



ANÀLISI DELS CONDICIONANTS PER A L'ACCÉS DE VMP ELÈCTRICS AL TRANSPORT PÚBLIC

DOCUMENT DE SÍNTESI



AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ - ATM

1. Motivació i objectiu

El 17 de novembre de 2022 es va produir l'explosió d'un patinet elèctric dins d'un tren de la línia del Baix Llobregat dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC), a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, el qual va deixar set persones afectades pel fum (quatre d'hospitalitzades). La resposta ràpida de les persones usuàries, que van poder-se allunyar de la deflagració i activar el mecanisme d'alarma, i la del maquinista, que va aturar el tren entre dues estacions i va extingir el foc, va ser determinant en la gestió d'aquest incident, que va causar danys materials importants al vagó.

Davant d'aquests fets, el 21 de novembre de 2022 el grup de treball d'operació del Comitè de Coordinació d'Emergències del Transport Públic en l'àmbit de l'ATM (Autoritat del Transport Metropolità) es va reunir, amb la presència de representants del cos de bombers de la Generalitat, i va acordar prohibir durant sis mesos l'accés de patinets i altres VMP (vehicles de mobilitat personal) elèctrics als vehicles i les instal·lacions de transport públic. En aquest període, l'ATM es comprometia a dur a terme una recerca per poder elaborar una proposta de regulació sobre l'accés i la seguretat dels vehicles de mobilitat personal al transport públic, i també a promoure el foment de llocs d'aparcament per a aquests vehicles a les estacions de transport públic.

Aquest document, elaborat amb la col·laboració del Servei de Suport a la Gestió de Crisi de l'Institut Cerdà, resumeix els principals aspectes analitzats i els motius que han conduït a prendre la decisió de prohibir amb caràcter permanent l'accés dels VMP elèctrics al transport públic en l'àmbit de l'ATM. Amb aquesta decisió, preval el principi de seguretat preventiva que regeix per als operadors, pel que fa a la protecció de les persones usuàries i del personal que treballa al servei de transport públic i a les seves instal·lacions.



Figura 1. Estat del vagó de FGC on va tenir lloc l'incident. Font: FGC

2. El rol de la micromobilitat en la mobilitat sostenible i l'impacte de la prohibició

Els vehicles de mobilitat personal s'han vist impulsats en diferents àmbits pel rol que tenen en la mobilitat activa i sostenible. Així mateix, el Pla director de mobilitat 2020-2025 (ATM) preveu un creixement important de l'ús dels VMP entre els anys 2020 i 2025 (del 70 % per a la bicicleta i del 136 % per als VMP). En termes de volum, l'ATM estima que, a principis de 2023, es produïen 144.000 desplaçaments amb VMP al dia en tot el Sistema Integrat de Mobilitat Metropolitana de Barcelona (SIMMB), dels quals únicament el 10 % corresponien a trajectes multimodals combinats amb el transport públic (unes 8.300 persones usuàries cada dia i 14.000 desplaçaments).

Pel que fa a la mobilitat afectada per la prohibició, la caracterització dels desplaçaments mostra que la majoria:

- són metropolitans (no es podrien fer de manera unimodal amb patinet);

- són per motius laborals o d'estudis (en el 83,6 % dels casos);
- es combinen amb el transport públic per cobrir distàncies mitjanes i llargues (trajectes d'aproximadament cinquanta minuts, amb etapes de vint minuts de mitjana amb patinet), i
- passarien a utilitzar modalitats sostenibles de transport (com ara caminar o anar amb bicicleta o amb transport públic) i només el 9 % optaria pel cotxe.

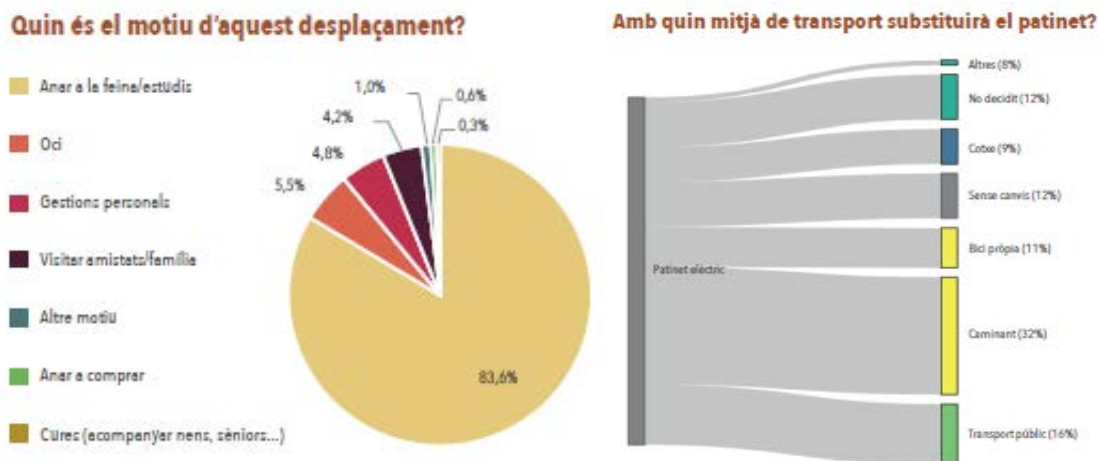


Figura 2. Caracterització dels desplaçaments amb VMP. Font: UAB-GEMOTT

Ateses aquestes característiques, i des de l'acord de prohibició temporal, l'ATM ha treballat amb municipis i operadors per garantir la presència d'aparcaments per a VMP a les estacions de transport públic. En aquest sentit, hi ha afegit aparcaments nous o ha adaptat els existents per donar cabuda als VMP. S'ha buscat, així, que les persones usuàries del transport públic i dels VMP puguin continuar fent una part del trajecte (la primera o l'última milla) amb el seu VMP, sense haver de fer tot el trajecte acompanyades del vehicle.

3. Evolució de casos i referents internacionals

L'incendi d'un patinet en un tren d'FGC ha estat el primer cas de deflagració d'un VMP a la xarxa de transport en l'àmbit espanyol; no obstant això, en els darrers anys, i paral·lelament a la popularització d'aquesta mena de vehicles, els casos de deflagració de les bateries d'ió liti en aquests vehicles han anat en augment. Les dades recollides pels bombers de la Generalitat de Catalunya i pels bombers de Barcelona corroboren aquesta tendència, amb un creixement de més del 50 % entre els anys 2020 i 2022 a Catalunya (exclosa Barcelona), i també conclouen que s'han més que doblat a la ciutat de Barcelona en només un any (2021-2022).

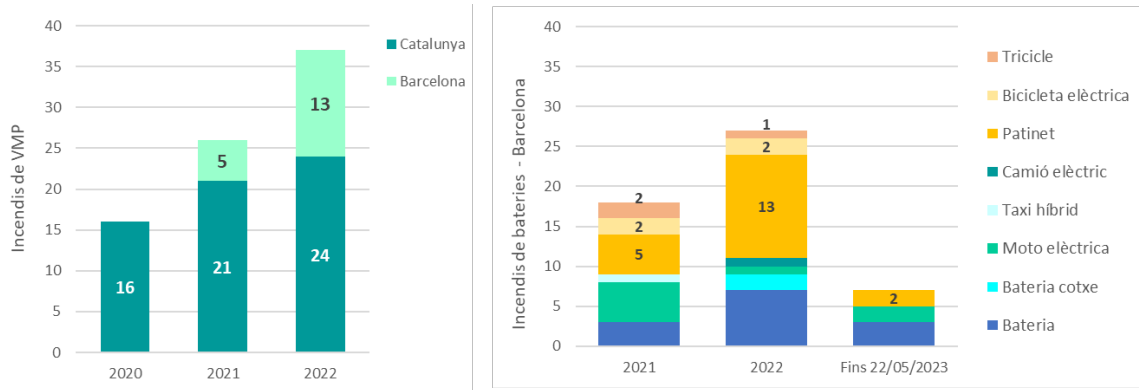


Figura 3. Incendis de patinets a Barcelona (*dades no disponibles per al 2020) i a la resta de Catalunya. Font: bombers de la Generalitat de Catalunya i bombers Barcelona

En l'àmbit internacional, només s'han identificat quatre casos en què les restriccions aplicables a l'accés de VMP al transport públic responen específicament al risc de deflagració de les bateries:

- A Londres, l'incendi de dos VMP al metro va conduir a prohibir l'ús de VMP de propietat privada als espais públics i a tota la xarxa de transport públic.
- A Hamburg, s'ha prohibit, l'agost de 2023, l'accés de VPM als trens de l'U-Bahn, la línia en la qual circula el material mòbil més antic, amb cotxes compartimentats.
- A Nova York, es permet l'accés de VMP elèctrics sempre que es compleixin certes condicions: prohibició de càrrega, homologació de bateries, mides i pes màxims, etcètera.
- A Singapur, es va establir un registre de VMP i s'exigia el compliment d'un estàndard de seguretat per a dispositius elèctrics, a més d'una mida, un pes i una velocitat màxims. Per garantir-ne el compliment, cada dos anys calia passar una inspecció tècnica del vehicle.

4. Factors de risc principals

Per concloure si hi ha mesures que es poden prendre per minimitzar el risc de deflagració de les bateries dels VMP elèctrics, cal entendre quins elements intervenen en el desencadenament d'un incendi (condicionants de la probabilitat de deflagració) i quines vulnerabilitats o quins elements intervenen en la capacitat de contenció o limitació de l'impacte, un cop es manifesta el risc.



El fenomen del *thermal runaway* i els factors desencadenants

D'acord amb els estudis tècnics, si les cel·les i les bateries d'ió liti es manipulen correctament, el risc que es produeixi un incendi és molt baix. Tanmateix, determinades

característiques dels vehicles de mobilitat personal fan que les bateries que els alimenten se sotmetin més fàcilment a condicions de manipulació o exigència abusiva que altres vehicles.

Els elements de risc principals identificats en el cas dels VMP elèctrics són els següents:

- Modificacions del programari per incrementar-ne el rendiment o la potència, les quals poden alterar paràmetres de control i gestió de la bateria, i poden, a més, permetre fer servir el VMP a velocitats que queden fora del seu rang de disseny.
- Sobrecàrrega o sobredescàrrega de la bateria, ús de segones bateries (externes, amb estàndards inferiors als de l'original o amb característiques diferents), emmagatzematge inadequat, etcètera.
- Danys físics, vinculats a la posició de la bateria a la part inferior de la plataforma, cosa que la fa més propensa a rebre vibracions i cops, i més exposició a la humitat.

La perillositat d'aquestes deflagracions es deu al fenomen de l'embalament tèrmic (*thermal runaway*), que és un procés de degradació extremadament ràpid en el qual es catalitzen reaccions químiques exotèrmiques que generen foc (fins a 700 °C); fum; emissió de gasos, alguns components dels quals poden ser molt perillosos per a la salut de les persones (principalment el monòxid de carboni (CO), el diòxid de carboni (CO₂), el metà, l'età, etilè, l'H₂ i, en alguns estudis, les traces de fluorur d'hidrogen (HF)); fragmentació, i explosió. És a dir, en les bateries de liti es produeix un sobreescalfament degut a un procés de calor que s'autorreforça, el que acaba provocant l'explosió per sobrepressió.

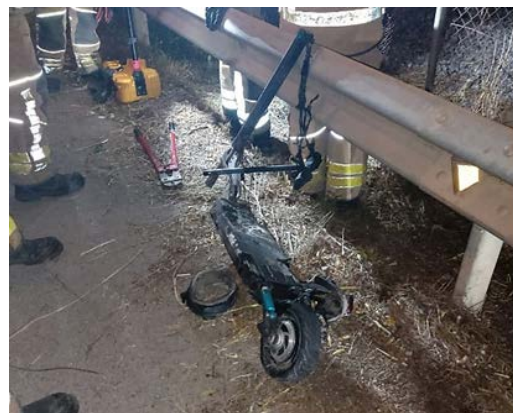


Figura 4. Estat del VMP incendiari. Font: FGC.

Manca de garanties de la regulació aplicable als VMP

El mes de gener de 2022 es va aprovar el *Manual de característiques dels VMP*, elaborat per la Direcció General de Trànsit (DGT). A partir de l'aplicació d'aquest manual, s'exigirà un certificat de circulació als VMP per garantir el compliment dels requisits tècnics exigibles per les normatives nacional i internacional. Aquests requisits regulen aspectes físics o mecànics i també aspectes relacionats amb el sistema elèctric (resistència a la humitat, control de potència i apagada, antimanipulació, protecció de la bateria...) i permetran limitar la circulació dels vehicles que no compleixin el marcat CE,¹ que no incloguin mecanismes per evitar-ne la manipulació o que no prevegin mesures per evitar la degradació de la bateria, entre altres coses.

No obstant això, el règim transitori per a la seva aplicació dilata fins al 2027 l'exigència d'un certificat de circulació a tots els VMP, de manera que la regulació aplicable no aporta, avui en dia, prou garanties per assumir que els VMP que circulen actualment

¹ El marcatge CE no requereix la certificació del producte en laboratoris designats si el fabricant declara que el seu producte compleix la normativa. Per aquest motiu, les agències de consum verifiquen, mitjançant mostreigs aleatoris, la seguretat dels productes presents al mercat, i, si escau, els retiren i creen una alerta per al mercat europeu.

compleixen els criteris de seguretat definits per la DGT, en línia amb l'altra normativa europea.

Vulnerabilitats donades per les característiques del sistema de transport

Les conseqüències de la deflagració d'una bateria depenen en gran manera de l'entorn on es produeix, i el transport públic reuneix algunes característiques que fan que l'impacte pugui ser molt elevat:

- Alta densitat de viatgers en determinades franges horàries, fet que pot impedir que les persones usuàries puguin allunyar-se del foc.
- Presència de túnels, sobretot en els modes ferroviaris soterrats, que fan que les evacuacions (tant dels fums com de les persones passatgeres) siguin més complexes.
- Més vulnerabilitat de les persones amb mobilitat reduïda (PMR) i dels infants que van amb cotxets en una situació de deflagració i necessitat d'evacuació.
- Existència de línies de metro automàtiques, en què el temps de detecció i resposta o la capacitat d'assistir les persones durant l'evacuació es poden veure perjudicats.



Figura 5. Túnel de metro




En els modes ferroviaris, per exigència de la Llei 4/2006, de 31 de març, ferroviària, cal disposar de plans d'autoprotecció de les infraestructures ferroviàries en els quals s'avaluïn els riscos i les mesures per fer front a qualsevol incident, i minimitzar, així, qualsevol dany sobre les persones. La revisió dels protocols existents, per avaluar-ne la idoneïtat, permet concloure que els diferents operadors ferroviaris preveuen, en els seus plans d'autoprotecció, el risc d'incendi, i hi detallen les mesures de prevenció i contenció necessàries per abordar-lo. Sigui com sigui, hi ha aspectes que influeixen en la capacitat de mitigació de l'impacte potencial del procés accelerat de sobreescalfament, explosió i incendi d'una bateria elèctrica de liti i són els següents:

- La gestió de la ventilació, que és diversa en funció de l'operador i de la sèrie i l'antiguitat dels cotxes. La gestió activa del fum, que permet confinar-lo o evacuar-lo del vagó, segons les necessitats, és un element diferencial en la gestió d'aquest risc.
- Les indicacions d'evacuació també varien, i introdueixen diferències pel que fa al temps de reacció i gestió dels moments inicials de la deflagració. En termes generals, a les xarxes en què la circulació es fa per túnels i el temps de desplaçament entre parades és reduït, es prioritza l'arribada del tren a l'estació següent, i es preveu l'evacuació als túnels només en cas d'urgència. Per contra, a les xarxes de circulació exterior sí que es preveu la immobilització del vehicle i l'obertura de les portes (amb una atenció especial al risc d'atropellament).
- El tipus i el volum dels cotxes, que inclouen des dels vehicles compartimentats fins a la composició oberta (vagons connectats de tipus cuc), fan que la capacitat d'evacuació horitzontal, imprescindible per minimitzar els danys en els primers moments de l'incident, sigui molt variable, però no possible quan els vehicles estan força plens, cosa que passa en la majoria de les hores de servei.

5. Anàlisi de mesures per regular l'accés de VMP al transport públic

Havent analitzat les causes que intervenen en el fenomen de l'embalament tèrmic (*thermal runaway*), i coneixent les característiques del sistema de transport que podrien agreujar la severitat de les conseqüències, s'han analitzat les set mesures següents, relatives a l'accés dels VMP al transport públic:

1. RESTRICCIONS D'ACCÉS EN HORES PUNTA O SEGONS L'OCUPACIÓ

Objectiu	Minimitzar la gravetat de les conseqüències (cremades, fum) si l'incendi es produeix en un vehicle amb un nivell alt d'ocupació.			
Proposta	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir-ne l'accés durant les franges de 7:00 h a 9:00 h i de 17:00 h a 19:30 h els dies laborables, amb la possibilitat d'ampliar-les segons el que consideri cada operador. • Donar potestat a cada operador per limitar l'accés en les situacions en què es consideri que l'ocupació és massa elevada (de l'ordre de 3 pax/m²), com ja passa amb les bicicletes. 			
Valoració	Redueix la probabilitat 	Redueix l'impacte 	Millora la convivència 	
Limitacions	Havent analitzat els requeriments actuals dels diferents operadors (demanda creixent, ampliació i desplaçament de les franges d'alta ocupació), la prohibició d'accés s'hauria d'estendre a moltes altres franges horàries, fet que dificultaria notablement la comprensió i el compliment de les persones usuàries o bé conduiria a haver d'establir franges de prohibició que ocupessin pràcticament tot el temps de prestació del servei.			

2. ZONES ESPECÍFIQUES D'UBICACIÓ DINS DELS VEHICLES

Objectiu	No interferir en l'evacuació de les persones viatgeres en cas d'incident.
Proposta	<ul style="list-style-type: none"> • Mode ferroviari: ubicar-los específicament a l'espai previst per a les bicicletes, i respectar en tot cas la prioritat de les PMR i les cadiretes de nadons, en cas que el dit espai sigui compartit.

	<ul style="list-style-type: none"> Mode viari: transportar-los a la bodega, sempre que n'hi hagi; alternativament, ubicar-los a l'espai destinat a les bicicletes o a la zona de convivència amb PMR i cadiretes de nadons, i sempre respectar la prioritat d'aquests últims. En els casos en què no n'hi hagi o estiguin ocupats, caldrà situar-se en zones de fàcil accés i de sortida que no interfereixin en l'evacuació. Màxim de dues unitats per vehicle. 					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	
Limitacions	La proposta no atén al principi d'allunyar el risc de les persones més vulnerables, amb l'agreuament que tant les PMR com els infants es trobarien més exposats a la deflagració i a l'emissió de fums. No s'ha trobat, per tant, una ubicació prou segura per als VMP elèctrics en el conjunt del sistema de transport públic. A més, situar els VMP junts podria facilitar el desencadenament d'una reacció en cadena en cas de deflagració d'un dels vehicles.					

3. LIMITACIÓ DEL NOMBRE DE VMP PER VEHICLE

Objectiu	Garantir que la concentració de gasos emesos en un embalament tèrmic (<i>thermal runaway</i>) no excedeix els límits segurs per a la salut en exposicions agudes. ²					
Proposta	Prenent com a referència el volum del vagó més crític (el de menys volum) de cadascun dels operadors, ³ i considerant una distribució uniforme dels gasos en tot el vagó, s'obtenen nombres màxims d'entre un i dos VMP per vagó, segons l'operador. En el cas de les unitats de tren amb els vagons connectats, aquest nombre es pot recalcular en funció del volum real.					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	
Limitacions	És necessari disposar d'estudis més concrets sobre la composició dels fums (els valors utilitzats corresponen a experiments en condicions atmosfèriques inertes) que ajudin a aclarir la cinètica de la reacció i la propagació dels gasos. A més, la tipologia diversa del material mòbil afegeix complexitat a l'hora d'establir condicions comunes d'accés.					

4. LIMITACIÓ DE LA MIDA MÀXIMA




Objectiu	Millorar la convivència amb altres persones usuàries (si bé és cert que la grandària de les bateries és un indicador de risc i el transport d'elements de grans dimensions pot entorpir l'evacuació).					
Proposta	Limitar-los a una dimensió màxima de 160 cm x 70 cm quan estiguin plegats.					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	

² El càlcul ha pres com a referència els litres de gas emesos per diversos tipus de bateria (s'han fet servir les dues més habituals) i la seva composició (estudi de BATTECH), i també els líndars per a cada gas proporcionats per l'Agència de Salut Pública de Catalunya, a partir de la consulta de les fonts de referència.




³ L'anàlisi s'ha dut a terme únicament per al mode ferroviari, perquè es considera que als autobusos les condicions per a l'evacuació del fum són més favorables, atès que circulen per la superfície, tenen facilitat per aturar-se i poden obrir les portes de manera ràpida.

Limitacions	Aquesta mida excedeix la mida que s'admet en algunes regulacions, i caldria un control del seu volum, força complex.
--------------------	--

5. CÀRREGA DE LA BATERIA

Objectiu	Limitar un possible sobreescalfament de la bateria, associat, entre altres coses, al procés de càrrega. A més, les condicions de càrrega que es donen al transport públic (vibració i variacions de temperatura, per exemple) poden provocar desestabilitzacions a la bateria.					
Proposta	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir la càrrega dels VMP tant als vehicles com passada la barrera tarifària a les estacions ferroviàries, sigui endollant-los directament a una presa de corrent, sigui fent-ho per mitjà d'un dispositiu extern, per reduir, així, la probabilitat que es produeixi un incendi. • A les instal·lacions (els vestíbuls), prohibir la càrrega sempre que no es faci amb les mesures que evitin que l'incident afecti la resta d'espais. 					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	
Limitacions	Resulta difícil saber quan s'està carregant un VMP amb una segona bateria si aquesta bateria va a dintre d'una bossa.					

6. IDENTIFICACIÓ DELS VEHICLES CERTIFICATS PER LA DGT

Objectiu	Reduir les probabilitats d'embalament tèrmic (<i>thermal runaway</i>) tot condicionant que els VMP puguin accedir al transport públic només si compleixen unes garanties de bon estat.					
Proposta	Introduir una inspecció tècnica dels vehicles de mobilitat personal que encara no estiguin certificats per la DGT com un requisit per determinar si poden accedir al transport públic, tal com es fa amb altres vehicles. Una inspecció anual permetria verificar si els VMP han estat manipulats o si presenten defectes que poden generar un risc per a si mateixos i per a altres persones i béns, tant si circulen com si s'estan carregant o estan aturats i desconnectats, tal com mostren les estadístiques dels cossos de bombers.					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	
Limitacions	Tenint en compte que la DGT ja ha establert uns mecanismes de certificació i els elements oficials d'identificació dels vehicles, es considera que no es pot doblar aquest sistema, perquè amb el temps es podria generar confusió entre les persones propietàries dels VMP. Sí que es considera que caldria demanar a l'administració responsable que aplicés una inspecció anual als VMP per certificar-ne el bon estat, no només en el moment de comercialitzar-los sinó per mitjà de l'ús.					

7. ACCÉS DELS VMP PLEGATS

Objectiu	Millorar la convivència amb altres persones usuàries, tot evitant fer una ocupació excessiva de l'espai, a més de possibles caigudes i ensopegades.
-----------------	---

Proposta	Portar tots els VMP plegats al transport públic, assimilant el tractament que múltiples operadors donen a les bicicletes plegables.					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	

8. ALTRES: FUNDES I ASSEGURANCES DELS VMP

Objectiu	Limitar les conseqüències d'un incendi.					
Proposta	<ul style="list-style-type: none"> Exigir el transport del patinet en una funda ignífuga, la qual sufoca l'efecte tèrmic i endarrereix la propagació del fum. Exigir una assegurança obligatòria per accedir al transport públic. 					
Valoració	Redueix la probabilitat		Redueix l'impacte		Millora la convivència	
Limitacions	<p>Tenint en compte la manca d'alternatives comercials a preus assequibles per a les persones usuàries i la dificultat afegida que suposaria fer-ne la inspecció, es descarta aquest aspecte.</p> <p>Actualment, el govern espanyol té en marxa iniciatives regulatòries i un projecte de llei, en què es proposarà crear un grup per analitzar l'obligatorietat de les fundes i les assegurances.</p>					

6. Valoració global i conclusions

En aquest treball s'han analitzat els riscos del fet que els VMP accedeixin al transport públic. Havent aprofundit en el conjunt de mesures, a partir de la cerca de més bones pràctiques, de la normativa de referència i de nombroses reunions amb els diferents agents que hi estan implicats, acompanyats dels responsables de Protecció Civil i dels cossos de bombers de la Generalitat de Catalunya i de l'Ajuntament de Barcelona, no s'ha arribat a formular una proposta que doni, actualment, prou garanties perquè els VMP puguin accedir al transport públic amb seguretat, ja que no s'assoleix un nivell de risc acceptable dins dels plans d'autoprotecció, els protocols de contingència i l'anàlisi dels riscos en el sistema de transport públic metropolità, especialment en el sistema ferroviari.

Per això, es conclou que no s'hauria de permetre l'accés dels patinets i altres VMP elèctrics al transport públic, com a mínim fins que les condicions que en regulin la comercialització i la circulació no ofereixin prou garanties de seguretat envers la deflagració.

De cara a afavorir la intermodalitat entre els VMP elèctrics i el transport públic, es recomana continuar fent evolucionar les opcions per a l'aparcament d'aquests vehicles, és a dir, incrementar les places d'aparcament disponibles als espais on es detecti que hi ha una ocupació important de VMP, i millorar-ne les condicions de seguretat.

Finalment, cal promoure la conscienciació de les persones usuàries sobre els perills dels incendis de les bateries, i garantir que saben que tenir en compte les recomanacions relatives a la conducció, la càrrega i el transport de les bateries és el primer pas per prevenir-ne un deteriorament que pugui derivar en un incendi, sigui al transport públic, sigui a les llars, sigui a l'exterior.

Agraïments

- *Generalitat de Catalunya*
 - *Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB)*
 - *Ajuntament de Barcelona*
 - *Protecció Civil (PROCICAT)*
 - *Bombers de Catalunya*
 - *Bombers de Barcelona*
 - *Operadors de transport públic*
 - *Grup de Seguretat Ferroviària*
 - *Federació Empresarial Catalana d'Autotransport de Viatgers (FECAV)*
 - *Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU)*
-
- *BATTECH*
 - *Subdirecció General de Seguretat Industrial*
 - *Operadors d'ITV*
 - *Secretaria de Salut Pública*
 - *Agència Catalana del Consum*
 - *B:SM*
 - *Direcció General de Trànsit*
 - *Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA)*
 - *Institut Cerdà. Servei de Suport a la Gestió de Crisis*