

# LOS NEUMÁTICOS EVOLUCIONAN



Los neumáticos convencionales progresivamente dejan paso a los radiales, pero la evolución continúa. En este artículo se analizan las más recientes innovaciones tecnológicas que incorporan los fabricantes para aumentar la eficiencia de los tractores, tanto en carretera como en campo.

**LUIS MÁRQUEZ**

**H**an pasado algo más de 80 años desde que empiezan a instalarse las primeras ruedas neumáticas en los tractores agrícolas. Lo que comenzó siendo una excepción, a partir de mediados del siglo pasado se convierte en estándar para las máquinas que trabajan en la agricultura.

Con la introducción de las ruedas neumáticas como alternativa a las metálicas, y la progresiva utilización del control de

carga/profundidad para los aperos enganchados en el tripuntal del tractor, la masa de los tractores se reduce considerablemente, pasando de 100/120 kg/CV en 1945 a solo 35/45 kg/CV a finales de los '60. Parte del peso necesario para realizar tracción se aumenta con la transferencia de carga que produce el apero, y también con el lastrado utilizando masas metálicas o llenando de agua las ruedas del tractor.

Si bien es cierto que las ruedas neumáticas incorporadas a los primeros tractores significa-

ron una mejora sustancial de sus prestaciones, a la vez que se reducía la compactación del suelo, el cambio no había hecho más que empezar. Primero con pequeñas modificaciones que tenían en cuenta las diferencias del suelo agrícola con respecto a los caminos y las carteras pavimentadas que utilizaban los vehículos automóviles, luego con diseños específicos pensados para el campo. Y esta evolución continúa, aunque pase desapercibida para muchos usuarios, buscando la máxima eficiencia en tracción, a la vez que se reduce la compactación del suelo que limita el desarrollo radicular de los cultivos.

## La eficiencia de un propulsor en suelo agrícola

Cuando se compara la potencia de tracción máxima que

se puede obtener en un tractor agrícola con respecto a la que ofrece el motor se observa que las pérdidas, en la mayoría de los casos, llegan al 50%. Una parte de estas pérdidas se producen por la transmisión del movimiento entre el motor y las ruedas, que se encuentra alrededor del 10%, mientras las mayores pérdidas se producen en el sistema propulsor/suelo. Unos propulsores que pueden ser ruedas neumáticas, bandas de goma o cadenas metálicas.

Analizando el comportamiento de una rueda neumática en el suelo agrícola, lo primero que se aprecia es que, en función de la carga, la rueda se deforma, pero también lo hace el suelo sobre el que se apoya, estableciéndose un equilibrio entre la carga sobre la rueda y la reacción del suelo.

A medida que el suelo es más blando y la carga sobre la rueda aumenta, esta se hunde más en el suelo hasta que se equilibran las fuerzas, por lo que al rodar para avanzar debe salir del 'hoyo' en el que se encuentra. La resistencia a la rodadura depende principalmente del hundimiento de la rueda en el suelo, pero también influye la flexibilidad de los flancos del neumático, factor prioritario cuando se circula por un pavimento que no se hunde con el paso de la rueda.

Por otra parte, la presión sobre el suelo está directamente relacionada con la presión de inflado del neumático; así, la presión sobre el suelo es igual a la de inflado del neumático aumentada con la carga que proporciona la rigidez de la estructura del neumático. Si aumenta la carga sobre un neumático sin que se modifique la presión de inflado este se deforma, aumentando la superficie de contacto con el suelo. Hay que advertir que la distribución de presiones sobre el suelo no es uniforme, en parte como consecuencia de los re-

saltes en la banda de rodadura del neumático, pero también de la forma que toma la superficie de contacto entre la rueda y el suelo, que depende del tipo de suelo y de la estructura interna del neumático.

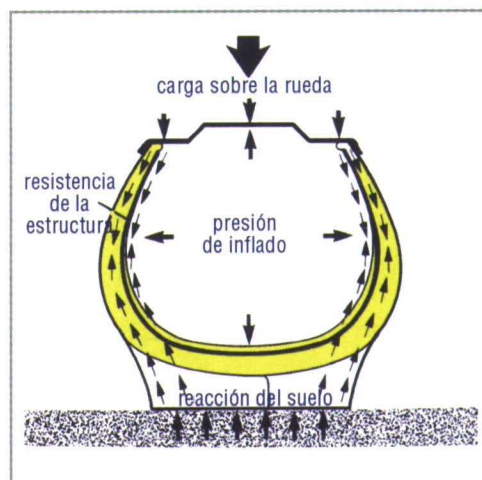
También hay que contar con la pérdida de eficiencia debida al patinamiento cuando la rueda avanza. Este patinamiento depende del empuje que realiza la rueda sobre el vehículo como consecuencia del par motor en el eje de la rueda. Los parámetros físicos que caracterizan el suelo determinan el nivel de patinamiento. Además, en un neumático con garras, el patinamiento va a depender de la forma en que las garras penetren en el suelo, encontrando un apoyo más o menos firme, y especialmente de la facilidad para que se limpie la tierra que queda retenida al salir las garras del suelo.

La evolución del neumático para usos agrícolas ha intentado conseguir que la rueda se adapte a circunstancias de suelo muy diferente, consiguiendo alta eficiencia, ya que de esto depende la reducción del consumo de combustible.

## El neumático diagonal

Analizando la forma de la sección de los primeros neumá-

FIGURA 1.- EFECTO DE LA PRESIÓN DE INFLADO Y LA CARGA SOBRE LA ESTRUCTURA DEL NEUMÁTICO



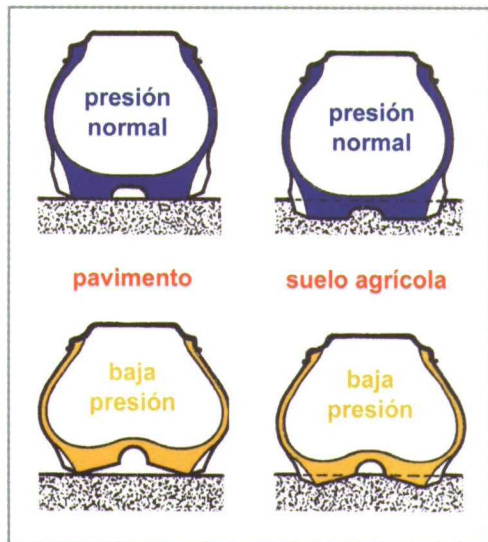
uticos se observa que se corresponde con una circunferencia. La sección de la cubierta (y de la cámara que se encuentra en su interior) es prácticamente circular.

Las telas con las que se fabrica el neumático se tienden desde los talones de la cubierta formando capas alternadas en las que los hilos que la componen forman ángulos de 45 grados con respecto al plano medio del neumático. Este diseño se corresponde con el denominado neumático diagonal o convencional.

Con este diseño la relación de entre la altura del neumático y la anchura del mismo es igual



FIGURA 2.- APOYO DEL NEUMÁTICO EN FUNCIÓN DE LA CARGA Y LA PRESIÓN DE INFLADO



a 1, pero progresivamente se hace aumentar la anchura del balón, manteniendo constante la altura, con lo que la relación altura/anchura se hace menor, con valores de 0.85, o incluso menores, lo que aumenta la superficie de contacto entre la rueda y el suelo.

La sección elíptica del balón permite que los elementos resistentes del neumático (los hilos que forman las capas del mismo) tomen una forma parecida a la forma de las bóvedas de los edificios, de manera que con la presión de inflado se establece un equilibrio procurando que los hilos trabajen a tracción.



En estas circunstancias es muy importante que la presión de inflado del neumático se adapte a la carga que soporta para que la forma geométrica sea la establecida por diseño. Si la presión aumenta en exceso se reduce la anchura de contacto del neumático con el suelo, y, si se reduce la presión, la superficie de contacto aumenta, pero en ocasiones, la parte central del neumático se curva hacia dentro, por lo que se desgasta irregularmente y se deteriora con rapidez (Figura 2).

En consecuencia, hay que ajustar la presión de inflado en función de la carga. Además, la huella toma la forma de una elipse en la que las dimensiones son la anchura y la longitud de la huella del neumático.

## El neumático radial

Diseñado inicialmente para vehículos que circulan por vías pavimentadas, progresivamente se introduce en la agricultura el neumático radial, caracterizado por la forma en la que se colocan las telas que lo componen.

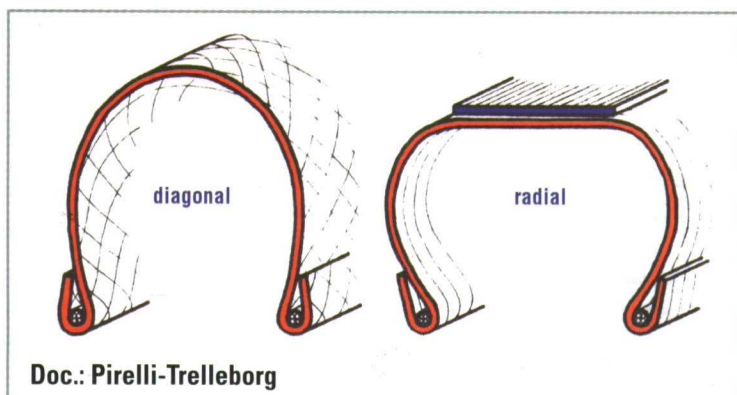
A diferencia del neumático diagonal los hilos de las telas, o capas, que lo forman se sitúan en planos radiales sobre toda la circunferencia del neumático. Además, otras capas se colocan sobre la circunferencia de la rueda estableciendo una especie de cinturón (Figura 3).

Esta forma constructiva permite aumentar la superficie de contacto de la rueda en el suelo, lo que significa una menor presión sobre el suelo para la misma carga, a la vez que puede mejorar la capacidad de tracción por la mayor superficie de apoyo.

Cuando el neumático radial empieza a utilizarse en la agricultura, aparecen algunas dificultades que se han resuelto modificando su diseño con respecto a lo que se utiliza en las ruedas que circulan por superficies pavimentadas.

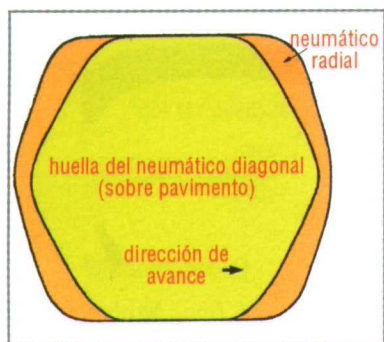
Uno de los problemas detectados era consecuencia de la 'verticalidad' de los flancos, que impedía aprovechar el efecto 'bó-

FIGURA 3.- DIFERENCIAS ESTRUCTURALES ENTRE EL NEUMÁTICO DIAGONAL Y EL RADIAL



Doc.: Pirelli-Trelleborg

FIGURA 4.- DIFERENCIAS EN LA HUELLA



veda' que se produce con la estructura diagonal, lo que hacía que su punto débil fuera el de inserción de los costados con la capa de rodadura, lo que obligaba a aumentar la presión de inflado, lo cual no resulta conveniente si se pretende reducir la presión de la rueda sobre el suelo agrícola para evitar la compactación.

La solución que adoptaron las fabricantes fue la de reforzar esta zona de unión, dando mayor rigidez al talón del neumático para impedir que gire sobre la llanta al trabajar con baja presión de inflado. El refuerzo de

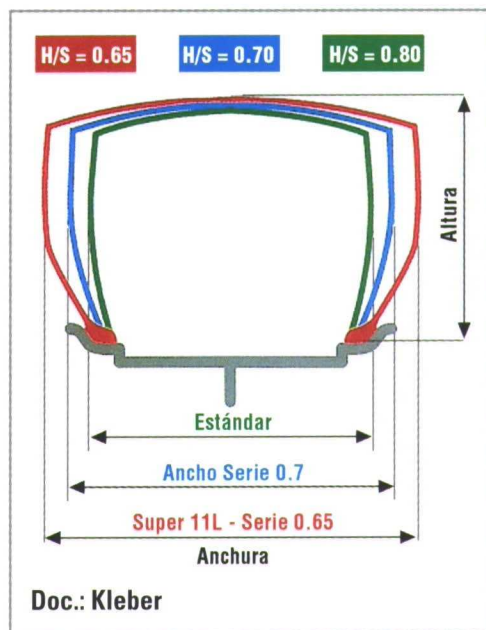
los costados era necesario para poder transmitir un elevado par de giro en la rueda, ya que la posición de los hilos es radial, a diferencia de los neumáticos convencionales con su posición diagonal.

Con los diseños actuales de los neumáticos radiales se ha conseguido alcanzar la máxima eficiencia en tracción, ya que aumenta la superficie de apoyo en el suelo, lo que permite reducir el patinamiento, y la mayor flexibilidad de los costados reduce la resistencia a la rodadura. En cualquier caso, es importante ajustar la presión de inflado para que la estructura de la carcasa tome la forma para la que fue diseñada.

### El neumático diagonal de ángulo reducido

Como alternativa al neumático radial, algunos fabricantes pusieron en el mercado un diagonal de ángulo reducido, que denominaron *stabilia* (Dunlop), en el que los hilos de las telas forman ángulo de unos 23 gra-

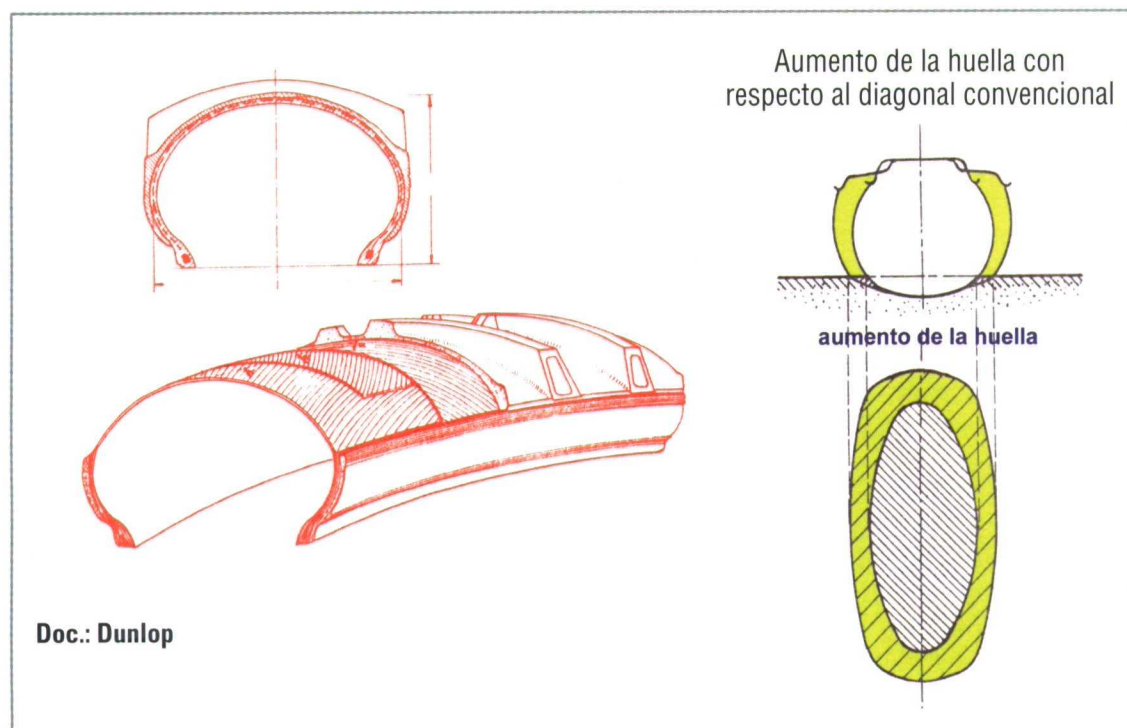
FIGURA 5.- AUMENTO DE LA ANCHURA DE LA BANDA DE RODADURA EN FUNCIÓN DEL PERFIL DEL NEUMÁTICO



dos con respecto al plano medio de la rueda. Equivale a una solución técnica intermedia entre el diagonal clásico y el radial.

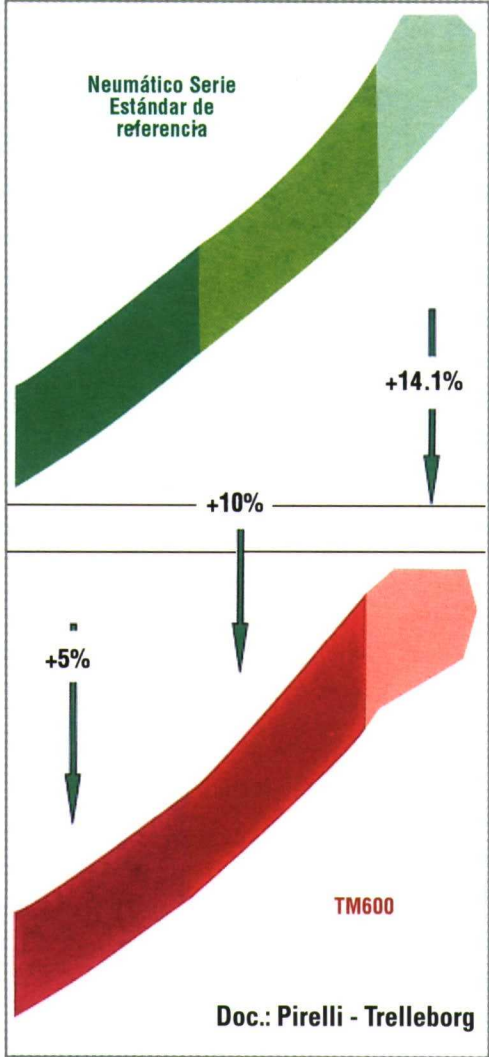
Esta forma constructiva permite que el perfil del balón tome forma de óvalo con dos radios de curvatura diferentes: el de los

FIGURA 6.- ESTRUCTURA DEL NEUMÁTICO DIAGONAL DE ÁNGULO REDUCIDO



Doc.: Dunlop

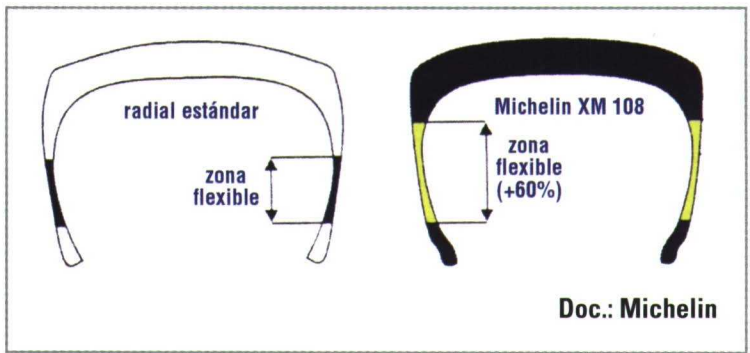
FIGURA 7.- OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE LAS GARRAS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE TRACCIÓN



flancos, aproximadamente igual a la mitad de la anchura del balón de la rueda y el de la banda de rodadura más el doble de la altura del balón. Con eso se sigue manteniendo el efecto de 'bóveda' que aumenta la resistencia de los flancos del neumático y se podría trabajar con muy baja presión.

Esta solución técnica, que podría ser muy apropiada para trabajos de campo, no tiene éxito comercial, ya que la curvatura de la banda de rodadura, muy adecuada para trabajar en un suelo que se hunde, no lo es para trabajar sobre pavimento, y no se puede olvidar que una parte importante del trabajo de los trac-

FIGURA 7.- AUMENTO DE LA LONGITUD DE LA ZONA FLEXIBLE EN EL FLANCO DEL NEUMÁTICO



tores en la agricultura europea es el transporte viario de las cosechas. Las más recientes mejoras del neumático radial han hecho que este neumático diagonal de ángulo reducido prácticamente desaparezca del mercado.

### Evolución del neumático radial

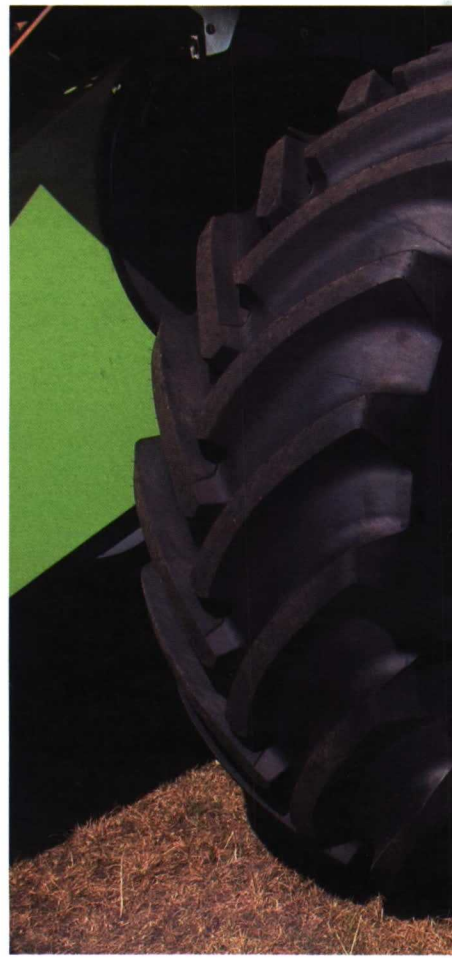
Todos los fabricantes han desarrollado neumáticos radiales específicos para la agricultura. Por una parte, se ha aumentado la anchura de apoyo fabricando neumáticos de bajo perfil, a la vez que aumentan la flexibilidad de los flancos para reducir la resistencia a la rodadura.

La eficiencia del neumático está condicionada por el patinamiento, por lo que el aumento de la superficie de apoyo permite aumentar la capacidad de tracción para el mismo nivel de patinamiento.

Considerando que el neumático trabaja sobre suelo agrícola, resulta muy importante el diseño de las garras que penetran en el suelo. La máxima eficiencia se consigue con una altura de garras que penetren completamente en el suelo. Esto significa que en un suelo pavimentado la mejor opción sería un neumático agrícola con garras desgastadas (en el ensayo de tracción en pista según el Código OCDE se admite un desgaste de las garras hasta el 35%).

A medida que el suelo se hace más blando conviene aumentar la altura de las garras. Esto hace que los fabricantes ofrezcan neumáticos con distintos perfiles en la capa de rodadura.

Pero, además, hay que tener en cuenta el diseño de la garras para que se limpie cuando deje el suelo, ya que en caso contrario la garras se quedaría en la superficie cuando de nuevo vuelva al suelo, con la consi-



guiente reducción de la capacidad de tracción, al no llegar a las capas del suelo con mayor consistencia. También son importantes las vibraciones que producen los tacos al circular sobre pavimento.

El otro punto crítico es el de la flexibilidad de los flancos del neumático, que al aumentar permite reducir la resistencia a la rodadura, ya que es menor el consumo de energía en la deformación y posterior vuelta a la posición normal que se produce durante la rotación de la rueda.

A este respecto Michelin ofrece con sus neumático XM 108, un aumento de la altura de la parte más flexible en el costado del neumático en más del 60% respecto a un radial convencional, y en el último desarrollo que comercializa, con la tecnología que denomina 'Ultraflex', la posibilidad de mantener la presión del neumático por debajo

de 1 bar, tanto en carretera como en campo, con velocidades entre 30 y 50 km/h. Esto se puede conseguir sobre la base de utilizar materiales que aumenten la flexibilidad del flanco a la vez que aumentan la resistencia, lo que hace posible que la deformación por aumento de la carga no afecte a la zona de rodadura que se mantiene plana.

Teniendo en cuenta que la presión media sobre el suelo es igual a la carga del neumático dividida por la superpie de apoyo, al mantenerse constante la anchura de la banda de rodadura, tiene que aumentar la longitud del apoyo. Parece que el neumático se diseña para que pueda adaptarse a esta situación, manteniéndose plana la superficie de apoyo, aunque el fabricante advierte que para conseguir la máxima eficiencia conviene ajustar la presión de inflado en función de la carga.

El aumento en la flexibilidad de los flancos del neumático que han introducido los fabricantes para mejorar sus prestaciones, hace imprescindible eliminar la cámara, por lo que todos los neumáticos de diseño más reciente son del tipo 'sin cámara' (*tubeless*).

## ■ Algunas conclusiones

Como se indicaba al comienzo, los neumáticos agrícolas han evolucionado para reducir el desgaste aumentando su duración, a la vez que se mejora su eficiencia, aunque esto no siempre lo valoran muchos de los potenciales usuarios, que se fijan prioritariamente en el precio de adquisición.

El neumático radial sin cámara se impone, ya que mejora la capacidad de tracción, reduce la resistencia a la rodadura y puede trabajar a baja presión de inflado, reduciendo la compactación del suelo, pero también admite las altas velocidades de transporte que exigen los tractores agrícolas modernos.

Cualquiera que se aficiona a las competiciones automovilísticas conoce la importancia que tienen los neumáticos, aunque siempre se circula por pavimento. La presencia o no de agua puede cambiar los resultados de una carrera.

Al neumático agrícola se le exige que trabaje eficientemente en suelos agrícolas duros y blandos, realizando elevados esfuerzos de tracción, y desde el campo pasa a la carretera para circular a alta velocidad. Además, el usuario descuida frecuentemente la adecuación de la presión de inflado a la carga y a las condiciones del trabajo que realiza.

Todo un desafío para los diseñadores de los neumáticos agrícolas, que tienen que suplir con su trabajo los descuidos de muchos usuarios. ■

