

## Estructura tubular de vehículo eléctrico urbano con altas prestaciones de seguridad ante impacto

Jorge Velasco Manrique<sup>1</sup>, Marta Ingelmo Gómez<sup>2</sup>, Javier Romo García<sup>3</sup>, Jose Antonio López Vicente<sup>4</sup>,  
Esteban Cañibano Álvarez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Fundación CIDAUT, Boecillo (Valladolid), España. Email: [jorvel@cidaut.es](mailto:jorvel@cidaut.es)

<sup>2</sup>Fundación CIDAUT, Boecillo (Valladolid), España. Email: [maring@cidaut.es](mailto:maring@cidaut.es)

<sup>3</sup>Fundación CIDAUT, Boecillo (Valladolid), España. Email: [javrom@cidaut.es](mailto:javrom@cidaut.es)

<sup>4</sup>Fundación CIDAUT, Boecillo (Valladolid), España. Email: [joslop@cidaut.es](mailto:joslop@cidaut.es)

<sup>5</sup>Fundación CIDAUT, Boecillo (Valladolid), España. Email: [estcan@cidaut.es](mailto:estcan@cidaut.es)

### Resumen

El presente trabajo recoge la metodología y los resultados del diseño de una arquitectura de vehículo ligero y seguro, basada en acero de altas prestaciones, para su introducción en entornos urbanos. La estructura se basa en un diseño de chasis tubular fácilmente escalable y modular, considerando aspectos de seguridad desde la fase de diseño. La integridad estructural del vehículo desde el punto de vista estático se valida mediante la simulación y la ejecución de ensayos de rigidez a flexión y torsión, y de fatiga. El comportamiento ante impacto se evalúa según los procedimientos establecidos en las normativas R137, R94 y R95, con énfasis en la protección de los ocupantes y de usuarios vulnerables de la vía, a fin de alcanzar una calificación de 4 estrellas según EuroNCAP.

**Palabras clave:** estructura; vehículo eléctrico urbano; seguridad ante impacto; protección de ocupantes.

### Abstract

This work summarizes the methodology and results of the design of a light and safe vehicle structure based on high-strength steel, aiming at its introduction in urban environments. The structure is made of a tubular chassis design easily scalable and modular, taking into consideration safety features from the very beginning of the design stage. The structural integrity of the vehicle from a static point of view is validated through torsional and bending stiffness simulations and experiments, as well as fatigue assessment. The crashworthiness is evaluated by applying the procedures set in regulations R137, R95 and R94, with special emphasis on vehicle occupants' protection and on other vulnerable road users, with the objective of achieving a 4-stars EuroNCAP rating.

**Keywords:** body frame; electric urban vehicle; crashworthiness; occupant protection.

### 1. Introducción

En las últimas décadas el porcentaje de población que reside en entornos urbanos y periurbanos en Europa se ha incrementado del 65% al 71%, y se espera que esta tendencia se mantenga o incluso se intensifique en los próximos años [1]. En términos de movilidad, esto implica que los problemas de congestión del tráfico y de mala calidad del aire en las ciudades adquirirán una importancia crítica en lo relativo a la calidad de vida de sus habitantes [2].

Relacionado con ello, pese a las advertencias de la UE sobre la necesidad de contar con vehículos de pasajeros más limpios y ligeros [3], las estadísticas

actuales estiman que cerca del 40% de los coches que se venden en Europa son SUVs [4]. Este porcentaje socava totalmente las pretensiones de sostenibilidad por las que aboga Europa; sin embargo, conductores y pasajeros justifican su decisión por la mayor sensación de seguridad que les ofrece [5], frente a los vehículos de menor tamaño. La tradicionalmente adversa respuesta de los coches pequeños en caso de impacto es la responsable de ello.

Como consecuencia de su menor tamaño y la necesidad de que sean productos asequibles, hacen muy difícil a los vehículos urbanos competir con otros más grandes en términos de seguridad. En este punto, el proyecto Multi-Moby, una iniciativa europea en el

marco del programa H2020, tiene como objetivo desarrollar una estructura segura y de bajo coste para vehículos eléctricos urbanos. Desde este enfoque y con la vista puesta en la seguridad, no solo se persigue la protección de los ocupantes, sino también la de los usuarios vulnerables de la vía (peatones y ciclistas). La estructura propuesta se basa en un diseño de estructura tubular en acero de altas prestaciones, fácilmente escalable y modular. Esto quiere decir que la longitud e incluso el propósito del vehículo pueden alterarse de forma sencilla modificando muy pocos elementos; todo ello sin el gran impacto en términos de coste, energía y plazo típico de los desarrollos de vehículos convencionales (ver Figura 1).

Se pretende que el vehículo, de 750 kg (baterías incluidas), cuente con unas prestaciones de seguridad al mismo nivel que los vehículos convencionales de mayores dimensiones, por lo que se toman como referencia para la evaluación los ensayos aplicables a vehículos de categoría M1. No obstante, conviene destacar que la flexibilidad en el diseño del vehículo permite que, con ligeras modificaciones en la geometría y la motorización, pueda encuadrarse dentro de las categorías L7 (cuadriciclos pesados) o N1 (vehículos comerciales de masa <3.5 toneladas). En este sentido, el objetivo que aquí se persigue es el de alcanzar las 4 estrellas según los protocolos EuroNCAP. Por otra parte, se tiene también en cuenta la protección de los usuarios vulnerables, siendo el segundo gran objetivo de la estructura reducir en lo posible los daños físicos a peatones en situaciones de atropello. El presente artículo desarrolla los pasos dados para alcanzar esos objetivos y su validación.



Figura 1. Concepto de modularidad: mínimos cambios en la estructura, diferentes tipologías de vehículo

## 2. Métodos

Metodológicamente, para lograr los objetivos anteriores, se empleó el enfoque de optimizar el diseño estructural en base al análisis de elementos finitos. El proceso se realizó de forma iterativa en diferentes etapas. Esto implicó varios diseños hasta alcanzar unos indicadores establecidos de rigidez y durabilidad estructural y respuesta ante impacto. Concretamente, los valores objetivo fijados fueron 5.000 N/mm de rigidez a flexión, 40.000 N·m<sup>º</sup> de rigidez a torsión, 250.000 km de durabilidad y la

integridad del vehículo junto con los parámetros biomecánicos exigidos por la regulación (UNECE) y protocolos de ensayo aceptados internacionalmente (EuroNCAP) para la respuesta ante impacto.

En relación con el orden, primero se trabajó para alcanzar los valores rigidez estructural y durabilidad, de cara a garantizar el buen funcionamiento de los sistemas de seguridad activa (suspensión, dirección y frenos); luego, en la respuesta ante impacto y, finalmente, se realizaron pruebas reales para validar el comportamiento de la estructura. Las metodologías utilizadas para medir los indicadores se presentan a continuación.

### 2.1. Rigidez a torsión y flexión

El ensayo de rigidez a torsión sirve como referencia para evaluar la robustez de la estructura del vehículo. Desde un punto de vista funcional, se requiere una rigidez a torsión suficiente para garantizar el buen comportamiento del vehículo principalmente en maniobras transversales, tales como giros o frenadas en curva. En este tipo de maniobras, la estructura debe soportar las fuerzas procedentes de las ruedas, a través de la suspensión y la dirección, con una deformación limitada, a fin de asegurar que las ruedas mantienen el contacto con la carretera en una posición lo más vertical posible.

En este trabajo, la medida de la rigidez a torsión se llevó a cabo sin la suspensión del vehículo, para evitar influencias no deseadas en los resultados del ensayo. La realización del ensayo implicó el diseño de utillajes específicos, adaptados a las dimensiones del vehículo y las restricciones de grados de libertad necesarias. Concretamente, el eje trasero del vehículo tiene restringidos los seis grados de libertad, mientras que el utillaje conectado al eje delantero cuenta con fijaciones que permiten la rotación a lo largo del eje longitudinal del vehículo, la cual es introducida mediante un actuador, tal y como puede verse en la Figura 2.



Figura 2. Configuración del ensayo de torsión

Por otra parte, el ensayo de rigidez a flexión proporciona información acerca de la robustez de la estructura del vehículo cuando se ve sometida a cargas verticales causadas por el peso transportado, por la ejecución de maniobras de aceleración o deceleración, y por el paso a través de baches. Igual que en el ensayo a torsión, la medida de la rigidez a flexión se realizó sin la suspensión del vehículo.

En lo que respecta a la ejecución del ensayo, la configuración es ligeramente diferente a la mostrada para el caso de torsión. Los utillajes conectados a los ejes delantero y trasero del vehículo son similares, pero sin permitir ningún grado de libertad. Además, la carga de flexión se introduce mediante un utillaje específico que conecta el actuador con una barra ubicada en la zona central de la estructura, según se muestra en la Figura 3.

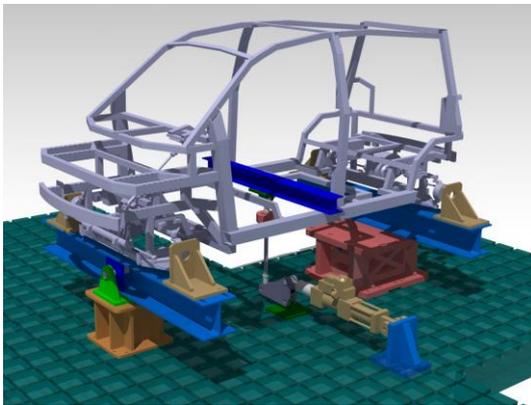


Figura 3. Configuración del ensayo de flexión

En ambos casos, previamente a la realización de los ensayos experimentales, se llevaron a cabo simulaciones de elementos finitos para garantizar que las condiciones de los ensayos eran las adecuadas para reproducir las cargas establecidas, así como que no se alcanzaba el régimen plástico del material en ningún punto de la estructura.

## 2.2. Ensayos de durabilidad

Los ensayos de durabilidad (fatiga) de la estructura tubular se llevaron a cabo tomando maniobras de conducción cotidianas como punto de partida para la definición de las cargas. Para ello, se empleó un modelo multicuerpos del vehículo, representativo en términos de peso, posición del centro de gravedad, y sistemas de suspensión, dirección y frenado. Con él, se utilizó el software CarSim para calcular las cargas transmitidas a través de las ruedas en las maniobras definidas, específicamente: aceleración, frenado en curva, paso sobre resalto y test del alce.

Adicionalmente, todas las maniobras se han simulado a diferentes velocidades, representando así distintos

perfiles de conducción. Se han considerado tres niveles de agresividad de las maniobras: nivel 1, con aceleraciones longitudinales y laterales en torno a 0.25g; nivel 2, con aceleraciones alrededor de 0.5g; y nivel 3, correspondiente a aceleraciones de 0.75g.

Con los resultados de la simulación, se han construido cargas cíclicas que, aplicadas en el eje delantero, son capaces de producir un nivel de daño análogo en la estructura del vehículo. Las cargas para el nivel 1 se muestran en la Tabla 1, las fuerzas de nivel 2 y 3 están multiplicadas por 2 y 3 respectivamente.

Tabla 1. Cargas de nivel 1 aplicadas en el ensayo de durabilidad.

	Rueda derecha	Rueda izquierda
Eje X	556.25 N	556.25 N
Eje Y	562.50 N	562.50 N
Eje Z	0 N	275 N

Para la ejecución del ensayo, se diseñaron utillajes específicos. En el eje trasero se utilizó la misma configuración empleada que en los ensayos de rigidez, si bien esta vez con la introducción del sistema de suspensión. Similarmente, en el eje delantero también se introdujo el sistema de suspensión completo, y se ubicaron actuadores para poder aplicar las cargas sobre las ruedas delanteras, al mismo tiempo que se restringió el movimiento lateral, como se muestra en la Figura 4.

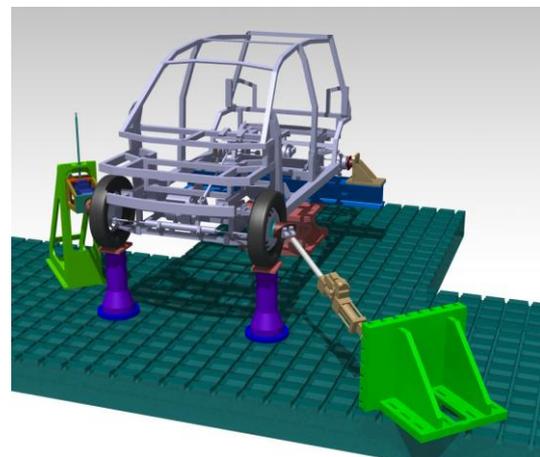


Figura 4. Configuración del ensayo de durabilidad

## 2.3. Respuesta ante impacto

Con base en los Reglamentos de UNECE, se identificaron 3 protocolos de ensayo con los que evaluar la respuesta de la estructura en caso de impacto. Paralelamente, y a fin de conseguir que el vehículo también fuera seguro para los usuarios vulnerables, se adoptó un modelo de dummy que permite determinar de forma precisa la rotura de huesos y evaluar los efectos de un atropello.

### Protección ocupantes:

Tras estudiar la normativa aplicable, se identificarán aquellos protocolos fundamentales para la homologación por un lado de los vehículos dentro de la categoría M1 (según UNECE), y por otro lado la consecución de las 4 estrellas EuroNCAP. Concretamente, se seleccionaron los de las normas R137 [6], R94 [7] y R95 [8]; cuyas características se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de las regulaciones aplicadas

	R137	R94	R95
Frontal / Lateral	Frontal	Frontal	Lateral
Solape	100%	40%	100%
Velocidad vehículo	50 km/h	56 km/h	0 km/h
Barrera	Rígida	Deform.	Deform.
Velocidad barrera	0 km/h	0 km/h	50 km/h

Respecto a los parámetros biomecánicos, se definió también un valor objetivo para el parámetro Occupant Load Criteria (OLC) de 40g, que relaciona la aceleración que recibe la estructura con las solicitaciones que perciben los ocupantes. Las simulaciones y ensayos realizados se llevaron a cabo de acuerdo a las condiciones de los protocolos y teniendo presente este valor objetivo.

### Protección usuarios vulnerables:

En otra línea, ante el abanico de escenarios posibles que se presenta en caso de atropello, se consideron los siguientes aspectos en el modelo de simulación:

- Geometría frontal del vehículo: aristas vivas y diseño redondeado
- Rigidez del parachoques
- Posición relativa del dummy respecto al vehículo
- Comportamiento del dummy durante el atropello
- Velocidad del vehículo. 40, 30 y 20 km/h

Identificadas estas variables, se realizaron varias simulaciones para conocer cómo afectaban sobre el peatón en caso de atropello.

## 3. Resultados

En esta sección se muestran los resultados de las simulaciones y los ensayos realizados sobre la estructura del vehículo, conforme a la descripción anterior.

### 3.1. Flexión-torsión

En la simulación del comportamiento a torsión de la estructura hasta alcanzar 2° en la parte frontal, las

máximas tensiones registradas fueron de 350 MPa, holgadamente por debajo del límite elástico del acero empleado en la estructura, lo que garantiza tanto la linealidad de la curva de rigidez obtenida, como la resistencia de la estructura bajo este tipo de cargas.

El ensayo experimental de rigidez a torsión se realizó hasta alcanzar 1.5° de giro en el eje frontal, obteniendo conclusiones similares al caso simulado, con un 7% de desviación en la correlación, 2847 Nm/° en simulación frente a 3071 Nm/° en experimentación. Un resumen de los resultados para este tipo de cargas se muestra en la Figura 5, y en la Figura 6 se presenta el nivel de correlación entre simulación y ensayo.

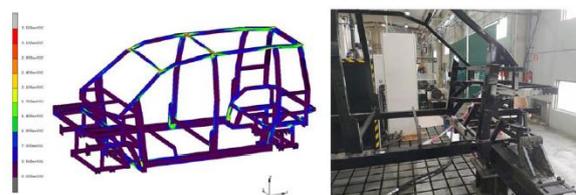


Figura 5. Resultados de simulación (izq.) y experimentales (der.) de comportamiento a torsión

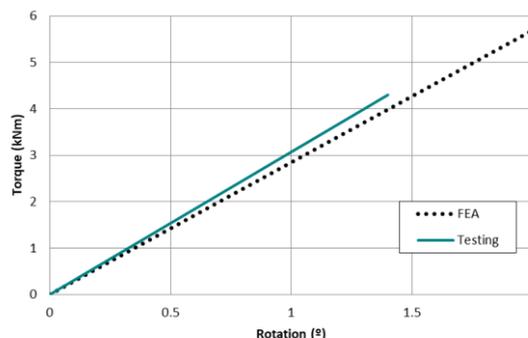


Figura 6. Correlación entre simulación y ensayo de rigidez a torsión

En la simulación del comportamiento a flexión de la estructura hasta alcanzar una carga de 25 kN, las máximas tensiones registradas no superaron los 400 MPa, nuevamente por debajo del límite elástico del material empleado, lo que garantiza tanto la linealidad de la curva de rigidez obtenida, como la resistencia de la estructura bajo este tipo de cargas.

El ensayo experimental de rigidez a flexión se realizó hasta alcanzar una carga de 15 kN, obteniendo conclusiones similares al caso simulado, con un 15% de desviación en la correlación, 2730 N/mm en simulación frente a 2330 N/mm en ensayo. Un resumen de los resultados para este tipo de cargas se muestra en la Figura 7, y en la Figura 8 se presenta el nivel de correlación entre simulación y ensayo.

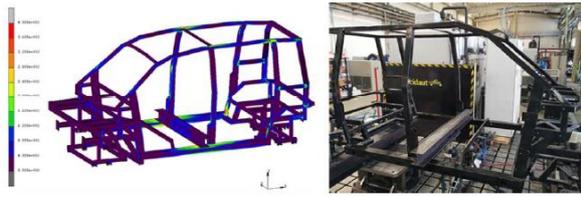


Figura 7. Resultados de simulación (izq.) y experimentales (der.) de comportamiento a flexión

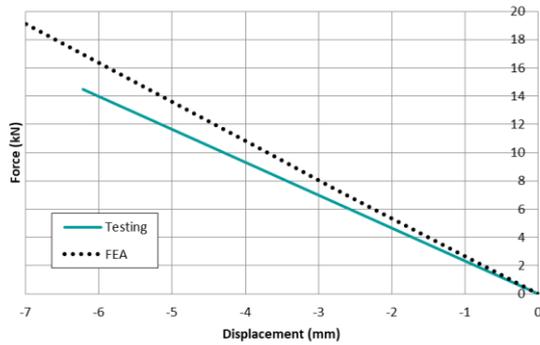


Figura 8. Correlación entre simulación y ensayo de rigidez a flexión

### 3.2. Durabilidad

Igual que en el caso anterior, la respuesta de la estructura ante cargas cíclicas se analizó mediante simulación y ensayos experimentales.

Para la simulación, se consideró un peso total del vehículo de 850 kg, de modo tal que en este valor se incluyen elementos tales como baterías, transmisión y pasajeros, a fin de replicar el peso real del vehículo en circulación. Los resultados, mostrados gráficamente en la Figura 9 para el caso de cargas de nivel 1, muestran que las tensiones se encuentran en todo momento por debajo de 150 MPa en el caso más restrictivo, lo que garantiza la durabilidad de la estructura. Las zonas críticas de la estructura, esto es, las uniones en la base de los pilares B y C, se analizaron en mayor detalle mediante técnicas de sub-modelado, verificándose en ambos casos que los valores de tensión se encuentran por debajo del umbral de vida infinita del material.



Figura 9. Izq: tensiones equivalentes de von Mises durante el ensayo de durabilidad; Der: deformaciones en el nodo crítico de la estructura

Tras la simulación, se llevaron a cabo los experimentos. Se sometió la estructura a un millón de ciclos de carga, correspondientes a 250.000 km, los cuales se distribuyeron de la siguiente forma: 800.000 ciclos bajo cargas de nivel 1 (maniobras cotidianas), 190.000 ciclos bajo cargas de nivel 2 (maniobras deportivas) y 10.000 ciclos bajo cargas de nivel 3 (maniobras agresivas). Los desplazamientos registrados en los actuadores durante el ensayo se muestran en la Figura 10.

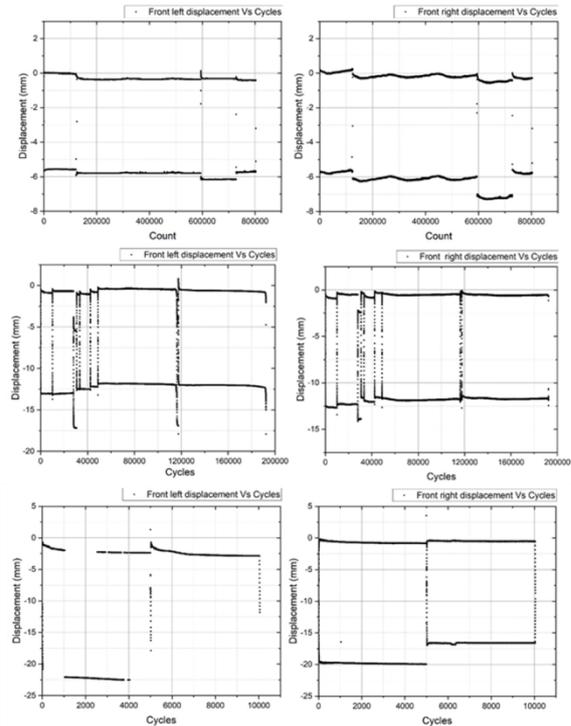


Figura 10. Desplazamiento de los actuadores izquierdo y derecho durante los ciclos de nivel 1 (arriba), 2 (medio) y 3 (abajo).

La estructura superó el total de ciclos sin ningún daño apreciable a simple vista. Únicamente se registró un incidente, asociado al fallo de una soldadura de la mangueta de la suspensión frontal izquierda, durante el ensayo bajo cargas de nivel 3. Al no ser un componente del chasis del vehículo, y por tanto estar fuera del alcance del estudio, se reparó y se continuó con el ensayo, que pudo completarse exitosamente.

Tras el final del ensayo, se inspeccionaron los nodos críticos de la estructura mediante líquidos penetrantes para identificar posibles grietas que hubieran aparecido durante la prueba. No se identificó ninguna, apareciendo solamente algunos poros cuya existencia se atribuye al proceso de fabricación de los perfiles tubulares, como puede verse en la Figura 11.



Figura 11. Izq: vehículo durante el ensayo de fatiga; Der: inspección de nodos críticos de la estructura

Cabe destacar que, tras finalizar el ensayo de durabilidad, se repitieron los ensayos de rigidez descritos anteriormente sin encontrarse diferencias en el comportamiento, lo que ratifica la robustez del diseño.

### 3.3. Respuesta ante impacto

#### Protección ocupantes:

Siguiendo el orden de la Tabla 1, la siguiente figura muestra los resultados de la configuración de impacto frontal contra barrera rígida según UNECE R137.



Figura 12. Vehículo impactado inmediatamente después del ensayo correspondiente a la Regulación 137. Izquierda: simulación; derecha: ensayo

Obsérvese que el comportamiento estructural del vehículo es altamente satisfactorio y que los resultados de la simulación se corresponden con la realidad. La estructura del vehículo demuestra integridad, así como la protección al ocupante. Por ejemplo, el indicador “occupant load criterion” (OLC), que refleja la aceleración inducida al ocupante durante el impacto para este caso es igual a 38,9g. Adicionalmente, las mediciones sobre el dummy prueban que todos los registros biomecánicos están por debajo de los valores umbral que determina la norma.

En vista de que se trata de la configuración más crítica para el ocupante de entre las estudiadas, al ser el caso en el que el vehículo debe absorber más energía, pues el choque se produce contra una barrera rígida; se demuestra que el vehículo es seguro en caso de impactos frontales. No obstante, se realizó otra segunda prueba de choque frontal de cara a afianzar esta afirmación.

El ensayo también sirvió para definir futuras líneas de mejora del comportamiento estructural del vehículo.

Las aceleraciones registradas en el pilar B no fueron uniformes a lo largo de todo el ensayo, apareciendo algunos picos provocados por la rotura no controlada de los tornillos que amarran el subframe delantero de la estructura al resto del vehículo

En este punto y siguiendo con el orden de la Tabla 1, a continuación se muestran los resultados del ensayo frontal contra barrera deformable y 40% de solapamiento según UNECE R94.



Figura 13. Vehículo tras el ensayo correspondiente a la Regulación 94. Izquierda: vehículo completo tras el ensayo; derecha: detalle del estado de la parte frontal de la estructura tras el ensayo

Como en el anterior caso, los resultados fueron plenamente satisfactorios. El vehículo mantuvo su integridad estructural y no presentó deformaciones ni roturas en la zona del habitáculo. Adicionalmente, no se produjo tampoco ninguna intrusión relevante en la zona de los ocupantes. Véase en la Figura 14 el correcto funcionamiento de la estructura con los valores biomecánicos registrados en el dummy.

Igual que sucedió en el caso anterior, se produce la rotura de los tornillos que conectan el subframe delantero al resto del vehículo. Sin embargo, debido al hecho de que la barrera es deformable, este hecho contribuye en cierta medida a la absorción de energía durante el impacto. En consecuencia, los picos de aceleración y los niveles de intrusión detectados son sensiblemente inferiores a los registrados en el caso anterior, por lo que no requerirían ninguna actuación específica sobre la estructura del vehículo.

Para acabar con los ensayos frontales, se ha de tener en cuenta que en el caso de impacto de un vehículo eléctrico, la protección de la batería es esencial para evitar el desencadenamiento a posteriori de fenómenos de thermal runaway, que puedan comprometer la seguridad de los ocupantes del vehículo. En este sentido, se midieron las aceleraciones y los niveles de intrusión en el entorno de la ubicación de la batería. En ambos casos se observa un comportamiento aceptable, más próximo al ideal (deceleración progresiva, sin intrusiones) en el ensayo R94 que en R137, si bien en ninguno de los dos casos estudiados se llegaría a un escenario de riesgo para los ocupantes del vehículo

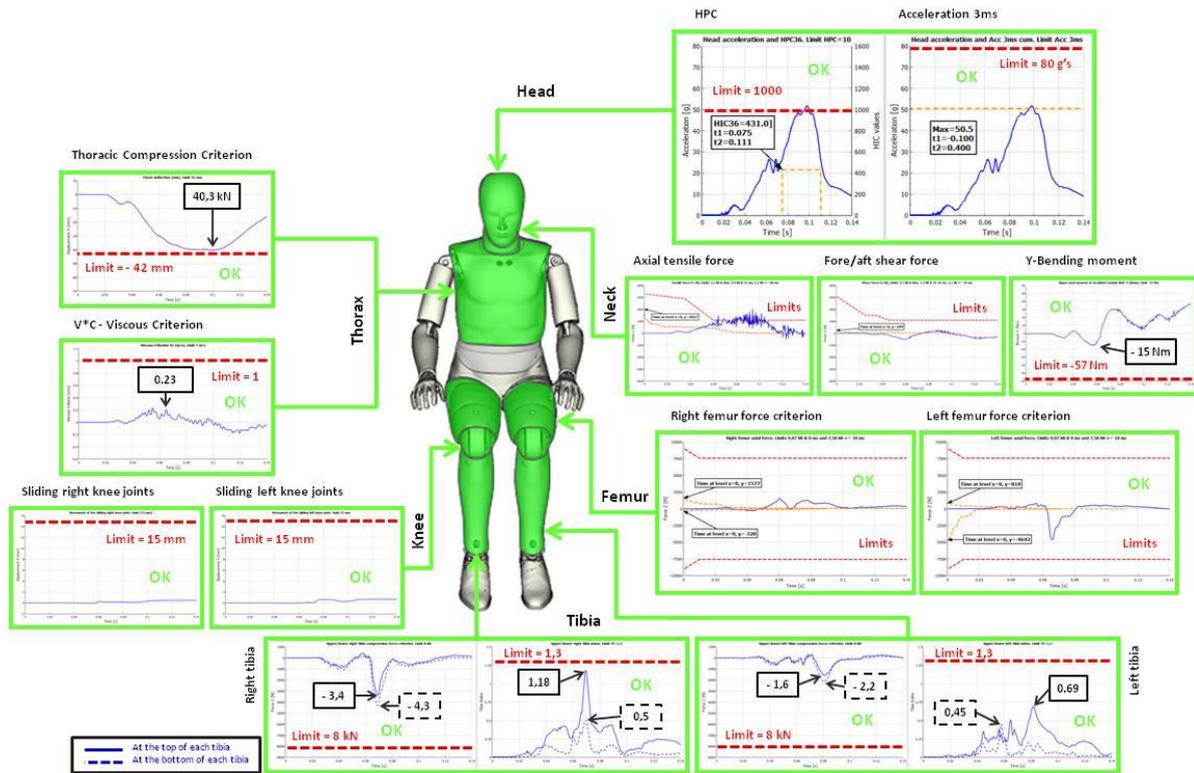


Figura 14. Medidas registradas en el dummy durante el ensayo correspondiente a la Regulación 94

Por último, obsérvese en la Figura 15 los resultados de un impacto lateral contra barrera deformable según UNECE R95.



Figura 15. Vehículo después del ensayo correspondiente a la Regulación 95. Izquierda: simulación; derecha: ensayo

En líneas generales, los resultados también fueron un éxito, aunque en este caso el bajo peso del vehículo provoca que sea arrastrado durante el impacto, lo que limita la deformación (y en consecuencia la absorción de energía) de la estructura. No obstante sirva como muestra este caso para destacar el buen funcionamiento de las puertas. Su diseño en acero hace que sean muy rígidas, lo que se traduce en que apenas hay intrusión de la barrera en el vehículo, protegiendo así al conductor. Igualmente, el despliegue del airbag de cortina fue satisfactorio, lo que en conjunto significa que los niveles de daño inducidos a los ocupantes del vehículo se encuentran por debajo de los umbrales establecidos en la reglamentación.

Nótese que al finalizar el impacto, el vehículo conserva su rigidez estructural y no existe ninguna intrusión relevante en la zona del ocupante, pese al impacto de la barrera. Asimismo, el diseño de la estructura permite que la barrera deslice sobre la talonera, no existiendo daño en las baterías; siendo este uno de los aspectos más críticos de este choque.

**Protección usuarios vulnerables:**

A continuación, en la Figura 16 se muestran los resultados de los modelos de simulación de atropello.

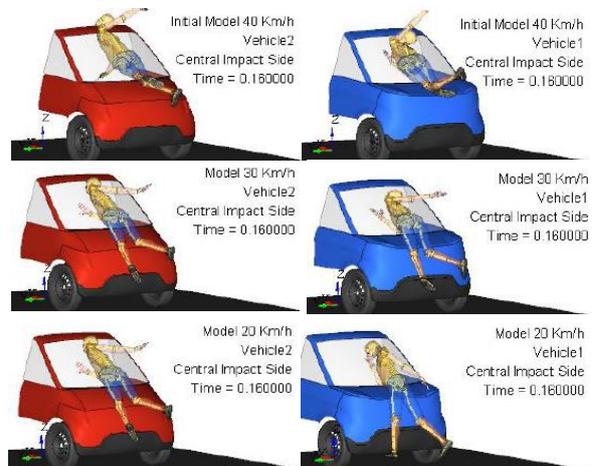


Figura 16. Resultados modelos de simulación de atropello

Tras su análisis, es de destacar que los daños provocados en el peatón están fuertemente condicionados por la naturaleza del vehículo, la cual implica una parte frontal de reducidas dimensiones. Debido a que la longitud del capó es muy corta, en el momento en el que la parte delantera del vehículo golpea al dummy, la cabeza de éste se dirige siempre hacia las zonas duras vehículo, como son el parabrisas o los pilares, de forma inevitable. Este evento es el más crítico de cuantos suceden durante el impacto; sin embargo, se observa que para velocidades bajas si la geometría exterior del vehículo es redondeada, el daño provocado en el dummy (principalmente piernas y pelvis) es menor. En base a estas conclusiones, en el marco del proyecto se desarrollan también sistemas de seguridad activa enfocados a minimizar el daño provocado en caso de atropello, como por ejemplo sistemas de detección en tiempo real de usuarios vulnerables, capaces de desencadenar un frenado automatizado, reduciendo de esta forma la velocidad a la que tendría lugar el incidente en caso de ocurrir, y mitigando en gran medida las limitaciones derivadas de la geometría del vehículo.

#### 4. Conclusiones

Expuestos los resultados, podemos verificar que es posible diseñar un vehículo eléctrico urbano seguro basado en una estructura de acero de alto límite elástico. Como hemos visto, el diseño adecuado de la estructura permite que los vehículos urbanos tengan la rigidez suficiente como para proteger a los ocupantes y la capacidad de deformación necesaria para absorber la energía que se pone en juego en caso de impacto. No obstante, se observa que la influencia del diseño del vehículo es prácticamente despreciable en la protección de usuarios vulnerables en vehículos urbanos. Este resultado que, por una parte es preocupante desde el punto de vista de la seguridad, pone de manifiesto la necesidad de integrar en el vehículo sistemas activos de protección de usuarios vulnerables altamente eficientes.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unión Europea la financiación del proyecto Multi-Moby “Safe, Secure, High Performing Multi-Passenger and Multi-Commercial Uses Affordable EVs” bajo el Programa Horizonte 2020, Grant Agreement No 101006953.

#### 6. Referencias

[1] Ritchie H., Roser M. (2019). Urbanization. Article Disponible en: <https://ourworldindata.org/urbanization>

[2] European Environment Agency (2019). Emissions of air pollutants from transport. Indicator Assessment. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>

[3] Comisión Europea (2011). Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system [en línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:EN:PDF>

[4] S. Gössling. “Why cities need to take road space from cars – and how this could be done”. Journal of Urban Design, vol 25, pp. 443-448.

[5] J. A. Thomas, D. Walton. “Vehicle Size and Driver Perceptions of Safety”. International Journal of Sustainable Transportation, vol. 2, pp. 260-273.

[6] UNECE (2020). UN Regulation No. 137 - Frontal Impact (Rigid Wall) [en línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42020X0576&from=EN>

[7] UNECE (2012). UN Regulation No. 94 Frontal Impact (Barrier) [en línea]. Disponible en: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42012X0920\(02\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42012X0920(02)&from=EN)

[8] UNECE (2019). UN Regulation No. 95 - Rev.2 + Amendments - Lateral collision protection [en línea]. Disponible en: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R095r2e.pdf>