system”, US 2015328954 A1, Nov. 19, 2015.
- [39] B.R. Errington and J. Kanemaru, “Heating, ventilation and air conditioning system and method”, US 7156167 B2, Jan. 2, 2007.
- [40] M. Fard, L. Lo, A. Subiz, R. Jazar, “Effects of seat structural dynamics on current ride comfort criteria”, *Ergonomics*, vol. 57, N° 10, pp. 1-13, 2014.
- [41] A. M. Bronstein, J. F. Golding, M. A. Gresty, “Vertigo and dizziness from environmental motion: Visual vertigo, motion sickness, and drivers’ disorientation” *Semin Neurol*, vol. 33, pp. 219-230, Septiembre 2013.
- [42] “El asiento del coche es una obra de ingeniería infravalorada: así es como influye en su funcionamiento.” [En línea] *Motor Pasión*, Abril 2016. Disponible en: <http://www.motorpasion.com/espaciotoyota/el-asiento-del-coche-es-una-obra-de-ingenieria-infravalorada-asi-es-como-influye-en-su-funcionamiento>. [Consulta: 19/06/2016].
- [43] M. Diop and C.J. Hosbach, “Multi-contour bladder system”, US Patent 9126515 B2, Sep. 8, 2015.

- [44] D. Feichtiger, W. Schroeder, S. Klink, U. Manzke, M. Lindmayer and U. Ebbeskotte, “Contour adjustable seat vehicle with several inflatable air chambers”, DE 19534660 C1, Feb. 20, 1997.
- [45] S. Friederich, W. Schiele and G. Weiser, “Seat for a vehicle, particularly passenger car, has backrest, in which massage device is integrated, where massage device has multiple pressurizable elements for influencing seat contour”, DE102010008939 A1, Aug. 25, 2011.
- [46] K. Kurtovic and J.W. Sosnowski, “Methods and systems providing seat ventilation”, US 8775022 B2, Jul. 8, 2014.
- [47] D. Raith, “Air-conditioning device for exhibiting seat arrangement of motor vehicle, has control device for performing controllable surface heating, where surface heating is controllable depending on seat occupancy or belt detection”, DE102012019278 A1, Mar. 21, 2013.
- [48] Y. Molin, “Seat with ventilating system adapted for detecting presence on said seat”, WO 2015042795 A1, Apr. 2, 2015.
- [49] U. Gussen, F. Stefan, C. Arndt and T Rambow, “Method and system for detecting and alleviating neck discomfort of a motor vehicle occupant”. US 20140350411 A1, Nov. 27, 2014.
- [50] H. Asada, K. Cho and B. Roy, “Rapid heating, cooling and massaging for car seats using integrated shape memory alloy actuators and thermoelectric devices” US 20050253425 A1, Nov. 17, 2005.
- [51] A. Sacks and J.A. Line, “Vehicle seating assembly with multi-contour system”, US 20150251580 A1, Sep. 10, 2015.
- [52] N. Gandhi Umesh, “Seat assemblies for vehicles”, US 7729828 B2, Jun. 1, 2010.
- [53] A.L. Browne, N.L. Johnson, P.D. Zavattieri, U.I. Ukpai, J.C. Ulicny, J.A. Cafeo, R.A. Glaser, G.L. Jones, J.Y. Khoury, C.A. Perelli, W.R. Rodgers and X. Gao, “Active material based conformable and reconfigurable seats”, US 7758121 B2, Jul.20, 2010.
- [54] M. Milgram, D. Dumoncel, C. Achard and W. Ivaldi, “Method of detecting bends on a road and system implementing same”, US 7689002 B2, Jul. 15, 2004.
- [55] F. Gesele and H. Maier, “Method for detecting laterally inclined bends”, US 6175781 B1, Jan. 16, 2001.
- [56] D. Ammon, C.M. Hainbuch and M. Rau, “Method for determining a target curve incline of a motor vehicle during traveling of a curved roadway section”, DE 102012024984 A1, Jul. 7, 2012.
- [57] B. Bradai, A. Herbin, M. Basset and J. P. Lauffenburger, “Method for the anticipated ascertainment of a bend on a portion of road and associated system”, US 8433510 B2, May 31, 2012.

- [58] E. Katz, K.P. Kuhn, J. Schrader and W. Schroeder, "Method for adapting body support of a passenger seated in a vehicle seat in terms of vehicle movements dynamics and corresponding vehicle seat", US 6873892 B2, Jan. 30, 2003.
- [59] T. Kashiwamura and R. Iwasaki, "Pneumatically controlled vehicle seat", DE 3541537 A1, Jun. 19, 1986.
- [60] K.P. Kuhn, H. Schmidt, H. Gimmler, W. Reichelt, F. Fruehauf and T. Schneider, "Method for adjusting the side support of a vehicle seat", DE 19750223 A1, Jun. 2, 1996.
- [61] Comisariado Europeo del Automóvil, CEA, <<www.cea-online.es>> [En línea]. Disponible en: <http://www.cea-online.es/reportajes/seguridad.asp>. [Consulta: 18/06/2016].
- [62] C.M. Rockwell, D.J. Krueger, JR, A. Viswanathan and D.J. Wiegand, "Vibratory alert patch", US 20140008948 A1, Jan. 9, 2014.
- [63] Y. Fujii, "Vehicle speed controller for vehicle with navigation system", DE 4201142 A1, Aug. 20, 1992.
- [64] O. Schaal and G. Kroener, "Method for automatically adjusting a headrest of a motor vehicle seat, and device for carrying out said method", US 8433482 B2, Apr. 30, 2013.
- [65] S. Kim, J. Kim and S. Hong, "Driver monitoring system", EP 2952403 A3, Dec. 9, 2015.
- [66] Y. Shimizu, T. Sunda, S. Mori, H. Miura and Y. Fukuyama, "Driver's fatigue degree estimation apparatus and driver's fatigue degree estimation method", US 20150164400 A1, Jun. 18, 2015.
- [67] L. Buerkle, C. Glaeser and T. Michalke, "Method for evaluating the behaviour of a driver in a vehicle", WO 2015074798 A1, May 28, 2015.
- [68] F. Tseng, H-H. Yang and K.O. Prakah-Asante, "Vehicle operator monitoring and operations adjustments", US 20150246673 A1, Sep. 3, 2015.
- [69] K. Fung and T.J. Dick, "System and method for responding to driver's behavior", US 8698639 B2, Aug. 23, 2012.
- [70] "Encefalograma en el coche para detectar que te estás durmiendo." [En línea] *Hipertextual*, Agosto 2011. Disponible en: <http://hipertextual.com/2011/08/electroencefalograma-deteccion-conductor-durmiendo>. [Consulta: 18/06/2016].
- [71] K.H. Lee and S. Yang, "Method and apparatus for quantitatively evaluating mental states based on brain wave signal processing system", WO 2008091323 A1, Jul. 31, 2008.
- [72] T.J. Sullivan, "Low-leakage ESD structure for non-contact bio-signal sensors", US 8780512 B2, Oct. 24, 2012.