

GUÍA DE RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO ACCESIBLE

V1.0 Febrero 2017



eVIA

Plataforma de Tecnologías
para la Salud y la Vida Activa
e Independiente

M2F

Move to Future
Plataforma de Automoción

Acción financiada por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y la Fundación ONCE:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



GUÍA DE RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO ACCESIBLE

LISTADO DE ENTIDADES COLABORADORAS	3
LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	4
LISTADO DE FIGURAS.....	5
INTRODUCCIÓN	6
I. INTRODUCCIÓN.....	7
I.1. Contexto actual	7
I.2. Propósito General de la guía	7
I.3. Foco tecnológico de la guía.....	8
I.4. Grado de especificación	8
II. TIPOLOGÍA DE LIMITACIÓN O DISCAPACIDAD	10
II.1. Movilidad reducida.....	10
II.2. Discapacidad o Deficit Auditivo.....	10
II.3. Discapacidad Cognitiva	10
II.4. Deficiencia visual.....	11
RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO ACCESIBLE	12
III. RECOMENDACIONES A LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA.....	13
III.1. Componentes del vehículo autónomo.....	13
III.2. Componentes de la seguridad vehicular	16
III.3. Componentes de información visual.....	19
IV. RECOMENDACIONES A LOS DESARROLLADORES DE SISTEMAS TIC	22
IV.1. Canales de interacción de entrada del conductor al sistema TIC	22
IV.2. Canales de interacción de salida del sistema TIC	24
IV.3. Interacción desde dispositivos externos: interoperabilidad	25
V. RECOMENDACIONES A DISEÑO ERGONOMÍA DEL VEHÍCULO	28
V.1. Acceso al vehículo	28
V.2. Ergonomía del habitáculo.....	31
V.3. Ergonomía de los componentes de conducción	38
V.4. Interface HMI	39

LISTADO DE ENTIDADES COLABORADORAS

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE EQUIPOS Y COMPONENTES PARA AUTOMOCIÓN – SERNAUTO
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ELECTRÓNICA, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, TELECOMUNICACIONES Y CONTENIDOS DIGITALES – AMETIC
- CENTRO TECNOLÓGICO DE AUTOMOCIÓN DE GALICIA – CTAG
- ILUNION
- FUNDACIÓN ONCE
- INSTITUTO BIOMÉCANICO DE VALENCIA – IBV
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID - UPM

LISTADO DE ACRÓNIMOS

V2X - Información transmitida desde otro vehículo o infraestructura

ADAS - sistemas de ayuda al conductor

PMR - Personas con movilidad reducida

MPV - Multipurpose Vehicle

CRC - Reconocimiento de Conductores

BAS - Sistema de asistencia en la frenada

ESC - Sistema de control de estabilidad

AFS - Sistemas avanzados de iluminación

AACC - Sistema avanzado de control de crucero

LDW - Sistema de aviso de salida de carril

DMS - Sistema de control del conductor

ISA - Sistema inteligente de adaptación de la velocidad

HMI - Human Machine Interface

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1 - Ensayo de verificación de la resistencia de los sistemas de retención para PMR.

Fig. 2 - Ejemplo de adaptación.

Fig. 3 - Espacio ocupado por conductores de diferentes envergaduras y ángulo de visión (izquierda) y representación aproximada de los rangos articulares de confort.

Fig. 4 - Esquema general de rango angular para la ergonomía vehicular.

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Contexto actual

En España hay 3.850.000 personas que afirman tener alguna discapacidad. De ellos, **tan sólo un 4,6% dispone de un vehículo propio adaptado**. Esta situación es originada por causas principalmente de índole económica. El precio total de la adaptación de un turismo convencional es elevado cuando no ha sido inicialmente diseñado bajo los criterios básicos de accesibilidad. Si bien las Administraciones Autonómicas y Locales cuentan con Programas de concesión de ayudas tanto para la compra de un vehículo adaptado, como para el proceso de adaptación de un turismo convencional, éstas no son suficientes para que un usuario con dichas necesidades y con un nivel adquisitivo medio se decida a adquirir un vehículo propio de estas características, limitándose, en muchas ocasiones, al uso del transporte público, que cuenta con un grado de accesibilidad suficiente hoy en día, o a la ayuda de personas cercanas para su desplazamiento.

Otro elemento relevante es la barrera educacional. La conciencia civil y consideración del resto de conductores hacia los usuarios con este tipo de limitaciones es, en general, insuficiente. Debe instaurarse la percepción de que el medio de transporte privado y sus infraestructuras son un servicio en el cual **deben co-existir de manera natural y transparente todo tipo de usuarios**, independientemente de sus características o limitaciones físicas o cognitivas.

Teniendo en cuenta estas barreras, se debe trabajar para alcanzar un objetivo en el que el uso de todo tipo de transporte debe ser garantizado a cualquier persona, con independencia de sus características o situación física o psíquica, siempre bajo unas condiciones suficientes de seguridad, comodidad y eficacia, **y esto incluye al transporte privado**.

I.2. Propósito General de la guía

De las barreras mencionadas anteriormente, la económica es sin duda la que supone un mayor obstáculo a la hora de incrementar el número de usuarios de vehículos adaptados en España.

Es por ello, que esta guía centra su esfuerzo en facilitar un **catálogo de recomendaciones para aquellos actores involucrados en el diseño y fabricación de los diferentes componentes de un vehículo**, para que bajo el concepto universal del “*diseño para todos*” tengan en cuenta los aspectos fundamentales de la accesibilidad **tanto física como de los sistemas a bordo basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)**. La aplicación de estas recomendaciones desde la etapa inicial de diseño permite simplificar el proceso de fabricación de un *coche accesible genérico* desde cero, que cubra el mayor rango posible de necesidades y que afecten a la mayor parte de los colectivos con discapacidad, así como la adaptación posterior del mismo a las particularidades específicas de cada usuario si así fuera requerido, abaratando el coste total de dicha adaptación.

Si bien, la aplicación de estas recomendaciones es ya en sí un motivo de estudio para la industria de la automoción de cara a conquistar un mercado potencial de alrededor de 4 millones de personas (no obstante el mercado es mayor ya que estos vehículos podrían ser conducidos también por una persona que no tenga ninguna minusvalía, únicamente desconectando los mecanismos especiales), ésta debe seguir acompañada por incentivos por parte de la Administración Pública a la fabricación de vehículos accesibles o “para todos” de cara a aumentar la inercia y velocidad de su implantación a nivel nacional.

1.3. Foco tecnológico de la guía

El transporte accesible tiene una serie de exigencias lógicas que se refieren, tanto a los **vehículos**, como a las **infraestructuras** de transporte, y a los **dispositivos de enlace** entre ambos. Esta guía de recomendaciones se centra, principalmente, **en el primero de estos tres elementos, y en menor medida en el tercero.**

Las recomendaciones que se exponen en este documento han sido categorizadas según los siguientes criterios:

Tipología de componentes clasificados en:

- *electrónicos*
- *sistemas software*
- *ergonómicos*

Tipología de limitación o discapacidad¹:

- *movilidad reducida*
- *Discapacidad auditiva*
- *Discapacidad visual*
- *Discapacidad cognitiva/emocional*

Cada apartado incluido en la guía sigue este esquema general si bien en algunos de los componentes específicos no aplicarán cierto tipo de limitaciones o viceversa. (Por ejemplo, las recomendaciones asociadas al diseño de la ergonomía del vehículo serán un factor clave en cuanto al tipo de limitación de movilidad reducida pero no tanto a la cognitiva emocional).

1.4. Grado de especificación

Las recomendaciones de esta guía han sido redactadas por un grupo de expertos provenientes de los dos sectores que confluyen en este caso: la **industria de la automoción y el sector de la TIC aplicadas a la Salud, la Accesibilidad**, aglutinados a nivel nacional a través de la Plataforma **Tecnológica “Move to Future: M2F”** y la Plataforma de Tecnologías para la Salud y la Vida Activa e Independiente **“eVIA”**.

¹ Cada una de las limitaciones nombradas han sido descritas de manera más específica en el capítulo 2 de este documento con el fin de que el lector sea plenamente consciente de los usuarios incluidos en las mismas.

Los perfiles heterogéneos que han colaborado en la redacción de esta guía incluyendo representantes de la comunidad científica, la industria de la automoción, la industria de las TIC aplicadas a la Salud y la Accesibilidad, y no menos importante, los organismos y asociaciones de usuarios finales, permiten que este documento sea un resultado de alto valor cualitativo.

Se ha de tener en cuenta que esta guía está diseñada para ser **un documento de soporte fundamentalmente práctico** a las diferentes empresas fabricantes del sector de la automoción con la finalidad de que de manera lo más sencilla posible adapten sus procesos de diseño y fabricación conforme a las recomendaciones aquí vertidas. **No es objetivo de la guía el ser demasiado específica en dichas recomendaciones**, sino ofrecer un marco general de actuación alineado con el marco regulatorio definido por el Real Decreto 866/2010 y su manual de reforma de vehículos y la normativa UNE 26494, que regula el transporte de personas con movilidad reducida en vehículos y que sirve como referencia para que el transporte adaptado cumpla con los requisitos técnicos en materia de seguridad, eficacia y confort.

II. TIPOLOGÍA DE LIMITACIÓN O DISCAPACIDAD

II.1. Movilidad reducida

Las personas de movilidad reducida son aquellas personas que tienen limitadas, temporal o permanentemente, las posibilidades de desplazarse o moverse, para lo cual es dependiente de otras personas (cuidadores), o de ayudas técnicas.

En este grupo se incluyen tanto de aquellos que tienen una discapacidad relacionada con la movilidad (paraplejía, tetraplejía, problemas óseos, etc.) como de quienes tienen dificultades por otros motivos (ancianos, embarazadas, etc.).

II.2. Discapacidad o Deficit Auditivo

La discapacidad auditiva se refiere a la falta o disminución para oír, esto debido a la pérdida en algún lugar del aparato auditivo. La Pérdida auditiva puede ser de leve (ligera) a moderada (media); no obstante, resulta funcional para la vida diaria; siendo necesario el uso de auxiliares auditivos, entre otros elementos para optimizar los restos auditivos.

La discapacidad auditiva aparece como invisibles ya que no aparece como características físicas evidentes. Se hace notoria fundamentalmente por el uso del audífono y en las personas que han nacidos sordas o han adquirido pérdida auditiva a muy temprana edad.

Las personas sordas tienen a su disposición la visual, por este motivo su lengua natural es visual gestual como la lengua de señas y no la auditiva verbal, como el lenguaje oral.

II.3. Discapacidad Cognitiva

Consiste en una disminución de las habilidades cognitivas e intelectuales del individuo. Las personas con discapacidad cognitiva tienen dificultades principalmente en el desarrollo de la inteligencia verbal y matemática.

Las personas con discapacidad cognitiva muestran una o más de las siguientes características en un largo periodo de tiempo:

- Falta de habilidad para aprender que no puede ser explicada por los factores intelectuales, sensoriales o de salud.
- Tipos de comportamiento o sentimientos inadecuados bajo las circunstancias normales.
- Discapacidad de aprendizaje específica tiene un desorden de entendimiento o para usar el lenguaje.
- Dificultad para escuchar, pensar, hablar, leer, escribir, deletrear, o resolver problemas matemáticos.
- Desórdenes de comunicación como tartamudeos u otros problemas de habla.

Entre las más conocidas discapacidades cognitivas están: El Autismo, El síndrome Down, Síndrome de Asperger y el Retraso Mental.

II.4. Deficiencia visual

Entre los extremos de la visión normal y la ceguera (ausencia total de visión) se sitúan una amplia gama de situaciones visuales que denominamos como deficiencia visual, deficiencia visual grave o baja visión. En todos estos casos los parámetros en los que nos fijamos para considerar la deficiencia visual son la agudeza visual (nitidez con la que se ve un determinado objeto a una determinada distancia) y campo visual (amplitud, expresada en grados, con la que vemos el mundo que se sitúa delante de nuestros ojos).

En cualquier caso, cuando hablamos de deficiencia visual estamos hablando de personas que tienen reducida o muy reducida su capacidad visual, aún y cuando usen lentes correctoras de su problemática visual, y que no son susceptibles de tratamiento quirúrgico, provocando serias limitaciones en muchos aspectos de su vida diaria

RECOMENDACIONES PARA LA
FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO
ACCESIBLE

III. RECOMENDACIONES A LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA

III.1. Componentes del vehículo autónomo

III.1.1. INTRODUCCIÓN

III.1.1.1. Una oportunidad

Los últimos meses, todos los medios y foros especializados de automoción mencionan las grandes ventajas de los futuros coches con una conducción autónoma (o más autónoma), en especial para la mejora de la seguridad y la reducción del estrés de los conductores, pero pocos medios mencionan que puede ser una oportunidad única para cambiar la vida de mucha gente con algún tipo de discapacidad, proporcionándoles un mucho mayor grado de independencia. Un vehículo de conducción autónoma puede proporcionar grados de libertad a personas con discapacidad no imaginables hasta el momento.

Las nuevas tecnologías pueden también proporcionar una solución para el aparcamiento de los vehículos conducidos por personas con minusvalías, pudiendo dejar a las personas en el punto más conveniente o accesible y el vehículo buscar su zona de aparcamiento de forma automática.

Si bien es cierto que en los últimos años se ha avanzado en la adaptación de vehículos para conductores con un cierto tipo de discapacidades, en los casos de algunas deficiencias como las visuales el avance ha sido nulo por la imposibilidad de obtención del carnet de conducir.

Cuando una gran mayoría de las tecnologías están aún en desarrollo, es una oportunidad única para que ellas puedan desarrollarse teniendo en cuenta las necesidades de los colectivos afectados por algún tipo de discapacidad.

No tenemos que pensar que las ventajas de la conducción más autónoma sólo se conseguirán en el momento en el que el vehículo pueda funcionar completamente sin conductor, ya que en este caso es probable que tengamos que esperar una completa generación. Actualmente no sólo la tecnología aún requiere un conductor que pueda tomar el control en caso necesario sino que la legislación actual en la mayoría de los países también lo requiere.

Tenemos que asegurar que en cada una de las fases en las que la automoción se va haciendo más autónoma, también se va progresando como mínimo a la misma velocidad en la incorporación de ayudas para los conductores afectados por algún tipo de discapacidad.

Todo el potencial de la conducción autónoma no se materializara sino se legisla y se regula pensando en las personas discapacitadas desde las primeras etapas de adopción de la tecnología.

III.1.1.2. Fases para una conducción más autónoma

Niveles de conducción autónoma:

No es necesario un cambio de legislación:

Guía de recomendaciones para la fabricación del vehículo accesible

- Nivel 0 → Sin funciones automatizadas (plena atención del conductor)
- Nivel 1 → Funciones de asistencia al conductor. P. ej.: control adaptativo de velocidad (plena atención del conductor)
- Nivel 2 → Sistema de ayuda al conductor que controla velocidad y cambio de carril en determinadas situaciones (plena atención del conductor)

Hay que cambiar la legislación actual

- Nivel 3 → Plena automatización sin control del conductor en determinadas situaciones, pero se puede requerir la actuación del conductor (se puede desviar momentáneamente la visión de la carretera)
- Nivel 4 → Plena automatización en determinadas situaciones sin intervención del conductor (se puede desviar la mirada y la atención hacia otra actividad)
- Nivel 5 → Plena automatización en cualquier circunstancia (se puede desviar a la atención a otra actividad durante todo el trayecto).

III.1.2. PROBLEMÁTICAS Y RECOMENDACIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE DISCAPACIDAD

Con la progresiva evolución hacia vehículos con una conducción más autónoma, es importante reflexionar como se tienen que adaptar las tecnologías a las necesidades de cada tipo de discapacidad.

La progresiva incorporación de las tecnologías de información, conlleva un mayor grado de ajustes programables por el usuario de forma que cada vez sea menos necesario el desarrollo o adaptación de coches especiales sino que con una buena concepción desde el origen se deben concebir vehículos genéricos que pueden ser adaptables a cierto tipo de necesidades específicas, y ser ajustables por el mismo usuario. Las ayudas a la discapacidad tienen que estar presentes ya en los niveles 1, 2 & 3 del apartado anterior.

[III.1.2.1. Movilidad reducida](#)

Personas con silla de ruedas deberán de tener el vehículo adaptado con rampas, correas o plataformas para entrar o salir del mismo. Estas ayudas a los accesos podrán ser automatizadas para optimizar su actuación con el menor esfuerzo físico posible.

Asimismo las nuevas tecnologías de interfase de usuario deberán facilitar la adaptación a la actuación sobre el vehículo a los distintos grados de discapacidad. P. ej.:

- Adaptaciones de frenos actuales a las extremidades superiores, sustituidos por sistemas electrónicos que se pueden actuar sin esfuerzo, visión u otros impulsos eléctricos.
- Sistemas de embrague adaptados al volante sustituido por sistemas de cambio automático.
- Control con los pies de la dirección del vehículo para personas sin las extremidades superiores.
- Adaptación de los controles del vehículo a los sistemas de reconocimiento de voz

III.1.2.2. Discapacidad auditiva

La discapacidad auditiva tiene que ser compensada por otros sentidos o por sistemas que la puedan sustituir en todo o en parte.

En los vehículos convencionales la adición de espejos adicionales puede proporcionar una mayor información del entorno compensando la pérdida de percepción auditiva. Las nuevas tecnologías de ayuda al conductor pueden proporcionar señales visuales al conductor en situaciones de peligro, no sólo en base a la información obtenida por cámaras y radares, sino también por medio de sensores acústicos o información transmitida desde otro vehículo o infraestructura (V2X). P. Ej. aviso visual del acercamiento de un vehículo de emergencia (ambulancia, bomberos,...)

Capacidad que pueda ser seleccionable por el usuario la conversión de todos los avisos acústicos del vehículo en avisos visuales en algunos de los paneles de información en el campo de visión del conductor

III.1.2.3. Discapacidad cognitiva

Si bien pueden existir muchos tipos de discapacidades cognitivas, y que en muchas de ellas será difícil la toma de control total o parcial del vehículo, hay que considerar que el desarrollo de las tecnologías basadas en la detección de la atención del conductor (detección de somnolencia, índice de distracción, reconocimiento facial y de atención, ...) pueden proporcionar un elemento adicional de seguridad para situaciones determinadas de riesgo dentro de este colectivo.

III.1.2.4. Deficiencia visual

Conductores con una reducción de su función de visión podrían acceder a la conducción con la mayor incorporación de funciones de ayuda al conductor ADAS, pero las personas con pérdida total de la visión no podrán tomar el control de un vehículo hasta la completa evolución de la conducción autónoma. En algunos casos se han realizado pruebas piloto que lo han hecho posible, pero la tecnología aún no está disponible para su despliegue.

En los casos con una cierta deficiencia visual es fundamental, para permitir la conducción que exista la capacidad para que pueda ser seleccionable por el usuario la conversión de todos los avisos visuales del vehículo en avisos acústicos, para todos los mensajes de los sistemas de ayuda al conductor ADAS (detector ángulo muerto, detección peatones, ciclistas, aviso de colisión,...).

Los controles del vehículo deberán incorporar un sistema de reconocimiento de voz y/o postural para facilitar la interfase con el usuario.

III.1.3. LEGISLACIÓN Y POLÍTICAS

Tradicionalmente la legislación ha ido por detrás de la tecnología es muy importante que en las distintas fases de la evolución hacia una conducción más autónoma esta siga su evolución muchos de los términos y definiciones actuales. Toda la legislación actual está basada en la definición de “conductor” como el que actúa sobre todos los elementos electromecánicos que dirigen la trayectoria y la cinemática del vehículo,

hay que redefinir este término basado en la progresiva automatización de la conducción, no solamente en cuanto a la redefinición de responsabilidades sino también en cuanto a los requerimientos.

¿Qué examen de conducción tiene que superar una persona con discapacidades pero que esté capacitado para llevar un vehículo autónomo que cubra parte de sus funciones?

¿Es conductor el que en un futuro programe el destino en un coche con conducción completamente autónoma?

III.2. Componentes de la seguridad vehicular

III.2.1. LA SEGURIDAD EN TRANSPORTE POR CARRETERA

El concepto PMRs (Personas con movilidad reducida) es un concepto inclusivo que da cobertura a un amplio panorama de circunstancias que hacen que una persona tenga sus capacidades de desplazamiento/sujeción mermadas. Estas circunstancias pueden hacer que precisen de ayudas al desplazamiento (e.g. sillas de ruedas), que su capacidad para mantenerse sujeto en un vehículo sea insuficiente para las maniobras habituales del mismo o que su capacidad para realizar una evacuación de emergencia sea insuficiente. Se considera también relevante, aunque no directamente ligado a las circunstancias del transporte, la posibilidad de que las personas del mencionado colectivo PMR puedan sufrir caídas o accidentes en los accesos/salidas al/del vehículo directamente relacionadas con sus circunstancias de movilidad limitada.

Por otra parte, la sociedad actual ha asumido, como un derecho de las personas, la no exclusión por ninguna causa médica, física, de raza, etc y el concepto de no exclusividad, unido al de transporte universal, debe perseguir como objetivo final, con las consabidas dificultades, un transporte único para toda la población.

Unido a las necesidades descritas se encuentra el estado actual de avance de las tecnologías en seguridad de los vehículos, que han hecho que en el caso de los vehículos automóviles se alcancen unos niveles de seguridad garantizados por unas reglamentaciones muy exigentes y cuyos ensayos conllevan unos costes difícilmente amortizables en series de vehículos o componentes reducidas.

Se plantea una problemática que es un reto tecnológico y social que debe llevar a realizar un planteamiento de seguridad que permita el uso y disfrute, por parte de todos los usuarios, de todos los medios de transporte por carretera. Esta problemática adquiere mayor relevancia, si esto es posible, en los turismos ya que son el tipo de vehículo que mayor movilidad genera y por tanto el que debe asumir mayores transformaciones para garantizar los mismos niveles de seguridad y movilidad para todos.

III.2.1.1. Normativa

Para definir las condiciones actuales de seguridad de los PMR viajando en turismos y sentados en sus sillas de ruedas, la Directiva 2007/46/CE [1], define en el anexo XI (vehículos especiales), apéndice 3 (vehículos accesibles en silla de ruedas), (modificado por el REGLAMENTO (UE) N°214/2014 [2] DE LA COMISIÓN de 25 de febrero de

2014), los requisitos necesarios aplicables a los vehículos de categoría M1 (turismos). En este apéndice, se definen los requisitos adicionales para someter a ensayo los sistemas de anclaje de la silla de ruedas y de retención del ocupante. Se fijan dos tipos de pruebas: unas dinámicas (Fig 3) según los requisitos de la norma ISO 10542 [2], y otras estáticas, basadas en los requisitos establecidos en el Reglamento 14 [4] (anclajes de los cinturones de seguridad). Adicionalmente el mismo apéndice 3 de la directiva en el punto nº 15 (asientos y sus anclajes), remite a la nota W₃, en la que indica que:

“Se comunicará de forma adecuada al propietario del vehículo que se recomienda una silla de ruedas con una estructura que cumpla la parte correspondiente de ISO 7176-19:2008 [5], a fin de ser capaz de resistir las fuerzas transmitidas por el mecanismo de anclaje durante las distintas condiciones de conducción”.

Todo este esfuerzo técnico-legislativo se ha realizado para posibilitar que los PMR viajen en sus sillas de ruedas con un cierto nivel de seguridad. Sin embargo, por los motivos ya mencionados en la introducción, no se exigen unos requisitos de protección basados en criterios biomecánicos en colisión frontal o lateral ni, evidentemente, se establecen ensayos de prestaciones por asociaciones de consumidores independientes como las organizaciones xxNCAP. Es decir, únicamente se requieren unas prestaciones de resistencia de los anclajes y sillas sin establecer objetivos de protección basados por ejemplo en los criterios de lesión actualmente aplicados al resto de los ocupantes (generando una segregación para los PMR, cuyo nivel de protección cada día está más distanciado del resto de los ocupantes). Es más se exime del obligado cumplimiento reglamentos que no tengan consecuencias de seguridad para terceros.



Fig 3: Ensayo de verificación de la resistencia de los sistemas de retención para PMR (²).

III.2.1.2. Vehículos

² imagen reproducida con permiso de Forankra España

Los vehículos actuales son concebidos para un público con un elevado nivel de movilidad tanto desde el punto de vista del acceso, como del de su seguridad.

Los vehículos “adaptados” con ayudas técnicas aprobadas (aros de aceleración sobre el volante, pomos y horquillas anclados al aro del volante), conforme al manual de reformas de vehículos, presentan dudas razonables acerca de la reducción de la eficacia de los sistemas de seguridad (e.g. airbags) cuando una persona ocupa su plaza sentado en su silla de ruedas. Existen posibles interferencias entre las ayudas y los mencionados sistemas que pueden reducir o limitar su eficacia Fig 4.



Fig 4: Ejemplo de adaptación. ⁽³⁾

Señalar que, como ya ha sido mencionado, es posible homologar un vehículo adaptado para cierta movilidad, eximiéndolo de determinados reglamentos, siempre que ello no implique una disminución de la seguridad a terceros (e.g. resto de los ocupantes del vehículo).

Estos mismos vehículos adaptados, en especial sus asientos y sistemas de retención, no han sido “puestos a punto” para las prestaciones en colisión del vehículo, ni se le exige al conjunto del sistema de retención que garantice los niveles de protección, basados en la resistencia biomecánica de las personas, exigidos para el resto de la población.

III.2.1.3. Necesidades

En base a los argumentos expuestos y a la descripción de la situación actual, unidos a la cada vez mayor casuística de PMRs por el envejecimiento conocido de la población, se deduce la necesidad de invertir esfuerzos y recursos en mejorar la accesibilidad inclusiva de los vehículos mediante, entre otras medidas, la mejora de su seguridad.

Se precisan medidas y desarrollos destinados a armonizar las prestaciones y requisitos de protección de los vehículos para todos los colectivos, incluido, por supuesto el de PMRs.

³ Fuente: <http://curecmd.org/cmd-care/equipment/adapted-vehicles-and-driving>

Se trata de una necesidad conjunta de tecnología -vehículos/sistemas-, reglamentación – normativa de obligado cumplimiento y de evaluación de prestaciones- y de investigación –orientada a reducir la distancia entre los niveles exigidos para cada persona- que debe llevarse a cabo para mejorar la situación actual.

III.2.2. REFERENCIAS Y ENLACES DE INTERÉS

- [1] Directiva 2007/46/CE A 2007/46/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (Directiva marco).
- [2] REGLAMENTO (UE) Nº 214/2014 DE LA COMISIÓN de 25 de febrero de 2014 que modifica los anexos II, IV, XI, XII y XVIII de la Directiva 2007/46/CE
- [3] ISO 10542-1:2012 Technical systems and aids for disabled or handicapped persons -- Wheelchair tiedown and occupant-restraint systems -- Part 1: Requirements and test methods for all systems
- [4] Regulation UNECE R14 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to safety belt anchorages, ISOFIX anchorages systems and ISOFIX top tether anchorages
- [5] ISO 7176-19:2008 Wheelchairs -- Part 19: Wheeled mobility devices for use as seats in motor vehicles

III.3. Componentes de información visual (luces, cámaras, pilotos luminosos,...)

III.3.1. GENERALIDADES

En un vehículo, los componentes de información visual permiten obtener información del entorno durante la conducción, a la vez que señalar diferentes maniobras importantes para los vehículos próximos.

Pueden considerarse componentes de información visual los siguientes: faros, pilotos posteriores, cámaras ubicadas en el vehículo, displays y otros elementos de información interiores tales como cuadros de instrumentos, leds o indicadores interiores, etc.

Las tecnologías asociadas a estos elementos han evolucionado enormemente en los últimos años, lo que ha permitido su introducción cada vez mayor en segmentos medios y bajos. Como consecuencia, los costes asociados también han disminuido, permitiendo que sean soluciones más accesibles desde un punto de vista económico.

Estos sistemas tienen que cumplir con dos funciones esenciales:

- Permitir una correcta percepción del entorno durante la conducción, identificando los elementos, situaciones, obstáculos, comportamiento de otros vehículos, señalización existente, etc. que pueden afectar a la propia conducción del vehículo y a la toma de decisiones por parte del conductor.

- Mostrar la información necesaria al conductor de la manera más intuitiva y eficaz, evitando retrasos que impidan una toma de decisiones adecuada o distracciones que pueden afectar negativamente a la conducción e incluso provocar accidentes.

A continuación se describen las tecnologías existentes, así como las opciones más recomendables en relación a posibles colectivos con discapacidades:

III.3.2. FUNCIONES DE ILUMINACIÓN Y DE SEÑALIZACIÓN EN LOS VEHÍCULOS

En el caso de los faros de un vehículo, la tecnología ha evolucionado hacia iluminación adaptativa, que permite adaptar la forma del haz de luz a las condiciones de la carretera, mejorando sensiblemente las condiciones de visibilidad. También han surgido nuevas tecnologías, desde los faros halógenos y de xenón, a los faros LEDS o láser, éstos últimos con alcances que pueden llegar a 600 metros.

En cuanto a los pilotos, recientemente ha salido al mercado la aplicación de tecnología OLED, que además de tener menor consumo y mayor vida útil, proporcionan una iluminación más homogénea.

Estos sistemas avanzados ya disponibles en el mercado, mejoran sensiblemente las opciones de visualización y señalización para cualquier usuario, y por tanto también facilitan enormemente la conducción para aquellas personas con algún tipo de discapacidad visual (por ejemplo, mejorando la visión nocturna, aumentando la distancia visual, etc.).

III.3.3. CÁMARAS Y OTROS SENSORES DE MONITORIZACIÓN DEL ENTORNO

En aquellos casos donde la monitorización del entorno deba ser reforzada, existen multitud de sensores que permiten reconocer el exterior del vehículo y proporcionarle esta información al conductor. Así, la disposición de cámaras para visión trasera o para visión perimetral 360 grados, son una solución útil en casos de movilidad reducida o discapacidad auditiva, donde estos sistemas pueden actuar como mecanismos compensatorios (importantes en caso de discapacidad auditiva o visual), ampliando el campo visual y facilitando la identificación de objetos.

Adicionalmente, la fusión de datos entre diferentes tipos de sensores, además de las cámaras, tales como sensores radar, lidar o mapas digitales, permite procesar la información del entorno ofreciendo en tiempo real avisos e informaciones al conductor. Al utilizar información de varios sensores se consigue un alto grado de fiabilidad y eso permite reducir falsos positivos o no detecciones. En este sentido, los algoritmos están mejorando cada vez más en los últimos desarrollos, orientándose hacia las futuras funciones de conducción autónoma, con escenarios complejos donde el propio vehículo podrá tomar decisiones.

III.3.4. DISPLAYS, CUADROS DE INSTRUMENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE VISUALIZACIÓN EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO

Estos dispositivos de visualización de información interior deben mostrar la información de forma comprensible, intuitiva e incluso redundante en caso de necesidad. De hecho, una característica fundamental para poder mejorar la conducción por usuarios con diferentes necesidades es la capacidad de personalización o configuración que presentan estos dispositivos. Hoy en día, la información mostrada en displays, cuadros

de instrumentos, etc., ya permite en ocasiones particularizar mediante diferentes layouts el modo de visualización o la cantidad de información que prefiere el conductor (siempre respetando las informaciones obligatorias que exigen las normativas de aplicación).

Los fabricantes de vehículo o componentes, podrían extender estas opciones de personalización a suplir algunas carencias de los usuarios. Así, en el caso de una posible discapacidad auditiva, podrían activarse opciones de redundancia visual, para que la información de algunas funciones que se ofrecen habitualmente con señales sonoras, pase a indicarse con informaciones visuales. En el caso de discapacidad visual, se podrían combinar informaciones a través de diferentes displays integrados en el vehículo (display central, cuadro de instrumentos, head-up-display con proyección de información en parabrisas, etc.) con el fin de optimizar el acceso y permanencia de los datos necesarios durante las diferentes tareas de conducción.

IV. RECOMENDACIONES A LOS DESARROLLADORES DE SISTEMAS TIC

Las tecnologías de la información y las comunicaciones están cada vez más presentes en los vehículos. Éstas se utilizan, por ejemplo, para alertar del nivel de combustible o batería, para guiar al conductor hasta un destino previamente establecido o para consultar el estado del tráfico y de la climatología.

Para no excluir a ninguna persona de las posibilidades que ofrecen las TIC en la conducción, es importante contemplar requisitos de accesibilidad y diseño para todos en los servicios y dispositivos tecnológicos que se integren en los vehículos.

Se ha de tener en cuenta que los usuarios pueden ser personas con dificultades para moverse, para oír, para comprender algunos mensajes y, en menor medida, para ver, aunque se está avanzando para que la conducción sea posible a futuro sin necesidad de mirar a la carretera. Además, puede ocurrir que, debido a una incapacidad temporal o a una situación específica del viaje (entorno ruidoso, mala visibilidad, etc.), los conductores se enfrenten de igual modo a tales dificultades. Por tanto, sea por una limitación permanente o temporal, se debe garantizar que se pueda llevar a cabo una interacción adecuada con los sistemas TIC del vehículo.

En este capítulo se recogen las recomendaciones de accesibilidad que se han de contemplar para garantizar que la interacción entre el conductor y los sistemas TIC sea posible. En este aspecto es importante destacar que la accesibilidad de los sistemas TIC beneficiará también al resto de usuarios, no sólo al conductor.

Por un lado, se recogen las recomendaciones asociadas a los canales de entrada de información, distinguiendo entre la interacción por voz, interacción mediante pantalla táctil, interacción mediante otros sistemas físicos, tales como teclados o ruedas. Por otro lado, se aportan recomendaciones de accesibilidad asociadas a los canales de salida de información, distinguiendo entre la información visual, sonora y otros tipos de interacción.

Por último, se contemplan recomendaciones asociadas a la interacción desde dispositivos externos, como son los smartphones, ya que la interoperabilidad desde los dispositivos de usuario puede potenciar la accesibilidad a los sistemas TIC.

IV.1. Canales de interacción de entrada del conductor al sistema TIC

La interacción mediante comandos de voz se ha convertido en una opción muy interesante para los conductores, ya que evita distracciones asociadas a tener que teclear o interactuar con una pantalla táctil. Además, este modo de interacción resulta esencial para las personas que tienen dificultades asociadas al movimiento de la parte superior del cuerpo.

Para que la interacción mediante comandos de voz sea accesible, se han de tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. El sistema para activar la escucha de comandos de voz debe ser simple. Es decir, debe requerir de un movimiento leve o incluso, si es posible, se debe poder activar mediante el uso de una expresión clave.
2. El sistema debe mostrar que está a la espera de una instrucción de voz. Cuando el sistema esté pendiente de un comando de voz, debe indicárselo al conductor mediante una señal acústica, preferiblemente reforzada con una señal visual: locución o pitido acompañado de mensaje de texto, icono o piloto luminoso.
3. La interacción por voz debe ir acompañada de locuciones. De forma natural, cuando alguien habla, espera escuchar. Por este motivo, es importante que los resultados de la interacción por voz se muestren mediante mensajes locutados, aunque estos pueden ir acompañados por información visual mostrada en una pantalla.
4. La interacción por voz debe ser completa. El sistema debe estar preparado para que la interacción sea posible con la voz sin requerir al conductor que teclee textos. En caso de textos complejos, como pueda ser el nombre de una calle, debe permitir el dictado mediante deletreo.

IV.1.1. PANTALLAS TÁCTILES

Además de la interacción por voz, en los vehículos suelen integrarse pantallas para mostrar la información. Aunque la pantalla es un canal de salida de información, cuando ésta es táctil, se convierte en canal de entrada.

En el caso de las **pantallas táctiles**, se debe tener en cuenta:

1. La pantalla debe detectar el dedo del conductor, así como cualquier dispositivo apuntador que éste pueda emplear para interactuar con la misma.
2. La pantalla debe ser sensible. Es decir, no debe requerir que el usuario ejerza mucha presión.
3. La pantalla debe distinguir claramente las áreas activables de las que no lo son.
4. Las áreas activables deben tener un tamaño adecuado para que el usuario no deba realizar un movimiento fino para activarlas.
5. Las áreas activables deben estar separadas para que el usuario no pueda activar erróneamente una de ellas por encontrarse muy próxima a la que desea activar.
6. Los botones y elementos activables que incluyan texto deben ser más anchos que altos si la interfaz pertenece a un idioma cuya escritura sea horizontal.

Por último, en un vehículo se integran elementos físicos que permiten la entrada de información. Se pretende dar una pequeña guía de recomendaciones de estos

elementos, sin contradecir la cuantiosa normativa relacionada con la ergonomía en el automóvil que ya ha estudiado estos aspectos.

Para más detalles, se puede consultar el apartado 3 “Recomendaciones a diseño de ergonomía del vehículo”

Se refieren aquí recomendaciones sobre teclados y botones/ruedas.

IV.1.2. TECLADOS

1. Las teclas deberán distinguirse mediante el tacto, en este sentido una superficie ligeramente cóncava o rugosa mejorará su uso.
2. Se procurará disponer una separación entre las teclas para facilitar su accionamiento
3. Si las teclas contienen iconos deberá procurarse que sean representativas de sus funciones. También conviene que exista un contraste suficiente entre las teclas y los elementos circundantes, así como con los caracteres contenidos en las mismas.
4. Se valorará que el teclado pueda ser reubicable de forma que se adapte a las necesidades específicas del conductor.
5. Si se precisa una secuencia de teclas para ejecutar una acción se estudiará que el intervalo de tiempo sea lo suficientemente amplio para las personas con dificultad de movimiento que pudiesen requerirlo. Por otro lado, se debería ofrecer una solución alternativa si se requiere una pulsación simultánea de dos teclas para ejecutar una acción.
6. La superficie de presión de las teclas deberá contar con un tamaño que permita al usuario una pulsación firme y precisa.
7. La pulsación de un tecla no debe requerir una fuerza de accionamiento excesiva

IV.1.3. BOTONES / RUEDAS

No se recomienda la instalación de estos elementos puesto que precisan una destreza que algunas personas con deficiencia motriz no siempre tienen. En el caso de instalarlos, se deberían tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. Contarán con un diámetro y una profundidad (altura) adecuada para facilitar su accionamiento
2. Marcado de la posición relativa del botón de manera que sea suficientemente distinguible
3. Se encontrará suficientemente separado de los elementos circundantes
4. Se requerirá que la fuerza de giro no sea excesiva.

IV.2. Canales de interacción de salida del sistema TIC

Cuando se desarrolla software informático, se han de aplicar una serie de requisitos de accesibilidad para garantizar que la interacción con los productos de apoyo que emplean las personas con discapacidad, tales como lectores y magnificadores de pantalla, software de reconocimiento de voz o ratones especiales, es correcta. Estos requisitos de accesibilidad se recogen en las normas UNE 139802:2009, para sistemas operativos y software de escritorio, y UNE 139803:2012 para los contenidos web.

Se garantizará que el sistema TIC del vehículo sea plenamente accesible, en su defecto, habrá de ser compatible con los productos de apoyo que el usuario necesite.

Para garantizar que los canales de salida de información hacia el conductor sean accesibles, además de contemplar la información recogida en las citadas normas, se aconseja tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Toda la información sonora debe ser percibida de forma visual y viceversa. Si se emite un mensaje de forma verbal, éste debe ser mostrado en pantalla. Si aparece una señal luminosa, debe proporcionarse una alternativa sonora.
2. Para los mensajes escritos, debe proporcionarse una fuente grande y buen contraste entre letra y fondo. Se aconsejan opciones de personalización para tipo de letra y colores.
3. Todos los controles deben disponer de una etiqueta asociada. Es recomendable, además, acompañar las etiquetas textuales por iconos.
4. El volumen del sonido debe ser configurable. El conductor debe tener la posibilidad de modificar el volumen de los mensajes locutados y de otras señales sonoras.
5. Si se utilizan destellos luminosos a modo de alerta, se deben emplear distintos modos de parpadeo o de color para transmitir diversidad de mensajes. Se aconseja utilizar la pantalla para ampliar la información de la alerta transmitida mediante destellos.
6. En el caso de que se proporcione la síntesis de voz como canal de salida no visual de la información, ésta debe poder interrumpirse y repetirse cuando así lo requiera el usuario, siempre que lo permitan los requisitos de seguridad para la que ésta se emplee.
7. La síntesis de voz debe ser configurable, principalmente, en cuanto a la velocidad de lectura. Se pueden ofrecer otras características de personalización como son la entonación, voz masculina o femenina, etc.
8. Un proceso en varios pasos debe incluir una serie de mecanismos de navegación que permitan avanzar y retroceder entre los distintos pasos del proceso sin perder información.
9. El lenguaje empleado en el contenido textual, en las etiquetas de los controles de la aplicación y el verbalizado mediante la síntesis de voz, debe ser claro, careciendo de errores gramaticales, ortográficos y mecanográficos.

IV.3. Interacción desde dispositivos externos: interoperabilidad

Desde hace años, el terminal de acceso a los servicios digitales con un uso creciente en la sociedad es el teléfono inteligente o Smartphone, ya que los usuarios disponen de un equipo con gran capacidad que pueden llevar consigo en todo momento.

Los smartphones se emplean como dispositivos para interactuar con otros dispositivos y servicios digitales. Es decir, se busca la interoperabilidad entre los mismos.

En el ámbito de la conducción también se está empleando la interoperabilidad entre el vehículo y el dispositivo de usuario, por ejemplo, para abrir y cerrar las puertas o para saber dónde está aparcado el coche.

En cuanto a la accesibilidad de teléfonos móviles inteligentes, es importante destacar que en los últimos años se han dado pasos importantes. En concreto, las personas con discapacidad ya cuentan con una oferta creciente de terminales móviles que llevan integradas opciones de personalización y productos de apoyo que facilitan su uso: lectores de pantalla para personas ciegas, magnificadores y sistemas de alto contraste para personas con limitación visual, interfaces con elementos activables de gran tamaño y sistema de reconocimiento de voz para personas con limitaciones motrices, compatibilidad con prótesis auditivas para personas con audición parcial, etc.

Sobre la oferta disponible, se ha de tener en cuenta que, en primer lugar, son los dispositivos con sistema operativo IOS de la marca Apple los que destacan por su alto nivel de accesibilidad: iPhone/iPad. También existen terminales accesibles con el sistema operativo Android, aunque las características de accesibilidad más avanzadas se encuentran en las versiones 4.2 o superior.

No obstante, para que las personas con discapacidad puedan hacer uso de las posibilidades que ofrecen los teléfonos móviles inteligentes, además de disponer de características de accesibilidad en el hardware y en el sistema operativo del dispositivo, deben contemplarse características de accesibilidad en las aplicaciones móviles que se desarrollan para estos terminales.

A este respecto, las recomendaciones más relevantes a tener en cuenta para el desarrollo de aplicaciones nativas, son:

1. La navegación por la aplicación utilizando un producto de apoyo (lector de pantalla, barredor, etc.), debe ser consistente, asegurando que el foco accede a todos los contenidos.
2. Todos los controles de la interfaz deben poseer un texto o pictograma que ayude a identificar su función u objetivo.
3. Todo el contenido visual debe disponer de alternativa textual. En una interfaz software se utilizan imágenes e iconos para transmitir la información. A través de la capa de accesibilidad de la plataforma se puede asociar una alternativa equivalente.
4. El contenido audiovisual ha de ser accesible. Todo vídeo o animación debe poseer un mecanismo que permita acceder a una banda de audio que describa los diversos sucesos visibles en el contenido multimedia. De igual modo, toda reproducción de vídeo o animación con conversación y sonido debe contar con una banda subtitulada que describa las conversaciones y sonidos relevantes.
5. Las notificaciones visuales provocadas por la aplicación deben ir acompañadas de una notificación acústica y/o háptica.
6. Un proceso en varios pasos debe incluir una serie de mecanismos de navegación que permitan avanzar y retroceder entre los distintos pasos del proceso sin perder información.
7. Los controles de introducción de información mediante texto deben ser compatibles con los servicios de dictado por voz de la plataforma del dispositivo móvil.
8. La tipografía empleada en textos, etiquetas y controles debe tener un tamaño igual o superior al tamaño por defecto del sistema operativo, siempre y cuando la fuente utilizada sea similar a la tipografía por defecto, tanto en sus dimensiones como en grosor, contraste y facilidad de lectura.

9. Todo elemento visual que transmite información debe presentar un nivel de contraste de color suficiente para una correcta lectura o identificación. Esto es de especial relevancia para textos, iconos para controles de la interfaz o gráficas de representación de datos.
10. Todos los contenidos textuales presentes en una aplicación deben respetar las personalizaciones de color del usuario siempre y cuando el dispositivo permita definir estas personalizaciones.
11. Los botones y elementos activables que incluyan texto deben ser más anchos que alto si la interfaz pertenece a un idioma cuya escritura sea horizontal. Además, debe existir una separación entre controles de, al menos, 2mm.
12. Las aplicaciones nativas utilizan visualizadores de contenido web para mostrar ciertos contenidos. Estos contenidos y elementos de interfaz deben estar correctamente estructurados según los criterios recogidos en las Pautas de Accesibilidad para el Contenido en la Web 2.0 (WCAG 2.0), definidas por el W3C.

V. RECOMENDACIONES A DISEÑO ERGONOMÍA DEL VEHÍCULO

V.1. Acceso al vehículo

V.1.1. ENTRADA AL COCHE

Algunas personas tienen dificultad para acceder y salir del automóvil. Para algunas de ellas podría ser suficiente con modificar la forma de acercarse al asiento o de levantarse de él para poder hacerlo de forma autónoma y segura. En los casos con mayor dificultad puede ser necesario acudir a productos de apoyo o incluso adaptaciones específicas para el automóvil.

En cualquier caso, debemos pensar en las necesidades futuras y en las actuales del usuario, y en la necesidad de priorizar aquellos aspectos que resulten más necesarios porque quizás no puedan conseguirse todos.

V.1.1.1. Aspectos generales

Para muchos usuarios con dificultades potenciales en el acceso y salida del automóvil puede ser suficiente, con escoger un modelo con la forma y dimensiones adecuadas de manera que les facilite entrar y salir del automóvil. Con la gran variedad de productos existentes en el mercado es posible que alguno ya cubra las necesidades del usuario. La dificultad estriba en encontrar la información clave y con garantías que apoye la selección más adecuada. La página web [Consumer research for older and disabled people](#) persigue justamente esto.

Sin embargo, en ocasiones es necesario acudir a soluciones específicas, que pueden ir desde el uso de accesorios sencillos como tablas de transferencia y asideros adicionales a la adaptación completa del automóvil para poder ser utilizado con silla de ruedas. En este último caso la persona viajará en el automóvil con su propia silla de ruedas.

V.1.1.2. Movilidad reducida

Puertas

Puertas de apertura fácil. La mayoría de las puertas se abren tirando de ellas, sin necesidad de botones o palancas específicas.

Puertas anchas, con apertura amplia. Si la persona tiene las piernas rígidas necesitará el máximo espacio para el giro de entrada al automóvil con la flexión mínima de piernas. Los automóviles de dos y tres puertas normalmente son los que tienen las puertas más amplias.

Puertas altas y umbrales estrechos y bajos. Cuanta más alta sea la puerta menos tendremos que agacharnos para acceder al automóvil. Es más fácil levantar las piernas sobre umbrales poco profundos y estrechos. **Evitar asientos bajos con umbrales altos!**

Algunos vehículos en la categoría MPVs (Multipurpose Vehicles) tienen **puertas deslizantes traseras** que pueden facilitar el acceso y salida de los asientos traseros, especialmente en aquellos donde se elimina la columna central.

Cambiar las bisagras de la puerta podría permitir amplitudes mayores de apertura de la puerta facilitando así el acceso al automóvil. Será necesario acudir a profesionales de la adaptación de vehículos.

V.1.2. ASIENTO

Espacio alrededor del asiento. Cuanto más espacio tengamos alrededor del asiento y de la puerta, mejor adaptación. Se prefieren los asientos que tienen mayor distancia de deslizamiento y que permiten mayor espacio para las piernas.

Retrasar los patines de deslizamiento del asiento para ganar más espacio en la parte frontal para las piernas es otra opción aunque requerirá asistencia de profesionales de la adaptación del automóvil.

Asientos bajos implican mayor necesidad de flexionar tobillos, rodillas y caderas. Asientos elevados significan que no hay que descender tanto para sentarse y reducen el esfuerzo requerido para levantarse.

Los asientos que pueden ajustarse, eléctricamente, en altura y en el eje delante-atrás para encontrar una posición óptima para sentarse también permiten facilitar el acceso y salida del vehículo.

Existen asientos que giran 90° o incluso que se deslizan al exterior del habitáculo. En cualquier caso es clave comprobar que queda espacio suficiente para las piernas de la persona.

Otras características de interés en el asiento son; que exista la posibilidad de que sea elevable, que permita el uso de cojines que faciliten el giro o que el asiento disponga de la opción de posiciones memorizables.

V.1.3. CIERRE

El **cierre centralizado** es común para muchos automóviles, algunos incluso cierran las ventanas automáticamente.

La **apertura por proximidad** son sistemas que se abren por proximidad al acercar una tarjeta al vehículo.

En el caso de vehículos con apertura manual con llave, si la llave es muy pequeña, un llavero tipo palanca puede facilitar el giro para abrir la cerradura.

V.1.4. ASIDEROS Y PUNTOS DE AGARRE

Pueden montarse en la puerta asideros adicionales para permitir una mayor sujeción en el acceso y salida del automóvil y, sobre todo, en el momento de levantarse o situarse sobre la silla.

V.1.5. DISCAPACIDAD AUDITIVA, COGNITIVA Y VISUAL

Si bien la mayor parte de soluciones para el acceso y salida del automóvil están pensadas para personas con movilidad reducida, existen también elementos o aspectos de diseño que pueden ser de ayuda para otros colectivos de personas, como las luces de cortesía en el marco de la puerta para personas con visión reducida. Un diseño que diferencie los elementos como manivelas o asideros del panel puerta, también contribuiría a mejorar la visibilidad de los mismos.

V.1.6. REFERENCIAS Y ENLACES DE INTERÉS

[1] [Manual de reformas de vehículos. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Abril de 2015](#) (Corrección segunda de la Segunda Revisión del Manual de Reformas de Vehículos).

[2] Chateauroux, E., Wang, X., and Trasbot, J., "A Database of Ingress / Egress Motions of Elderly People," SAE Technical Paper 2007-01-2493, 2007, doi:10.4271/2007-01-2493.

[3] Choi, W., Choi, H., Sah, S., and Lee, S., "Biomechanical Discomfort Factors in Egress of Older Drivers," SAE Technical Paper 2009-01-2283, 2009, doi:10.4271/2009-01-2283.

[4] El Menceur, M. O. A., Pudlo, P., Gorce, P., Thévenon, A., & Lepoutre, F. X. (2008). Alternative movement identification in the automobile ingress and egress for young and elderly population with or without prostheses. International Journal of Industrial Ergonomics, 38(11), 1078-1087.

[5] Ait El Menceur, M. O., Découfour, N., Bassement, M., Gillet, C., Chateauroux, E., & Lepoutre, F. X. (2007). Towards dynamic studying of the car ingress/egress movement for elderly and disabled population. Proceeding of IEEE HUMAN, 7, 12-14.

[6] [Proyecto CARGO](#). A new system for creating wheelchair access into family cars through vehicle interior scanning and the design of a six degree of freedom system carrying the wheelchair through a complex 3D path
[Video Demostración Proyecto CARGO](#) [Video demostración]

V.2. Ergonomía del habitáculo

Habitualmente el análisis ergonómico de un vehículo requiere de la observación, análisis y diseño del mismo basado en un grupo representativo de la población, y en condiciones reales de conducción. Este análisis se centra normalmente en el diseño del interior, es decir, de su “habitabilidad”. Son muchos los aspectos que están relacionados normalmente con la ubicación del conductor en el asiento o puesto de conducción, además del espacio del habitáculo destinado a los pasajeros, el confort de los asientos, la facilidad de manejo de los controles, la capacidad de adaptación del puesto de conducción a la forma y estilo de conducción de sus ocupantes, etc.

La concepción dimensional del vehículo depende, entre otros factores, del tipo de carrocería (número de puertas, número de volúmenes, perfil aerodinámico, etc.), del tipo de tracción (delantera, trasera, 4WD), periferia del conjunto (rango de visibilidad, número espejos retrovisores), tamaño deseado del habitáculo (número de filas), volumen del portaequipajes y condiciones tales como comodidad, seguridad y servicio. Y por tanto, la adaptación de un vehículo para que pueda ser manejado por un conductor con discapacidad motora requerirá de la selección más adecuada de los productos de apoyo o ayudas técnicas que aseguren que el “ajuste” en su instalación se realice de forma que se garantice tanto el confort y la seguridad del conductor, como la que éste pueda proporcionar al resto de la circulación cuando maneje los mandos adaptados de su vehículo. Por ello, el proceso de adaptación del vehículo, desde la perspectiva del conductor con discapacidad motora ha de verificar, al menos, que el conductor demuestra la:

- **Capacidad para la entrada y salida del vehículo:** transferencia a y desde la silla de ruedas, así como la carga y descarga de la silla de ruedas en el vehículo.
- **Capacidad para la utilización de los sistemas de retención:** cinturón de seguridad para el conductor y sistema de retención para la silla de ruedas (si la utiliza como asiento desde la cual conduce el vehículo).
- **Capacidad de utilización de los mandos de conducción primarios:** acelerador, frenos y volante de la dirección, así como los sistemas de transmisión (palanca del cambio).
- **Capacidad de utilización de los mandos secundarios:** indicador de la dirección, bocina, elevallas, luces, limpia y lavaparabrisas, etc.
- **Mantenimiento de la postura en el asiento:** tronco inestable.

Y por ello, la selección de los productos de apoyo y ayudas técnicas debe permitir al conductor, además de disponer de las capacidades antes mencionadas, realizar correctamente las siguientes funciones de conducción (Peters, 1998; Dols, 2000):

- a) alcanzar todos los mandos necesarios para conducir el vehículo,
- b) disponer de fuerza suficiente para actuar sobre todos los mandos, incluso en una situación de emergencia,
- c) ser capaz de reaccionar lo suficientemente rápido (capacidad de reacción) en una situación de emergencia,
- d) ser capaz de aplicar y mantener una fuerza suficiente para actuar sobre los mandos en una situación de emergencia (endurecimiento),
- e) coordinar todas las operaciones de control del vehículo.

Todas estas funciones o capacidades residuales deben ser verificadas en el procedimiento de evaluación del conductor, realizado a través de los Centros de Reconocimiento de Conductores (CRC). Este protocolo de evaluación viene establecido

en el **Reglamento General de Conductores** (RD 818/09), en el que se especifica que todo aspirante a conducir un vehículo automóvil debe demostrar unos conocimientos y capacidades que han sido definidas en normativas nacionales e internacionales (Directiva 2006/126/CE, 2000), que aseguran unas mínimas habilidades físicas y cognitivas para realizar maniobras de conducción normales y en situaciones extremas.

V.2.1. PRINCIPIOS DE SEGURIDAD ACTIVA EN LAS ADAPTACIONES DE LOS MANDOS PRIMARIOS DE VEHÍCULOS AUTOMÓVILES.

En la práctica, las ayudas técnicas instaladas en el vehículo se comportan como un interfaz entre el conductor, con todas sus limitaciones y capacidades residuales, y los mandos originales del mismo, que han sido homologados y cumplen unos requisitos técnicos de fiabilidad y seguridad contrastados. Por tanto, es muy importante resaltar el hecho de que la selección de estas ayudas a la conducción, constituyen un paso crítico que afectará, no solo a la funcionalidad, sino, y esto es lo importante, a la manejabilidad y seguridad activa del vehículo (Dols, 2009).

A partir de algunas guías y recomendaciones de asociaciones de fabricantes (NMDA, 1991), administraciones públicas (NZS, 1988; TRRL, 1990; VESID, 2008), e investigaciones relacionadas con las condiciones de funcionamiento, montaje y seguridad de las ayudas a la conducción de vehículos adaptados (Kember, 1991; Naniopoulos et al., 1992; SINTEF, 1993; McLeod, 1994; Murray-Leslie, 1995; Pheasant, 1995; Peters, 1995; Östlund, 1999; Curry y Southall, 2002; Clemo, 2005; INSIA, 2005), se identificarán a continuación algunas recomendaciones básicas.

V.2.1.1. Diseño del sistema de sujeción del mando adaptado

- El elemento de sujeción de los mandos ha de ser de sección circular, tener un diámetro entre 30-50 mm y disponer de un agarre firme y confortable.
- La longitud del mango no debería ser inferior a los 77 mm (ideal de 95 mm), para que pueda ser sujetado por toda la palma de la mano.
- Si el agarre del mando se realiza con los dedos, la palanca (o pomo) utilizado deberá tener un diámetro entre 13 y 75 mm, mientras que si el sistema de agarre es con la mano, el diámetro debe estar entre 38 y 75 mm (recomendado entre 25 y 35 mm).
- Deben ser eliminadas todas las superficies que tengan bordes puntiagudos o que generen puntos de presión excesiva.
- La superficie no debe estar tan pulida como para producir el deslizamiento de las partes de la mano que la sujetan, ni tan rugosa como para ser abrasiva.
- Las fuerzas deberán ser aplicadas en aquellos puntos que produzcan una compresión entre la mano y el mango, en lugar de un deslizamiento.
- La abertura para una posible introducción de los dedos debe tener unas dimensiones de, al menos, un rectángulo de 115 x 50 mm.

V.2.1.3. Localización del mando adaptado

- Las adaptaciones de mandos manuales instalados por debajo del volante de la dirección, deben permitir que el conductor pueda dirigir el vehículo actuando sobre la palanca sin dejar de sujetar el volante, y con la posibilidad de activar simultáneamente algunos pulsadores de mandos secundarios montados sobre la misma.

- Las palancas y/o mandos no deben estar excesivamente alejadas por debajo del volante, ni muy centradas dentro de su circunferencia.
- Es el caso de adaptaciones con ayudas técnicas del tipo joystick, volante horizontal o palanca electrónica de aceleración o frenado (donde el esfuerzo para activarlas es muy pequeño y el conductor debe asegurar un buen control sobre las fuerzas aplicadas), será necesario la instalación de sistema de apoyo para el brazo-mano del conductor.
- Los diferentes mandos primarios y/o secundarios adaptados, deberán estar lo más repartidos posible en el puesto de conducción, evitando que todos los mandos secundarios sean activados por un único miembro hábil.

V.2.1.3. Dirección de movimiento de los mandos primarios adaptados

- La dirección de movimiento de los mandos adaptados debe ser elegida de forma que permita la aplicación de los mayores esfuerzos con el menor movimiento del conductor.
- El mando debe ser accionado en una dirección de movimiento que el usuario pueda fácilmente interpretar, permitiendo al conductor alcanzar su máximo desplazamiento, ya sea con el brazo o la pierna.
- En el caso de la operación de frenado, que se efectúa normalmente con palancas y mandos manuales, es más intuitivo montar éstas de manera el conductor tenga que “empujar” la palanca hacia delante para frenar el vehículo.
- Cuando la palanca utilizada para el accionamiento del acelerador es la misma que la utilizada para frenar (mandos combinados de aceleración y frenado), la acción de aceleración se realizará al “tirar” de la palanca aproximándola hacia el conductor, es decir, en sentido contrario a la acción de frenado.
- En un mando combinado de aceleración y frenado, ambas acciones deben realizarse en movimientos con sentidos opuestos (hacia delante y hacia atrás), o con una combinación de movimientos lineal y circular diferentes (p.e., frenando hacia delante con la palanca y acelerando en un movimiento giratorio circular).
- Cuando se dispongan de mandos combinados de aceleración y frenado, se debe desactivar una función mientras se está aplicando la otra.

V.2.1.4. Esfuerzos a aplicar a los mandos adaptados

- La fuerza requerida para actuar sobre el mando del acelerador adaptado debería estar limitada al 10% de la máxima fuerza que el conductor puede realizar sobre ese mando, medida en las condiciones de ubicación y dirección de movimiento en que se vaya a utilizar.
- La fuerza requerida para el mando del freno y el embrague deberían estar limitadas al 30% de la máxima fuerza que el conductor puede aplicar sobre esos mandos, cuando se aplican en condiciones normales de circulación
- Las fuerzas sobre el mando de la dirección, en condiciones normales de circulación, deberían estar limitadas al 10% de la máxima fuerza que pueda aplicar el conductor sobre el volante.
- Para maniobras de aparcamiento a baja velocidad se acepta que las fuerzas aplicadas por el conductor sobre el volante no sean mayores al 30% de la fuerza máxima aplicable por éste.

V.2.2. PRINCIPIOS DE SEGURIDAD PASIVA EN VEHÍCULOS ADAPTADOS.

Existen pocas investigaciones y estudios relacionados con los principios básicos de seguridad pasiva en vehículos adaptados. De entre los más significativos, destacan los realizados en las últimas décadas por Dalrymple (1996), Pilkey, Thacker y Shaw (1996, 1998), el Forum of Mobility Centres (2005a, b), y Masiá, Eixerés y Dols (2009). A continuación se muestran algunas ideas orientativas que muestran estos principios.

V.2.2.1. Principios de seguridad pasiva en caso de impactos frontales de vehículos adaptados.

a. Diseño de ayudas técnicas que interactúan con el airbag del volante

- i. Las ayudas técnicas montadas en el volante para facilitar la conducción de discapacitados deben permanecer unidas al volante, aún en el caso de que explote el airbag. La sujeción de la adaptación sobre el volante ha de permitir su giro, pero no su expulsión desde su punto de anclaje cuando se expande el airbag.
- ii. La expansión del airbag no debe verse alterada por la interferencia de las ayudas técnicas montadas sobre el volante. El inflado de la bolsa de aire debe realizarse en su totalidad y sin que se produzcan roturas o desgarros de la tela al rozar con las ayudas técnicas.
- iii. Las ayudas técnicas montadas en el volante deben diseñarse de forma que, en el hipotético caso de que el cuerpo del conductor llegue a chocar con ellas durante el impacto, los daños provocados sobre éste sean mínimos. Los materiales con que se fabriquen estas adaptaciones han de soportar cargas axiales de hasta 200 N, antes de deformarse con la fuerza de contacto.
- iv. Las ayudas técnicas del tipo aro concéntrico deberían tener un diámetro mínimo de 30 cm, para evitar su interacción con el airbag en la fase de expansión. La abertura mínima entre el aro concéntrico y el volante debería permitir el paso de los dedos para sujetarlo y maniobrar, sin que se produzcan pinzamientos o atrapamientos durante su uso. Se recomienda una distancia lateral de, al menos, 115 mm entre el diámetro interior del volante y el diámetro exterior del aro concéntrico.

b. Diseño de ayudas técnicas que interactúan con el airbag de rodillas

- i. Las ayudas técnicas que dispongan un sistema de accionamiento que pase por debajo del volante deberán ubicar su varillaje en un lateral del puesto de conducción en lugar de estar centrado bajo la columna de la dirección.
- ii. El coeficiente de rotura del varillaje mecánico deberá elegirse para que las piezas de accionamiento puedan romperse sin causar daños sobre los usuarios en caso de impacto frontal, pero con una resistencia tal que permitan el accionamiento del mismo en las condiciones habituales de conducción.

V.2.3. DISEÑO DE VEHÍCULOS ORIENTADO A LOS CONDUCTORES MAYORES.

A pesar de las escasas referencias o dispersa información que existe en la literatura científica en relación a la influencia que representan la limitación en las capacidades funcionales de las personas mayores en el proceso de diseño de vehículos automóviles, existen dos aspectos a tener en cuenta en el diseño del vehículo, que podrían beneficiar al conjunto de los conductores mayores (Potts, 1993):

- La adopción de medidas que tratan de facilitar la accesibilidad y funcionalidad

del vehículo.

- ❑ Las medidas que mejoran la seguridad del conductor y los ocupantes mayores.

[V.2.3.1. Diseño del vehículo orientado a personas mayores](#)

Algunas patologías padecidas por las personas mayores hacen realmente difícil el acceso al vehículo en condiciones normales de uso; es el caso de la artritis reumatoide o la pérdida de fuerza muscular, que restringe mucho el rango articular de movimientos, y hace más difícil la entrada y salida del vehículo, e incluso la sujeción de los mandos primarios del mismo.

Algunos sistemas y componentes que pueden facilitar la conducción de las personas mayores son las transmisiones automáticas, dirección asistida, cinturones de seguridad retráctiles, frenos asistidos, cierre centralizado, desbloqueo de la columna de la dirección, aire acondicionado, el uso de espejos retrovisores de mayor visibilidad, reglaje eléctrico de los asientos y de los retrovisores laterales, etc. Muchos de ellos ya están incorporados de serie en modelos del mercado actual, pero todavía existen vehículos antiguos que no los incorporan, sobre todo teniendo en cuenta que muchos conductores mayores no han renovado su vehículo en muchos años.

Algunos otros sistemas de ayuda avanzada a la conducción (ADAS), incorporan dispositivos electrónicos de regulación y accionamiento eléctrico pueden solucionar multitud de problemas de control y mantenimiento de la seguridad en el vehículo. Tal es el caso de los sistemas de asistencia en condiciones de baja visibilidad, la detección y evasión automática de obstáculos, la ayuda automática al frenado de emergencia, sistema de detección de la fatiga y el sueño, etc., muchos de las cuales se encuentran todavía introduciéndose muy lentamente en los vehículos de serie.

[V.2.3.2. Mejoras en la seguridad de los vehículos adaptados a conductores mayores](#)

En relación a las mejoras de la seguridad del vehículo, y teniendo en cuenta que las personas mayores son mucho más vulnerables que las jóvenes a los daños causados por un accidente, y a que la población de conductores va envejeciendo con el tiempo, será necesario disponer en el futuro de vehículos que sean capaces de proteger a ocupantes más débiles que los actuales.

Así, este principio debería aplicarse al diseño de los cinturones de seguridad y los airbags, cuyo comportamiento, aunque eficaz en estos momentos, tendría que ser ajustable a situaciones en las que las fuerzas aplicadas estén limitadas a unos valores mucho más consecuentes con las tolerancias máximas al impacto de los ocupantes más débiles, como son las personas mayores. Estas mejoras, algunas en fase de desarrollo, y otras introduciéndose paulatinamente (aunque muy lentamente) en el mercado, se materializan en dispositivos como (OECD, 2001):

- **Sistemas de retención inteligente**, capaces de detectar a los ocupantes e identificar la resistencia que deben ejercer cuando funcionan: personas mayores, embarazadas, etc.
- **Airbags frontales de doble etapa** que permiten minimizar las fuerzas transmitidas al ocupante en caso de impactos menos severos.
- **Sistemas de reposacabezas inteligentes** que permiten ajustar la posición al movimiento del cuerpo (y por tanto a su peso y tamaño), y que limitan la excursión de la cabeza y el cuerpo del ocupante del asiento cuando es sometido tanto a impactos frontales como traseros.
- **Airbags laterales** que ayudan a proteger la cabeza y pecho de los ocupantes del

vehículo en impactos laterales, como es el caso del choque por el lado izquierdo, típico de los conductores mayores en accidentes por incorporación a las vías rápidas o en cruces.

Muchos de los dispositivos de seguridad activa pensados para el vehículo del futuro, capaces de prevenir la práctica totalidad de los accidentes de carretera y lesiones de tráfico, y por ende, de ayudar a mejorar las condiciones de manejabilidad, seguridad y confort de los conductores mayores, ya están siendo introducidos lentamente en el mercado. De entre todos ellos, podemos destacar los siguientes:

- **BAS: Sistema de asistencia en la frenada (*Brake Assist System*)**. En algunas situaciones extremas el conductor mayor puede reaccionar demasiado tarde o de manera errónea. Los avances tecnológicos permiten el desarrollo de sistemas de frenado automático de emergencia capaces de analizar la situación y al detectar que la colisión es inevitable, aplicar de forma automática una frenada máxima que disminuya la energía cinética del vehículo y las consecuencias del choque.
- **ESC: Sistema de control de estabilidad (*Electronic Stability Control*)**. El ESP ayuda a mantener la trayectoria del vehículo cuando se produce un cambio brusco de dirección, como consecuencia por ejemplo de entrar a gran velocidad en una curva o al intentar evitar bruscamente un obstáculo.
- **AFS: Sistemas avanzados de iluminación (*Advanced Front Light System*)**. Se trata de una tecnología capaz de adaptar de forma automática el haz de iluminación del vehículo a los diferentes escenarios en los que éste se ve envuelto. Actualmente se pueden identificar situaciones de tráfico en las que hay que distinguir entre diferentes comportamientos del sistema de iluminación, como por ejemplo: *Town Light* (TL), *Country Light* (CL), *Motorway Light* (ML), *Adverse Weather Light* (AL), *Overhead Light* (OL), *Bending Light* (BL).
- **AACC: Sistema avanzado de control de cruceo (*Advanced Adaptive Cruise Control*)**. El sistema recoge una serie de informaciones procedentes de distintos sensores situados en el vehículo, que analizados mediante una centralita inteligente electrónica y con ayuda de la unidad de modulación de frenada, actúa sobre los frenos y el motor, adecuando la velocidad al tráfico del entorno.
- **LDW: Sistema de aviso de salida de carril (*Lane Departure Warning*)**. El uso de sensores de corto alcance (radar o cámaras), combinado con sensores de largo alcance (radar, láser o cámaras), puede permitir monitorizar la parte trasera y el ángulo del vehículo avisando al conductor en el caso de que se vaya a realizar una maniobra de cambio de carril que pueda resultar peligrosa.
- **DMS: Sistema de control del conductor (*Driver Monitoring System*)**. Su objetivo consiste en monitorizar al conductor para medir su estado físico y detectar un posible cansancio, causa importante de accidentes de tráfico. Otros sistemas similares, conocidos como ADS, detectan mediante un sensor instalado en la parte posterior del volante la presión que ejercen las manos en el mismo.
- **ISA: Sistema inteligente de adaptación de la velocidad (*Intelligent Speed Adaptation*)**. Los sistemas conocidos genéricamente como ISA o Control Inteligente de la Velocidad, están diseñados para proporcionar al vehículo y al conductor información sobre el límite de velocidad existente en cada punto del recorrido. En la actualidad son utilizados como ayuda a los sistemas de navegación de conducción, algunos de los cuales ya cuentan en su cartografía con una base de datos con los límites de velocidad, e informan al conductor cuando se está sobrepasando el límite existente.

V.2.4. REFERENCIAS

- Clemo, K. (2005). *The effects of steering adaptations on vehicle control*. Final Report for Project PPAD 9/72/81 MIRA Report No: 1000933-final. United Kingdom.
- Curry, E.; Southall, D. (2002). *Disabled Drivers' Braking Ability*. Final Report for Project PPAD 9/72/46 MIRA Report No: 02-211058. United Kingdom.
- Dalrymple, G. (1996). *Effects of Assistive Steering Devices on Air Bag Deployment*. Society of Automotive Engineers. SAE Paper 960223. Detroit, MI (USA).
- Directiva 2006/126/CE del Parlamento Europeo y del consejo, de 20 de diciembre de 2006, sobre el permiso de conducir. Diario Oficial de la Unión Europea L403/18.
- Dols, J., Ordeig, I., Zafra, J.M., Pardo, J. (2000). *Optimización del proceso español de evaluación funcional de conductores discapacitados mediante el uso de simuladores de conducción*. Congreso Internacional Iberoamericano sobre Discapacidad IBERDISCAP 2000. Madrid.
- Dols, J., (2009). *Conducción y seguridad vial de vehículos adaptados*. Ed. ETRASA. ISBN: 978-84-96105-89-8. Pp.429. Madrid.
- Forum of Mobility Centres. (2005a). *How to apply for a driving licence for the first time. Fact Sheet Number 1*. United Kingdom.
- Forum of Mobility Centres. (2005b). *How to return to driving. Fact Sheet Number 2*. United Kingdom.
- INSIA-UPM. (2005). *Guía de diseño para adaptaciones de vehículos conducidos por personas discapacitadas: ergonomía, confort, resistencia y durabilidad. Informe nº 4*. Proyecto DISADAPT. Instituto Universitario de Investigación del Automóvil. Universidad Politécnica de Madrid.
- Kember, P. (1991). *Strength abilities of disabled drivers and control characteristics of cars*. TRRL CR215. Transport and road Research Laboratory. Crowthorne. UK.
- Masiá, J.; Eixerés, B.; Dols, J. (2009). *Models for Airbag Simulation in Vehicles Adapted for Disabled Drivers*. Selected Proceedings from the 12th International Congress on Project Engineering. Ed. By AEIPRO. ISBN-13: 978-84-613-3557-2. Zaragoza, Spain.
- McLeod, B.J. (1994). *Vehicle Adaptive Controls*. SAE paper 1994-10-0049..
- Murray-Leslie, C.F. (1992). *Enabling Disabled People to Drive by Means of Simple Aids and Equipment*. Journal of Traffic Medicine. Vol. 20, No. 3.
- Naniopoulos, A. & (eds.), E.B. (1992). *Existing aids for PSN (Drivers with Special Needs)*. DRIVE II Project V2032 TELAID Deliverable No.2. Thessaloniki, Greece. University of Thessaloniki.
- NMDA. (1991). *Guidelines*. National Mobility Equipment Dealers Association. USA.
- NZS 5832-1:1988. *Driving Controls for People with Disabilities. Part 1. Hand Controls*. New Zealand Standards Organisation.
- OECD. (2001). *Ageing and Transport; Mobility Needs and Safety Issues*. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD. Paris.
- Östlund, J. (1999). *Joystick-controlled cars for drivers with severe disabilities*. VTI Rapport 441A. Swedish National Road and Transport Research Institute. Linköping, Sweden.
- Peters, B. (1995). *Validation of ATT systems for DSN through driving simulator tests. Test report*. Volume No 9. *Telematic Applications for the Integration of Drivers with special needs*, (TELAID). Commission of the European Communities -R&D programme. VTI. Swedish Road and Transport Institute.

- Peters, B. (1998). *Spinal Cord Injuries and Driving*. Swedish Road and Transport Research Institute. VTI, Linköping. Division of Industrial Ergonomics. Linköping Institute of Technology. Sweden.
- Pilkey, W.D.; Thacker, J. and Shaw, G. (1996). *Airbag interaction with and Injury potential from Common Steering Control Devices*. Final Project Report DOT-HS-808-580. National Highway Safety Administration. Washington, D.C. USA.
- Pilkey, W.D.; Thacker, J. and Shaw, G. (1998). *Airbag interaction with and Injury potential from Common Steering Control Devices. Phase II Report*. Contract No. DTRS 57-93-C-00105 for the National Highway Safety Administration. Washington, D.C. USA.
- Potts, D. (1993). *Vehicle Design for an Ageing Population*. Transport for the Aged. SAE-AUSTRALASIA. January/February. Pp 21-22.
- Real Decreto 818/09, de 8 de Mayo de 2009, por el que se aprueba el *Reglamento General de Conductores*. BOE nº 138, de 8 de Junio.
- SINTEF. (1993). *Guidelines for vehicles modified for people with disabilities*. The Norwegian Council on Technical Aids for Disabled People. SINTEF REHAB. Oslo, Noruega.
- TRRL. (1990). *Guidelines on the adaptation of car controls for disabled people*. Department for Transportation. United Kingdom.
- VESID. (2008). *Standards for Automotive Adaptive Equipment*. Vocational and Educational Services for Individuals with Disabilities. New York State Education Department. USA.

V.3. Ergonomía de los componentes de conducción

Estar sentado en una silla es diferente de estar sentado en un asiento de automóvil ya que se realizan actividades diferentes. Cuando se utiliza el volante, las manos y los brazos están más elevados que cuando se trabaja en un escritorio. Para poder utilizar los pedales del freno y del acelerador hay que extender las piernas más hacia delante que cuando nos sentamos tras un pupitre. Un pie debe estar en un ángulo determinado para poder usar los pedales del acelerador y del freno, y si el vehículo no es automático, se debe utilizar el otro pie en el embrague y el brazo y la mano para manejar la palanca de cambios.

V.3.1. PUESTO DE CONDUCCIÓN

El diseño del puesto de conducción está condicionado por una serie de aspectos funcionales relacionados con el confort y la seguridad del conductor, los principales son⁴: (1) postura de conducción confortable, (2) controles de operación y (3) visibilidad de interiores y exteriores. Cada uno de estos aspectos queda definido por un conjunto de variables, ángulos del posicionamiento corporal y dimensiones del espacio de conducción para la postura confortable; ubicación de controles y pantallas, los diferentes sistemas de información así como la interacción con los ojos, oídos y movimientos del cuerpo para los controles de operación; y finalmente, la visibilidad de interiores y

⁴ Bhise, V.D. Ergonomics in the Automotive Design Process (2012).

exteriores, desde los indicadores en el salpicadero a la recopilación de información visual de la carretera.

Muchos de los factores indicados se encuentran interrelacionados (por ejemplo, la posición y regulación del asiento está relacionada con el alcance a los pedales y la posición cómoda del conductor). La Fig muestra, a modo ejemplo, la influencia del tamaño de la persona en el espacio de conducción⁵, así como los rangos de confort de las articulaciones⁶. **La aceptabilidad de la posición de los pedales viene determinada por el confort del conductor. El confort se encuentra influenciado por los ángulos de la cadera, rodilla y tobillo que se adoptan durante el accionamiento de los pedales.** De entre todas las articulaciones el ángulo del tobillo es el que mayor influencia tiene en el confort del usuario ya que resulta más limitante⁰.

V.4. Interface HMI

V.4.1. GENERALIDADES

El diseño y desarrollo de un adecuado interfaz hombre-máquina (HMI, Human Machine Interface) es un elemento primordial en un nuevo vehículo y en su adaptación al usuario final.

En los vehículos actuales, la complejidad ha ido en aumento con la progresiva incorporación de nuevas funcionalidades asociadas fundamentalmente a los dos ámbitos siguientes:

- Funciones de información y entretenimiento (infotainment)
- Funciones de seguridad y asistencia a la conducción

Para un conductor, gestionar toda esta información es una tarea compleja si el vehículo no dispone de un HMI adecuado, llegando incluso a provocar distracciones indeseadas. Por este motivo, los constructores están invirtiendo cada vez más recursos en tecnologías HMI y en diseño y validación de interfaces innovadores y optimizados para los usuarios de sus vehículos.

Pero por otro lado, es precisamente la evolución de estas tecnologías y el aumento de la capacidad de procesamiento dentro de los vehículos, lo que permite integrar soluciones que faciliten la accesibilidad y adaptación a personas con diferentes discapacidades, siempre que se tengan en cuenta en el proceso de diseño y desarrollo del HMI.

En este proceso de diseño del HMI para un nuevo vehículo, es recomendable seguir una metodología de diseño centrado en el usuario (*user-centered design*) que permita involucrar a los usuarios finales desde las fases tempranas de concepción de un nuevo HMI. Esta perspectiva de usuario es fundamental durante la evaluación del HMI en desarrollo.

5 Diffrient, N.; Tilley, A.R.; Harman D. Humanscale 7/8/9. H Dreyfuss Assoc-The MIT Press (1981).

6 Freeman, R. C.M. Haslegrave. The Determination of Optimal Pedal Positioning for Automobile Using Jack. SAE International conference and exposition of Digital Human Modelling for Design and Engineering, Rochester, Michigan, USA, June 15-17. SAE paper, 2004-01-2144 (2004).

Para que el nuevo interfaz tenga un carácter universal, en la medida de lo posible, es importante que las necesidades de los diferentes colectivos que van a utilizar el vehículo se tengan en cuenta desde el momento de la concepción del HMI. Para ello, es necesario disponer de datos, tanto datos obtenidos en condiciones reales de conducción, como en laboratorio, que permitan conocer las características particulares de los conductores en diferentes situaciones de conducción.

Los simuladores de conducción han demostrado ser herramientas muy útiles en este proceso. Por un lado, permiten evaluar las capacidades y limitaciones de los potenciales usuarios en condiciones reales de interacción con el vehículo y sin entrañar ningún riesgo físico. Estos datos constituyen una entrada importante al proceso de diseño del HMI. Por otro lado, los simuladores se pueden también utilizar para probar y validar la integración de diferentes elementos de entrada/salida de información, ayudando a los desarrolladores a tomar decisiones de diseño sobre opciones de personalización o adaptación para diferentes usuarios finales.

Otro aspecto importante en la concepción de un interfaz adaptado a usuarios con posibles discapacidades es la multimodalidad. Es posible ofrecer al conductor información a través de diferentes canales: visual, auditivo o háptico, de la igual manera que el conductor puede también dar indicaciones a los sistemas embarcados de diferentes formas. El HMI resultante debería ser personalizable o configurable, permitiendo definir prioridades en la modalidad utilizada en cada caso para proporcionar información, avisos, etc. Así, para una persona con discapacidad visual, la utilización de avisos acústicos o hápticos facilitaría enormemente la conducción, y lo mismo sucedería con otros tipos de discapacidad, configurando el HMI convenientemente.

La posibilidad de redundancia de información a través de los diferentes canales (visual, acústico o háptico), es también una opción para mejorar la accesibilidad, siempre que sea posible disponer de información de manera sencilla e intuitiva. En este sentido, el HMI debe evitar siempre efectos indeseados de distracciones.

Existen proyectos que buscan diseñar un HMI adaptivo que reaccione en función del contexto, adaptando las informaciones y cómo se ofrecen éstas a las situaciones de la conducción, tanto del exterior del vehículo, como del propio conductor. Estas soluciones adaptativas permiten gestionar de manera priorizada los avisos e informaciones para el conductor, reduciendo problemas de incremento de carga mental y mejorando la usabilidad de forma general.

V.4.2. RECOMENDACIONES

A continuación se indican algunas alternativas de integración de elementos HMI que pueden facilitar la utilización del vehículo por usuarios con determinadas discapacidades.

V.4.2.1. Movilidad reducida

Búsqueda soluciones óptimas de ubicación en el interior del vehículo de elementos tales como: mandos, displays, etc., facilitando su acceso y los esfuerzos necesarios para su activación.

Integración de mandos configurables, que permitan la asignación de funciones por parte del usuario.

Integración de informaciones visuales relevantes en zonas primarias de visión (tales como Head-up displays).

Incorporación de diálogos por voz para activación de funciones.

V.4.2.2. Recomendaciones

Redundancia de informaciones a través de avisos hápticos (en asiento o en volante) o avisos visuales (a través de displays o cuadro de instrumentos).

Incorporación de reconocimiento gestual.

2.3. Discapacidad visual

Utilización de avisos acústicos, redundantes con informaciones mostradas en displays.

Posibilidad de personalizar el interfaz en los displays con un modo simplificado de visualización.

Integración de información procesada de los sensores del vehículo que permita ofrecer información a través de displays al conductor mejorando posibles carencias (visión nocturna, percepción de profundidad, aumento campo visual, etc.).

2.4. Discapacidad cognitiva/emocional

Integración de soluciones de personalización del HMI, que permitan hacerlo más intuitivo y priorizando aquellas preferencias que necesite el usuario

V.4.3. CONCLUSIONES

El HMI es crucial en la mejora de la accesibilidad y usabilidad para conductores con discapacidad. Siguiendo un proceso de diseño centrado en el usuario, podrían considerarse necesidades especiales de estos colectivos desde las fases iniciales del desarrollo del HMI, permitiendo un diseño más universal. Es recomendable llevar a cabo más estudios en simulador de conducción para establecer guías de diseño adaptadas a diferentes colectivos con discapacidad, que puedan ser tenidas en cuenta por los desarrolladores de HMI. Las nuevas tecnologías y el diseño de soluciones HMI adaptativas y personalizables abren muchas posibilidades para mejorar la accesibilidad de personas con discapacidad a los nuevos vehículos, sin renunciar a los beneficios de las funciones avanzadas de información y seguridad. De hecho, la evolución de los sistemas inteligentes embarcados en los vehículos y su evolución hacia la conducción automatizada, marcarán una gran diferencia en el futuro en este ámbito.

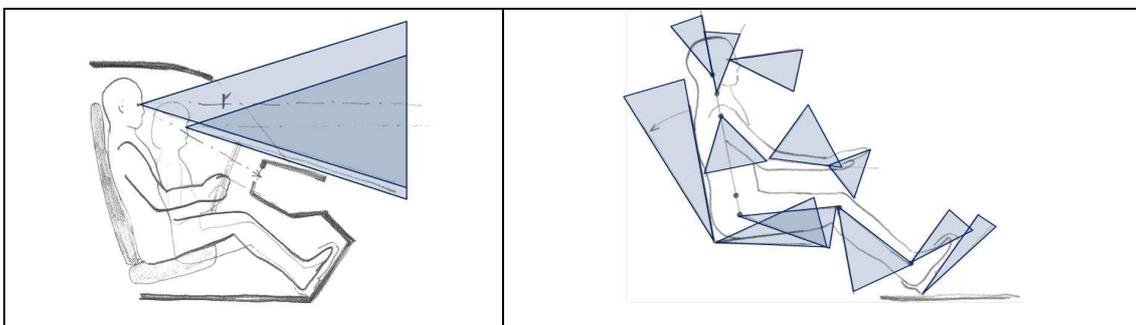


Fig. 3. Espacio ocupado por conductores de diferentes envergaduras y ángulo de visión (izquierda) y representación aproximada de los rangos articulares de confort.

Entre los **aspectos ergonómicos que influyen en la localización de los pedales**, se encuentran: (1) **postura de conducción**, (2) **distancia entre los pedales y el asiento**, (3) **distancia entre los pedales y el volante**, y (4) **distancia entre los pedales**.

El recorrido del asiento permite ajustar la posición del conductor y configurar diferentes ángulos de pierna y tobillo. Por su parte, la distancia entre los pedales y el volante permite que las personas de menores dimensiones puedan accionar los pedales sin estar demasiado cerca del volante, lo que podría ocasionar lesiones en caso de despliegue del *airbag*. Algunos fabricantes ya incorporan mejoras para adaptar la distancia a los pedales mediante un dispositivo de regulación de posición del pedal. Finalmente, respecto a los pedales hay que incidir en que una distancia lateral adecuada entre los pedales reduce la probabilidad de accionamiento de los mismos con el mismo pie o el accionamiento erróneo del pedal.

V.2.2. Movilidad reducida

Las personas con movilidad reducida disponen de adaptaciones para la conducción de vehículos a motor según su tipo de discapacidad (miembro inferior, miembro superior o ambos, con o sin destreza en los dedos). Entre ellas destacan diversos tipos de palancas o **joysticks** (indicados para personas con discapacidad en las extremidades inferiores y que además pueden presentar una discapacidad en alguno de los miembros superiores), adaptaciones en el **volante** (utilizadas por conductores con discapacidad en las extremidades inferiores) como pueden ser pomos o aros concéntricos incorporados al volante, y también sistemas de **conducción controlados únicamente mediante las extremidades inferiores**.

Los avances tecnológicos como la tecnología Drive by Wire están permitiendo la incorporación de nuevos sistemas de ayuda a la conducción. Con el paso de los años estas funcionalidades que ahora están disponibles en los vehículos de alta gama terminarán implantándose en los vehículos de gama media. Algunas de las más relevantes son:

- **Distance Control Assist System.** Sistema que se basa en el análisis de la distancia y velocidad del vehículo propio y el precedente [1].
- **Eco-Pedal:** sistema que tiene como objetivo el ahorro de combustible y la reducción de emisiones contaminantes [1]
- **Intelligent Speed Adaptation (ISA).** ISA es un sistema que informa, alerta y disuade al conductor a exceder el límite de velocidad [2]
- **Audi Pre sense.** Se trata de un módulo de seguridad preventiva que puede encontrarse, por ejemplo, en vehículos desarrollados por AUDI [3]
- **Start-Stop System.** Se trata de un sistema [3] para arrancar y apagar el motor cuando el vehículo se encuentra parado – por ejemplo en un semáforo - con la finalidad de reducir el consumo de combustible.
- **Start-off Assist** [4] Sistema de arranque en pendiente. Una vez que el pie se ha quitado el pedal de freno, la presión de frenado se mantiene durante un corto

período de tiempo (aproximadamente 2 segundos), lo que hace que sea posible pisar el acelerador, sin que el vehículo se desplace.

V.2.3. Discapacidad auditiva, cognitiva y visual

Una forma de facilitar la conducción a personas que pueden padecer alguna de estas discapacidades, incluso situaciones equivalentes como las que pueden darse en caso de fatiga o sueño en el volante, es el refuerzo de las indicaciones o realimentación que ofrece el automóvil. En este sentido cabe esperar el desarrollo de diferentes elementos hápticos (retorno de información a través de movimiento o vibración) en pedaleras y volante, que respondan a elementos autónomos de identificación de situaciones de riesgo, o el refuerzo de las señales tradicionales de displays y luces de alarma del puesto de conducción.

V.2.4. Links páginas web

- [1] [Nissan website. World first eco pedal helps reduce fuel consumption.](#) (Acceso Marzo 2013)
- [2] [European Commission. Mobility and Transport. Road Safety.](#) (Acceso Marzo 2013).
- [3] [Página web de AUDI.](#)
- [4] [Página web de Mercedes Benz UK.](#)

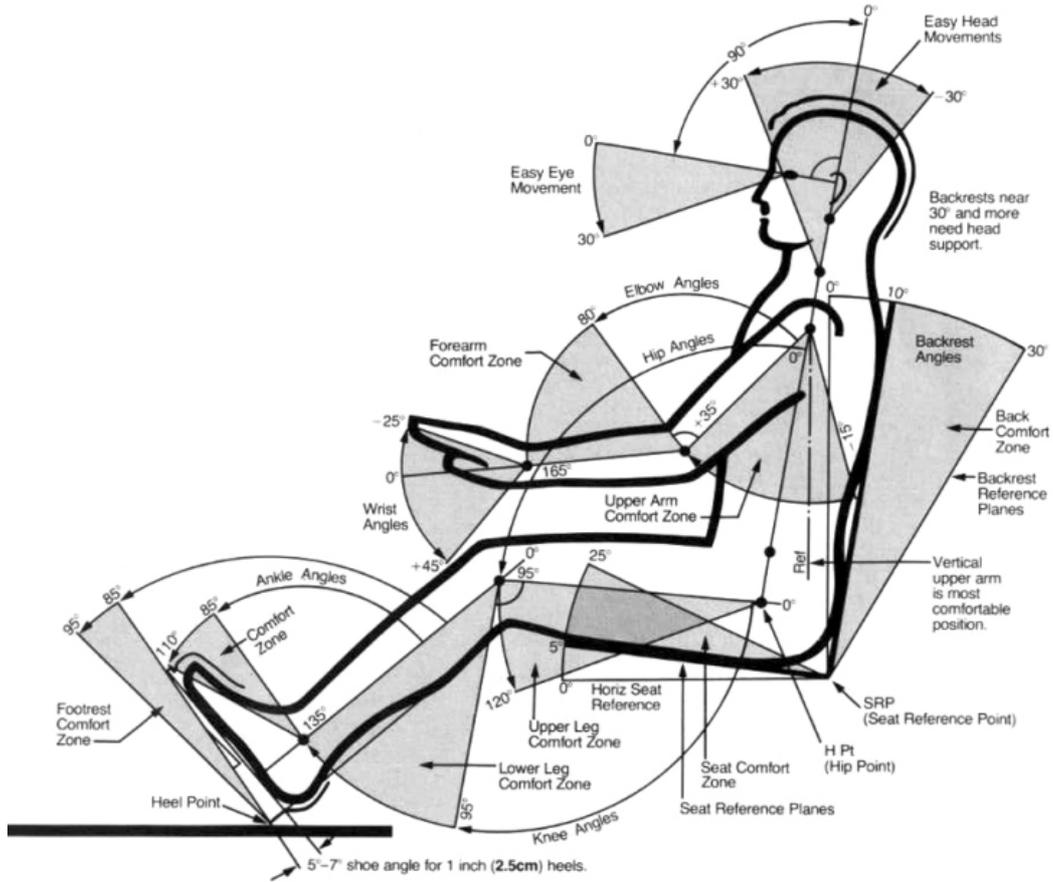


Fig. 4. Esquema general de rango angular para la ergonomía vehicular

