

Análisis de las variables geométrico del frontal del vehículo en la protección del peatón

D. Gallegos Díez⁽¹⁾, F. Liesa Mestres⁽²⁾, M.A. de los Santos⁽³⁾

(1) Departamento de Homologaciones. Comercial Vehicles & Chassis Components. Applus+ IDIADA.
david.gallegos@idiada.com

(2) Cátedra Applus+ en Seguridad del Automóvil. Universidad Politécnica de Cataluña

(3) Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Cataluña

El objetivo principal de este proyecto de investigación es determinar la influencia de las variables geométricas del frontal del vehículo en las potenciales lesiones que pueden producirse a un peatón como consecuencia de un accidente. Este objetivo se consigue mediante el desarrollo de algoritmos específicos a partir de las medidas geométricas del frontal como variables de entrada y obteniendo la aceleración, el momento flector y el esfuerzo cortante como resultados. Este algoritmo puede aportar resultados iniciales sin necesidad de preparar un modelo de simulación específico o realizar ensayos de choque en laboratorio.

Los principales resultados conseguidos en este proyecto de investigación son:

La aceleración mínima y media del impacto desciende cuando la distancia longitudinal entre la travesía de deformación y la travesía de peatones aumenta. Asimismo, se detecta un decremento del esfuerzo cortante al aumentar esta distancia, por la influencia en la cinemática y dinámica que implica en el impactor.

La distancia vertical entre la travesía de deformación y la travesía de peatones se considera como no significativa después de analizar los resultados del algoritmo.

Por otro lado, la aceleración, mínima y media, aumenta cuando se incrementa la altura del vehículo, resultado de la menor rotación del impactor en el impacto. El comportamiento del momento flector es análogo a la aceleración. El esfuerzo cortante varía en función de los puntos de contacto con el frontal, detectándose los valores máximos cuando los puntos de impacto con la rodilla están cercanos a la altura de la travesía de deformación.

Como resultado global, la cinemática y la dinámica del impactor indican que cuando se incrementa la distancia longitudinal entre travesías, se obtiene un frontal con mayor capacidad de energía, y una rotación diferente del impactor durante el choque.

Este trabajo de investigación proporciona un nuevo modelo de simulación aplicado a la protección de peatones. Este modelo es capaz de predecir los resultados de lesiones en un impacto con la extremidad inferior, en términos de aceleración, esfuerzo cortante y momento flector del impactor, únicamente teniendo un primer modelo del frontal del vehículo. Por tanto, este modelo matemático es de aplicación general en la industria del automóvil en los próximos años.

1. INTRODUCCIÓN

La protección de peatones es uno de los principales campos de investigación dentro de la seguridad del automóvil y uno de los principales pilares de innovación en la industria del automóvil. Las estadísticas de accidentes muestran que cada año mueren 6000 personas en Europa a consecuencia de un accidente de tráfico. Si nos fijamos dentro de España, cada año mueren más de 600 personas y en las ciudades, el 40% de los accidentes de tráfico son peatones.

La OEM esta desarrollando nuevas soluciones para evitar lesiones en impactos a peatones, mejorando el frontal del vehículo y la compatibilidad con los peatones en el campo de la seguridad pasiva. Pero otra línea de investigación es detectar el peatón y evitar el contacto entre este y el coche en el campo de la seguridad activa.

EuroNCAP ha modificado recientemente la tasa de puntuación final, dando a la protección de peatones un mayor valor. Los tres test que hoy en día se realizan están relacionados con las siguientes zonas anatómicas del cuerpo: parte inferior de las extremidades relacionado con la parte inferior del impactor de pierna, fémur y pelvis, relacionado con la parte superior del impactor de pierna, y la cabeza de adulto o niño, relacionado con el impactor de cabeza. En los últimos años, la puntuación total seguía una línea creciente y los vehículos llegan a lograr la máxima puntuación de estrellas posibles.

El simulador de la parte inferior de la pierna que se está usando hoy en día son de TRL. La magnitud de la medición y los límites biomecánicos son:

- Aceleración vertical, con un valor máximo de 150 g
- Angulo de flexión, midiendo el ángulo entre la tibia y el fémur, con un valor de 15° como valor límite.
- Desplazamiento de cizalladura, midiendo la distancia entre la tibia y el fémur con un valor de +/- 6 mm como valor límite.

Pero un nuevo impactor ha aparecido en los últimos años que compila más información en los test. El impactor Flex-PLI se ha sumado al de TRL, con un mayor número de sensores y de información. Hoy en día, la correlación entre ambos impactores es un tema que se tiene que realizar y estudiar.

Las herramientas de simulación en el campo de la protección de peatones se han convertido en un punto básico de estudio a la hora de diseñar los vehículos. Hoy en día se usan tres tipos de software:

- Software de elementos finitos.
- Software de Multi-cuerpo.
- Software de reconstrucción de accidentes.

2. ESTADO DEL ARTE

La forma del frontal del vehículo esta incluyendo nuevos cambios cada día Mientras que hace algunos años lo mas importante era tener en cuenta la aerodinámica, hoy en día el concepto de protección de peatones se considera el primer concepto en el diseño y en todo el proceso de desarrollo se encuentra al mismo nivel que la aerodinámica. En la figura 1, esta evolución se muestra en el diseño del modelo del mismo OEM.



Figura 1. Evolución de la forma del frontal del coche, incluyendo el concepto de protección de peatones y los conceptos de aerodinámica por otra parte. Fuente: elaboración propia

3. MODELO DE REFERENCIA

Es necesario construir un modelo de la parte frontal del vehículo para estudiar el nivel de protección de peatones que tiene el vehículo. En el modelo es necesario considerar tanto las partes incluidas en la piel externa de la parte frontal como las partes que dan rigidez.

Las partes mínimas necesarias para tener un modelo de representativo dentro del campo de la protección de peatones y para el estudio del comportamiento del impactor de la parte inferior de la pierna son los siguientes:

- Carcasa externa que determina la forma del conjunto y los posibles puntos de contacto.
- Carcasa de refuerzo que da rigidez a la zona del travesaño y une la parte superior e inferior de la rejilla de ventilación del parachoques.
- Spoiler.
- Travesaño de peatón.
- Parte superior e inferior de la rejilla de ventilación.
- Travesaño de deformación.

En la Figura 2 se muestra un posible modelo de referencia de un vehículo.

Pero si la forma frontal del vehículo es analizada, la conclusión es que los principales contactos entre la carcasa y la parte inferior de las extremidades están situados en tres puntos diferentes.

Esos tres puntos son:

- Contacto con la parte inferior de la extremidad (zona de la rodilla) y la zona del travesaño del parachoques.
- Contacto con la parte inferior de la extremidad (zona inferior de la tibia) y la zona del spoiler y del travesaño de peatón.
- Contacto con la parte inferior de la extremidad (zona superior del fémur) y la zona del travesaño y el cierre del capó.

Este modelo de referencia se ha creado para analizar el comportamiento de las variables geométricas y su influencia en los resultados obtenidos con el impactor. Pero antes de empezar con las simulaciones, debe realizarse una correlación entre la simulación y los modelos reales.

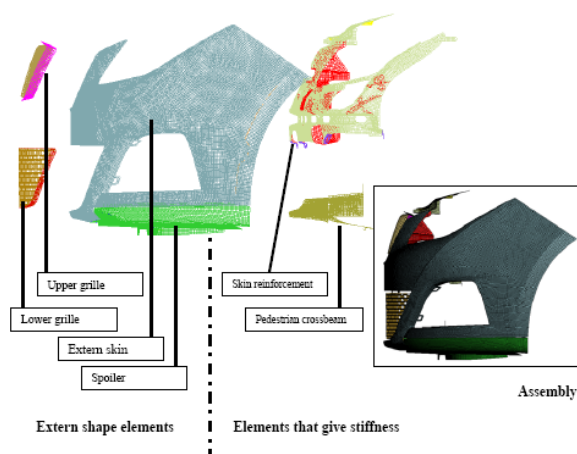


Figura 2. Modelo de referencia en el campo de protección de peatones. Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos mediante el modelo de simulación muestran que hay un elevado nivel de correlación con el modelo real. Los resultados obtenidos con la misma configuración del frontal del vehículo se muestran en la figura 3.

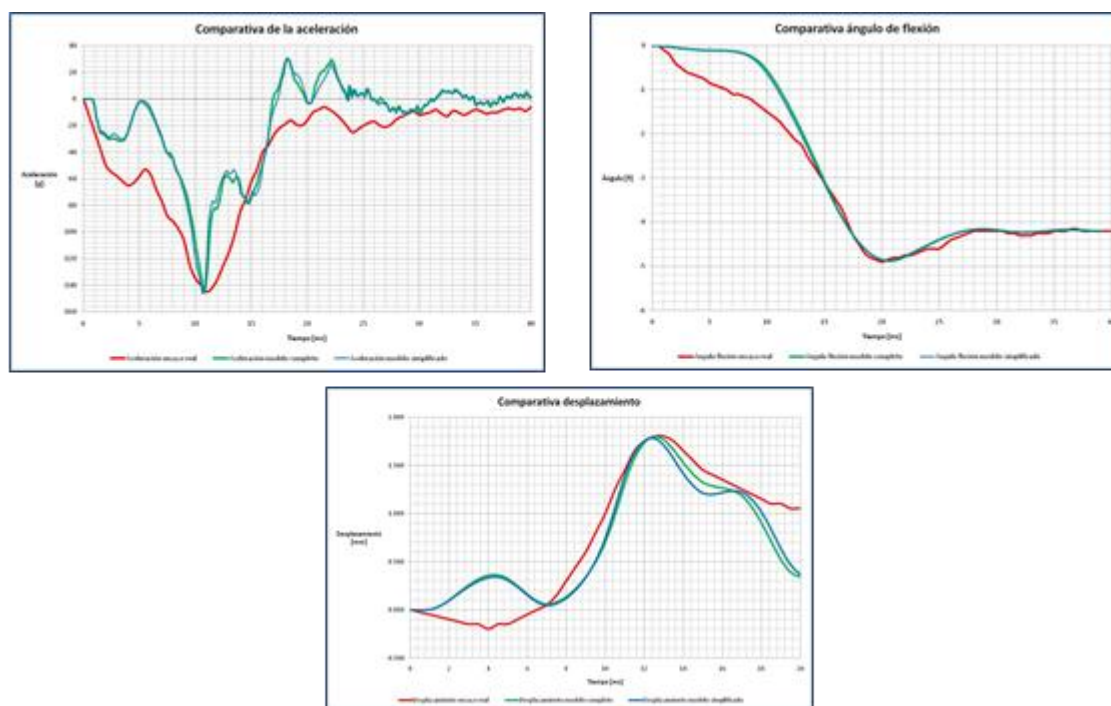


Figura 3. Comparación entre los resultados del modelo de simulación y el modelo real. Fuente: elaboración propia

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables analizadas más importantes son:

- Distancia longitudinal entre el travesaño y el travesaño de peatón.
- Distancia vertical entre el travesaño y el travesaño de peatones, siempre con el travesaño permaneciendo en la misma posición inicial.
- Altura total del frontal del vehículo.

4.1. Análisis de la distancia longitudinal entre el travesaño y el travesaño de peatón

Los resultados y conclusiones más importantes que se han conseguido son:

- Cuando el espacio longitudinal entre ambos travesaños aumenta positivamente, La máxima aceleración y la aceleración media en el impacto decrece.
- La cinemática y la dinámica del impactor muestra que un incremento positivo del espacio longitudinal implica una mejor absorción de energía del frontal.

4.2. Distancia vertical entre travesaño y travesaño de peatón

Se tiene que tener en cuenta que cuando se diseña y se definen diferentes configuraciones de simulación, el travesaño se encuentra siempre en la posición inicial, y que es el travesaño de peatón el componente que se desplaza.

- No hay una gran diferencia de resultados cuando se cambia la distancia vertical entre los travesaños. Los impactares de hoy en día (TRL) no dan suficiente información para entender la influencia cuando cambia el punto de contacto en la parte inferior de contacto entre el impactor y el frontal del vehículo, con el travesaño del vehículo.

4.3. Altura global del frontal del vehículo.

La altura del frontal del vehículo es uno de las variables mas importantes a tener en cuenta cuando se analiza la protección de peatones en el contexto de la parte inferior de la pierna. Los resultados más importantes son:

- Cuando la altura del frontal del vehículo aumenta, la rotación de la parte inferior de la pierna disminuye, y los valores de la aceleración aumentan.
- La evolución del valor del ángulo de flexión es análogo al que se detecta en los valores de la aceleración.
- Pero, la proporción de desplazamiento presenta valores máximos cuando el punto de contacto con el travesaño esta cerca de la rodilla.

La evolución de los resultados se ha comparado con los resultados obtenidos en los test de laboratorio. La relación entre el comportamiento encontrado con el modelo de simulación y el obtenido después del análisis del test real muestra que la diferencia entre ambos es menor del 5%, y por tanto, se puede obtener y configurar un modelo virtual del coche.

5. EXPRESIONES MATEMÁTICAS OBTENIDAS

Las principales expresiones matemáticas obtenidas del análisis de resultados permiten relacionar las variables geométricas consideradas como básicas con los valores de aceleración, momento y distancia.

Las expresiones matemáticas son:

- Aceleración mínima:

$$a_{\min} [g] = -1 \cdot 10^{-5}(\Delta X)^2 - 0,468 \cdot \Delta X - 0,04 \cdot (\Delta h + 25) - 132,22 \quad [\text{Ec. 1}]$$

- Ángulo mínimo:

$$\alpha_{\min} [^\circ] = 3 \cdot 10^{-7}(\Delta X)^3 - 1 \cdot 10^{-5} \cdot (\Delta X)^2 + 0,0014 \cdot \Delta X + 2 \cdot 10^{-6} \cdot (\Delta h)^3 - 2 \cdot 10^{-17} \cdot (\Delta h)^2 - 0,065 \cdot \Delta h - 4,5799 \quad [\text{Ec. 2}]$$

- Desplazamiento relativo mínimo:

$$d_{\min} [\text{mm}] = -5 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta X)^3 - 5 \cdot 10^{-6} \cdot (\Delta X)^2 + 0,0006 \cdot \Delta X - 3 \cdot 10^{-5} \cdot (\Delta h)^2 - 0,003 \cdot \Delta h - 1,1097 \quad [\text{Ec. 3}]$$

- Desplazamiento relativo máximo:

$$d_{\max} [\text{mm}] = -4 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta X)^3 - 3 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta X)^2 + 0,0014 \cdot \Delta X - 0,001 \cdot (\Delta h)^2 - 0,006 \cdot \Delta h + 1,7583 \quad [\text{Ec. 4}]$$

donde,

ΔX es la diferencia de cota en X entre la travesía de deformación y la travesía de peatones, expresada en mm.

Δh es la diferencia de altura respecto al modelo de referencia de la travesía de deformación, expresada en mm.

6. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

Con la finalidad de validar las expresiones matemáticas obtenidas en el apartado anterior se han realizado una serie de pruebas experimentales en laboratorio, pudiendo determinar las diferencias entre los valores reales y los valores obtenidos con las expresiones matemáticas.

La validación experimental se ha realizado con tres vehículos de tipología diferente, abarcando el mayor rango posible en cuanto a valores de las variables de entrada hace referencia.

La medición de las variables geométricas del vehículo se ha realizado tal y como se presenta en la figura 4, tomando como referencia el primer punto de impacto situado en la coordenada $y=0$ de la travesía de deformación, pudiendo así ubicar la referencia del modelo.

Los resultados obtenidos muestran:

- Desviaciones inferiores al 3% en los valores de aceleración.
- Desviaciones inferiores al 0,5% en los valores de ángulos en la articulación.
- Desviaciones inferiores al 5% en los valores referentes a los desplazamientos mínimo y máximo, consecuencia de los esfuerzos cortantes en la articulación.



Figura 4. Metodología seguida en la medición de las variables geométricas del vehículo en los ensayos experimentales. Fuente: elaboración propia

7. CONCLUSIONES

La conclusión global de esta investigación es que es posible obtener un modelo simplificado del frontal del coche para estudiar la evolución del comportamiento cuando impacta con las extremidades inferiores de un peatón, teniendo en cuenta las diferentes configuraciones del frontal del vehículo.

Las principales variables geométricas analizadas en la primera fase de la investigación son la distancia en X y en Z entre el travesaño y el travesaño de peatones y la altura del frontal del coche. La distancia en Z no es representativa ya que la instrumentación actual del impactor no es suficiente para determinar la influencia del cambio de los puntos de contacto con el vehículo.

Este modelo simplificado podría representar una herramienta básica para permitir y mejorar la seguridad de las extremidades inferiores del peatón.

8. REFERENCIAS

- [1] D. Gallegos, M. Hurtado, F. Liesa, *Análisis de variables geométricas del parachoques en la protección de peatones*, II Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial, Buenos Aires, Argentina, (2010).
- [2] D. Gallegos, F. Liesa, *Analysis of geometric variables of the bumper in the pedestrian protection*, FISITA International Congress, Budapest, Hungria, (2010).
- [3] C. Arregui, J. Luzón, M. Seguí-Gómez, *Fundamentos de Biomecánica en las Lesiones por Accidente de Tráfico*, Dirección General de Tráfico (2007).
- [4] G.J.L. Lawrence, B.J Hardy, *Transport Research Laboratory*, Paper number: 98-S10-O-03.
- [5] European Parliament and of the Council, *Directive 2003/102/EC amending Council Directive 10/156/EEC*, Official Journal of the European Union, (2003).