

Puesta a punto de un servicio de valoración de las vibraciones sobre el cuerpo humano en laboratorio y en campo

Begoña Mateo Martínez*, **Enric Medina Ripoll***, **Nicolás Palomares Olivares***, **Elisa Signes i Pérez***, **José S. Solaz Sanahuja***, **Pere Boix Ferrando***, **Iñigo Morales Martí***, **Antonio Besa González****

*INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

**DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE MATERIALES, UPV

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha desarrollado un servicio integral de evaluación de las vibraciones mecánicas producidas en el sector del transporte que afectan al cuerpo humano. Este servicio tiene como objetivo la valoración de asientos de vehículos desde un punto de vista dinámico. El desarrollo del servicio ha permitido también la puesta a punto de la metodología y la instrumentación necesaria para la evaluación de vibraciones en condiciones en campo que pueden influir en el confort y la salud de los usuarios.

Setup of an assessment service for human body vibration analysis in laboratory and field

The Instituto de Biomecánica (IBV) has developed an integral service for the assessment of mechanical vibrations that affect the human body in the transport sector. The aim of this service is to assess vehicle seats from a dynamic point of view. The service is complemented with the methodology and instrumentation setup required for in-field assessment of vibrations that can influence on users comfort and health.

INTRODUCCIÓN

El conductor y los ocupantes de un automóvil o de cualquier medio de transporte se encuentran sometidos a vibraciones mecánicas. Estas vibraciones suponen la disminución del confort, cuya percepción varía según la magnitud, dirección y frecuencia, el punto de contacto con el cuerpo y la duración de la exposición a la vibración. En vehículos sometidos a vibraciones de cierto tamaño, los síntomas más comunes que aparecen tras un periodo de exposición corto a vibraciones pueden ser fatiga, insomnio, dolor de cabeza y temblores.

Cuando la exposición a este tipo de vibraciones es prolongada, como en el caso de conductores profesionales, puede suponer riesgos para la salud y la seguridad. En estos casos existe la posibilidad de aparición de lesiones de tipo músculo-esquelético así como otras patologías (alteraciones cardiovasculares, respiratorias, etc.). Además, las vibraciones que invaden todo el cuerpo pueden influir en el modo de conducción, aumentando el riesgo de accidentes. La exposición a vibraciones de un conductor conlleva pérdidas de atención, perturbando los mecanismos cognitivos centrales responsables del tratamiento de la memoria a corto plazo.

Atendiendo a los posibles riesgos asociados a la exposición a vibraciones, es necesario tener en cuenta el fenómeno de las vibraciones en las etapas de diseño de vehículos. Cuando el puesto de conductor o de los ocupantes ya está diseñado, es necesario asegurar que los niveles de exposición de vibraciones son inferiores a los límites recomendados.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE CONFORT DINÁMICO DE ASIENTOS DE VEHÍCULOS

El confort en los asientos está asociado a aspectos estáticos y dinámicos. Por este motivo, el Instituto de Biomecánica (IBV), junto al Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales (DIMM) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), ha desarrollado un laboratorio de ensayos para la valoración dinámica de asientos de vehículos frente a vibraciones (Figura 1).

El laboratorio consta de una plataforma que produce vibraciones mediante un excitador electrodinámico (Figura 2). El sistema de control permite seleccionar la señal de entrada del excitador e inducir el movimiento a la bancada. Encima de la plataforma se encuentra un sistema para adaptar diversos tipos de asiento (asiento de coche, butacas de vehículos ferroviarios, etc.). El montaje se complementa con un reposapiés para que la excitación de los pies sea similar a la sometida en el asiento.





Figura 2. Excitador electrodinámico utilizado en la plataforma.



Figura 3. Botón de parada tipo seta situado en el área de alcance del sujeto de ensayo.

La señal de excitación de la plataforma puede adaptarse de manera que sea representativa de las vibraciones a las que se somete el vehículo en movimiento. Se establece la utilización de un ruido blanco como señal de entrada, ya que se trata de una señal temporal aleatoria cuya naturaleza se aproxima a una señal medida en un vehículo y, además, garantiza que la señal de entrada contenga todas las frecuencias de estudio y todas ellas tengan la misma potencia espectral. Existe también la posibilidad de que la señal de excitación sea similar a una señal real de vibraciones registrada en un vehículo. De esta manera es posible comprobar el comportamiento del asiento frente a las vibraciones a las que podría estar sometido en una carretera o en circunstancias particulares.

La plataforma cumple con las directrices establecidas en la norma UNE-EN ISO 13090-1:1999 sobre los aspectos de seguridad en experimentos realizados con personas sometidas a vibraciones. Cuenta con un sistema de parada de emergencia controlada, que actúa en caso de que se produzca un fallo en el sistema o la necesidad de paro por parte del sujeto de ensayo, mediante la activación de un botón de parada tipo seta (Figura 3).

Los registros de vibración en la plataforma se realizan mediante un equipo específico de medidas de vibraciones. Se sitúa un acelerómetro en la base del asiento para medir la excitación de entrada y un acelerómetro de disco en el asiento (diseñado específicamente para la medición de vibraciones en la interfase persona-asiento) para registrar las

vibraciones transmitidas al usuario. La relación entre ambas señales constituye el comportamiento dinámico de asiento frente a vibraciones mecánicas (Figura 4).

El ensayo se completa con un procedimiento para la evaluación subjetiva del confort del asiento por parte de los usuarios. El asiento es valorado atendiendo a criterios estáticos (estado de comodidad, dimensiones y materiales) y dinámicos (grado de malestar debido a la percepción de vibraciones).

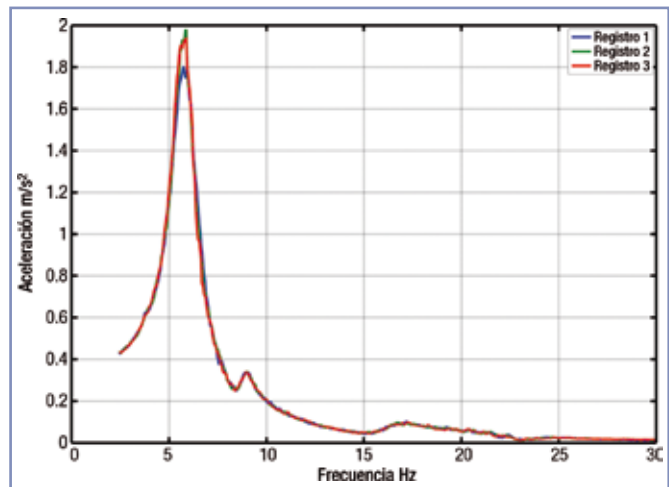


Figura 4. Función de respuesta en frecuencia de un asiento de automóvil.

La plataforma de vibraciones presenta como principal aplicación la evaluación de diseños de asientos desde un punto de vista dinámico sin la necesidad de su montaje en el vehículo. Además, se garantiza un ensayo controlado y repetible, por lo que se puede comparar el comportamiento dinámico de varios asientos escogiendo el que mejor se adapte a la naturaleza de las vibraciones.

Resulta de especial interés su utilización en las etapas de diseño de asientos, dado que sus componentes influyen en gran medida en el confort dinámico del usuario. El uso de determinados materiales que constituyen el asiento y el respaldo puede atenuar las vibraciones. En el caso de que los asientos dispongan de suspensión para la reducción de las posibles vibraciones transmitidas al ocupante, es necesaria su evaluación, ya que un sistema inadecuado para la naturaleza de las vibraciones del vehículo podría ocasionar una transmisión de vibraciones de mayor magnitud que un asiento sin ningún tipo de suspensión.

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE MEDICIONES DE VIBRACIÓN EN CAMPO

Evaluación del puesto de conducción

El colectivo constituido por conductores profesionales (transporte por carretera y vehículos ferroviarios) se encuentra expuesto a vibraciones mecánicas en los vehículos durante tiempos prolongados (Tabla 1). Es este grupo de población en el que los efectos de las vibraciones pueden resultar más perjudiciales.

Tabla 1. Puestos de conducción susceptibles de exposición a vibraciones.

Conducción profesional por carretera (autobuses, camiones, furgonetas, etc.)
Vehículos ferroviarios (metros, tranvías, locomotoras, alta velocidad, etc.)
Maquinaria (industrial, movimiento de tierras, mantenimiento, etc.)
Vehículos agrícolas (tractores, cosechadoras, etc.)
Otros (vehículos de combate blindados, etc.)

La Directiva 2002/447CE establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las vibraciones. Esta Directiva indica la obligatoriedad de la realización de una evaluación de los niveles de vibración mecánicas a los que están expuestos los trabajadores en caso de que el puesto de trabajo sea susceptible a vibraciones.

La evaluación se basa en la cuantificación del riesgo mediante la determinación del parámetro valor diario de exposición normalizado A(8). Una vez realizadas las medidas y procesada la señal con filtros de ponderación que consideran la influencia de las frecuencias de excitación en el cuerpo humano, se compara el valor A(8) obtenido con los valores límite de exposición diaria y los valores de exposición diaria que dan lugar a una acción, establecidos en la Directiva (Tabla 2).

Tabla 2. Límites establecidos en la Directiva 2002/447CE.

VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO	
Valor de exposición diaria normalizado para un periodo de 8 horas que da lugar a una acción	Valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de 8 horas
0,5 m/s ²	1,15 m/s ²

Si el nivel de vibración de estudio es superior a los valores de exposición que dan lugar a una acción, se deberá realizar una vigilancia adecuada de la salud del trabajador. En el caso de superarse los valores límite de exposición, es necesario tomar medidas inmediatas para reducir la exposición.

El IBV dispone del equipamiento necesario para la medición y evaluación de vibraciones en el puesto de conducción siguiendo la metodología descrita en la Directiva 2002/447CE (Figura 5).



Figura 5. Equipo de adquisición de vibraciones para la medición de vibraciones en puestos de conducción.

De manera complementaria, pueden utilizarse estos criterios límites de vibración durante la fase de diseño. Mediante la medición de las vibraciones de entrada del asiento (dispositivos alojados en el suelo del vehículo de estudio) y obteniendo el comportamiento dinámico del asiento (en la plataforma de ensayos), es posible la selección del asiento con un nivel de amortiguamiento necesario para que las vibraciones a las que estaría expuesto el conductor del vehículo fueran inferiores al valor límite.

Evaluación del confort del pasajero

Las mediciones de la vibración se realizan en las interfases entre el pasajero y el vehículo (asiento, respaldo y suelo). Estas mediciones se analizan en función de su amplitud y frecuencia. Posteriormente se evalúa el efecto de las vibraciones medidas sobre el cuerpo humano.

El IBV dispone de los medios necesarios para la medición, evaluación y análisis de los aspectos del confort dinámico que afectan a los pasajeros de automóviles y vehículos ferroviarios.

La instrumentación, que satisface los requisitos de la norma ISO 8041:2005 sobre instrumentos de medida para la medición de la respuesta humana frente a las vibraciones, está constituida por equipos de adquisición de datos y transduc-

- > tores, que permiten la adquisición de señales temporales de aceleración para su posterior procesamiento y análisis (Figura 6).



Figura 6. Equipo de adquisición de vibraciones para la medición de vibraciones en pasajeros.

La metodología de los ensayos cumple con los requisitos establecidos en las normas de referencia de medición de vibraciones en el ámbito ferroviario: ISO 2631-4:2001, ISO 10056:2001 y UNE-ENV 12299:2000.

CONCLUSIONES

El Instituto de Biomecánica ha diseñado y puesto a punto un servicio para la evaluación de vibraciones en laboratorio mediante la construcción de una plataforma dinámica y, en campo, a partir de mediciones de la vibración con instrumentación específica.

La metodología desarrollada es de aplicación a cualquier tipo de vehículos: automóviles, camiones, tranvías, metros, trenes, etc.

Con el servicio descrito se ofrece a las empresas la verificación del comportamiento de asientos desde un punto de vista dinámico, la evaluación de puestos de conducción en medios de transporte, la valoración de la comodidad de los pasajeros y la asistencia técnica para la reducción de los niveles de exposición a vibraciones.

Como resultado de este servicio, el nivel de exposición a vibraciones será reducido, lo que beneficiará a los usuarios de los medios de transporte, tanto conductores profesionales como pasajeros. ●

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales (DIMM) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) por la participación en el proyecto de puesta a punto del laboratorio de confort dinámico de asientos.

El proyecto ha sido desarrollado gracias a la financiación concedida por el IMPIVA en la convocatoria 2006 del Programa de I+D en Cooperación, cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.