

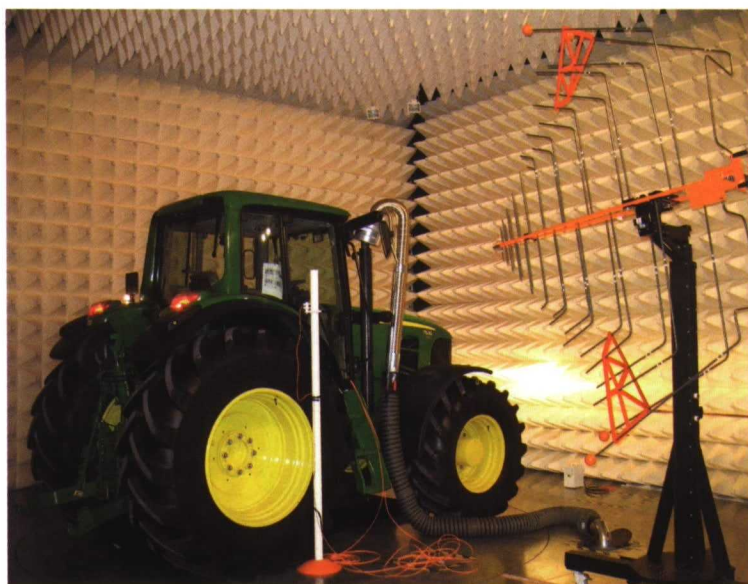
VIBRACIONES MECÁNICAS EN EL PUESTO DE CONDUCCIÓN DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

Parte 3.- Evaluación de la capacidad de amortiguación de los asientos

No es fácil adecuar un método de ensayo de la capacidad de los asientos para absorber la vibración nociva que afecta al conductor. La evaluación debe hacerse siguiendo la Directiva establecida que contempla la posibilidad de utilizar pistas normalizadas o hacerse en laboratorio.

Luis Márquez

Las características de los asientos en cuanto a su capacidad para absorber la vibración nociva que afecta al conductor, estarán en función de la superficie por la que trabaja el tractor. Esto supone una variabilidad que dificulta establecer un método de ensayo en el que siempre exige repetitibilidad y posibilidad de comparación de los resultados obtenidos sobre elementos análogos, por lo que se ha recurrido a la pista norma-



lizada según se define en la norma ISO 5008 'Tractores y máquinas agrícolas.- Medida de las vibraciones transmitidas globalmente al conductor' que se corresponde con la Directiva 78/764/CEE, revisada según la 88/465/CEE.

Según estas Directivas, los ensayos se pueden realizar en laboratorio, utilizando un simulador de vibraciones, para garantizar la repetitividad de las pruebas. Éstas incluyen unos ensayos de amortiguación en bajas frecuencias, y otros ensayos representativos de las vibraciones que recibiría el asiento colocado sobre el tractor en el recorrido sobre una pista normalizada.

Ensayo de vibración sinusoidal

Tiene como objetivo determinar la frecuencia de resonancia del asiento cargado con una masa inerte. Se realiza sometiendo a la base del asiento a una vibración sinusoidal y colocando sobre el mismo, en el lugar del conductor, dos masas inertes de 40 y de 80 kg. Permite controlar los desplazamientos del asiento cuando se excita con oscilaciones de frecuencias comprendidas en la zona de amplificación.

Para ello se produce en la base del asiento un barrido lineal de frecuencias o con escalones de 0.05 Hz. Conviene que el

FIGURA 1.- PISTA NORMALIZADA PARA EL ENSAYO DE ASIENTOS SEGÚN ISO 5008 (CNR – TURÍN)



FIGURA 2.- SIMULADOR DE VIBRACIONES PARA ASIENTOS (EMA – MADRID)



intervalo de frecuencias de barrido esté comprendido entre un valor de al menos 0.5 veces y 2 veces la frecuencia de resonancia. Esto permite calcular el factor de transmisión a la frecuencia de resonancia.

Ensayo de valores límite de aceleración

Las Directivas 78/764/CEE y 88/465/CEE establecen la Categoría A (tractores 'normales') para los que no se utilizan suspensión primaria ni de cabina.

A su vez, en los tractores de la Categoría A se establecen tres clases en función de su masa:

- Clase I (hasta 3 600 kg)
- Clase II (entre 3 600 y 6 050 kg)
- Clase III (más de 6 500 kg)

En la Categoría B se incluyen los tractores 'especiales' que por sus características se comportan de forma diferente en cuanto a la vibración (tractores provistos de suspensiones de cabina o en alguno de sus ejes).

Los ensayos de los asientos se pueden realizar cuando el tractor de la Clase correspondiente recorre una pista normalizada de 100 m de longitud a velocidad de $12+0.5$ km/h. (en 28 segundos) con conductores de 55 y 98 kg, o bien situándolo sobre un vibrador electro-hidráulico que la simule a nivel del asiento las vibraciones que ge-

nera esta pista. En la Directiva se incluyen tanto las dimensiones de los 'escalones' de la pista normalizada, como los valores de referencia para el desplazamiento la base del vibrador electro-hidráulico en la que se sitúa el asiento. También se puede utilizar una señal aleatoria correspondiente a las clases espectrales definidas en función de la masa del tractor, que conforme a lo indicado en la norma ISO 5007. Los asientos para tractores necesitan un sistema de suspensión diferente, siendo los de Clase 1 los que reciben oscilaciones con una DSP más elevada (5.55 (m/s²)/Hz), frente a los 4.34 (m/s²)/Hz de los de Clase 3. Además, las frecuencias a las que corresponde están más próximas a las de mayor nocividad para el individuo que las recibe.

Para que un asiento sea homologado según la Directiva CE el valor media aritmética de la aceleración ponderada a lo largo del recorrido no debe superar en ningún caso (conductor ligero y pesado) el valor de 1.25 m/s²; además se exige que admita una regulación para conductores entre 50 y 120 kg (medida del campo de regulación sometiendo la suspensión al ciclo completo de carga descarga, según se indica en la figura 3, y una prueba de estabilidad lateral en la que se verifica que la inclinación producida no supera los 5°.

Características de sillín y del respaldo

En la posición sentada, las zonas de las nalgas y la espalda resultan ser las más sensibles. La zona de las nalgas recibe alrededor del 60% del peso del cuerpo. La presión que se produce en dicha zona, sobre todo a nivel de las tuberías isquiales y zona sacra, puede llegar, en asientos duros, a $6-8$ N/cm², cuando el límite a partir del cual se reduce notablemente la circulación arterial es de $0.5-0.8$ N/cm². La falta de riego sanguíneo, además de una incómoda sensación de presión, llega a ser la causa de úlceras de piel.

FIGURA 3.- DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA SUSPENSIÓN (DIRECTIVA 78/764/CEE)

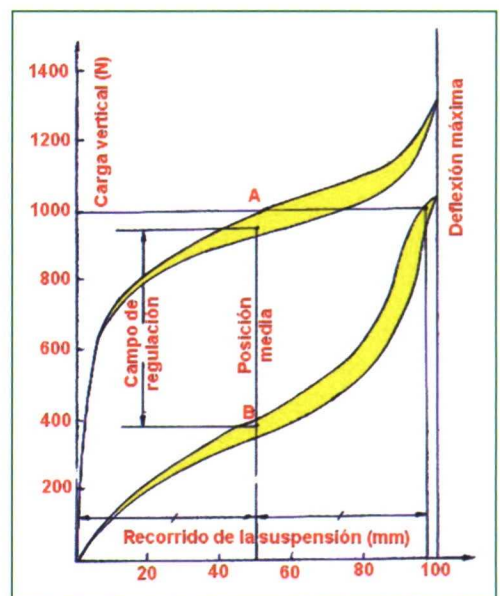
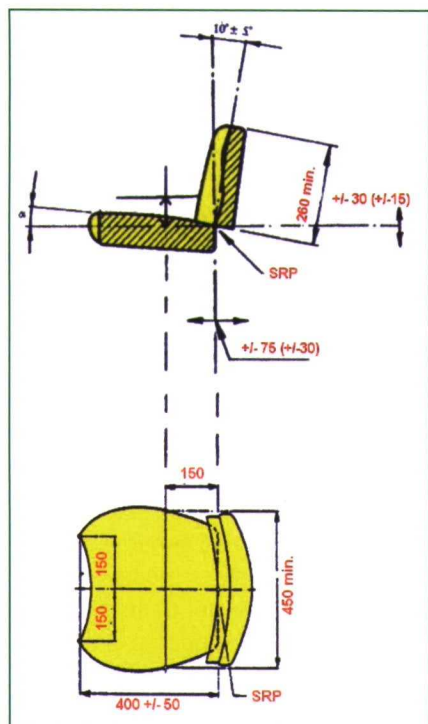


FIGURA 4.- DIMENSIONES MÍNIMAS DEL ASIENTO (DIRECTIVA 78/764/CEE)



Esto que se aplica a todo tipo de asientos hay que tomarlo en consideración para el diseño de los asientos de los tractores.

Para minimizar en lo posible este problema, el asiento debe tener una anchura suficiente y llevar un recubrimiento de espuma de unos 40-60 mm en el sillín y de 30-40 mm en el respaldo para mejor distribuir el peso del cuerpo, con una permeabilidad que mantenga un microclima de 35°C y 70% de humedad en el contacto entre el cuerpo y el asiento.

La zona de la espalda y, en particular, la columna vertebral son particularmente sensibles a las malas posturas, sobre todo a una que resulta muy familiar y que se puede llamar de 'hombros caídos' o 'espalda redondeada'. Esta postura favorece la relajación del ligamento ventral, mientras que el dorsal se tensa en un 20% más de lo normal, presionando dolorosamente contra el nervio y causando así molestias, sobretodo en las regiones lumbar y cervical.

Un respaldo bien diseñado es el que se adapta a la curva natural, en doble S, de la espalda para no causar tensiones en las vértebras. Dado que un mismo asiento debe poder ajustarse a varios tipos de personas, conviene que la inclinación y la altura del respaldo sean regulables.

Ocurre frecuentemente que el tractorista, al realizar su trabajo, se gira hacia atrás para controlar el volteo de la herramienta, o la calidad de la labor. Es esta una postura que, aunque mala, parece inevitable, por lo que deberá darse al respaldo una altura suficiente para que manteniendo la comodidad, no quite visibilidad al mirar hacia atrás.

Criterios para seleccionar la suspensión del asiento

- Solo por encima de la frecuencia de corte (f_c) el asiento reduce las vibraciones.
- Mientras más baja es la frecuencia a la que la suspensión de un asiento debe reducir las vibraciones, más amplio tiene que ser el recorrido de la suspensión (6 a 10 cm para 3 Hz; 15 cm para 2 Hz).
- Con grandes recorridos, es muy importante el diseño de la geometría de la suspensión que garantice una posición de conducción ergonómica (accionamiento de los pedales).
- Los rozamientos internos del conjunto de la suspensión deben ser bajos, especialmente cuando el asiento está regulado en posición media y sometido al peso del conductor.
- La suspensión no funciona correctamente si no se ajusta al peso del conductor que ocupa el asiento. Frecuentemente los conductores no ajustan la suspensión a su peso, en parte por la dificultad para hacerlo en

algunos modelos de asiento, y estas no trabajan en el medio de su recorrido. Se recomienda elegir asientos en los que la regulación en peso sea independiente de la regulación en altura.

- Los asientos con suspensión neumática tiene la ventaja que se ajustan automáticamente al peso del conductor.
- La capacidad de amortiguación resulta beneficiosa cuando el asiento se excita a su frecuencia de resonancia ya que evita la carrera excesiva de la suspensión, así como choques de fin de carrera cuando se producen fuertes sacudidas en el movimiento del tractor.
- En algunos modelos de asiento se tiende a introducir una amortización excesiva, lo que lo hace poco eficaz para reducir las vibraciones por encima de la frecuencia de corte.
- Para amortiguar los choques de fin de carrera se recomienda utilizar cloques elásticos que actúan cuando se llega al límite de la suspensión.

Como orientación práctica se puede señalar que en un tractor ligero hace falta un asiento más flexible, con lo que la frecuencia de vibración del conjun-

FIGURA 5.- ASIENTO CON SUSPENSIÓN ACTIVA (TRACTORES JD SERIE 8030)





to conductor/asiento se separa (bajando) de la frecuencia de resonancia del cuerpo humano que es la que resulta la más perjudicial. Por el contrario en un tractor de cadenas que tienen una frecuencia de vibración más elevada (sobre 7 Hz) un asiento sin resortes resulta más indicado, puesto que en caso contrario el sujeto colocado sobre el asiento recibiría una vibración que se aproxima a su frecuencia de resonancia natural.

En el diseño del asiento adecuado a un determinado tractor, hay que tener en cuenta que la suspensión, en el campo normal de trabajo, está limitada a una amplitud de unos 10 cm. Con un amortiguamiento óptimo que puede ser de 0.5 a 0.7 del amortiguamiento crítico, es posible una reducción del 50% de la vibración vertical. La realidad es que los asientos 'de serie', con suspensión de resorte, no se alcanza el 30% de reducción y hay que recurrir a suspensiones neumáticas, más caras, para cumplir las especificaciones que los países desarrollados exigen en el tractor.

En esta línea, en algunos tractores de gama alta se comercializan asientos con suspensión activa o semi-activa, que utilizan acelerómetros combinados con cilindros hidráulicos y acumuladores hidroneumáticos para ajustar el desplazamiento de la suspensión a las vibraciones que re-

cibe la base del asiento en cada momento.

Dosis de vibración recibida durante las operaciones agrícolas

Para implantar una normativa que permita controlar el nivel de vibración de cuerpo que reciben los conductores de los tractores agrícolas durante la jornada de trabajo -A(8)-, se realizan estudios para determinar las vibraciones reales en las diferentes operaciones de campo.

Con ellos se pretende identificar y reducir las fuentes de vibración, establecer buenas prácticas en el manejo de máquinas y formar a los conductores para que utilicen de manera efectiva de los sistemas que los protegen.

Como primera medida se han establecido 4 grupos de operaciones en función de los valores de aceleración que se reciben durante una jornada de trabajo, y la duración máxima de la jornada para evitar los daños y enfermedades profesionales de los tractoristas. Los grupos establecidos y la dosis de vibración recibida por el conductor A(8) en cada uno de ellos son los siguientes:

- Grupo 1.- Improbable que se an un riesgo. Nivel de exposición inferior a 0.5 m/s².

No se considera que pueda haber operaciones agrícolas mecanizadas en este nivel.

- Grupo 2.- Se consideran daños pequeños. Las exposiciones pueden superar los 0.5 m/s² en algunos días; los choques son pequeños.

Se pueden producir con cosechadoras de grano y forraje autopropulsadas, y en máquinas como recortadoras de setos, y en general las máquinas que trabajan a baja velocidad y accionadas por la toma de fuerza.

- Grupo 3.- Son causa probable de daños. Las exposiciones pueden superar valores de 1 m/s².

FIGURA 6.- EQUIPO PORTÁTIL PARA MEDIR LA DOSIS DE VIBRACIÓN RECIBIDA POR EL CONDUCTOR (GRAMMER)



Se pueden producir en operaciones de laboreo primario (<5 1/2 h), sembrar, pulverizar, empa-car, segar (<8 h), transportar (<4 1/2 h sin suspensión primaria), trasportar (<7 h con suspensión primaria), quads (<5 1/2 h).

- Grupo 4.- Se debe restringir el tiempo de exposición. La exposición puede superar los 1.5 m/s².

Se pueden producir operaciones de laboreo primario (>5 1/2 h), sembrar, pulverizar, empa-car, segar (>8 h), transportar (>4 1/2 h sin suspensión primaria), trasportar (>7 h con suspensión primaria), quads (>5 1/2 h).■