

Apéndice G

Estimación del Riesgo del Ocupante para el Vehículo 1500A

G1. INTRODUCCIÓN

Al diseñar el montaje de sistemas de atenuación, resulta necesario evaluar el desempeño de los dispositivos con un alto rango de vehículos en términos de tamaño y masa. El criterio de evaluación actual se centra en los vehículos del segundo percentil y el percentil 90 y requiere un ensayo con un automóvil pequeño (1100C) con un peso de 2425 lb (1100 kg) y una camioneta pick up (2270P) con un peso de 5004 lb (2270 kg). El automóvil 1100C más pequeño ensaya el extremo inferior del desempeño de un dispositivo y plantea una severa prueba para las medidas de riesgo del ocupante debido a la pequeña masa del vehículo, mientras que el vehículo 2270P evalúa las capacidades estructurales máximas y la disipación de energía del dispositivo.

Hay preocupación de que el diseño de amortiguadores de impacto, terminales y amortiguadores de impacto montados sobre camiones (TMAs), para que cumplan con los límites superior e inferior de la flota de vehículos no aborden adecuadamente el desempeño de estos dispositivos con vehículos sedanes de tamaño medio, especialmente respecto a los dispositivos con sistemas de absorción de energía. Para poder abordar este problema, se agregó a las matrices de ensayo para terminales y amortiguadores de impacto, un ensayo con un vehículo sedán (1500A), con un peso de 3307 lb (1500 kg), Ensayos 38 y 45 respectivamente. También se agregó el Ensayo 54 a la matriz de ensayo para los TMAs, que es un ensayo opcional. Debido al costo de realizar un ensayo de choque adicional con el vehículo 1500A, se desarrolló un procedimiento para determinar si los Ensayos 38, 45 y 54 son necesarios para un diseño de terminal y amortiguador de impacto determinado o no.

El procedimiento consiste en estimar los valores de riesgo del ocupante para el ensayo del vehículo 1500A, basándose en el trazado de la aceleración obtenido de los Ensayos 31, 41 ó 51. Estos últimos consisten en que el vehículo 2270P impacte con su línea central alineada con la línea central del artículo de ensayo. Estos ensayos involucran vehículos más pesados impactando bajo las mismas condiciones que los Ensayos 38, 45 y 54. Por lo tanto, los trazados de aceleración de estos ensayos pueden ser utilizados para identificar la necesidad de los ensayos del vehículo 1500A. Los trazados de aceleración pueden ser integrados para obtener las características de fuerza-deformación del artículo de ensayo. Los datos de fuerza-deformación pueden ser aplicados al vehículo más chico para obtener estimaciones razonables de la Velocidad de Impacto del Ocupante (OIV) y la Desaceleración de Atropello del ocupante (ORD). Téngase en consideración que este análisis será conservativo dado que la masa más pesada del vehículo 2270P y su mayor rigidez al aplastamiento producirán fuerzas de impacto mayores que las experimentadas durante un impacto con un automóvil mediano. Por lo tanto, si el análisis de fuerza versus deformación predice que la terminal, amortiguador de impacto o TMA cumplirá con las directrices de evaluación para los OIV y ORD de 3307 lb (1500 kg), los Ensayos 38, 45 o 54 no se recomiendan.

G2. VALORES DE RIESGO DEL OCUPANTE PARA EL VEHÍCULO 1500A

El procedimiento para la estimación de los valores de riesgo del ocupante para los vehículos de 3307 lb (1500 kg) está basado en el trazado de aceleración de los Ensayos 31, 41 o 51. El análisis descripto a continuación está basado exclusivamente en el trazado de filtrado CFC 180 de aceleración longitudinal. Las aceleraciones laterales y verticales prácticamente no tienen efecto en los resultados de valores de riesgo del ocupante durante los choques frontales con sistemas de amortiguación.

G2.1 DETALLES DEL PROCEDIMIENTO

1. Definir condiciones iniciales y variables conocidas

$$\begin{aligned}
 a_{2270P-CFC180} &= CFC180 \text{ longitudinal acceleration, m/s}^2 \\
 m_{2270P} &= \text{test vehicle mass, kg} \\
 v_{o2270P} &= \text{test impact velocity, m/s} \\
 t_{2270P} &= \text{time from acceleration data acquisition, s} \\
 m_{sedan} &= 1500 \text{ kg} \\
 v_{osedan} &= 27078 \text{ m/s}
 \end{aligned}
 \tag{Ecuación G2-1}$$

2. Integrar el trazado de aceleración CFC 180 para obtener el cambio en la velocidad longitudinal en cada tiempo t_{2270P}^i .

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{2270P} &= \int a_{2270P-CFC180} dt_{2270P} \\
 \Delta v_{2270P}^i &= \left(a_{2270P-CFC180}^i + a_{2270P-CFC180}^{i-1} \right) \left(\frac{\Delta t_{2270P}}{2} \right) + \Delta v_{2270P}^{i-1}
 \end{aligned}
 \tag{Ecuación G2-2}$$

3. Calcular la velocidad longitudinal real del vehículo 2270P en cada tiempo t_{2270P}^i .

$$v_{2270P}^i = v_{o2270P} - \Delta v_{2270P}^i
 \tag{Ecuación G2-3}$$

4. Integrar la velocidad longitudinal del vehículo 2270P para obtener el desplazamiento del vehículo. Aunque el desplazamiento del vehículo que impacta no es el mismo que la deformación del artículo de ensayo, para simplificar el análisis, se asumirán que son los mismos. Este paso identifica el desplazamiento estimado del artículo de ensayo en todos los puntos de datos en el archivo de aceleración longitudinal.

$$\delta_{2270P} = \int v_{2270P} dt_{2270P}$$

$$\delta_{2270P}^i = \left(v_{2270P}^i + v_{2270P}^{i-1} \right) \left(\frac{\Delta t_{2270P}}{2} \right) + \delta_{2270P}^{i-1} \quad (\text{Ecuación G2-4})$$

$$\delta_{2270P}^i = \delta_{\text{test article}}^i$$

5. Calcular la fuerza longitudinal en el vehículo 2270P, la cual es equivalente a la fuerza ejercida por el artículo de ensayo en el vehículo impactante. Este paso produce una fuerza de desaceleración estimada en cada punto de datos en el archivo de aceleración longitudinal, que corresponde con la deformación del artículo de ensayo calculado en el paso 4

$$\begin{aligned} F_{2270P}^i &= m_{2270P} a_{2270P-CFC180}^i \\ F_{\text{test article}}^i &= F_{2270P}^i \end{aligned} \quad (\text{Ecuación G2-5})$$

6. La curva calculada de fuerza versus desplazamiento generada en los pasos 4 y 5 se aplica a un sedán con un peso de 3307 lb (1500 kg) impactando el sistema a 62 millas por hora, 91 pies/s (100 km/h, 27,7 m/s). El trabajo hecho por el sistema de amortiguación en cada etapa de tiempo puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} W_{\text{test article}} &= \int F_{\text{test article}} d\delta_{\text{test article}} \\ W_{\text{test article}}^i &= \left(F_{\text{test article}}^i + F_{\text{test article}}^{i-1} \right) \left(\frac{\delta_{\text{test article}}^i - \delta_{\text{test article}}^{i-1}}{2} \right) + W_{\text{test article}}^{i-1} \end{aligned} \quad (\text{Ecuación G2-6})$$

7. La velocidad longitudinal del sedán de 3307 lb (1500 kg) de peso, en cada intervalo de tiempo puede ser calculada basándose en un balance de energía utilizando la derivada trabajo-energía para el artículo de ensayo.

$$\begin{aligned} KE_{\text{sedan}}^1 + W_{\text{test article}}^{1-2} &= KE_{\text{sedan}}^2 \\ \frac{1}{2} m_{\text{sedan}} \left(v_{\text{sedan}}^{i-1} \right)^2 + \left(W_{\text{test article}}^{i-1} - W_{\text{test article}}^i \right) &= \frac{1}{2} m_{\text{sedan}} \left(v_{\text{sedan}}^i \right)^2 \end{aligned} \quad (\text{Ecuación G2-7})$$

$$v_{\text{sedan}}^i = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} m_{\text{sedan}} \left(v_{\text{sedan}}^{i-1} \right)^2 + \left(W_{\text{test article}}^{i-1} - W_{\text{test article}}^i \right)}{\frac{1}{2} m_{\text{sedan}}}}$$

8. Calcular el intervalo de tiempo para el sedán en cada escalón de carga basándose en la velocidad promedio entre los pasos siguientes y el desplazamiento del artículo de ensayo.

$$v_{\text{avg}} = \frac{\text{cambio en desplazamiento}}{\text{cambio en el tiempo}}$$

$$v_{\text{avg}} = \frac{v_{\text{sedan}}^i + v_{\text{sedan}}^{i-1}}{2} \quad (\text{Ecuación G2-8})$$

$$t_{\text{sedan}}^i = \frac{2(\delta_{\text{test article}}^i - \delta_{\text{test article}}^{i-1})}{v_{\text{sedan}}^i + v_{\text{test article}}^{i-1}} + t_{\text{sedan}}^{i-1}$$

9. Calcular el cambio en la velocidad para el automóvil sedán en cada tiempo t_{sedan}^i .

$$\Delta v_{\text{sedan}}^i = v_{0_{\text{sedan}}} - v_{\text{sedan}}^i \quad (\text{Ecuación G2-9})$$

10. Integrar el cambio en la velocidad longitudinal del automóvil sedan para obtener el desplazamiento del ocupante para el sedan en cada tiempo t_{sedan}^i . La velocidad longitudinal de impacto del ocupante es identificado como $\Delta v_{\text{sedan}}^i$ en la etapa en que $\delta_{\text{occ sedan}}^i$ llega a las 24 pulgadas (600 mm).

$$\delta_{\text{occ sedan}} = \int \Delta v_{\text{sedan}} dt_{\text{sedan}}$$

$$\delta_{\text{occ sedan}}^i = \left(\Delta v_{\text{sedan}}^i + \Delta v_{\text{sedan}}^{i-1} \right) \left(\frac{t_{\text{sedan}}^i - t_{\text{sedan}}^{i-1}}{2} \right) + \delta_{\text{occ sedan}}^{i-1} \quad (\text{Ecuación G2-10})$$

11. Calcular la aceleración estimada del sedán basada en la resistencia de la terminal y la masa del sedán en cada tiempo t_{sedan}^i .

$$a_{\text{sedan}}^i = \frac{F_{\text{test article}}^i}{m_{\text{sedan}}} \quad (\text{Ecuación G2-11})$$

12. Calcular la aceleración promedio en 10 ms versus el tiempo del sedán. Téngase en cuenta que el intervalo de tiempo varia a través del análisis. Inicialmente, el intervalo de tiempo sería muy cercano al intervalo de recolección de datos asociado al ensayo del 2270P. Debido a que la velocidad del vehículo 1500A declina más rápidamente, los intervalos de tiempo calculados aumentarán. Los intervalos de tiempo cambiantes complican el procedimiento de cálculo de aceleración promedio. Por lo tanto, el cálculo de los valores promedio de 10ms implica buscar hacia adelante 10ms en el tiempo a partir del tiempo actual y calcular el cambio en velocidad correspondiente sobre el periodo de tiempo real. El intervalo de tiempo real raramente es 10 ms exactos. En reconocimiento de la naturaleza conservadora de esta técnica de análisis, se recomienda que los intervalos seleccionados no sean menores a los 10ms. En otras palabras, se recomienda que la búsqueda hacia adelante esté condicionada a que el intervalo de tiempo sea mayor o igual a los 10 ms.

Buscar 5 ms atrás:

$$\Delta v_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms backward}} = \Delta v_{\text{sedan}}^i - \Delta v_{\text{sedan}}^{i-5 \text{ ms}}$$

Buscar 5 ms adelante:

$$\Delta v_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms forward}} = \Delta v_{\text{sedan}}^i - \Delta v_{\text{sedan}}^{i+5 \text{ ms}}$$

(Ecuación G-12)

$$a_{\text{sedan 10 ms average}} = \frac{\text{cambio en velocidad}}{\text{cambio en tiempo}}$$

$$a_{\text{sedan 10 ms average}} = \frac{\Delta v_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms forward}} - \Delta v_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms backward}}}{t_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms forward}} - t_{\text{sedan}}^{5 \text{ ms backward}}}$$

Los procedimientos indicados arriba permiten el cálculo estimado de la velocidad de impacto del ocupante y las aceleraciones promedio de 10 ms para un vehículo 1500A que impacta con un sistema de amortiguación montado. Si se descubre que los valores estimados de OIV y RA cumplen con los requisitos del criterio de evaluación descriptos en el Capítulo 5, se puede considerar que el sistema cumple con los requerimientos de los Ensayos 38, 45 o 54. Téngase en cuenta que este procedimiento de análisis demostró ser conservador por el hecho que tiende a sobreestimar los valores de riesgo del ocupante para el vehículo 1500A. Este descubrimiento es atribuible al hecho de que el procedimiento precedente ignora la rigidez y masa reducidas del vehículo 1500A con respecto al vehículo 2270P. La mayor rigidez del vehículo 2270P reduce el aplastamiento total del vehículo que se produce durante un impacto con un amortiguador. El aplastamiento de vehículo contribuye a la disipación de energía durante un impacto frontal y reduce los valores de riesgo del ocupante. Además, la masa mucho mayor del vehículo 2270P genera mayores fuerzas de impacto durante un evento de transferencia de momento. Las fuerzas de impacto reales aplicadas a un vehículo liviano 1500A serían significativamente menores.