



Pruebas de choque (crash-tests) de patinetes eléctricos y riesgos asociados a su proceso de recarga: recomendaciones para un uso seguro

Fundación **MAPFRE**

Fecha

Febrero de 2021

Autores

Departamento de vehículos de CESVIMAP

Coordinación desde Fundación MAPFRE

Jesús Monclús, Área de prevención y seguridad vial, Fundación MAPFRE

Jorge Ortega, Área de prevención y seguridad vial, Fundación MAPFRE

Agradecimientos.

En este informe hemos tenido la oportunidad de colaborar con el Departamento de medicina legal, psiquiatría y patología de la Universidad Complutense de Madrid, concretamente con el Dr. Ladrón de Guevara, al cual queremos expresar nuestro agradecimiento por esta nueva oportunidad de colaboración y poder profundizar más en el impacto social de estas lesiones.

© Textos: sus autores

© Esta edición:

2021, Fundación MAPFRE

Pº de Recoletos, 23. 28004 Madrid

www.fundacionmapfre.org

El contenido de esta publicación puede ser utilizado o referido siempre que se cite la fuente del siguiente modo: *"Pruebas de choque (crashtests) de patinetes eléctricos y riesgos asociados a su proceso de recarga: recomendaciones para un uso seguro. Departamento de vehículos de CESVIMAP y Área de prevención y seguridad vial de Fundación MAPFRE (2021)."*

Índice

Prólogo	5
1. Resumen ejecutivo	8
2. Antecedentes	8
3. Recursos del proyecto	9
3.1. Recursos humanos	9
3.2. Recursos materiales	9
4. Desarrollo técnico	9
Introducción	9
4.1. Seguridad para VMP, relacionada con la modificación del Reglamento General de Vehículos	9
4.2. Análisis de la siniestralidad con VMP en España	11
4.2.1. Siniestralidad durante el año 2019	11
4.2.2. Siniestralidad durante el año 2020	13
4.2.1. Rango de edades, gravedad y números de personas implicadas en siniestros con VMP en 2019 y 2020	16
4.2.3. Resumen de víctimas mortales de 2019 y 2020	17
4.2.3. Uso de vías interurbanas	18
4.3. Simulaciones informatizadas	18
4.3.1. Simulación de impacto de VMP contra vehículo	18
4.3.2. Atropello de peatón infantil por VMP	20
4.4. Crash-test con VMP	21
4.4.1. Instalación de Crash-test para VMP de CESVIMAP	21
4.4.2. Crash-test de VMP contra vehículo	22
4.4.3. Cras-test de atropello de peatón por VMP	27
4.4.4. Análisis médico de los Crash-test CESVIMAP y de las simulaciones	30
4.5. Incendios en VMP ¿Por qué se pueden producir?	33
4.6. Seguridad frente a incendios en un VMP	34
4.6.1. Sistema de seguridad individual	34
4.6.2. BMS (Battery Management System)	35
4.6.3. Sensores de temperatura	37
4.6.4. Pruebas de incendios producidos por VMP	38
4.6.5. Importancia constructiva del VMP	41
4.6.6. Comprobación de la temperatura de funcionamiento	42
4.6.7. Trucajes	42
4.7. Seguridad dinámica en VMP	43
4.8. Operaciones realizadas en VMP que comprometan su seguridad de uso	45

4.8.1. Vídeos de internet relacionados con el trucaje de patinetes eléctrico	45
4.8.2. Piezas modificadas para trucar patinete eléctrico	45
5. Conclusiones	46
6. Índice de figuras, gráficas y tablas	49
	52

Prólogo

En ocasiones, cuando publicamos un estudio sobre siniestralidad, riesgos, lesiones... nos acusan de querer “meter miedo” y de “obstaculizar la innovación o el camino hacia la sostenibilidad”. Nosotros creemos que no es así. Estamos convencidos de que el camino hacia la sostenibilidad y la promoción de los modos de desplazamiento activos y sostenibles pasa por la salud y la prevención de lesiones. Que no hay sostenibilidad sin prevención de lesiones. Pensamos que cada lesión con secuelas es importante, que cada vida es irremplazable y que la inmensa mayoría de las lesiones y los riesgos son evitables. Es nuestra filosofía de trabajo Objetivo Cero a la que desde luego no estamos dispuestos a renunciar.

Como todos nuestros estudios, en este caso hemos puesto el foco en los riesgos de los patinetes eléctricos, un nuevo modo de desplazamiento que cada vez se utiliza más, como hemos comprobado estos meses atrás durante los meses de pandemia. Es evidente que ofrece unas importantes ventajas si sustituye a otros modos de transportes menos sostenibles (mayor coste de adquisición, uso y mantenimiento, más pesados, más contaminantes, más demandantes de espacio público...), aunque en los últimos meses también se han alzado voces recordando que los modos activos como desplazarse a pie o en bicicleta son aún más sostenibles y saludables que el patinete eléctrico.

En esta ocasión, nos hemos aliado con nuestros compañeros de CESVIMAP para recopilar, procesar, resumir y presentar de modo claro los últimos datos de siniestralidad mortal, los riesgos eléctricos asociados a su proceso de carga y, sobre todo, el riesgo de lesión en caso de siniestro. Mediante simulaciones por ordenador y pruebas de choque realizadas en laboratorio (en condiciones controladas, dicho de otro modo), hemos reproducido los que consideramos son los dos principales tipos de colisiones: el impacto de un patinete eléctrico que se desplaza a 25 km/h contra el lateral de un vehículo tipo monovolumen y el atropello a un dummy o maniquí que representa a un niño peatón, también a la citada velocidad.

Mi resumen de las conclusiones de estas pruebas de choque y de las demás áreas de investigación son las siguientes:

1. A una velocidad de 25 km/h, es ya considerable el riesgo de lesiones graves desde el punto de vista tanto del conductor del patinete eléctrico como de peatones contra los que el primero pueda chocar. No debería circularse más rápido.
2. Al igual que en la bicicleta, el casco debería usarse siempre, ya que protege de modo efectivo la zona más importante de nuestro cuerpo (la cabeza), la cual está claramente expuesta al peligro de recibir un impacto, como se ha visto en las simulaciones y las pruebas de choque.
3. Sin las debidas precauciones, y del mismo modo que suceden con un teléfono móvil, una tablet, etc, el proceso de recarga de la batería eléctrica tampoco está exento de riesgos, sobre todo en caso de impactos y daños en la zona de las baterías o de intervenciones o reparaciones inapropiadas o inadecuadas. Se deben evitar cargas nocturnas sin supervisión y la zona de carga debe estar despejada de elementos que puedan arder con facilidad. Es importante siempre usar el cargador proporcionado por el fabricante.

4. Tanto desde el punto de vista del peligro de circular a velocidades superiores a 25 km/h, como se ha indicado, como desde el punto de vista de posibles sobrecalentamientos y cortocircuitos, NUNCA se debe manipular el controlador de velocidad y potencia. Existen numerosos vídeos en redes sociales explicando cómo hacer dicha manipulación y ello se puede traducir, de modo indirecto, en un mayor riesgo de lesiones e incendios.
5. En particular, las empresas que ofrecen servicios de movilidad en patinetes eléctricos compartidos, tienen una responsabilidad añadida en relación con la seguridad de sus clientes, y deberían tener todas estas conclusiones muy en cuenta y trasladarlas de modo activo a sus usuarios: su seguridad debería ser siempre la primera prioridad de su actividad.

Afortunadamente, se trata de conclusiones que:

- a) Validan y refuerza todo lo ya aportado en nuestro estudio anterior del año 2019¹, primer estudio de su clase en España y que ha sido presentado en foros internacionales: en concreto la recomendación de que estos vehículos no circularan los aceras, la limitación de velocidad de 25 km/h y el uso necesario del casco para prevenir lesiones. Todas estas recomendaciones están recogidas en nuestro manual de movilidad segura, sana y sostenible, lanzado en septiembre del año pasado².
- b) Apuntalan la reciente nueva normativa aprobada por la Dirección General de Tráfico y que entró en vigor a principios del mes de enero de 2021. Normativa que, por cierto, recoge las recomendaciones anteriores de Fundación MAPFRE y la Asociación Española de la Carretera del año 2019.
- c) Aportan información totalmente novedosa a nivel mundial sobre los riesgos eléctricos y de otro tipo asociados a este tipo de movilidad individual

Recomendamos encarecidamente que el seguimiento de la seguridad de este nuevo modo de transporte, y de cualquiera otro de nueva aparición como las motos o coches compartidos, sea posible no sólo a través de noticias aparecidas en prensa sino en las estadísticas oficiales nacionales y locales de siniestralidad vial, con sus correspondientes códigos identificadores.

También solicitamos, y esperamos ser parte activa y protagonista en este sentido, que la educación y concienciación en movilidad segura, sana y sostenible, preste a partir de ahora la suficiente atención a este modo de transportes. En esta línea, en las próximas semanas esperamos anunciar colaboración y contar con la colaboración y la complicitad de empresas de movilidad compartida, ayuntamientos, administraciones y todos los colectivos y entidades interesadas en garantizar la seguridad de las personas en sus desplazamientos.

Por último, también creemos que este estudio debería ser tenido en cuenta muy en particular por los fabricantes de este tipo de vehículos, de modo que puedan avanzar en la mejora continua de sus productos y su seguridad: consejos de seguridad de uso (incluido el casco) en sus manuales de instrucciones, introducción de mejoras de diseño para proteger mejor a sus usuarios y a peatones en caso de colisión, sistemas para evitar la manipulación de sus

1 https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1099912

2 <https://manualmovilidadsegura.fundacionmapfre.org/>

controladores o baterías, introducción de sensores de temperatura en el pack de baterías y en controlador (unos modelos cuentan con ellos y otros no, como se desvela en el informe), etc.

Terminando por donde empezamos, identificando y minimizando los riesgos, avanzaremos hacia una mejor y más sostenible movilidad en nuestras ciudades sin tener que pagar un coste inaceptable y, sobre todo, evitable en términos de lesiones con secuelas graves o irreversibles.

Espero que sigan cuidándose mucho y que pronto podamos dejar atrás toda esta pesadilla provocada por la pandemia de la COVID-19.

Jesús Monclús
Director of Prevention and Road Safety
Fundación MAPFRE

Think twice, you only live once

1. Resumen ejecutivo

El presente trabajo muestra los datos de siniestralidad y sus consecuencias en los que están involucrados VMP, a través de información relativa a tipo de siniestro, vehículos involucrados, edad de los conductores, vía en la que se produjo el siniestro y su gravedad.

El análisis de estos datos nos ha orientado sobre aquellos supuestos más habituales de siniestros con VMP en ciudad, reproduciendo, en un primer estadio, las simulaciones mediante un *software* específico de reconstrucción de siniestros de tráfico y, a partir de su análisis, diseñando y llevando a cabo los *Crash-test* reales en las instalaciones de CESVIMAP.

Los datos extraídos de estos ensayos con *dummy* en CESVIMAP, tanto el realizado contra un vehículo como el de un atropello a un peatón infantil, han proporcionado información sobre daños, directos e indirectos, producidos en las partes del cuerpo de los *dummies* intervinientes, directamente aplicable a casos reales con personas, con el lógico asesoramiento desde la óptica médico-forense.

El estudio de la seguridad se ha completado con las recomendaciones extraídas de todos los supuestos dinámicos anteriores analizados, así como los estudios y experimentaciones realizados desde el punto de vista de la modificación de elementos de los VMP y de su calentamiento, debido a la utilización de baterías y cargadores portátiles.

2. Antecedentes

Fundación MAPFRE y CESVIMAP llevan, trabajando, desde el año 2018, con VMP y todo aquello que implica la utilización de estos nuevos vehículos. Durante estos años hemos recopilado información sobre los diferentes sistemas de seguridad de que disponen este tipo de vehículos, la siniestralidad durante estos últimos años, diferentes tipos de VMP, marcas y los modelos y las diferencias constructivas, entre otros aspectos.

El trabajo realizado en *Crash-test* con vehículos de cuatro ruedas y motos ha ayudado a poder desarrollar un ensayo y un sistema específico para realizar ensayos con VMP en CESVIMAP.

Además, también se han analizado las diferentes Normativas que regulan la utilización de estos vehículos, pasando por la Normativa 16/V 124, desarrollada en 2016 y la Normativa transitoria, la Instrucción 2019/S-149 TV-108, desarrollada en 2019, y la última aparecida hace escasamente dos meses y que modifica el Reglamento general de Circulación y el Reglamento general de Vehículos que entraron en vigor el 02 de enero de 2021.

3. Recursos del proyecto

3.1. Recursos humanos

- Jorge Garrandés Asprón (Ingeniero): Departamento de Vehículos de CESVIMAP.
- Daniel Vique Quinde (Ingeniero): Departamento de Vehículos de CESVIMAP.
- José María Miano Villar (Ingeniero): departamento C.A.S.E. de CESVIMAP.
- Carolina García Jiménez (Secretaria): Departamento de Vehículos de CESVIMAP.
- José Manuel Alonso (Operario taller): Departamento de Vehículos de CESVIMAP.
- 3 técnicos del departamento multimedia.
- Teresa Majeroni (Periodista): Departamento de comunicación de CESVIMAP.
- Concha Barbero (Filóloga): Departamento de publicaciones de CESVIMAP.
- Jesús Monclús González (Ingeniero): Área de prevención y seguridad vial de Fundación MAPFRE.
- Jorge Ortega Pérez (Ingeniero): Área de prevención y seguridad vial de Fundación MAPFRE.

3.2. Recursos materiales

Los recursos materiales empleados en la elaboración de este proyecto son los siguientes:

- Equipos informáticos conectados a internet y mediante los cuales se han buscado datos referentes a accidentes en los que están involucrados los VMP.
- Instalaciones de taller y de Crash-test CESVIMAP.
- Instalaciones del departamento multimedia de CESVIMAP (plató, edición, etc.).
- Laboratorio de electrónica de CESVIMAP.

4. Desarrollo técnico

Introducción

Los VMP surgen por la necesidad de una movilidad ecológica, económica y urbana, cuyo objetivo es permitir la movilidad individual dentro del casco urbano y que se pueda complementar con cualquier otro tipo de movilidad.

El surgimiento de este nuevo tipo de movilidad también trajo consigo nuevos problemas de circulación para los que, tanto los usuarios de las vías como los peatones, no estaban preparados. Esto, unido a la falta de una Normativa común, ha llevado a que estos vehículos sean considerados por muchas personas como peligrosos y al aumento de la siniestralidad, año tras año.

4.1. Seguridad para VMP, relacionada con la modificación del Reglamento General de Vehículos

Durante varios años, desde la aparición de los primeros VMP y el desarrollo, en el año 2016, de la Normativa 16V/-124, no había una definición clara de VMP, ya que no se les consideraba “ni

vehículos ni peatones”, y esto tuvo como consecuencia una gran confusión, tanto por parte de conductores, como de peatones, así como de otros usuarios de la vía.

Como consecuencia de ello, fueron las propias ciudades las que desarrollaron sus propias Normativas, como son los casos de Barcelona, en 2017, y Madrid, en 2018.

Posteriormente, se desarrolló la Instrucción Transitoria 2019/S-149 TV-108, que fue aprobada en diciembre del 2019, en la cual se otorga una nueva definición, actualizada, de VMP. Se define al VMP como un “vehículo” y, por lo tanto, ya no puede compartir el espacio con los peatones y, por ello, deben circular por la calzada.

En noviembre de 2020 se aprueba la modificación del Reglamento General de Circulación y el Reglamento General de Vehículos, en materia de medidas urbanas de tráfico.

En esta modificación se resalta la figura del VMP como un vehículo urbano. A continuación, vamos a detallar algunos puntos importantes relacionados con los VMP:

Se regula, a través del Reglamento General Circulación y del Reglamento General de Vehículos, que entra en vigor el 2 de enero del 2021, los requisitos y las condiciones de los vehículos de movilidad personal, los cuales, al ser definidos formalmente como vehículos, tendrán prohibida su circulación por las aceras y por las zonas peatonales.

El primer punto importante de esta nueva Normativa, que ya lo recoge la Instrucción Transitoria 2019/S-149 TV-108, aprobada en diciembre del 2019, es una definición de VMP acorde.

«Artículo 38. Circulación en autopistas, autovías y otras vías».

«4. Se prohíbe circular por travesías, vías interurbanas y autopistas y autovías que transcurren dentro de poblado con vehículos de movilidad personal. Asimismo, queda prohibida la circulación de estos vehículos en túneles urbanos.»

Durante el año 2020, se produjo un siniestro en el que el resultado fue una persona fallecida <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20200519/muere-conductor-patinete-accidente-camion-santa-maria-de-palautordera-7967021>. Esto, debido a que circulaba por una vía interurbana.

El patinete eléctrico es un vehículo vulnerable en un tipo de vía diseñado para vehículos de grandes dimensiones y pesos, que alcanzan grandes velocidades.

Bajo ninguna circunstancia deberían circular por ellas, ya que fueron diseñados para distancias cortas en vías urbanas.

j) Certificado para la circulación. Documento expedido por un tercero competente designado por el organismo autónomo Jefatura Central de Tráfico, en el que se acredita que el vehículo sometido a ensayo cumple con los requisitos técnicos de aplicación conforme a la normativa técnica nacional e internacional. Los vehículos de movilidad personal deberán obtener dicho certificado y la solicitud del mismo será realizada por los fabricantes, importadores o sus representantes respectivos en España.

Se trata de un documento emitido por un organismo autónomo, en el que constan todas las características técnicas de que dispone nuestro VMP. Para acceder a dicho certificado, debemos disponer de la ficha técnica de nuestro VMP.

k) Manual de características de los vehículos de movilidad personal. Documento elaborado por el organismo autónomo Jefatura Central de Tráfico, y aprobado mediante resolución de su titular, en el que se establecerán los requisitos técnicos que los vehículos de movilidad personal deben cumplir para su puesta en circulación, la clasificación de los mismos, los procesos de ensayo para su certificación y los mecanismos que se emplearán para su fácil identificación.

El manual de características es un documento en el que se reúnen todos los requisitos técnicos que un VMP debe cumplir para poder obtener el Certificado de Circulación.

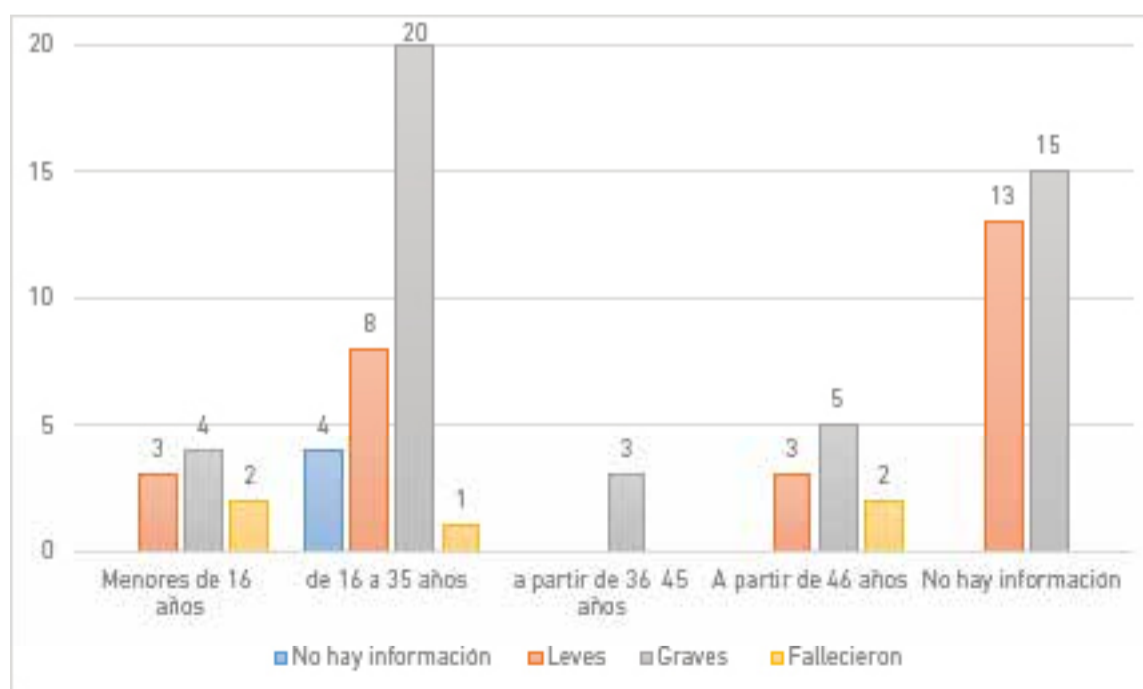
La obligatoriedad de disponer del Certificado de Circulación, el cual debe cumplir con lo establecido en el manual de características, será en los 24 meses posteriores a la publicación del manual de características; es decir, que el Certificado de Circulación no será un documento necesario para circular con VMP, de momento.

4.2. Análisis de la siniestralidad con VMP en España

4.2.1. Siniestralidad durante el año 2019

Durante 2019, y según <https://www.eldigitaldeasturias.com/noticias/mas-de-300-accidentes-de-patinetes-con-victimas-en-espana/>, se produjeron 300 siniestros con víctimas de diferente consideración, en los que están involucrados VMP.

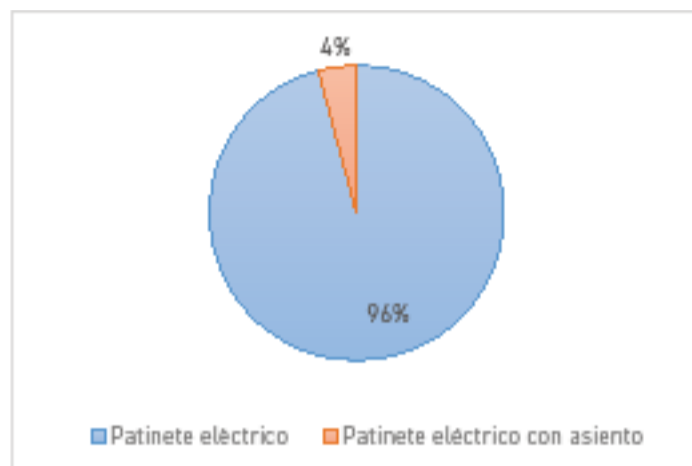
Durante ese año, en CESVIMAP se recopiló información, en diferentes medios de comunicación (páginas web de diferentes diarios españoles, canales de noticias y revistas web), de 76 siniestros, con un total de 83 personas afectadas, en los que estuvieron implicados VMP, y entre los cuales se produjeron 5 siniestros con fallecidos.



Gráfica 1. Personas afectadas, gravedad y edad de los implicados

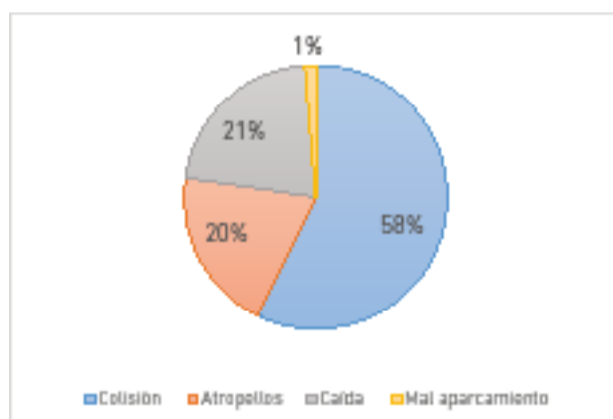
Durante ese año también, nueve menores de 16 años (edad mínima de conducción según la normativa de Barcelona) estuvieron implicados en accidentes con VMP.

Las personas de edades comprendidas entre 16 y 35 años son las que están involucradas en la mayor parte de los siniestros, en total, 31 personas.

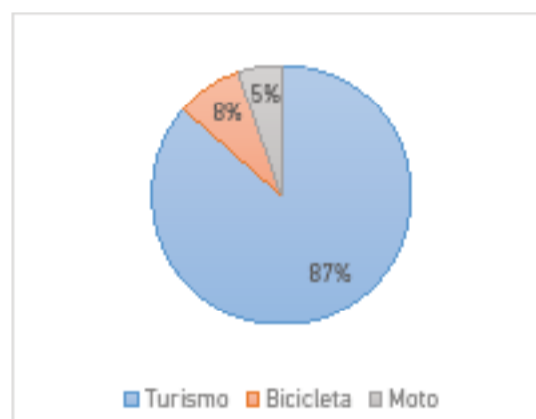


Gráfica 2. VMP implicados en 2019

Al igual que en el año 2018, el VMP implicado en el mayor número de siniestros es el patinete eléctrico, con un 96% con respecto a otros VMP, que, en este caso, es el patinete eléctrico con asiento que está dentro de los VMP de tipo B, según la instrucción 16/V-124.

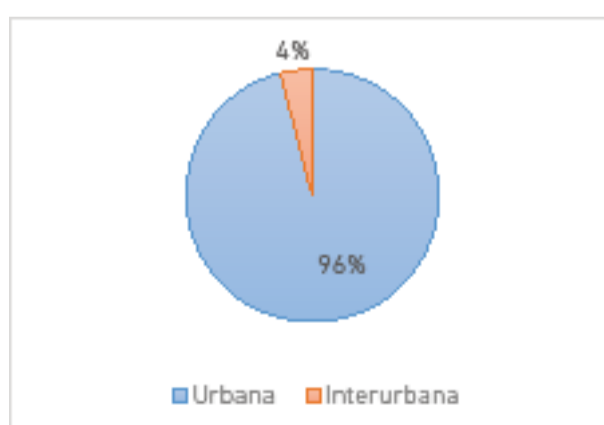


Gráfica 3. Tipo de siniestros en 2019



Gráfica 4. Otros Vehículos implicados

Un 58% de los siniestros se produjo por colisiones en los que están implicados otros vehículos, dentro de los cuales el vehículo contra el que se produjo el mayor número de golpes fue el turismo, con un 87%. El 20 % de los siniestros fue debido a atropellos a peatones.



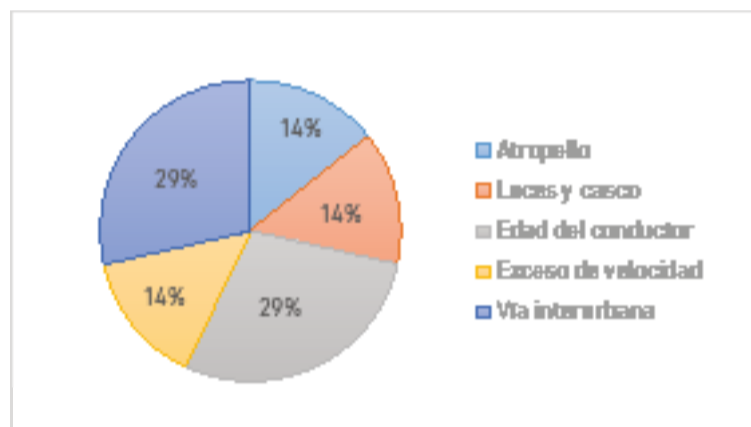
Gráfica 5. Tipos de vías donde se han producido los siniestros

El 96% de los siniestros, durante el año 2019, se produjeron en vías urbanas: Por el contrario, un 4% de ellos se produjo en vías interurbanas. En el caso de los fallecidos, en vías interurbanas se produjeron 2 fallecidos en 3 siniestros.



Gráfica 6. Siniestros en los que iban dos personas

En un 3% de los siniestros en los que estaba implicado un VMP, en el vehículo circulaban dos personas.



Gráfica 7. Factores principales en siniestros con víctimas mortales

Durante ese año, los principales factores en siniestros con fallecidos son: el tipo de vía (vía interurbana), junto a la edad del conductor, que representa un 29 % cada una de ellas.

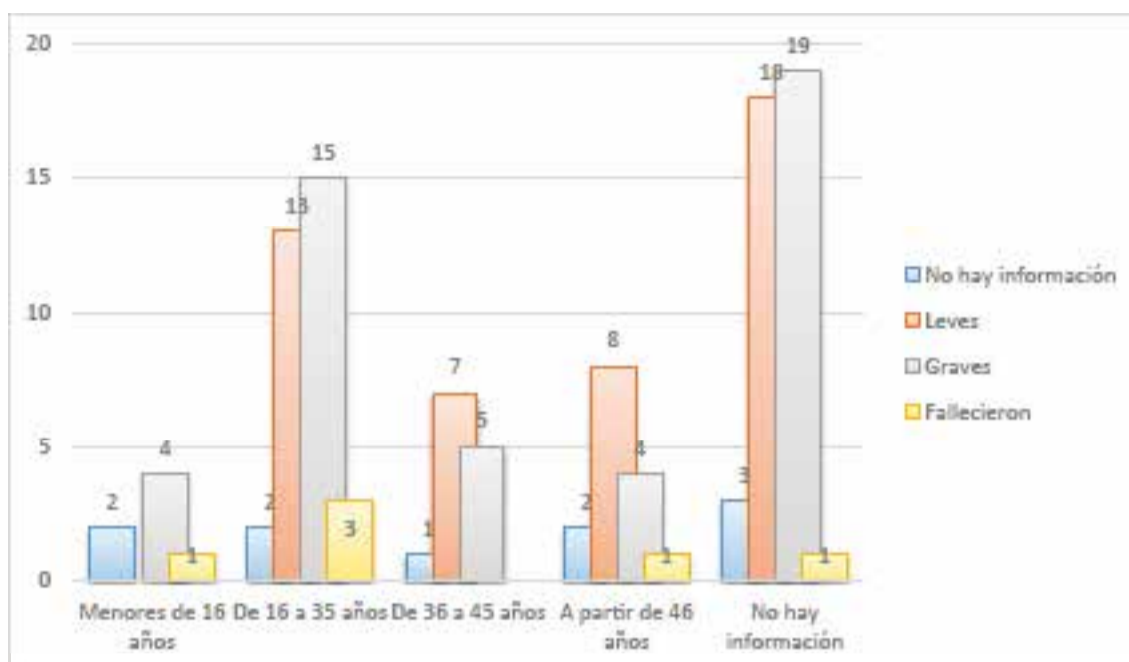
Hay que tener en cuenta que la edad mínima depende de cada ciudad, ya que en la Instrucción 16V/ 124 no habla de este tema. En el caso de Madrid la edad mínima para conducir este tipo de vehículos es de 15 años, mientras que en Barcelona la edad mínima es 16 años.

Otra causa importante de siniestros con víctimas mortales es el exceso de velocidad, ya que representa un 14% de las causas de los que han causado víctimas mortales.

4.2.2. Siniestralidad durante el año 2020

Durante el año 2020, se ha podido recopilar información, de diferentes medios de comunicación y sitios web, de 100 siniestros en los que han estado involucrados VMP, concretamente patinetes eléctricos.

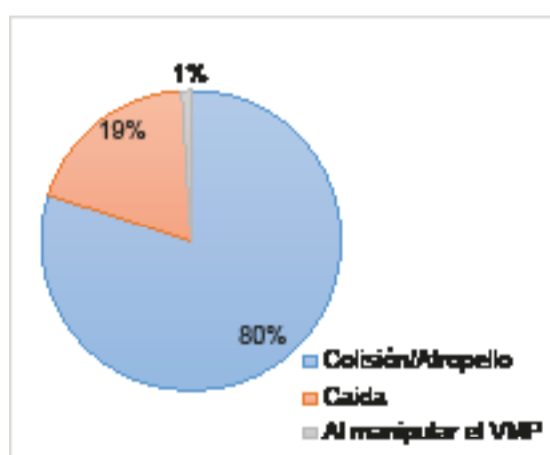
Entre los 100 de este año se han producido 6 situaciones con fallecidos.



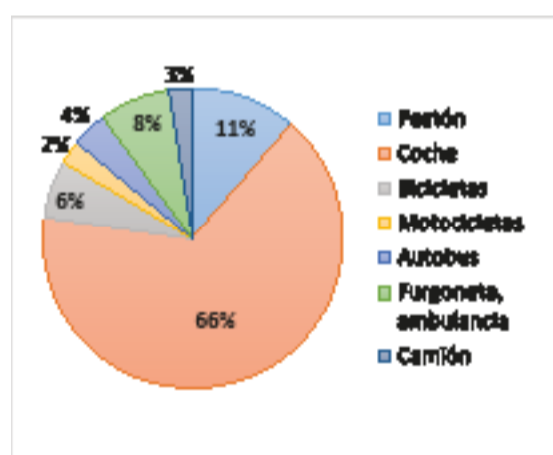
Gráfica 8. Personas afectadas, gravedad y rangos de edad

Lo más importante a destacar, respecto al rango de edad, es que se han producido siete siniestros en los que han estado implicados menores de 16 años (edad mínima con la que se puede conducir un VMP en la Normativa de Barcelona). Dentro de estos, se ha producido una víctima mortal.

Otro dato a destacar es que el rango de edad donde se han producido más víctimas mortales es entre 16 y 35 años, produciéndose un total de 3 víctimas mortales de personas que se encuentran en este rango de edad.

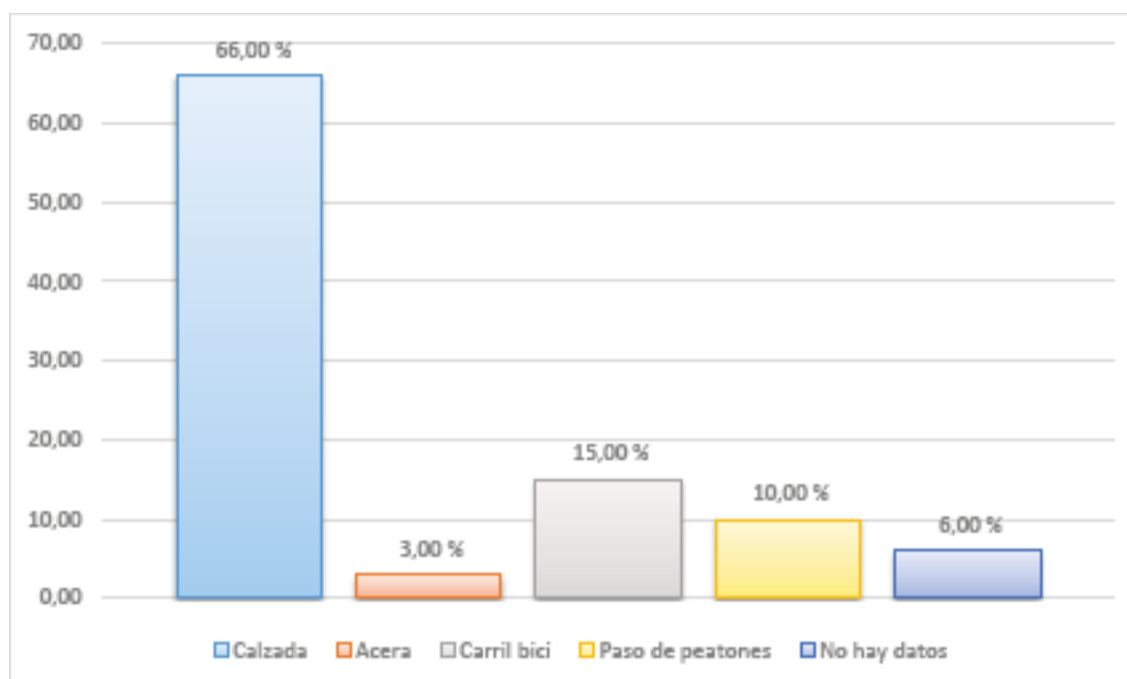


Gráfica 9. Tipo de siniestros



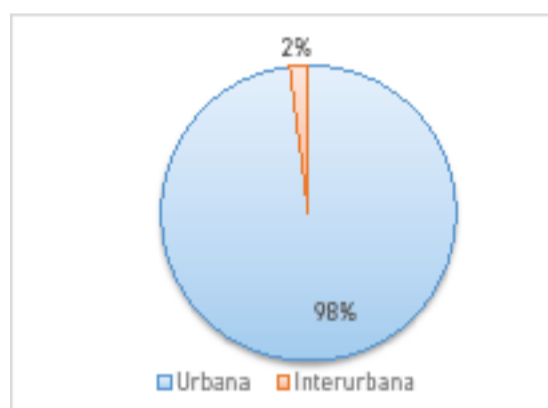
Gráfica 10. Implicados

Del total de siniestros analizados durante el 2020, el 80% se produjo en colisión con otro vehículo, dentro de los cuales el vehículo que estuvo involucrado en la mayor parte de las colisiones es el turismo/coche, con un 66%.



Gráfica 11. Lugar donde se producen los siniestros

Los siniestros se han producido en un 66% en la calzada y tan solo un 3% en las aceras de las ciudades. Un dato preocupante es que un 10% de ellos se han producido en pasos de peatones, lo cual es importante destacar, ya que el paso de peatones es un lugar destinado exclusivamente a los peatones, y no un sitio por el que deben circular, bajo ningún concepto, VMP.

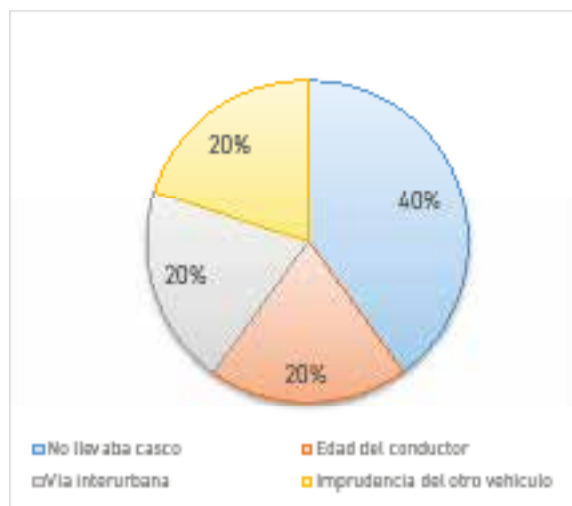


Gráfica 12. Tipos de vías donde se han producido los siniestros

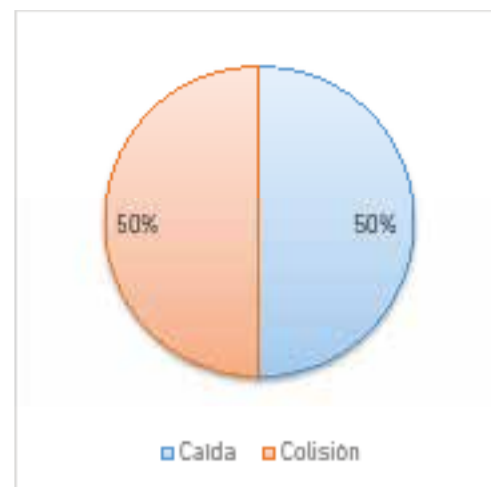


Gráfica 13. Siniestros en los que iban dos personas

En el caso de los fallecidos, en vías interurbanas se produjeron 2 fallecidos en 3 siniestros. Dos puntos importantes a destacar son que los conductores se están concienciando de que el uso de VMP está limitado a las vías urbanas dentro de las ciudades y, de igual manera, que el uso de estos vehículos es de uso personal (sin acompañantes), lo cual también está incluido en la última normativa. Tan solo el 2% de los siniestros se produjo en una vía interurbana, y un 6% de ellos estuvieron involucrados VMP en el que circulaban dos o más personas.



Gráfica 14. Factores principales en los siniestros con fallecidos

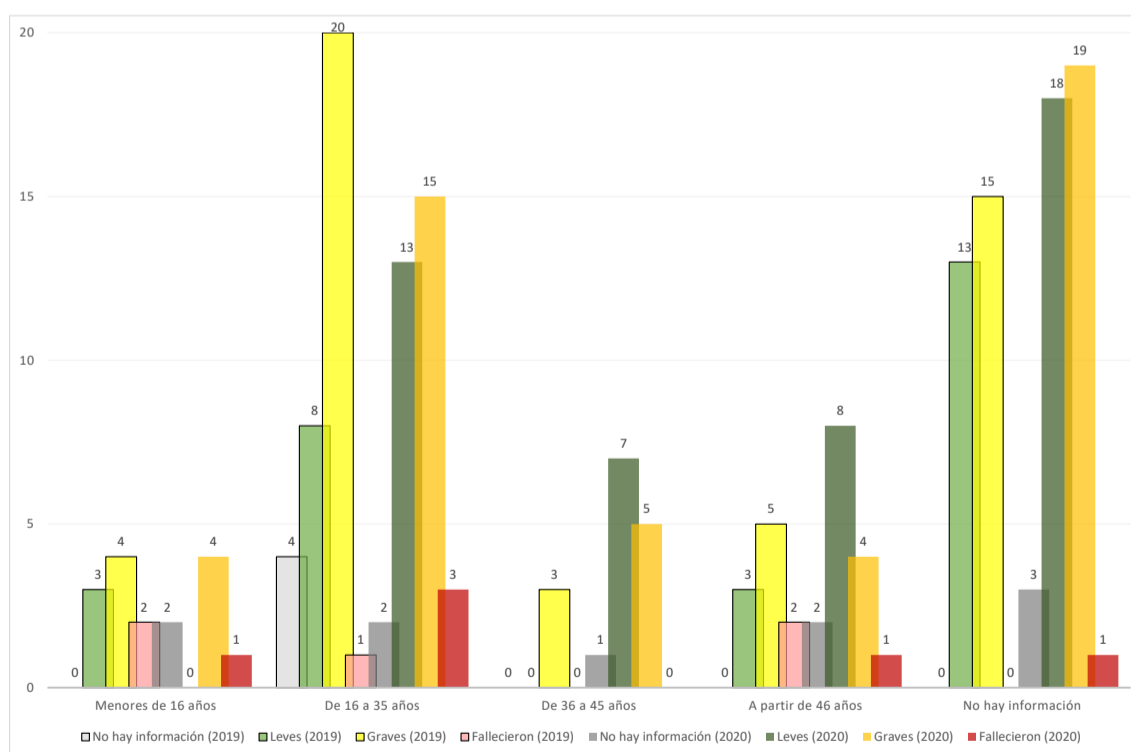


Gráfica 15. Tipos de siniestros mortales

Sobre los siniestros con fallecidos que se produjeron durante este año, podemos destacar que un 50% se produjo por caída, en estos la gravedad de las lesiones podría haber sido menor gracias al uso del casco, ya que la cabeza es una de las zonas más afectadas en caso de golpe y una zona muy delicada en caso de sufrir algún impacto producido durante una colisión o atropello.

Otro dato a destacar es que uno de los siniestros con fallecidos, estuvo involucrado un menor de edad, con una edad inferior a lo permitido por ciudades como Madrid o Barcelona (15 y 16 años respectivamente).

4.2.1. Rango de edades, gravedad y números de personas implicadas en siniestros con VMP en 2019 y 2020



Gráfica 16. Comparativa de datos de siniestralidad entre los años 2019 y 2020

Podemos observar, en la gráfica anterior, que tanto el número de personas involucradas como el número de siniestros de los que se ha tenido información, han aumentado en este último año 2020.

También es importante resaltar, que el grupo de edad más afectado en estos siniestros es el comprendido entre 16 a 35 años.

4.2.3. Resumen de víctimas mortales de 2019 y 2020

MES	LUGAR	VÍCTIMA	EXPLICACIÓN
Abril	Valencia	Fallecido 20 años	El conductor del patinete eléctrico falleció después de permanecer dos días hospitalizado tras chocar contra una moto. https://www.telecinco.es/informativos/sociedad/atropello-patenete-moto-valencia_0_2748375118.html
Junio	Oropesa (Castellón)	Fallecido 16 años	Un grupo de cuatro menores circulaban a gran velocidad y colisionaron entre ellos. Uno de los jóvenes de 16 años falleció tras permanecer ingresado en el hospital. https://www.lespanol.com/sociedad/sucesos/20190630/fallece-menores-chocar-monopatines-puerto-oropesa/410209591_0.html
Agosto	Valencia	Fallecida 15 años	La adolescente fue atropellada cuando circulaba en un patinete y murió el viernes tras permanecer nueve días en estado crítico en el Hospital La Fe de Valencia. https://www.levante-emv.com/sucesos/2019/09/01/muere-menor-15-anos-atropellada-11785172.html
Septiembre	Rebolledo (Alicante)	Fallecido 61 años	El conductor de un scooter eléctrico falleció tras sufrir un choque contra un vehículo. https://www.lavanguardia.com/vida/20190928/47684445732/fallece-conductor-de-scooter-electrico-en-choque-con-un-vehiculo-en-alicante.html
Noviembre	Barcelona	Fallecida 82 años	La anciana falleció 3 días después de sufrir un atropello por parte de un patinete eléctrico de alquiler. https://www.elmundo.es/cataluna/2019/12/15/5df60b4121efa0d7038b4584.html

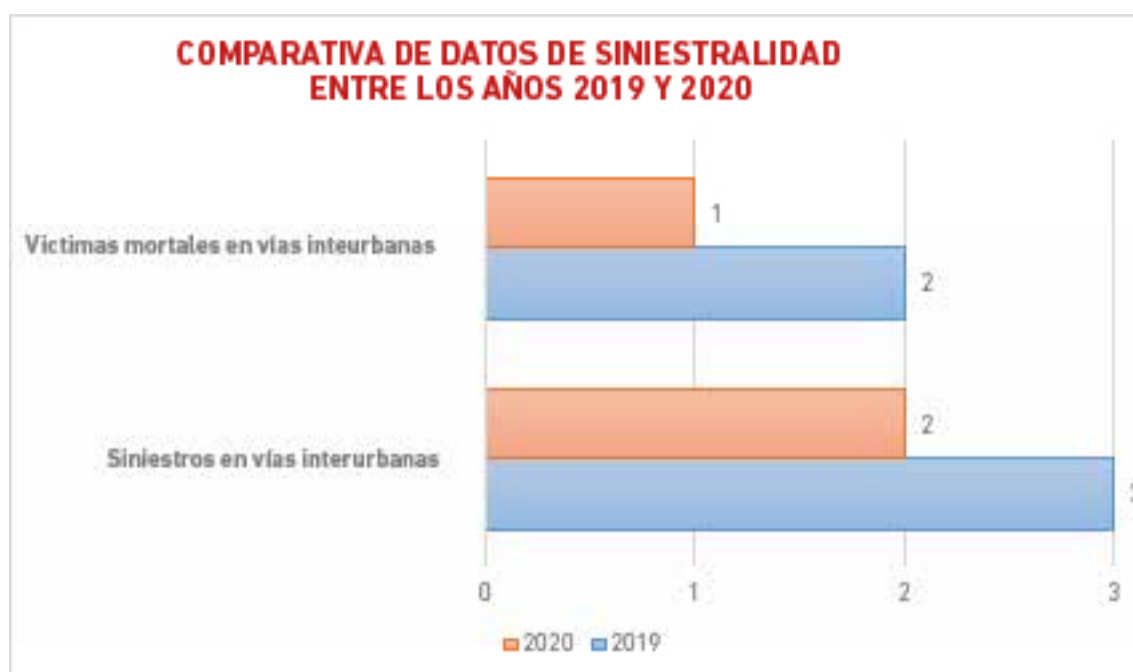
Tabla 1. Siniestros con víctimas mortales durante el 2019

MES	LUGAR	VÍCTIMA	EXPLICACIÓN
Enero	Pontevedra	Fallecido 31 años	El conductor del patinete eléctrico muere, tras caer de un patinete al lado de casa por motivos que se desconocen. El hombre tenía un golpe en la cabeza y no llevaba puesto el casco. https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/pontevedra/2020/01/12/fallece-vecino-poio-31-anos-tras-caer-patinete/00031578848682596724526.htm
Febrero	Lloret de Mar (Girona)	Fallecido 35 años	El joven accidentado ingresó en la UCI y falleció a los 3 días, tras sufrir un golpe en la cabeza y no disponer de casco. https://www.clm24.es/articulo/viral/accidente-patinete-muere-joven-35-anos-terrible-accidente-patinete-electrico/20200215223805270215.html
Mayo	A Coruña	Fallecida 10 años¹	Un golpe en la cabeza al caer del patinete con el que jugaba provocó la muerte de la niña tras permanecer ingresada más de una semana en el Hospital. https://www.20minutos.es/noticia/4259717/0/coruna-oleiros-muere-nina-caer-patinete-golpe-cabeza/?autoref=true
Mayo	Santa María de Palautordera (Barcelona)	Fallecido Edad no indicada	El conductor de un patinete eléctrico falleció tras un accidente con un camión en la vía interurbana C-35 por causas que se desconocen. https://elpais.com/espana/catalunya/2020-05-19/muere-el-conductor-de-un-patinete-en-un-accidente-con-un-camion-en-santa-maria-de-palautordera.html
Agosto	Benidorm (Alicante)	Fallecida 29 años	La conductora de un patinete eléctrico falleció tras ser arrollada por un autobús interurbano en un cruce del casco urbano. https://www.clm24.es/articulo/sucesos/muerte-accidente-traffic-atropello-muere-joven-iba-patinete-ser-arrollada-autobus-calle/20200825122616290459.html
Septiembre	Barcelona	Fallecido 59 años	El conductor del patinete eléctrico ha fallecido al colisionar con una furgoneta en el Eixample de Barcelona. https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20200923/muere-conductor-patinete-electrico-barcelona-eixample-pau-claris-provenca-8125323

Tabla 2. Siniestros con víctimas mortales durante el 2020

1 En este caso, a pesar de tratarse de un patinete de juguete (no eléctrico), se incluye en la tabla para reforzar el mensaje de la necesidad del uso del casco también en juguetes infantiles de este tipo.

4.2.3. Uso de vías interurbanas



Gráfica 17. Datos sobre siniestros y víctimas mortales en vías interurbanas

Podemos hacer una comparativa entre 2019 y 2020 con respecto a los siniestros ocurridos en vía interurbana, y podemos observar que se produce una reducción, pasando de 3 a 2, y disminuyendo el número de víctimas, pasando de 2 a 1 víctima.

4.3. Simulaciones informatizadas

Partiendo del análisis anterior de la siniestralidad y la casuística de los diferentes siniestros de circulación con VMP, se ha optado por desarrollar las siguientes simulaciones informatizadas, utilizando software de reconstrucción de siniestros de tráfico: programa V-Crash 4.0:

- Impacto de VMP contra vehículo
- Atropello de peatón infantil por VMP

4.3.1. Simulación de impacto de VMP contra vehículo

En este primer caso, se realizó una simulación informatizada de un siniestro en el que está involucrado un VMP y un vehículo monovolumen.

Las condiciones de contorno de la simulación son las siguientes:

- Impacto lateral con ángulo de incidencia de 90° del VMP contra el vehículo monovolumen parado.
- Peso del conductor de VMP: 66kg
- Altura del conductor de VMP: 165 cm
- Otro vehículo implicado: Monovolumen.
- Peso del monovolumen: 1839 kg.
- Tipo de VMP: Patinete eléctrico.
- Peso del VMP: 12,5 kg.
- Velocidad en el momento del impacto del VMP: 25 km/h, velocidad máxima según Normativa.

A continuación, detallaremos gráficamente los momentos importantes de la simulación:

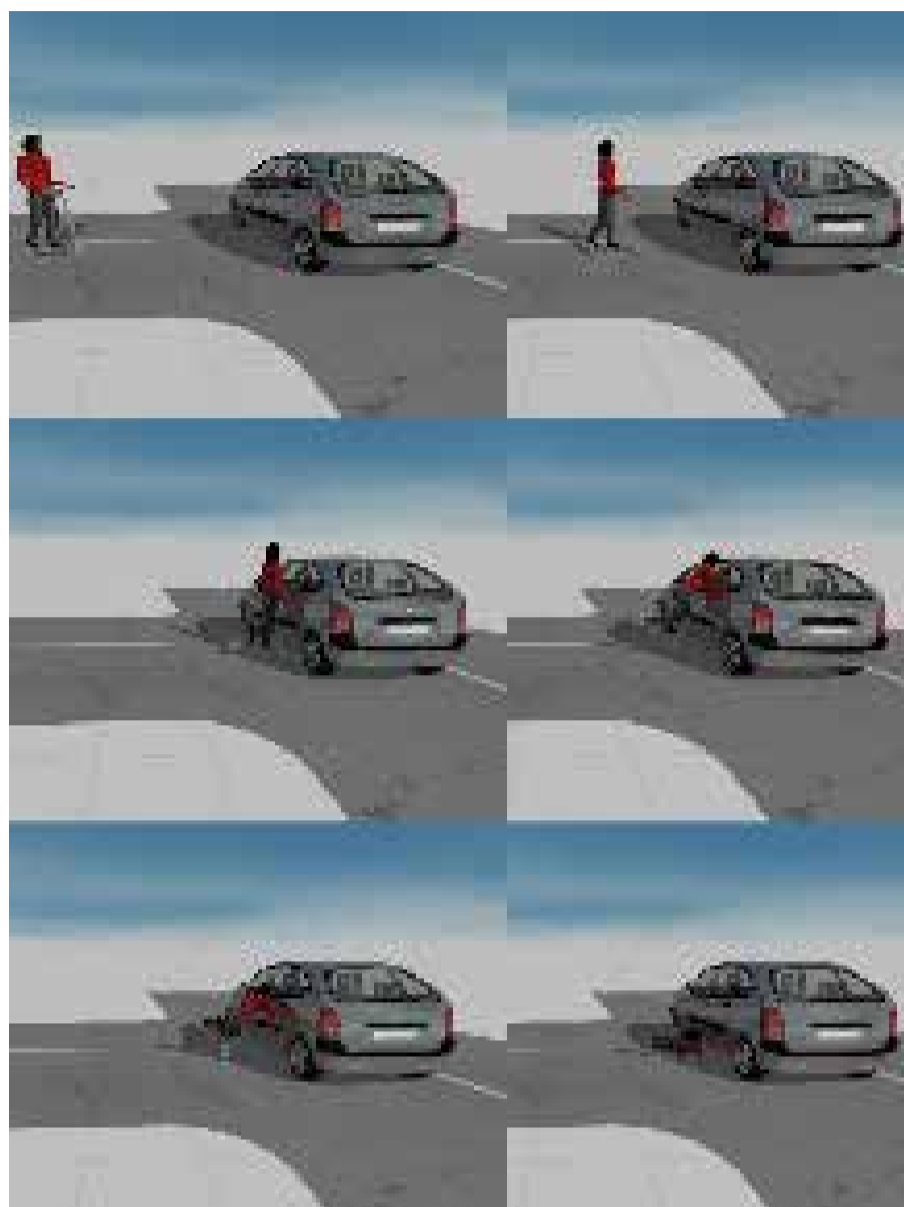


Figura 1. Diferentes momentos de la simulación del Crash-test entre VMP y monovolumen

Analizando la simulación, podemos observar las siguientes peculiaridades que se producen durante la colisión:

- Lo primero en impactar contra el monovolumen es la columna de dirección del VMP, en concreto la zona de la horquilla del eje delantero.
- El VMP, al no absorber nada de energía durante el impacto, es su conductor el más afectado, siendo la zona superior del cuerpo, en concreto su cabeza, la que colisiona con mayor fuerza. El golpe en la cabeza es directo, ya que el conductor no disponía de ningún elemento de protección (casco).
- Posteriormente, también se ven afectadas la zona del tórax, brazos y rodillas durante la colisión.
- El VMP, al impactar contra el monovolumen, “rebota”, y no se produce absorción de energía por su parte.
- Durante la colisión, el único movimiento que tiene el monovolumen es el lateral. Este se produce por a la actuación del sistema de suspensión.
- La zona más afectada del monovolumen es la puerta trasera izquierda, junto a su moldura, que es la que impacta contra el tórax y los miembros del conductor del VMP.

4.3.2. Atropello de peatón infantil por VMP

En este segundo caso, se realizó una simulación informatizada, en la que un VMP, conducido por un adulto, atropella a un peatón infantil.

Las condiciones de contorno de la simulación son las siguientes:

- Impacto lateral con ángulo de incidencia de 90° del VMP contra el peatón, que simula estar cruzando la calzada.
- Peso del conductor de VMP: 66 kg.
- Altura del conductor de VMP: 165 cm.
- Tipo de peatón: Niña.
- Peso del peatón: 14 kg.
- Altura del peatón: 119 cm.
- Tipo de VMP: Patinete eléctrico.
- Peso del VMP: 12,5 kg.
- Velocidad en el momento del impacto del VMP: 25 km/h velocidad máxima según Normativa.

A continuación, detallaremos, gráficamente, los momentos importantes de la simulación:

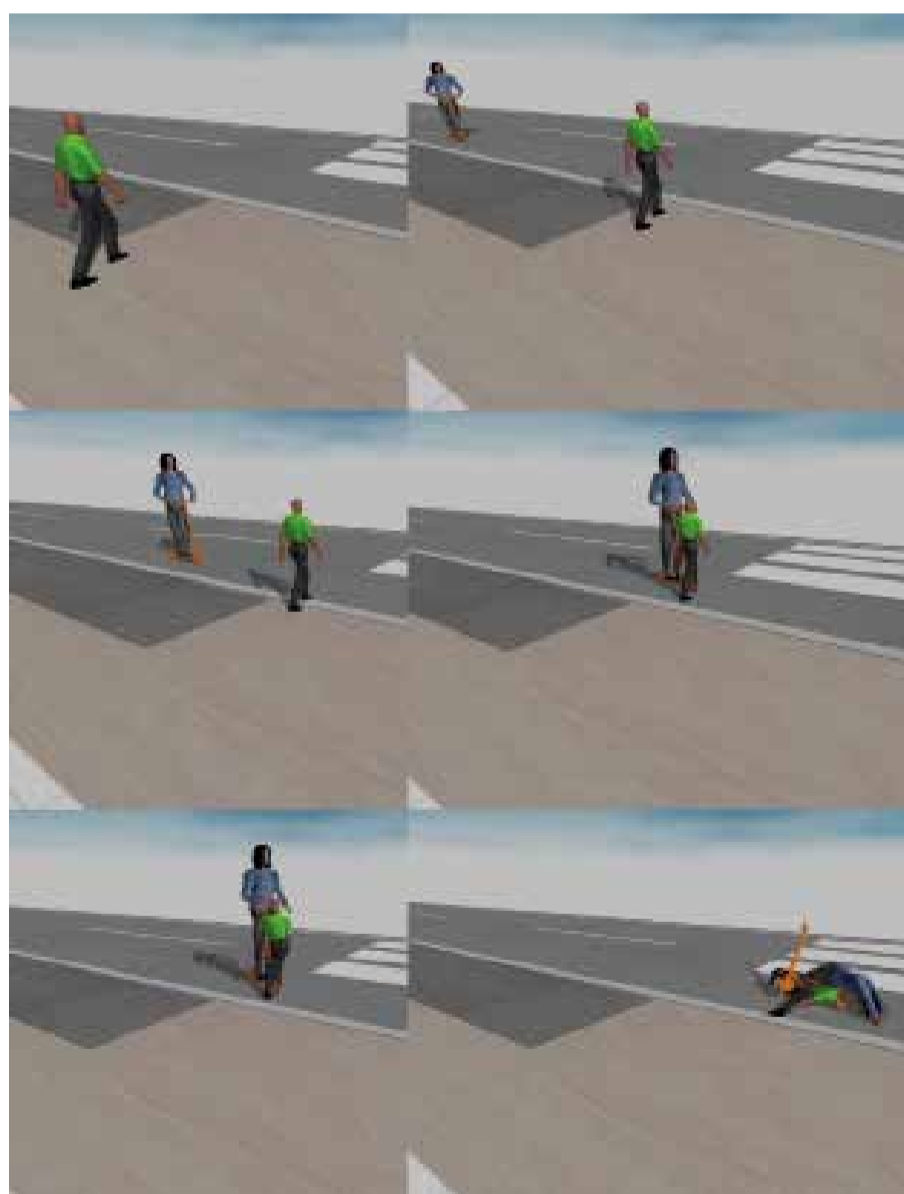


Figura 2. Diferentes momentos de la simulación del atropello a peatón por un VMP

Analizando la simulación, podemos observar las siguientes peculiaridades que se producen durante la colisión:

- En este caso, el usuario vulnerable es el peatón, y es quien absorbe toda la energía de la colisión.
- El primer contacto, durante la colisión, se produce entre la zona más adelantada del VMP, la rueda, y las piernas del peatón.
- A continuación, la columna de dirección impacta contra el cuerpo del peatón.
- Las rodillas de la conductora golpean contra la zona de la cintura del peatón, produciéndose un giro de su tórax.
- Por último, el peatón termina en el suelo, soportando el peso, tanto del VMP como de la conductora, produciéndose golpe en ambas cabezas.

4.4. Crash-test con VMP

4.4.1. Instalación de Crash-test para VMP de CESVIMAP

En CESVIMAP se han realizado dos Crash-test, como complemento experimental a las simulaciones informatizadas desarrolladas con software V Crash 4.0.

Para poder realizar los Crash-test CESVIMAP ha desarrollado un sistema exclusivo de ensayo de vehículos de movilidad personal, que permite la realización de Crash-test con diferentes modelos de VMP, y empleando dummies con pesos y dimensiones antropométricas diferentes.

El dispositivo es adaptable a las instalaciones de ensayos de CESVIMAP, aprovechando el sistema de tracción de la instalación para dotar de movimiento al conjunto dummy-VMP.

De esta forma, se realizan experimentalmente recreaciones de siniestros reales de circulación urbana con VMP, tanto en casos de siniestros entre vehículos como en atropellos.

El dispositivo dispone de una plataforma sobre la que se ubica la torre soporte del dummy.

Sobre la plataforma figura montado un cubo prismático, que ejerce las funciones de soporte y estabilizador del VMP, disponiendo, a su vez, su torre superior de tres puntos de anclaje vertical del dummy, y uno para estabilización lateral, que lo coloca convenientemente en posición de conductor del VMP.

Los elementos principales que componen el dispositivo diseñado para hacer los Crash-test de VMP son los siguientes:

1. Plataforma
2. Cubo prismático
3. Torre superior
4. Puntos de apoyo de los brazos
5. Punto de soporte cervical
6. Estabilizador de plataforma



Figura 3. Partes de la plataforma para realizar Cras-test con VMP desarrollada por CESVIMAP

El dispositivo preparado para realizar el Crash-test, completo con el VMP, ubica el dummy sobre el VMP, apoyando ambos pies en la plataforma y las manos, en las empuñaduras del manillar:

De esta forma, los puntos de soporte vertical del dummy en el dispositivo son tres superiores (dos en brazos más uno en columna), además de los pies y manos sobre el propio VMP.



Figura 4. Plataforma, dummy y VMP antes de realizar un Crash-test

El dispositivo para la realización de Crash-test con VMP se encuentra actualmente en proceso de solicitud con el número U202130112, como MODELO DE UTILIDAD en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), para lo cual ya se ha presentado toda la información y documentos pertinentes según referencia JRT/MOD-17686.

4.4.2. Crash-test de VMP contra vehículo

El primer Crash-test fue realizado el jueves 05 de noviembre del 2020. En él están involucrados un VMP y un coche, al igual que en la simulación realizada en Virtual Crash.

El Crash-test es frontal, a 90° en relación con el otro vehículo, realizado a una velocidad de 25 km/h, velocidad máxima legal para VMP.

El esquema de la disposición de los intervinientes en el ensayo es la que muestra el dibujo siguiente:

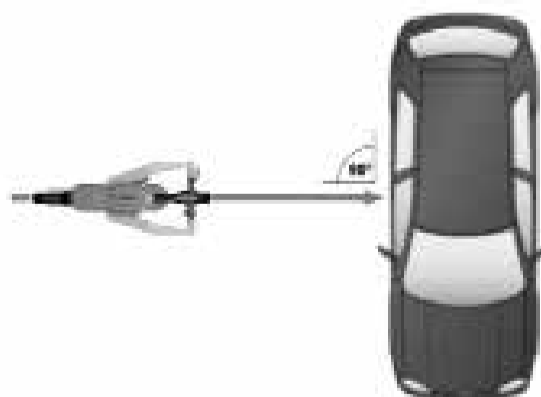


Figura 5. Condiciones para realización del Crash-test

El vehículo contra el que impacta el VMP es un monovolumen Chrysler Voyager, que presenta las siguientes características:


CARACTERÍSTICAS		IMAGEN
Tipo de carrocería	Monovolumen	
Longitud (mm)	4804	
Anchura (mm)	1997	
Altura (mm)	1749	
Batalla (mm)	2878	
Peso (kg)	1839	

Tabla 3. Características del monovolumen con el que se realizó el Crash-test de colisión

El VMP utilizado es un patinete eléctrico Xiaomi Mijia M365, que desarrolla una velocidad máxima de 25 km/h, cuya batería se encuentra bajo la plataforma reposapiés de apoyo del patinete, presentando este VMP las siguientes características.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN
Tracción	Delantera	
Potencia del motor	250W	
Longitud (mm)	1080	
Anchura del manillar (mm)	430	
Altura (mm)	1140	
Peso (kg)	12,5	

Tabla 4. Características del VMP con el que se realizó el Crash-test de colisión

4.4.2.1. Daños producidos en dummy, VMP y monovolumen

A continuación, vamos a analizar los daños en cada uno de los elementos implicados en el Crash-test.

4.4.2.1. Daños en el dummy (conductor)

En primer lugar, y dando prioridad al elemento más importante y por el que más nos preocupamos en un siniestro de este tipo, vamos a analizar los daños personales en el conductor del VMP.



Figura 6. Posición final del conductor del VMP tras el ensayo

El crash test se produjo contra un monovolumen alto. Esto evita que el primer impacto del VMP sea directamente en la rueda y, sin embargo, sea la columna de la dirección la que impacta directamente.

Se ha sensorizado la carrocería del Chrysler Voyager para obtener los datos relativos a las aceleraciones producidas en los instantes en los que diferentes partes, tanto del VMP como del dummy, han entrado en contacto con el Voyager.

De esta manera, se puede obtener una aproximación a las intensidades o de la gravedad de los daños que se van a producir en las diferentes partes del cuerpo del dummy, según vayan impactando con la carrocería del vehículo.

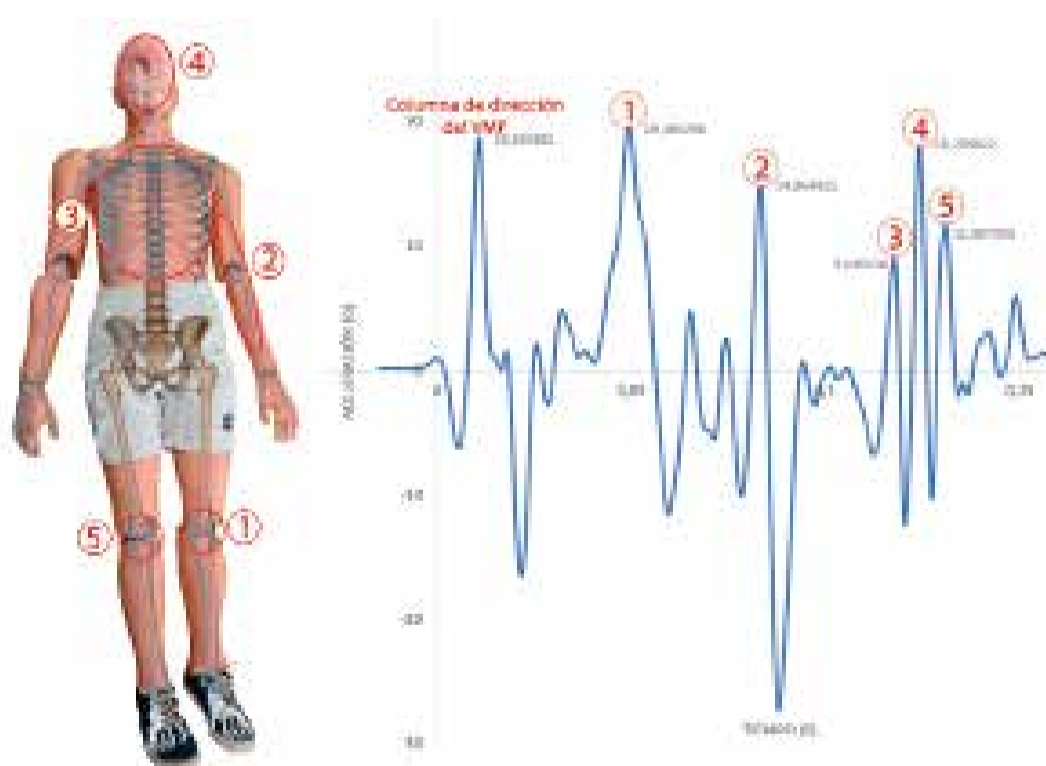


Figura 7. Fuerzas (G) y partes del cuerpo afectadas durante el Crash-test

En la gráfica mostrada podemos observar la intensidad de cada uno de los golpes, así como las zonas afectadas.

Las zonas que sufren una mayor fuerza de impacto son: la rodilla izquierda, que, en este caso, es la primera parte del cuerpo en entrar en contacto con el vehículo y, en segundo lugar, la cabeza.

Pese a que el dummy llevaba puesto un casco, el golpe afecta tanto al casco como a la cara del conductor. Esto lo podemos ver ya que, para su mejor apreciación, pusimos un producto en la cara del dummy, que dejó su marca en la carrocería del vehículo (foto siguiente), impregnando la ventana donde se produjo el impacto.

El resto de las partes del dummy que impactaron contra el Chrysler produjeron esfuerzos directos sobre ventanilla lateral izquierda de puerta corredera y panel inferior de dicha puerta.

Las medidas de las zonas de impacto entre la cabeza del dummy y del monovolumen se muestran a continuación.

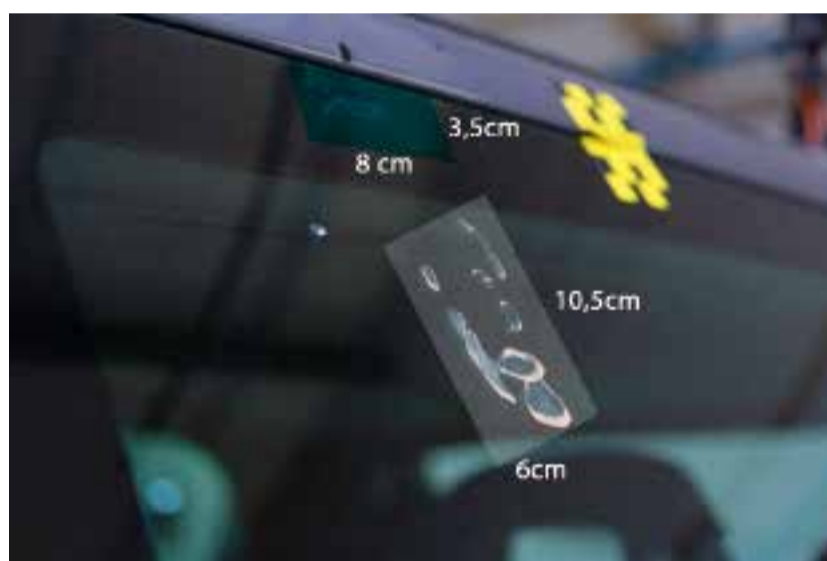


Figura 8. Marcas de la zona facial en el lateral del vehículo

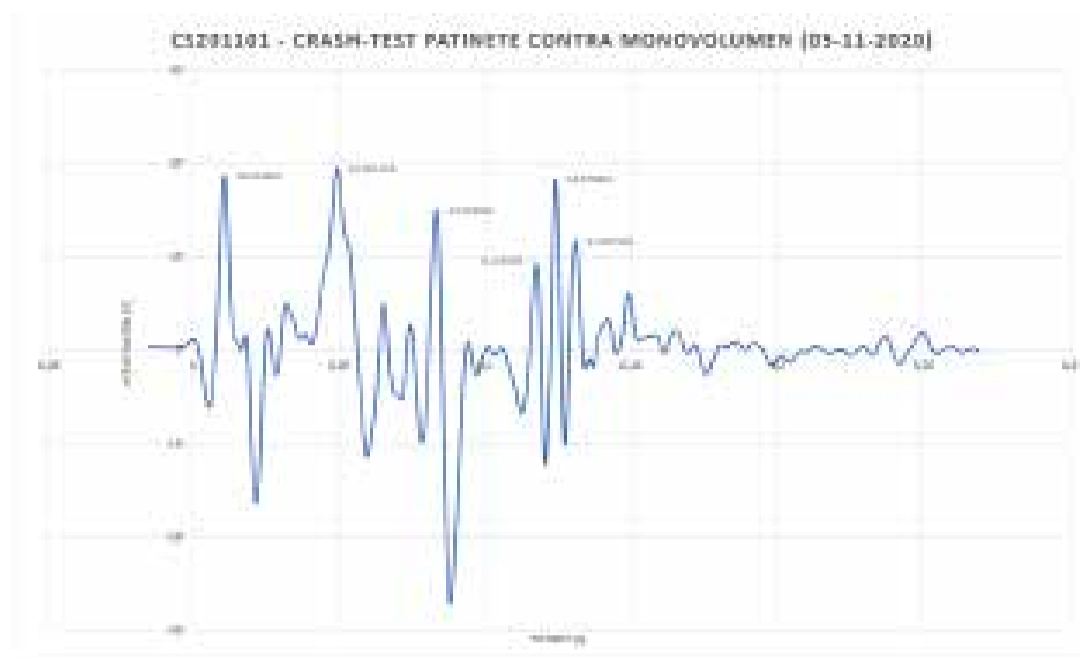
Las extremidades también sufrieron importantes daños, ya que todas fueron afectadas durante el golpe, aunque estas fueron menores que las producidas en las partes anteriormente nombradas.

Otra zona afectada es la del tórax, ya que también recibió impacto directo contra el coche, y durante el siniestro pudieron verse afectados órganos internos vitales.

La siguiente tabla muestra las aceleraciones de los movimientos del vehículo, en los momentos en los que impactaron diferentes partes del cuerpo del dummy:

	PARTE DEL CUERPO	ACELERACIÓN (G)
1	Rodilla izquierda	19,46
2	Brazo izquierdo	14,96
3	Tórax	9,10
4	Cabeza	18,29
5	Rodilla derecha	11,58

Tabla 5. Fuerza (G) producida y partes del cuerpo afectadas



Gráfica 18. Fuerzas (G) producidas durante la colisión entre VMP y monovolumen.

4.4.2.3. Daños en el vehículo

Otro de los implicados durante la colisión es el monovolumen, que fue afectado en varias zonas de su puerta izquierda trasera. Es en esta zona donde sufre el impacto directo del VMP y del dummy.

Después del impacto, se realizó la comprobación de los daños y se pudo determinar que las zonas más afectadas fueron la puerta lateral izquierda, la zona trasera del estribo izquierdo y la moldura trasera izquierda.

Adicionalmente, se tomaron las medidas de la zona de la puerta trasera izquierda, que sufrió mayores esfuerzos recibidos desde el dummy durante el Crash-test.



Figura 9. Zona lateral del vehículo afectada durante el Crash-tets

4.4.2.4. Daños en el VMP

Analizado el patinete eléctrico tras el ensayo, se observa que los daños en él son menores en comparación con los del dummy o los del coche, mostrando una menor absorción de energía y traduciéndose en menores daños y deformaciones.

Analizando constructivamente el VMP, y teniendo en cuenta su material principal de fabricación estructural (aleación de aluminio), su resistencia al Crash-test ha sido muy elevada, ya que, como muestra el análisis de esfuerzos realizados con software específico APEX de diseño y simulación, dispone de una gran rigidez, lo que le otorga un gran factor de seguridad, desde el punto de vista tensión/deformación, tal y como muestra la siguiente figura.

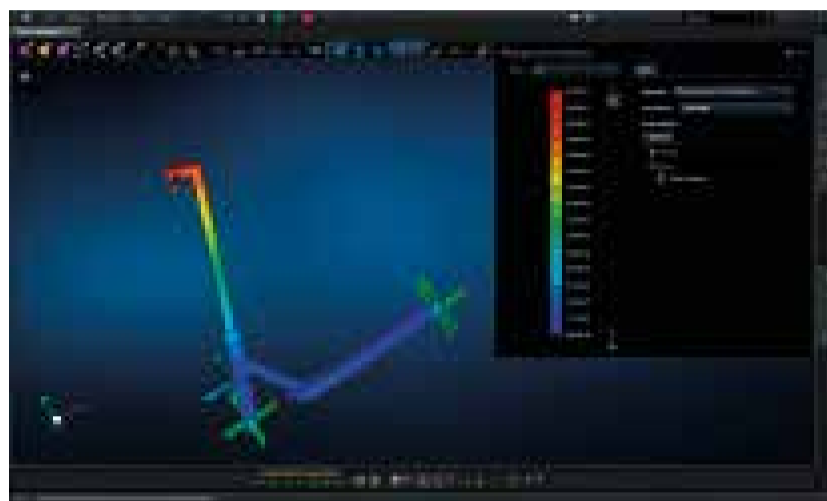


Figura 10. Análisis de esfuerzos en VMP golpeado frontalmente



Figura 11. Posición final del VMP después del Crash-test

La zona más afectada del patinete eléctrico fue la zona de plegado existente bajo la columna de la dirección, presentando dicho mecanismo de dirección deformaciones que le producían holgura y desajustes.

El funcionamiento electro/mecánico del VMP no se vio afectado ni tampoco el motor ni su batería.

4.4.3. Crash-test de atropello de peatón por VMP

En el segundo Crash-test fue realizado el miércoles 25 de noviembre del 2020, en el que están involucrados un VMP y un peatón, cuyas características principales son las mismas que las de la simulación realizada en el programa de ordenador Virtual Crash 4.0.

El Crash-test es frontal contra un dummy, realizado a una velocidad de 25 km/h, que es la velocidad máxima legal para vehículos de movilidad personal.

El esquema de la disposición de los intervinientes en el ensayo es la que muestra el dibujo siguiente:



Figura 12. Condiciones para realización del Crash-test del atropello

El VMP utilizado es un patinete eléctrico SEAT eXS KickScooter, que desarrolla una velocidad máxima de 25 km/h. La batería de este patinete se encuentra en la columna de dirección. Este VMP presenta las siguientes características.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN
Tracción	Delantera	
Potencia del motor	300W	
Longitud (mm)	1020	
Anchura del manillar (mm)	430	
Altura (mm)	1130	
Peso (kg)	12,5	

Tabla 6. Características del VMP con el que se realizó el Crash-test de atropello

4.4.3.1. Daños en *dummies*, tanto el conductor como el peatón y del VMP

A continuación, vamos a analizar los daños en cada uno de los elementos implicados en el Crash-test de un atropello.

• Daños en el peatón

En este Crash-test vamos a dar importancia al peatón, que representa al colectivo más vulnerable.

El peatón es un dummy, que representa una niña menor de edad y que se encuentra cruzando una calle y, por tanto, siguiendo una trayectoria perpendicular a la del desplazamiento del VMP con dummy conductor.

Se ha sensorizado el cuerpo del dummy peatón, a la altura de su zona cervical para obtener los datos relativos a las aceleraciones producidas en los instantes en los que el VMP ha entrado en contacto con el peatón.

De esta manera, se puede obtener una aproximación a las intensidades o gravedad de los daños que se van a producir en las diferentes partes del cuerpo del dummy peatón y del dummy conductor, según vayan impactando durante el Crash-test.

El primer contacto contra el dummy-peatón es el que se da lugar entre la rueda delantera del VMP y el pie derecho del dummy. Esta circunstancia tiene como consecuencia el desplazamiento del pie en sentido del movimiento del VMP, produciendo una reacción en la cabeza del peatón, en sentido contrario al del impacto.



Figura 13. Fuerzas (G) y partes del cuerpo afectadas durante el Crash-test

Después de este movimiento se produce la mayor aceleración, en concreto 47,54 (G), afectando al costado derecho del dummy peatón (incluyendo cabeza), y se debe a que es un golpe directo, y es el dummy quien absorbe toda la energía cinética producida durante el desplazamiento del VMP.

Posteriormente, se produce un impacto directo desde el conductor del VMP hasta la zona pélvica del peatón, desplazándose el conductor, el VMP y el peatón juntos, 2,4 metros, durante 3 segundos, aproximadamente.

El momento final es el de la caída y del contacto del peatón contra el suelo, en el que también están involucrados tanto el conductor como el VMP, ya que estos caen sobre el peatón.

	PARTE DEL CUERPO	ACELERACIÓN (G)	OBJETO CONTRA EL QUE GOLPEA
1	Pie derecho	0,71	Rueda delantera
2	Rodilla derecha	7,25	Columna de dirección
3	Pelvis	-5,07	Columna de dirección
4	Cabeza	47,54	Manillar
5	Pelvis	14,52	Rodilla del conductor
6	Hombro izquierdo/pelvis	25,28	Suelo
7	Cabeza	19,40	Manillar
8	Cabeza	6,82	Manillar

Tabla 7. Fuerza (G) producida y partes del cuerpo afectadas



Gráfica 19. Fuerzas (G) producidas durante la colisión entre el atropello a peatón

• **Daños en el dummy-conductor**

El conductor del dummy no presenta daños de elevada envergadura, ya que es el peatón el que recibe el golpe mayor, al absorber la mayoría de la energía del siniestro, y es quien frena al vehículo.

El momento en el que el conductor sufre el mayor número de daños es en el de la caída al suelo.

• **Daños en el VMP**

Los daños en el VMP son insignificantes. Son daños estéticos, que se producen en el momento de contacto contra el suelo.

Hay que tener en cuenta que tanto el VMP como su conductor caen sobre el peatón, ya tendido en el suelo.

Los daños se producen sobre todo en el manillar, concretamente, en las manetas, ya que son las zonas que entran en contacto contra el suelo.

4.4.4. Análisis médico de los *Crash-test* CESVIMAP y de las simulaciones

Gracias a la colaboración entre CESVIMAP y el departamento de medicina legal, psiquiatría y patología de la Universidad Complutense de Madrid (Dr. Ladrón de Guevara), se han podido analizar las consecuencias, tanto de las simulaciones, como de los *Crash-test*, en los dummies intervinientes, así como su asimilación a daños en personas.

Todos los daños descritos en los apartados siguientes, referentes a las posibles lesiones en determinadas partes del cuerpo de los dummies conductores y del peatón, se han obtenido desde la óptica médico-forense.

Para ello, se ha considerado que la mecánica de las simulaciones y los Crash-test realizados cumplen las que podrían producirse en casos reales en siniestros en los que se ven involucrados VMP en circulación urbana.

También hemos tenido en cuenta un informe del Semicyuc (Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias), ya que cada vez llegan más casos a las UCI españolas de personas accidentadas mientras utilizaban un patinete eléctrico. Los siniestros con VMP pueden llegar a generar traumas que precisan de ingreso en Unidades de Medicina Intensiva, tanto el propio conductor como el peatón en el caso de atropello².

4.4.4.1. Colisión entre VMP y vehículo

Después de analizar todos los datos obtenidos de la colisión entre un VMP y un monovolumen se puede destacar lo siguiente:

Muñeca y manos: estas partes de nuestro cuerpo están expuestas a sufrir lesiones y fracturas, ya que, en este caso, funcionan como mecanismo de defensa para evitar golpes en zonas vitales de nuestro cuerpo, minimizando así la gravedad del mismo.

Rodillas: Se produce un impacto directo de las dos rodillas contra la puerta trasera del vehículo y como consecuencia se podría producir una fractura o estallido de la rótula.

Esto debido a que, antes del impacto, no se gira el tren inferior para utilizar la pelvis como mecanismo de defensa.

Tórax: En este caso no se ven involucrados órganos vitales, internos debido a que, en este tipo de siniestros, la zona torácica absorbe muy bien la energía cinética.

Cabeza y cara: El hueso frontal y parietal de la cabeza no sufren daño, debido al uso del casco, pero la zona facial es una de las zonas más afectadas y es la que sufre más daño.

Según la Sociedad Española de Medicina Intensiva (Semicyuc) hasta un tercio de pacientes que ingresan por golpes, en los que están involucrados VMP, presentan traumatismos craneoencefálicos de diversa consideración.

En este caso se podría llegar a producir pérdida de conciencia, lo cual podría agravar aún más la situación ya que no se podrían evitar, de ninguna manera, los golpes posteriores.

Zona cervical: Se puede observar un riesgo de latigazo en el momento posterior a la colisión, daño indirecto, en el que la cabeza y la zona cervical golpean contra el suelo. Como consecuencia se podrían producir lesiones cefálicas.

2 [Informe Semicyuc 3 de marzo de 2020](#)

Zona dañada	Golpe directo	Golpe indirecto	Golpe directo (imagen)
Cabeza	X	X	
Cara	X		
Zona cervical	X	X	
Tórax	X		
Pelvis	X		
Muñeca	X		
Manos	X		
Rodilla	X		
Órganos internos			

Tabla 8. Zonas del cuerpo afectadas durante el golpe directo e indirecto

4.4.4.2. Atropello de VMP a peatón

Durante un atropello en el que esté involucrado un VMP y un peatón, el peatón es quien recibe la peor parte ya que no dispone de ningún sistema de protección individual.

A continuación, vamos a detallar los daños más importantes producidos en el peatón.

- **Rodilla:** lo primero que podemos apreciar durante este caso es que la rueda motriz del VMP sujeta al peatón y al mismo momento la columna de dirección golpea contra la rodilla del peatón lo podría producir, como consecuencia, una rotura en la rodilla.
- **Cabeza:** La rueda motriz al impactar contra los pies del peatón produce que la cabeza se incline con dirección hacia el manillar, el cual impacta directamente y de forma violenta contra la misma.

En el estudio de Semicyuc, se señalan a las aceras como una de las áreas con mayor número de siniestros graves, lo que afectaría notablemente a peatones.

Este es un golpe que podría producir lesiones internas de gravedad ya que se produce de forma directa contra el hueso parietal y parte del pómulo derecho. Esta circunstancia es debida a que el peatón no dispone de protección en la cabeza.

- **Hombros:** Después del impacto en la cabeza, se produce una caída acelerada, es decir, que durante la caída intervienen también las masas del conductor y del propio patinete contra la del peatón, amplificando el golpe en la zona de los hombros al chocar el peatón contra el suelo.
- **Pelvis:** En este caso recibe varios golpes en la pelvis, tanto directamente por parte del conductor y VMP e indirectamente en su caída al suelo, propiciando una posible lesión o fractura.
- **Columna:** No se producen ningún tipo de lesión en la columna, aunque la zona de la columna con mayor afectación podría ser la zona cervical en el caso de que se produzca un latigazo.
- **Codos, muñecas y manos:** Son las tres partes del cuerpo que se podrían ver muy afectadas durante un atropello, ya que los usamos como mecanismo de defensa. Estas zonas también podrían ser afectadas durante el arrastre posterior al atropello.

Zona dañada	Golpe directo	Golpe indirecto	Golpe directo (imagen)
Cabeza	X	X	
Cara	X	X	
Zona cervical		X	
Tórax		X	
Pelvis	X	X	
Hombro		X	
Manos		X	
Rodilla	X		
Tobillo	X		
Órganos internos de la cabeza	X		

Tabla 9. Zonas del cuerpo afectadas durante el golpe directo e indirecto

4.5. Incendios en VMP ¿Por qué se pueden producir?

En la actualidad y con el aumento del uso de vehículos de movilidad personal, se han incrementado también los incendios en los que los causantes son este tipo de vehículos.

A continuación, vamos a detallar, paso a paso, cuáles son los posibles motivos por los que un patinete eléctrico puede arder y producir un incendio.

Lo primero que hemos realizado es buscar todas las noticias relacionadas con incendios, en los que estuvieran involucrados VMP.

VMP INVOLUCRADO	FECHA	CIUDAD	CAUSAS	CONSECUENCIA	ENLACE
Patinete eléctrico	Junio	Castellón	Causas que se desconocen	El patinete eléctrico explotó	https://www.telecinco.es/informativos/sociedad/hombre-herido-explosion-patinete-electrico-castellon_18_2958120098.html
Patinete eléctrico	Junio	Vigo	Se escuchó un golpe seco	Explosión de la batería de un patinete eléctrico	https://www.diariodepontevedra.es/articulo/vigo/explosion-bateria-patinete-electrico-causa-danos-cristalera/202006171449231091414.html
Hoverboard	Junio	A Coruña	Mientras estaba enchufado a la corriente eléctrica	Empezó a arder	https://www.axega112.gal/es/noticia/es/un-patinete-electrico-provoca-un-conato-de-incendio-en-una-vivienda-en-naron
Patinete eléctrico	Junio	Zamora	Se produjeron pequeñas explosiones y había olor a humo	Había comenzado a arder	https://www.zamora24horas.com/texto-diario/mostrar/2006093/heridas-leves-tres-personas-incendiarse-patinete-electrico-vivienda
Patinete eléctrico	Julio	Alicante	Se escuchó una fuerte explosión	Explosión de la batería de un patinete eléctrico	https://www.diarioinformacion.com/sucesos/2020/07/14/bomberos-extinguen-incendio-vivienda-originado/2282264.html
Hoverboard	Agosto	Ponferrada	El VMP estaba cargando	Se produjo una explosión	https://www.infobierzo.com/la-explosion-de-un-patinete-electrico-provoca-un-incendio-en-una-vivienda-de-ponferrada/561010/
Patinete eléctrico	Agosto	Pontevedra	El VMP estaba conectado a la red eléctrica	Se produjo un incendio	https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/pontevedra/barro/2020/08/25/patinete-electrico-causa-incendio-vivienda-barro/00031598343118015943255.htm
Patinete eléctrico	Agosto	Xirivella (Valencia)	Se produjo un cortocircuito o una sobrecarga	Se produjo un incendio que causa la muerte de dos personas	https://www.lasprovincias.es/sucesos/incendio-vivienda-xirivella-20200826085223-nt.html

VMP INVOLUCRADO	FECHA	CIUDAD	CAUSAS	CONSECUENCIA	ENLACE
Patinete eléctrico	Septiembre	Ibiza	El patinete eléctrico estaba cargando	Se produjo un incendio	https://www.diariodeibiza.es/pitiuses-balears/2020/09/05/cortocircuito-provoca-incendio-jugueteria-santa/1167190.html
Patinete eléctrico	Septiembre	Cádiz		Se produjo un incendio	https://www.jerezsinfronteras.es/patinete-electrico-incendio-puerto/
Patinete eléctrico	Octubre	Santa Cruz de Tenerife	El patinete eléctrico estaba cargando	El vehículo explotó	https://www.eldia.es/sucesos/2020/10/23/explosion-patinete-electrico-destruye-piso/1119596.html

Tabla 10. Recopilación de incendios causados por VMP

Al recopilar toda esta información, podemos destacar los siguiente:

- Algo que tienen en común todos estos incendios es que hubo un problema de la batería.
- El problema se originó, en la mayoría de los casos, durante la carga.
- Como consecuencia, en algunos casos se produjo una explosión.

4.6. Seguridad frente a incendios en un VMP

Antes de analizar los sistemas de seguridad de las baterías de dos VMP, lo primero que debemos saber es que los VMP poseen, en su gran mayoría, un pack de baterías, compuestas por celdas de ión-litio 18650.

Los sistemas de seguridad de que disponen este tipo de baterías son los siguientes:

4.6.1. Sistema de seguridad individual

Individualmente, las celdas poseen un sistema de seguridad que, en el momento de un cortocircuito y con la subida de la temperatura, funciona como fusible, lo cual deja a la celda inservible, pero evita problemas de incendios.

Realizamos pruebas para comprobar el sistema de seguridad individual, en las que provocamos un cortocircuito.

El resultado lo detallamos a continuación:




	Utilizamos un cable de cobre, que conecta el polo positivo con el polo negativo.
	El paso de los 3000 mA, directamente de un polo a otro, sin ningún consumidor o resistencia intermedia, produce una reacción química, que, en caso de continuar, puede producir explosión.
	Antes de producirse un incendio por la elevada temperatura, en el polo positivo de la batería hay un mecanismo (sistema de protección individual) que funciona como fusible, el cual corta el paso de la corriente.

Tabla 11. Prueba individual con una celda

4.6.2. BMS (Battery Management System)

Los BMS, o sistema de gestión de baterías, son obligatorios en todos los VMP, ya que cumplen con las siguientes funciones:

- Controlar el proceso de “Conexión “y “Desconexión”.
- Vigilar el voltaje y la intensidad.
- Vigilar las temperaturas.
- Vigilar el aislamiento.
- Realizar el “equilibrado” entre celdas.

Hace varios años, los hoverboard se llegaron a prohibir, debido al número de incendios en los que estaban involucrados, llegándose a prohibir su distribución y venta en algunos países europeos.

Y es precisamente en la página web del Ministerio de Sanidad y Consumo donde aparece un hoverboard con prohibición de comercialización en España por peligro de incendio.



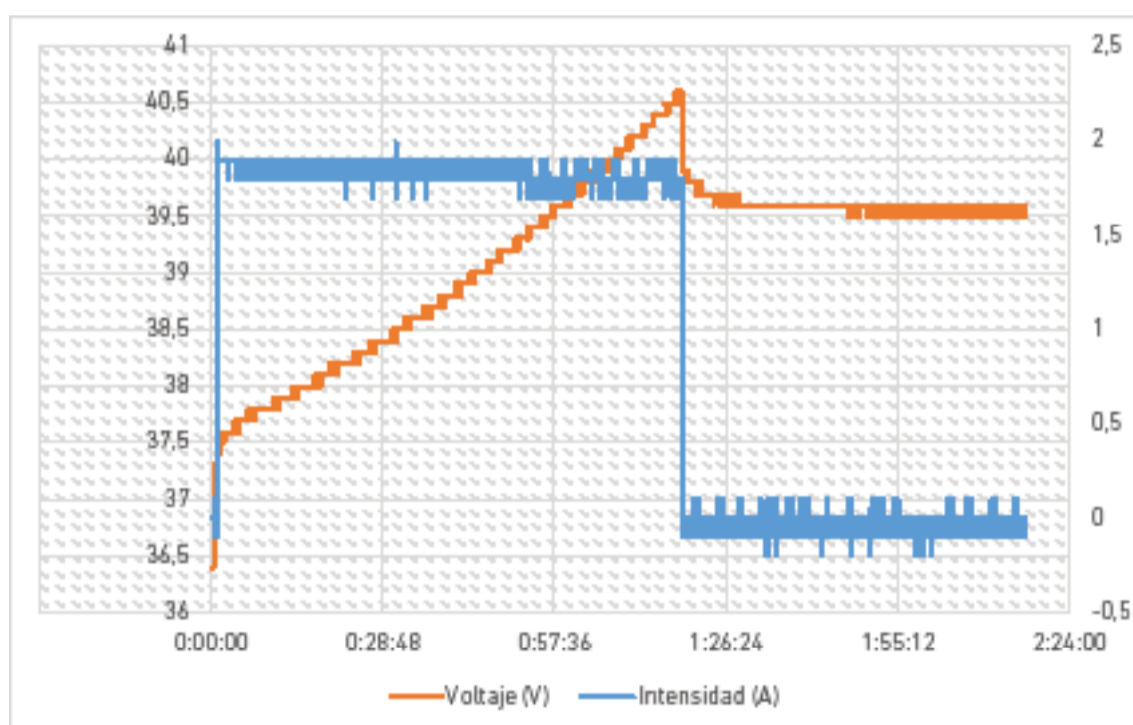
Figura 14. VMP que presenta riesgo de incendio

En CESVIMAP realizamos la comprobación, tanto del voltaje como de la intensidad, de carga de un patinete eléctrico, en el cual podemos observar el funcionamiento del BMS.



Figura 15. Comprobación de la tensión e intensidad de entrada durante la carga

El resultado de la comprobación se puede observar en la siguiente gráfica, en la cual se muestra el voltaje y la intensidad de carga del patinete eléctrico.



Gráfica 20. Tensión e intensidad del BMS durante la carga

Podemos observar que el cargador suministra 1,8 A de intensidad hasta el momento en que la batería se carga completamente. En este momento, se deja de cargar el VMP, aunque siga conectado a la corriente eléctrica.

En la gráfica de voltaje, podemos observar el comportamiento de la batería del VMP, cuando la batería llega a los 40,5 (V), momento de carga máxima. El BMS desconecta el suministro de energía y el voltaje pasa de 40 (V) a 39,6 voltios, y se mantiene así mientras el cargador esté conectado.

Otra prueba que realizamos es una comprobación térmica durante la carga del patinete eléctrico.

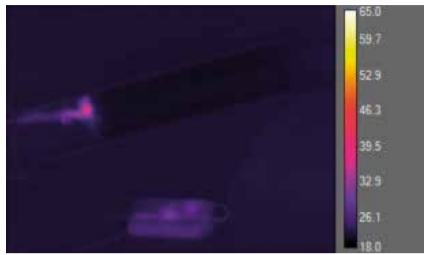

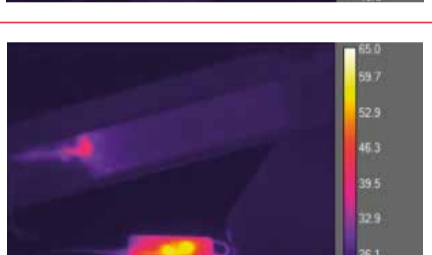

	<p>1. Momento de inicio de la carga que, en la gráfica, corresponde al tiempo 0:00:00. Se inicia un calentamiento tanto del cargador como del BMS. El conjunto de celdas tiene una temperatura de 18°.</p>
	<p>2. Se produce el calentamiento del cargador, que transforma los 220 V y 2 A de entrada a 42 V y 1,7 A de salida hacia el BMS. El BMS es el encargado de distribuir la intensidad de carga en cada una de las celdas. El BMS alcanza una temperatura máxima de 40° aprox.</p>
	<p>3. Mientras la temperatura del cargador aumenta hasta casi los 65°. La temperatura de la batería sube de 18° a 25° aprox. Durante toda la carga, el cargador mantiene la elevada temperatura, ya que sigue enchufado a la corriente eléctrica.</p>
	<p>4. En el momento de desconectar el cargador, lo primero en enfriarse es el BMS, batería y cargador reducen su temperatura progresivamente.</p>

Tabla 12. Temperatura que alcanza la batería y el cargador durante la carga

Otras de las pruebas que realizamos en CESVIMAP fue una comparativa entre BMS de patinetes eléctricos de diferentes marcas, aunque de aspecto muy similar: XIAOMI MIJIA y OEM SPORT EDITION.

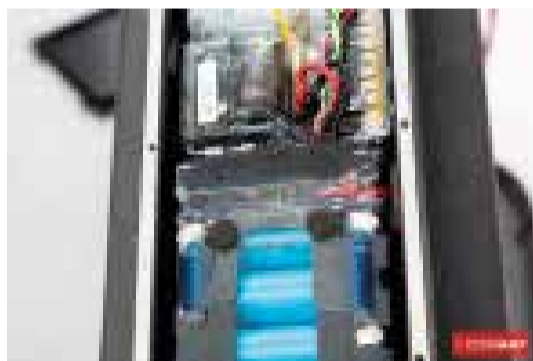


Figura 16. BMS del Xiaomi Mijia



Figura 17. BMS de VMP de OEM

El BMS del patinete Xiaomi Mijia está cubierto y aislado del pack de batería, ya que, como pudimos comprobar, después del cargador, el BMS es el elemento que mayor temperatura adquiere durante la carga.

Además, el BMS del patinete Xiaomi Mijia M365 dispone de una luz led que nos informa, en todo momento, de la situación de la batería de nuestro VMP.

4.6.3. Sensores de temperatura

Un sistema de seguridad que disponen los VMP, en caso de incendios, son los sensores de temperatura, que envían información al BMS, en todo momento, de la temperatura de las celdas,

llegando, incluso, en caso de una elevada temperatura, a cortar el suministro de energía para evitar problemas mayores.



Figura 18. Sensor de temperatura del Xiaomi



Figura 19. VMP OEM sin sensores

Al igual que con el BMS, en CESVIMAP realizamos una comprobación entre dos patinetes eléctricos; en el caso del patinete eléctrico Xiaomi Mijia, dispone de dos sensores de temperatura ubicados entre las celdas que forman el pack de baterías a diferencia del patinete OEM que no dispone de ningún sensor de temperatura.

Adicionalmente, el patinete Xiaomi Mijia M365 dispone de un sensor de temperatura en el controlador. Se trata de un sensor NTC (Negative temperatura coefficient) de 10KΩ, a diferencia del OEM, que no dispone de este sensor de temperatura.



4.6.4 . Pruebas de incendios producidos por VMP

El patinete que vamos a utilizar para realizar pruebas sobre incendio es un OEM SPORT EDITION, exteriormente muy similar al Xiaomi Mijia M365.

El pack de baterías está formado por 3 módulos, cada módulo está constituido por 10 celdas de litio 18650, de 3.6 voltios y de 2.6 Ah. Las celdas están unidas en serie, mientras que los módulos están conectados en paralelo.

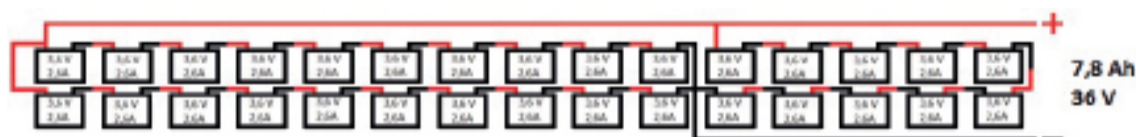


Figura 20. Disposición de las celdas de la batería del patinete eléctrico

Las dimensiones y especificaciones de las celdas de ion-litio utilizadas son las siguientes:

	ESPECIFICACIÓN	DIMENSIONES
Capacidad nominal	Carga/ descarga estándar 2500 mAh	
Energía	9 Wh	
Voltaje nominal	3,6 V	
Voltaje de carga máx.	4,2 V	
Intensidad de carga máx.	2500mA	
Corriente de descarga máx.	5000mA	
Ciclo de vida	500 ciclos \geq 90% de la capacidad inicial. O 1000 ciclos \geq 80% de la capacidad inicial	
Peso de la celda	\leq 45g	
Temperatura de funcionamiento	Carga 0 a 45 °C	
	Descarga -20 a 60 °C	
Tipo de protección	IP34	

Tabla 13. Especificaciones y dimensiones de una celda

Prueba de sobrecarga

Con la siguiente prueba queremos comprobar qué pasa si nuestro BMS deja de funcionar y una de las celdas recibe una sobrecarga de tensión mientras cargamos nuestro VMP.

Los parámetros para realizar la prueba son los siguientes:

- Celda 18650, que está a su voltaje máximo de carga 4,2 V.
- Voltaje de entrada: 49 voltios, procedentes de 4 baterías de 12 voltios, conectadas en serie.
- BMS desconectado.
- Patinete conectado a la red eléctrica.

Los resultados del ensayo son los siguientes:

- 1.La temperatura que alcanza la celda supera los 150°C.



Figura 21. Temperatura máxima alcanzada por una celda

2. La temperatura externa que alcanza el patinete eléctrico es de 31°C, en el caso de la zona metálica (Chasis), y en el caso de la tapa inferior de plástico, 119,1°C.

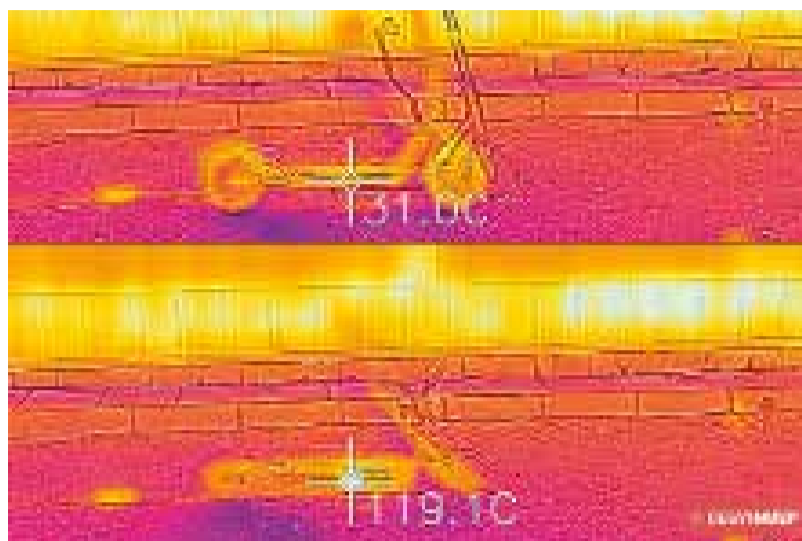


Figura 22. Temperatura de los diferentes elementos que rodean la batería

3. El humo sale por la zona la unión entre la tapa protectora de las baterías y el chasis del patinete eléctrico.

4. Otro elemento afectado es la tapa protectora de la batería. Los daños se pueden apreciar de forma externa.



5. Al quitar la tapa, podemos ver la zona que presenta mayor afección, en concreto la zona donde se encuentra la celda.



6. La elevada temperatura afectó al controlador y al cableado que se encuentra cerca.



7. El polo negativo de la celda es el más afectado y podemos ver que se ha producido un deterioro completo del mismo.



4.6.5. Importancia constructiva del VMP

Otro aspecto importante es el material de las piezas que rodean la batería de nuestro VMP, ya que, en el caso en que el sistema de seguridad BMS falle, es importante que las piezas cercanas a la batería eviten que el fuego se propague.

El material del patinete Xiaomi Mijia M365 es >AA01< y policarbonato (>PC<) mientras que el patinete OEM es acrilonitrilo butadieno estireno (>ABS<).



Figura 23. Identificación de material



Figura 24. Material sin identificar

Para determinar las propiedades protectoras frente a incendios del material, se realizó lo siguiente:



Figura 25. Identificación por acetona



Figura 26. Identificación por llama

Y, utilizando la siguiente tabla, pudimos comprobar el material del elemento que no viene con la correcta identificación.

	Arde	Forma de la llama	Humo	Hollín	Chisporroteo de la llama	Forma de desprendimiento del residuo	Residuo desprendido	Autoextengible
ABS	BIEN	Alargada	Muy negro	Sí	Sí	Alargada con llama	Carbonizado	No
PC	MAL	Muy irregular	Negro	Sí	Sí	Acaramelado	Carbonizado cristalino	Sí

Tabla 14. Identificación por llama de plásticos ABS y PC

Otra característica constructiva de los patinetes que tiene la batería en la columna de dirección es que su batería está cubierta por completo por una estructura metálica que la aísla y permite (en caso de incendio) la salida del humo e impide la propagación del fuego.



Figura 27. Salida de humo de un patinete eléctrico con batería en la columna de dirección

4.6.6. Comprobación de la temperatura de funcionamiento

La comprobación se realizó para poder observar si, durante el funcionamiento del patinete eléctrico, se produce algún tipo de subida de tensión o subida de temperatura de la batería.

Para ello, usamos la información que nos proporciona el BMS y que se obtiene de los dos sensores de temperatura.

Los resultados fueron los siguientes, con el patinete en vacío:

Velocidad	28 (Km/h)	28 (Km/h)	
Minuto de la prueba	1 (min)	10 (min)	
Batería restante	7631 (mAh)	7612 (mAh)	
Estado de la batería	Normal	Normal	
Tensión	40,72 (V)	40,72 (V)	
Corriente	0,54 (A)	0,46 (A)	
Potencia	21,99 (W)	18,73 (W)	
Temperatura de la batería Sensor 1	17°C	17°C	
Temperatura de la batería Sensor 2	17°C	17°C	

Tabla 15. Control de temperatura durante el funcionamiento en vacío del VMP

Podemos observar que, en vacío, el patinete Xiaomi Mijia M365 no tiene cambio de temperatura, según la información de los sensores.

4.6.7. Trucajes

Otros de los motivos importantes por los que un VMP puede sobrecalentarse, llegando incluso a incendiarse mientras lo usamos, es por los trucajes de este tipo de vehículos.

Los patinetes eléctricos están diseñados para funcionar a una determinada potencia y velocidad, dependiendo, en ocasiones, de las circunstancias de la vía y del tipo de usuario.

Cuando trucamos nuestro patinete permitimos que entregue toda su potencia en todo momento de funcionamiento, llegando a sobre esforzarse en ocasiones y, como consecuencia de ello, se

produce calentamiento excesivo en el motor lo que puede producir un incendio de nuestro patinete.

4.7. Seguridad dinámica en VMP

CESVIMAP, consciente de aumento del uso de los vehículos de movilidad personal y, a su vez, del aumento de los siniestros que se producen, y apoyándonos en nuestra experiencia en su análisis, proponemos una serie de recomendaciones que nos ayudarán a evitarlos y a minimizarlos, en caso de que estos se produzcan.

Las recomendaciones son las siguientes:

- El uso del casco debería ser obligatorio, aunque en la Normativa actual sea recomendable y sean las normativas propias de las diferentes ciudades las que insistan su uso obligatorio.

Durante 2020, de los 6 siniestros con fallecidos registrados, la mitad corresponden a caídas, y en dos de los casos se podría haber reducido la gravedad con el uso de casco.

Durante las pruebas realizadas en los *crash test* en CESVIMAP, se puede comprobar que es necesario el uso de un casco, idealmente uno del tipo integral si se quieren evitar posibles daños en el rostro.

- Mantener un correcto hinchado de las ruedas (en patinetes con ruedas con cámara de aire), y si el fabricante no lo recomienda, bajo ningún concepto cambiar los neumáticos con cámara de aire por neumáticos macizos, ya que las vibraciones se transmitirán por completo, tanto al conductor como a los elementos que componen el patinete eléctrico.
- Usar chalecos reflectantes o prendas de alta visibilidad.
- Disponer de soporte para móvil, para que, en el caso de no disponer de pantalla informativa, y con el fin de no manipular el teléfono móvil (ya que es una acción que conlleva una sanción económica), tener a nuestra disposición toda la información relevante de nuestro VMP.



Figura 28. Soporte para teléfono móvil

- Para poder usar el paso de peatones, el conductor del VMP deberá bajarse del vehículo, respetando en todo momento las señales de tráfico.
- Si se producen averías en nuestro VMP debemos llevarlo a talleres especializados, y bajo ningún concepto se debe manipular ningún elemento del patinete eléctrico, ya que se puede

encender y podemos correr el riesgo de siniestro. Este riesgo suele aumentar cuando es un niño el involucrado.

- No se debe utilizar nuestro pie como freno o como apoyo para realizar un giro. Según el Hospital Miguel Servet de Zaragoza: *“Las lesiones grandes se producen, normalmente e independientemente de la edad, cuando se circula rápido y se apoya el pie para frenar o girar”*.

El patinete sigue, pero el pie frena bruscamente. Entonces es cuando se producen fracturas en la tibia o el peroné. Estas lesiones son muy importantes, porque requieren de operación o inmovilización”.

<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2019/01/10/patinetes-electricos-zaragoza-lesiones-frecuentes-evitarlas-1286392-2261126.html>

- No utilizar dispositivos para escuchar música o para realizar llamadas mientras conducimos un VMP ya que en muchas ocasiones no podremos escuchar lo que ocurre a nuestro alrededor. Esta acción está totalmente prohibida por la actual Normativa y conlleva una sanción económica.
- Después de manipular la zona de la batería de un VMP, es recomendable utilizar algún tipo de sellador, ya que la gran mayoría de VMP disponen de una protección IP. La protección IP (Ingress Protection) es un sistema para clasificar los diferentes grados de protección de los componentes internos de dispositivos eléctrico o electrónico contra la entrada de materiales extraños.
- Antes de comprar cualquier VMP, debemos analizar todos los elementos de seguridad de que disponen, y no fijarnos únicamente en el precio.

Las recomendaciones que realizamos desde CESVIMAP para evitar los incendios y, en caso de producirse, minimizar las consecuencias son las siguientes:

- No cargar el VMP después de un golpe en la zona de las baterías.
- Mantener la debida atención cuando se va a realizar una carga del VMP. Por ello, no se deben realizar cargas nocturnas del VMP.
- Realizar cargas en lugares apartados, donde no haya objetos inflamables o que puedan arder con facilidad, para que, en caso de que se produzca algún incendio, el fuego no se propague con facilidad.
- No manipular ningún elemento de nuestro patinete; dejarlo en manos de profesionales.
- Pese a que el VMP dispone de protección IP, no limpiar el patinete con agua a presión e intentar no cargar el patinete si está mojado o hay humedad.
- Evitar dejar cargando el VMP una vez este haya llegado a su nivel máximo de carga, ya que, como hemos analizado anteriormente, el cargador se mantiene a una temperatura muy elevada mientras esta enchufado.

4.8. Operaciones realizadas en VMP que comprometan su seguridad de uso

4.8.1. Vídeos de internet relacionados con el trucaje de patinetes eléctrico

Gran parte de los VMP que se encuentran a la venta disponen de una aplicación móvil que nos facilita la conducción y nos ofrece diferente información de ciertos parámetros referentes a nuestro vehículo.

Estas aplicaciones móviles se conectan a nuestro dispositivo mediante Bluetooth y nos permiten una conectividad inalámbrica en tiempo real.

A medida que aparecían los diferentes VMP y sus aplicaciones móviles también fueron surgiendo diferentes aplicaciones móviles “no legales”, ya que su objetivo principal es desbloquear las limitaciones con las que viene un VMP, haciendo que este otorgue toda su potencia en todo momento.

Modificar las limitaciones de fábrica es muy peligroso e ilegal si el vehículo es capaz de superar los 25 km/h de velocidad máxima.

4.8.2. Piezas modificadas para trucar patinete eléctrico

Las piezas que se pueden modificar y que afectarían directamente al rendimiento de nuestro patinete eléctrico son las siguientes:

4.8.2.1. Controlador

Es el ordenador de nuestro patinete eléctrico. Es el que gestiona todo lo relacionado con la batería y con el motor.

4.8.2.2. Batería

Las baterías de los VMP están compuestas por celdas de ión-litio, agrupadas tanto en serie como en paralelo para obtener el voltaje y la intensidad eléctrica necesarios para su correcto funcionamiento.

Este *pack* de baterías se encuentra en diferentes sitios, dependiendo del VMP de que dispongamos, tanto en la parte inferior de la base como en la columna de dirección.


	EXS DE SEAT (SEGWAY)	XIAOMI MIJIA M365
		
Corriente nominal	36 VDC	36 VDC
Corriente de carga máx.	42VDC	42 VDC
Temperatura de carga	0°C-40°C	0°C-40°C
Capacidad nominal	187Wh 5,2Ah	280Wh 7,8Ah
Sistema de gestión de la batería	Protección contra sobrecalentamiento, cortocircuito, sobrecorriente y sobrecarga	Protección contra temperatura anormal/ cortocircuito/ baja tensión/ sobrecorriente/ doble sobrecarga/ descarga excesiva.

Tabla 16. Ubicación de las baterías y sus características

Por ello, no es recomendable aumentar la capacidad de nuestra batería por nuestra cuenta, ni tampoco cambiar nuestra batería por otra no reconocida por el fabricante.

Algo importante a destacar en el caso de los patinetes de Segway es que tienen la posibilidad de aumentar la capacidad de la batería, gracias a la disposición de una batería extra, que podemos instalar de forma sencilla.

4.8.3.3. Motor

El cambio de motor por otro con mayor potencia, para obtener una mayor velocidad, puede acarrear problemas, ya que también se debe cambiar el controlador, la batería, al igual que su BMS, que debe ser el adecuado, ya que aumentará el número de celdas del *pack* de batería.

5. Conclusiones

- La utilización de los patinetes eléctricos ha aumentado progresivamente en estos últimos años, lo que ha llevado a que aumenten también el número de fallecidos en siniestros en los que se han visto involucrados los patinetes.
- Al tratarse de vehículos no matriculados y en los que no es obligatorio su aseguramiento, no existen datos oficiales de siniestralidad, de forma similar a como se ofrecen los relativos a otros vehículos sí matriculados.
- La legislación relativa al uso y circulación de patinetes eléctricos, se viene actualizando progresivamente en estos últimos años, pero aún queda mucho camino por recorrer en aspectos relativos a seguridad activa y pasiva.

- Las simulaciones informatizadas proporcionan datos similares a la realidad y coinciden con gran exactitud con los Crash-test realizados, lo cual puede servir para aplicarlo en un futuro a la reconstrucción de accidentes en los que estén involucrados estos vehículos.



Figura 29. Comparativa entre Crash-test y simulación informatizada



Figura 30. Comparativa entre Crash test de atropello y simulación informatizada

- La realización de simulaciones informatizadas y ensayos reales de Crash test de impactos a velocidad controlada, también permiten obtener información muy precisa para poder desarrollar sistemas de protección personal en diseños de patinetes, que disminuyan la intensidad de los daños personales en caso de producirse golpes en circulación urbana.
- La utilización de casco protector resulta fundamental para minimizar las consecuencias de golpes entre conductor del patinete y vehículo, o aquellos en los que el conductor del VMP sufre un siniestro debido a una salida de vía o a algún golpe contra un elemento fijo.
- El casco más óptimo para protección del conductor del VMP en caso de caída o colisión contra un automóvil, sería el del tipo integral, ya que podría reducir la gravedad de los daños personales del conductor del patinete, debido a que el impacto más fuerte se produce en la zona facial, zona que un casco abierto no protege.
- El golpe de la zona facial es muy importante en este tipo de siniestros, ya que, de producirse contra un elemento rígido que no absorba energía, todos los efectos del impacto recaerán sobre la cara del conductor del VMP, pudiendo quedar inconsciente y no evitando que se puedan producir golpes posteriores.
- En el diseño de los patinetes eléctricos, no encontramos zonas fusibles que puedan absorber energía en caso de impacto, por lo que resultaría un gran avance en seguridad, el desarrollo

de un elemento que, en caso de colisión frontal, minimice el golpe entre la zona del tórax y la pantalla (manillar) del patinete eléctrico, pudiendo reducir así la gravedad en este tipo de siniestros y también en atropellos.



Figura 31. Manillar y pantalla rígida

- Al optimizar el diseño en patinetes eléctricos, se debe tener en cuenta que, en caso de colisión, el golpe directo se produzca primero contra nuestro tren inferior, ya que en el tren superior están alojados órganos vitales y si la cabeza queda afectada, podría provocar lesiones irreversibles.
- En caso de atropello, los daños personales de mayor gravedad los sufre el peatón, ya que es quien absorbe gran parte de la energía del impacto y por ello no deberían compartir su zona de desplazamiento urbano, con la zona de circulación de los VMP.
- No se debe cambiar ninguno de los elementos que componen nuestro patinete por elementos de menor calidad, ya que pueden carecer de algunas medidas de seguridad como, por ejemplo, en el caso de las celdas sin protección individual.
- El componente más importante que se encarga de la seguridad eléctrica en nuestro patinete es el BMS. Si el patinete careciera de BMS, se podrían llegar a producir incendios durante la carga, debido a que en caso de subida de tensión el BMS es lo que evita que esto afecte a las celdas de la batería.
- En caso de incendio, y antes de producirse la explosión de una celda debido a la subida de presión y de temperatura, se produce una fuerte humareda. El humo nos avisa de que está a punto de producirse una explosión en nuestra batería.
- El cargador es un elemento importante de seguridad. Por ello, se debe utilizar siempre el cargador recomendado por el fabricante. Estos elementos son capaces de soportar altas temperaturas producidas durante la carga, y proteger frente a un incendio.
- Para evitar la propagación del fuego es importante que el patinete disponga de elementos ignífugos, que protejan la zona de la batería.

6. Índice de figuras, gráficas y tablas

Figura 1.	Diferentes momentos de la simulación del Crash-test entre VMP y monovolumen	19
Figura 2.	Diferentes momentos de la simulación del atropello a peatón por un VMP	20
Figura 3.	Partes de la plataforma para realizar Cras-test con VMP desarrollada por CESVIMAP	21
Figura 4.	Plataforma, dummy y VMP antes de realizar un Crash-test	22
Figura 5.	Condiciones para realización del Crash-test	22
Figura 6.	Posición final del conductor del VMP tras el ensayo	24
Figura 7.	Fuerzas (G) y partes del cuerpo afectadas durante el Crash-test	24
Figura 8.	Marcas de la zona facial en el lateral del vehículo	25
Figura 9.	Zona lateral del vehículo afectada durante el Crash-tets	26
Figura 10.	Análisis de esfuerzos en VMP golpeado frontalmente	27
Figura 11.	Posición final del VMP después del Crash-test	27
Figura 12.	Condiciones para realización del Crash-test del atropello	28
Figura 13.	Fuerzas (G) y partes del cuerpo afectadas durante el Crash-test	29
Figura 14.	VMP que presenta riesgo de incendio	35
Figura 15.	Comprobación de la tensión e intensidad de entrada durante la carga	36
Figura 16.	BMS del Xiaomi Mijia	37
Figura 17.	BMS de VMP de OEM	37
Figura 18.	Sensor de temperatura del Xiaomi	38
Figura 19.	VMP OEM sin sensores	38
Figura 20.	Disposición de las celdas de la batería del patinete eléctrico	38
Figura 21.	Temperatura máxima alcanzada por una celda	39
Figura 22.	Temperatura de los diferentes elementos que rodean la batería	40
Figura 23.	Identificación de material	41
Figura 24.	Material sin identificar	41
Figura 25.	Identificación por acetona	41
Figura 26.	Identificación por llama	41
Figura 27.	Salida de humo de un patinete eléctrico con batería en la columna de dirección	42
Figura 28.	Soporte para teléfono móvil	43
Figura 29.	Comparativa entre Crash-test y simulación informatizada	47
Figura 30.	Comparativa entre Crash test de atropello y simulación informatizada	47
Figura 31.	Manillar y pantalla rígida	48
Gráfica 1.	Personas afectadas, gravedad y edad de los implicados	11
Gráfica 2.	VMP implicados en 2019	12
Gráfica 3.	Tipo de siniestros en 2019	12
Gráfica 4.	Otros Vehículos implicados	12

Gráfica 5.	Tipos de vías donde se han producido los siniestros	12
Gráfica 6.	Siniestros en los que iban dos personas	13
Gráfica 7.	Factores principales en los siniestros con víctimas mortales	13
Gráfica 8.	Personas afectadas, gravedad y rangos de edad	14
Gráfica 9.	Tipo de siniestros	14
Gráfica 10.	Implicados	14
Gráfica 11.	Lugar donde se producen los siniestros	15
Gráfica 12.	Tipos de vías donde se han producido los siniestros	15
Gráfica 13.	Siniestros en los que iban dos personas	15
Gráfica 14.	Factores principales en los siniestros con fallecidos	16
Gráfica 15.	Tipos de siniestros mortales	16
Gráfica 16.	Comparativa de datos de siniestralidad entre los años 2019 y 2020	16
Gráfica 17.	Datos sobre siniestros y víctimas mortales en vías interurbanas	18
Gráfica 18.	Fuerzas (G) producidas durante la colisión entre VMP y monovolumen.	26
Gráfica 19.	Fuerzas (G) producidas durante la colisión entre el atropello a peatón	30
Gráfica 20.	Tensión e intensidad del BMS durante la carga	36
Tabla 1.	Siniestros con víctimas mortales durante el 2019	17
Tabla 2.	Siniestros con víctimas mortales durante el 2020	17
Tabla 3.	Características del monovolumen con el que se realizó el Crash-test de colisión	23
Tabla 4.	Características del VMP con el que se realizó el Crash-test de colisión	23
Tabla 5.	Fuerza (G) producida y partes del cuerpo afectadas	25
Tabla 6.	Características del VMP con el que se realizó el Crash-test de atropello	28
Tabla 7.	Fuerza (G) producida y partes del cuerpo afectadas	30
Tabla 8.	Zonas del cuerpo afectadas durante el golpe directo e indirecto	32
Tabla 9.	Zonas del cuerpo afectadas durante el golpe directo e indirecto	33
Tabla 10.	Recopilación de incendios causados por VMP	34
Tabla 11.	Prueba individual con una celda	34
Tabla 12.	Temperatura que alcanza la batería y el cargador durante la carga	37
Tabla 13.	Especificaciones y dimensiones de una celda	39
Tabla 14.	Identificación por llama de plásticos ABS y PC	41
Tabla 15.	Control de temperatura durante el funcionamiento en vacío del VMP	42
Tabla 16.	Ubicación de las baterías y sus características	46

Fundación **MAPFRE**

Pº de Recoletos, 23
28004 Madrid

www.fundacionmapfre.org



C/ Jorge de Santayana, 18
05004 Ávila

www.cesvimap.com