



LAS SUSPENSIONES EN LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

PARTE 2.- SUSPENSIONES DE CABINA Y RESULTADOS PRÁCTICOS

LUIS MÁRQUEZ

Fue Renault el fabricante que introdujo comercialmente la suspensión de cabina en sus tractores de la serie TZ. Incluía apoyo en cuatro puntos con resortes y amortiguadores. Años antes el NIAE había experimentado con cabinas suspendidas, pero los desarrollos realizados no pasaron a la fase comercial. Hay que tomar en consideración que el sistema de suspensión utilizado tendría que resistir el ensayo de la estructura de protección frente al vuelco, lo que creaba problemas adicionales cuando se realizaban únicamente los ensayos dinámicos; esto se simplifica cuando se generalizan los ensayos estáticos de las estructuras.

En la actualidad, las diferencias entre las suspensiones de cabina que ofrecen las distintas mar-

cas están en el número de puntos de apoyo que disponen o no de amortiguación, y en la posibilidad de que la amortiguación sea fija, variable o activa.

Como soluciones que introducen nuevos conceptos están la que ofrece Massey Ferguson con la posibilidad de ajustar la rigidez de la suspensión. Dispone de suspensión neumática, y está articulada en la parte delantera sobre *silent-blocks* y suspendida en la trasera mediante cojines de aire inflables y amortiguadores, que permiten desplazamientos verticales de +/- 50 mm; un compresor alimenta el aire para los cojines y la amortiguación se controla electrónicamente de manera que puede trabajar en posición 'blanda' o 'dura'. El control de la suspensión se puede realizar desde el puesto de conducción mediante un interruptor de dos posiciones

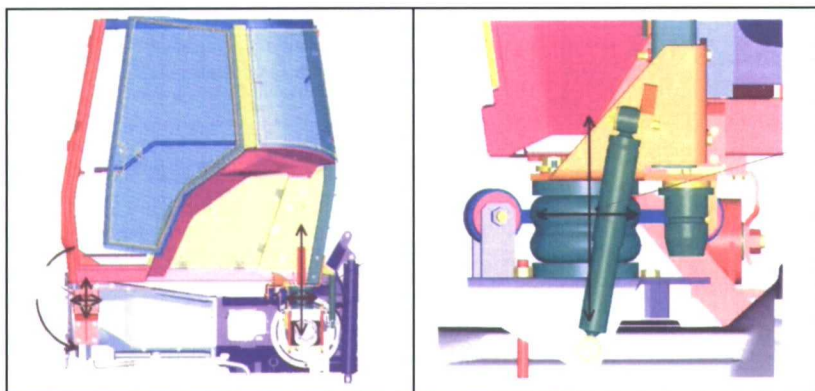
FIGURA 1.- TRACTOR EXPERIMENTAL NIAE CON SUSPENSIÓN EN LA CABINA (AÑOS '70)



FIGURA 2.- TRACTOR RENAULT TX CON CABINA SUSPENDIDA



FIGURA 3.- SUSPENSIÓN DE CABINA REGULABLE DE TIPO NEUMÁTICO (MASSEY FERGUSON)

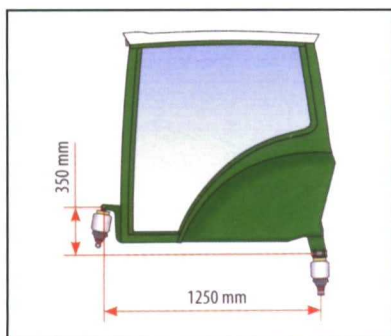


En el modo 'blando' se utiliza durante los trabajos de campo reduciendo las sacudidas y los choques originados al atravesar los surcos en más de un 30%; en el modo 'duro' se utiliza para desplazamientos por carretera con aumento del confort a elevada velocidad, consecuencia de la absorción de las pequeñas sacudidas.

Fendt, en su modelo 936 Vario, un tractor estándar concebido para poder desplazarse a elevada velocidad, además de la suspensión del eje delantero incluye la suspensión neumática integral de la cabina (x5), con tres apoyos, uno delantero y dos traseros. Los amortiguadores de los apoyos son autonivelantes, ayudando a la estabilidad lateral y durante la frenada a alta velocidad. Como complemento, se ofrece como opción un asiento amortiguado con suspensión activa

Valtra pone el mercado su cabina AutoConfort, desarrollada junto con Grammer, en la que todo el conjunto que forma la cabina dispone de un sistema de amor-

FIGURA 4.- APOYOS DE LA CABINA X5 EN TRACTORES FENDT 900 VARIO



EL CONTROL DE LA SUSPENSIÓN SE PUEDE REALIZAR DESDE EL PUESTO DE CONDUCCIÓN MEDIANTE UN INTERRUPTOR DE DOS POSICIONES

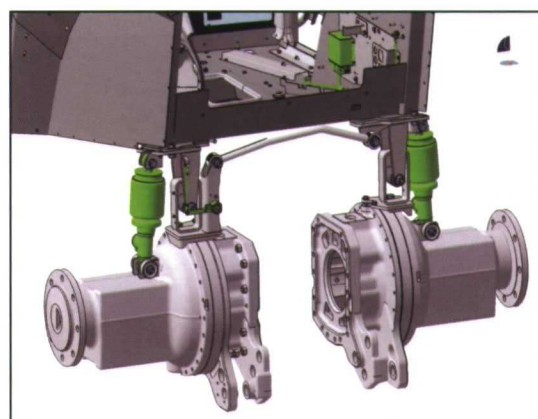
tiguación y de nivelación que se ajusta automáticamente, con una respuesta rápida, a las vibraciones que recibe del tractor. Mientras la suspensión del asiento afecta a la posición relativa de del conductor con respecto a los pedales y el volante, la suspensión de la cabina aísla de las vibraciones el puesto de conducción en su conjunto, y complementa lo que ofrece el eje delantero suspendido.

La fuerza de amortiguación se modifica teniendo en cuenta la posición relativa de la cabina y la velocidad de oscilación de la misma, que es consecuencia del cabeceo que se produce en el tractor durante la aceleración y el frenado, así como en el traslado de los aperos suspendidos. Se consigue un buen confort de marcha en todas las situaciones de trabajo, tanto

en carretera como campo, reduciendo el nivel de vibraciones que llega al conductor, utilizando un sistema robusto y fiable con un coste razonable. Admite, asimismo, un ajuste manual de la suspensión por parte del conductor.

Otra alternativa para ajustar el grado de amortiguación es la que ofrece la suspensión de la cabina de los tractores Deutz-Fahr Agrottron TTV 630. Utiliza las propiedades de los fluidos magneto-reoló-

FIGURA 5.- SUSPENSIÓN SEMIACTIVA VALTRA AUTOCONFORT

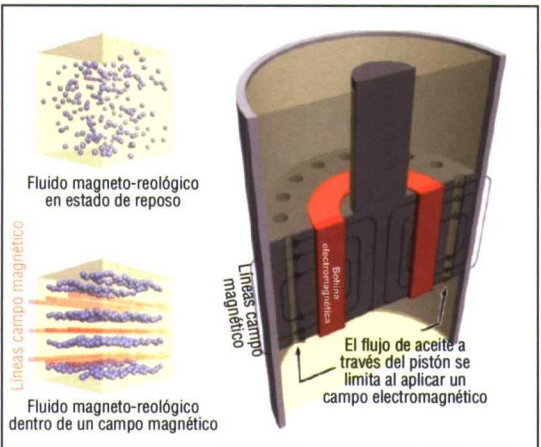


gicos para modificar la dureza de la suspensión de la cabina. Estos fluidos incorporan pequeñas partículas metálicas en suspensión, que se orientan al estar sometidas a un campo magnético que genera una bobina electromagnética que forma parte del amortiguador.

La cabina del tractor esta apoyada en la parte delantera sobre *silent-blocks* y en la trasera sobre dos cilindros/amortiguadores, con un sensor de longitud de carrera, que contienen el fluido y una bobina electromagnética. Al aumentar la intensidad del campo magnético en la bobina las partículas del interior del fluido se ordenan sobre cadenas paralelas restringiendo el movimiento del fluido y con ellos su viscosidad.

La respuesta de la fuerza de amortiguación es notablemente rápida y hace posible mejorar la comodidad del conductor con un coste relativamente bajo. La rigidez de la suspensión se puede regular desde la cabina, o de forma automática con el sistema CAN-

FIGURA 6.- AMORTIGUADOR DE RIGIDEZ VARIABLE POR INDUCCIÓN

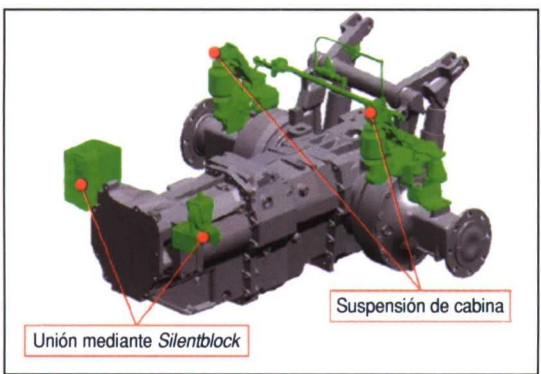


Bus del tractor, conforme a otros parámetros de funcionamiento del tractor. El operador recibe la información sobre su estado en el monitor del tractor.

Reducción de las vibraciones que llegan al conductor

Desde los comienzos de la mecanización agrícola, se observa que los conductores de tractor tienen una propensión a daños en la columna vertebral como consecuencia de su trabajo. Esto se puso de manifiesto al observar los daños en el 70% de los sujetos en edades entre 20 y 29 años en los comienzos de la motorización de la agricultura. Estos daños en la columna no han sido únicos, sino que también aparecen otros en el abdomen, en especial en el estómago del conductor. Comparando estos valo-

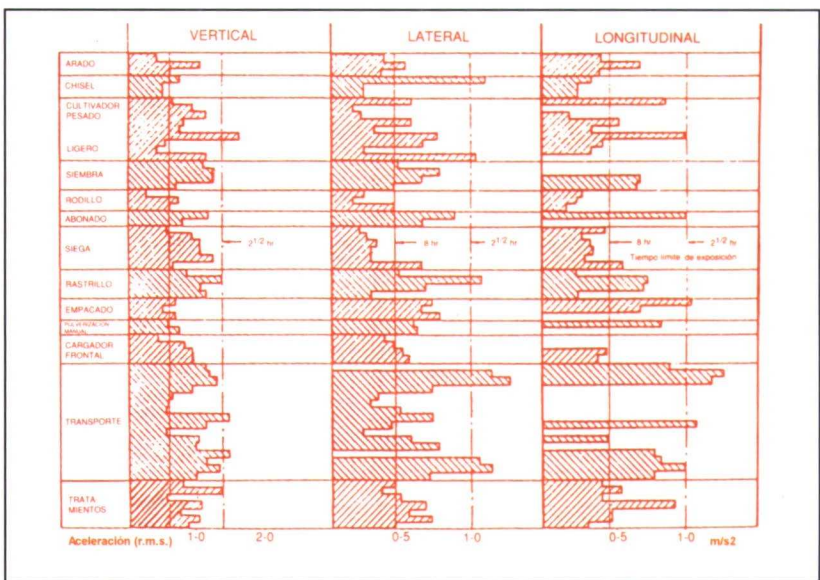
FIGURA 7.- PUNTOS DE APOYO DE LA CABINA SUSPENDIDA (DEUTZ AGROTRON TTV 630)



res con otras actividades profesionales, solo se alcanzaban frecuencias similares en la minería, consideradas de las actividades más duras, en sujetos entre 50 y 59 años de edad.

La explicación a esto hay que buscarla en las vibraciones que afectan al puesto de conducción, y que, al coincidir en frecuencia con las de resonancia del cuerpo humano, aumentan su nocividad. En ausencia de una suspensión primaria, eran las ruedas el único elemento que actúa como amortiguador, por lo que progresivamente se estable como obligatoria la utilización de asientos para el conductor con sistema de suspensión.

FIGURA 8.- VALORES DE LA ACELERACIÓN RECIBIDA POR EL CONDUCTOR DE UN TRACTOR EN DISTINTAS OPERACIONES AGRÍCOLAS, Y TIEMPO LÍMITE DE EXPOSICIÓN RECOMENDADO



Efecto de las vibraciones de baja frecuencia en el cuerpo humano

Para valorar el efecto de las vibraciones en el cuerpo humano hay notables dificultades. El efecto depende de las características de la vibración expresada en términos de frecuencia, amplitud y dirección, de la duración misma, del asiento o soporte de apoyo y del estado físico en que se encuentra el sujeto que la recibe.

Las propiedades vibratorias del organismo humano son determinantes para la percepción de la vibración. No existe ningún órgano especial de percepción de las vibraciones mecánicas, sino que son receptores auxiliares los que se encargan de su percepción: músculos, piel y corpúsculos de Meissner y de Merkel, en los que las vibraciones se perciben en forma de variaciones de presión. Además, los órganos de equilibrio del oído interno resultan influidos por la vibración.

Después de muchas tentativas para definir las reacciones del hombre a la vibración, se elaboró una norma internacional ISO 2631 *Guía para la estimación de la ex-*

posición del hombre a las vibraciones globales del cuerpo basada fundamentalmente en la influencia que las vibraciones tienen sobre los usuarios de vehículos de transporte. En la misma se establecen tres niveles o criterios fisiológicos principales:

- Asegurar la capacidad de trabajo, estableciendo un límite de 'capacidad reducida por fatiga'.
- Asegurar la salud y la seguridad del utilizador estableciendo un 'límite de exposición'.

- Asegurar la comodidad del usuario estableciendo un 'límite de confort reducido'.

Se considera el 'límite de capacidad reducida por fatiga' como el límite que ha de utilizarse en el puesto de trabajo, como lo es el del conductor de un tractor. Este límite representa aproximadamente la mitad del umbral de dolor (o límite de tolerancia voluntaria) para hombres colocados sobre un asiento vibrante. El 'límite de confort reducido' es aproximadamente 1/3 del de capacidad reducida por fatiga. Estos límites se han fijado para el caso de vibraciones en una sola dirección, aunque las vibraciones que recibe el conductor de un vehículo en movimientos son multi-direccionales, pero son las verticales las que tiene mayor efecto sobre el conductor.

Las vibraciones de baja frecuencia que llegan al puesto de conducción

Si se analizan las vibraciones que se reciben en el puesto de conducción de un tractor clásico (sin suspensión primaria en el eje delantero y sin cabina suspendida), se detecta que los niveles recibidos superan los establecidos para lo que se considera 'límite de exposición' en la jornada de trabajo, como se puede observar en la Figura 8.

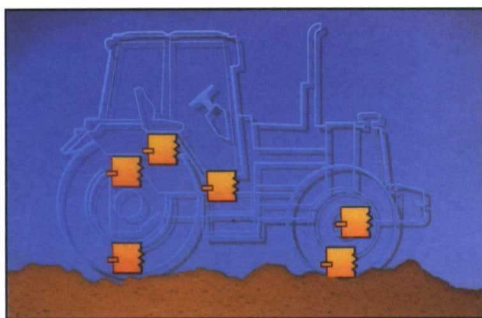
En consecuencia, en la década de los '70, se estable la obligatoriedad de incorporar suspensiones que reduzcan las vibraciones verticales en los asientos de los tractores agrícolas, exigiendo que cumplan lo establecido por la Directiva 78/764/CEE, revisada según la 83/190/CEE, en relación con su capacidad de amortiguación, cuando se desplaza el tractor por una pista rugosa normalizada, de 100 m de longitud, en unas condiciones determinadas, o situado sobre un simulador que reproduzca las aceleraciones que recibe

PARA VALORAR LA EFICACIA DEL CONJUNTO DE LAS SUSPENSIONES DE LOS TRACTORES MODERNOS, INCLUIDA LA DE LOS ASIENTOS, HAY DIFICULTAD PARA FIJAR EL RECORRIDO 'TIPO', DADA LA VARIABILIDAD DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

la base del asiento al recorrer la pista normalizada.

Con la utilización de asientos se puede resolver el problema de las vibraciones verticales que afectan al conductor de los tractores agrícolas, aunque al colocar una suspensión mecánica, los desplazamientos verticales del asiento dificultan el manejo de los mandos situados en la cabina que permanecen fijos. Esto es lo que ha llevado a desarrollar primero las cabinas con sistemas de suspen-

FIGURA 9.- PUNTOS EN LOS QUE SE PRODUCE AMORTIGUACIÓN DE LAS VIBRACIONES GENERADAS POR EL MOVIMIENTO DEL TRACTOR



sión y posteriormente las suspensiones primarias en los tractores agrícolas.

Cuando se intenta valorar la eficacia del conjunto de las suspensiones de los tractores modernos, incluida la de los asientos, hay dificultad para fijar el recorrido 'tipo', dada la variabilidad de las condiciones del trabajo de los mismos, incluyendo carretera y campo.

Así en el tractor agrícola se producen:

- Oscilaciones verticales con carácter frecuente de choque y cuyas frecuencia fundamental se encuentra en el intervalo 1.5-4.5 Hz.
- Oscilaciones adicionales de carácter continuo con frecuencia de 5 a 10 veces mayor.
- Oscilaciones de alta frecuencia causada por el motor, que por su pequeña amplitud no producen más que molestias ocasionales (frecuencias de 50 Hz y amplitudes de 0.8 g son causa de aumento de la fatiga nerviosa del conductor).
- Oscilaciones de baja frecuencia transversal y longitudinal, la primera de las cuales resulta atenuada por la posible deformación del busto, y la segunda no causa disturbios apreciables.

Aunque los fabricantes disponen de resultados de ensayo realizados en campo, no hay establecido hasta ahora un protocolo común de ensayos que permita hacer pruebas comparativas, limitándose por el momento a utilizar recorridos sobre la pista normalizada establecida para los asientos (tractores categoría B dotados de suspensión primaria).

Utilizando modelos de simulación para diferentes suspensiones, utilizando la pista normalizada, se puede concluir diciendo que las ventajas de los sistemas de suspensión primaria se ponen de manifiesto cuando las velocidades superan los 20 km/h, y son imprescindibles para los tractores de alta velocidad (más de

40 km/h), aunque hay otra ventaja detectada que se relaciona con la mejora de la capacidad de tracción, incluso a baja velocidad, por la mayor adherencia de las ruedas, a la vez que se evitan fenómenos de *power-hop* (galope) cuando se trabaja realizando grandes esfuerzos de tracción.

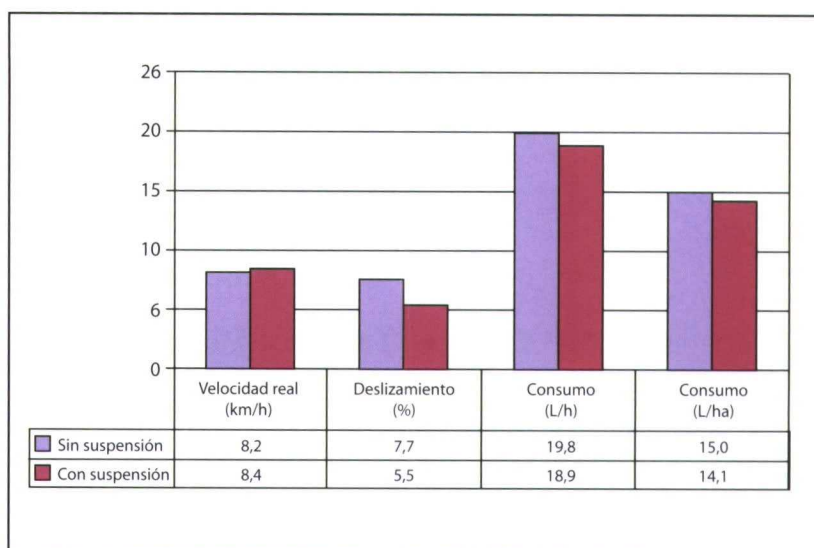
Referencias prácticas

En diferentes ocasiones, realizando evaluaciones de campo con distintos modelos de tractor, se han obtenido resultados que permiten una primera valoración de las ventajas de la suspensión primaria del eje delantero y de la suspensión de la cabina.

El primer caso corresponde a pruebas realizadas con un tractor Deutz Agrotron K120, con y sin suspensión, trabajando con un arado de vertedera de 4 cuerpos de 16 pulgadas (1.60 m de anchura de trabajo con 25 cm de profundidad) en la relación 4H a 1900 rev/min, con el eje delantero con suspensión, y con esta suspensión bloqueada. Para una velocidad media de 8.3 km/h, al desconectar la suspensión primaria, se produce un aumento del patinamiento que pasa del 5.5% a 7.7%, aumentando el consumo en 0.9 L/ha. Esto pone de manifiesto las ventajas que aporta el eje delantero con suspensión primaria, aunque se trabaje a baja velocidad cuando se realizan operaciones agrícolas que demanda elevado esfuerzo de tracción (Figura 10).

El otro caso corresponde a una comparativa realizada con tractores New Holland TM 155, uno de ellos con la suspensión Terraglide en el eje delantero, y el otro con el eje convencional, haciéndoles recorrer a velocidad de 40 km/h un camino agrícola en relativamente buen estado. Ambos tractores disponían de cabina dotada con un sistema de suspensión, y los registros, que se presentan en la Figura 11, se realizaron sobre la plataforma en el inte-

FIGURA 10.- EFECTO DE LA SUSPENSIÓN DEL EJE DELANTERO Vertedera - relación 4/h - 1 900 rev/min



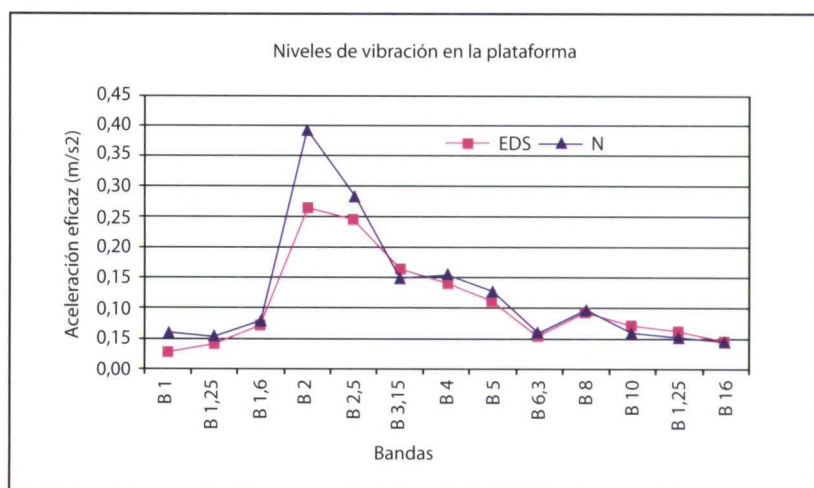
LAS VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE SUSPENSIÓN PRIMARIA SE PONEN DE MANIFIESTO CUANDO LAS VELOCIDADES SUPERAN LOS 20 km/h Y SON IMPRESCINDIBLES PARA LOS TRACTORES DE ALTA VELOCIDAD

rior de la cabina, valorando la aceleración media eficaz en tercios de octava para el intervalo de 1 a 16 Hz.

Se puede apreciar claramente la reducción de las aceleraciones en las bandas de 2.0 y 2.5 Hz, como consecuencia de la acción del eje delantero dotado de suspensión, ya que ambos tractores disponen de cabina suspendida.

Para valorar la diferencia entre un eje delantero rígido con suspensión primaria, y un eje con suspensión independiente en las ruedas se puede utilizar como referencia los resultados obtenidos por Lehtonen y Juhala, del Laboratorio TKK de la universidad de

FIGURA 11.- VALORACIÓN DE LA ACELERACIÓN EFICAZ EN LA PLATAFORMA, ANALIZADA EN TERCIOS DE OCTAVA PARA EL INTERVALO DE 1 A 16 HZ

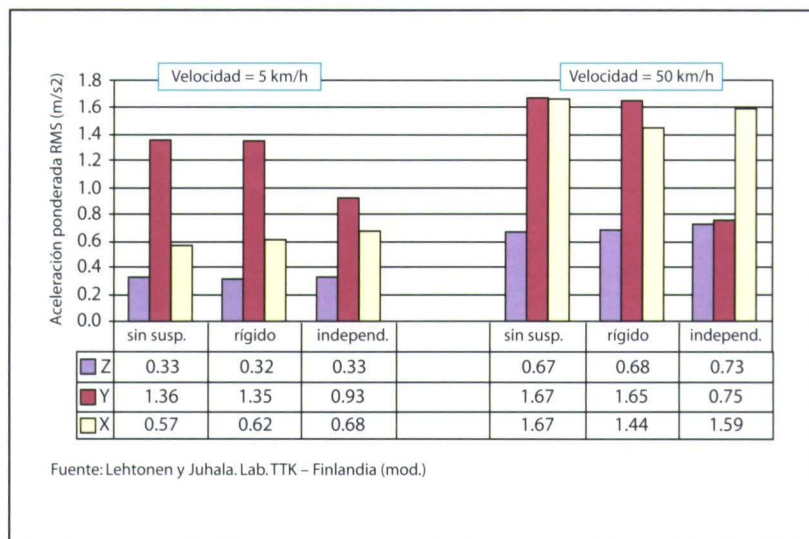


Helsinki, realizando la simulación de algunos de estos sistemas con el MSC.ADAMS, tomando como referencia la pista normalizada según ISO 5008 cuando se recorre a 5 y a 50 km/h, y midiendo las aceleraciones sobre el asiento del conductor.

Los resultados, que se presentan resumidos en la Figura 12, ponen de manifiesto las ventajas en la amortiguación de las vibraciones transversales (Y) que aporta el eje con suspensión independiente en cada una de las ruedas del eje, cuando el desplazamiento se realiza a 50 km/h, pero que no son apreciables en otros casos, siempre que se disponga de un asiento con el sistema de suspensión adecuado.

Esto puede explicar la tendencia que siguen los fabricantes en el desarrollo de sistemas de suspensión activos y semiactivos, y también regulables por el usuario

FIGURA 12.- SIMULACIÓN CON MSC.ADAMS (PISTA 120 5008)



para las diferentes condiciones de trabajo.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la interferencia que se puede producir entre las suspensiones del eje delantero, de la cabina y del propio asiento, y los efectos que provocan los ape-

ros, durante el transporte elevados por el tripulante, que si no están convenientemente ajustadas pueden dar lugar a fenómenos de resonancia en determinadas condiciones de trabajo con pérdida de confort en el puesto de conducción. ■



Nueva Sembradora de Rejas AMAZONE CAYENA



- Trabajo perfecto en todas las condiciones: siembra directa, mínimo laboreo o laboreo convencional.
- Nuevas rejas de siembra TINE-TEC en tres filas, con gran resistencia al desgaste y sin mantenimiento.
- Ancho de trabajo 6 m.
- Tolva de semilla de 2.800 litros de capacidad.
- Distancia entre líneas 16,6 cm.
- Dosificación completamente eléctrica controlada por el ordenador AMALOG+



Teléfono 979 728 450
www.deltacinco.es

IMPORTADOR EXCLUSIVO
PARA ESPAÑA



AMAZONE

