



Disco y llanta soldados

## ÚLTIMA TECNOLOGÍA

# El “arte negro” y los neumáticos poco convencionales

Fabricar un neumático es profesionalidad. Fabricar un buen neumático es un arte, la excepción se denomina excelencia. El neumático lo es “todo” a la hora de transmitir la potencia al suelo y de tener control sobre el vehículo. La importancia del neumático radica en que este es el único medio de contacto entre el suelo y el vehículo. El autor ha pretendido dar una visión diferente sobre lo existente en neumáticos *off-road* en este momento y se atreve a hacer una incursión en los vehículos extraterrestres.

**Heliodoro Catalán**  
*Doctor Ingeniero Agrónomo*

**E**n el mundo agrícola el objetivo principal es conseguir una máxima adherencia con una mínima compactación del suelo. Un buen neumático intentará conseguir ese objetivo que repercutirá en minimizar las pérdidas por deslizamiento, la reducción del consumo de combustible, y por consiguiente, que se alargue el tiempo de trabajo. Objetivos que se deben lograr con una larga vida útil.

## LAS RUEDAS: CONJUNTO DE DISCO, LLANTA Y NEUMÁTICO

La capacidad de tracción del tractor depende en buena medida de las características de los neumáticos, por supuesto influye también la presión de inflado, el peso del tractor y el estado del suelo. En la ecuación se combinan todos estos factores para desarrollar la capacidad de tracción. El resultado se debe conseguir con el mínimo deslizamiento al mismo tiempo que se debe evitar, al máximo, la compactación del terreno y por si fuese poco pedir se debe conseguir con el menor consumo de combustible posible.

## → LA CLAVE

Objetivo a desarrollar: máxima tracción con el mínimo deslizamiento, compactación del terreno y consumo de combustible

En la rueda se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: una metálica formada por el disco y la llanta, y otra formada por el neumático propiamente dicho, que consta de cubierta, y en algunos casos cámara.

Las funciones encargadas al neumático agrícola son considerables, quizá todavía me deje alguna si digo que son:

- transmitir la potencia útil del motor.
- resistir las considerables transferencias de carga por el tiro, aceleración y frenado.
- rodar regularmente.
- guiar el vehículo con precisión, cualquiera sea el estado del camino y las condiciones climáticas.
- Amortiguar las irregularidades del camino, garantizando el confort del conductor y de los pasajeros.



## ► La cubierta

consta de los siguientes elementos:

- **Estructura**, formada por una serie de capas que tienen que alcanzar un equilibrio entre rigidez, resistencia a la carga y flexibilidad para la deformación. En un principio se confeccionaban con tejidos de algodón y actualmente son de hilos metálicos llamados lonas. La resistencia de dichas capas viene expresado por el "Ply" y a-

ting" o Pr y da una idea de las cargas que puede soportar el neumático: suele variar entre 2 y 10.

- **Recubrimiento**, se encarga de proteger a la estructura por medio de una envoltura de caucho vulcanizado duro.

- **Banda de rodadura y garras**, es la zona de contacto entre el neumático y el terreno, en ella se encuentran los nervios, garras o talones encargados de evitar o disminuir el deslizamiento. La forma de dichos talones es fundamental.

Si las garras se encontrasen de forma paralela al eje de la rueda, esta obtendría la mayor tracción posible, pero al cabo de unas pocas vueltas el espacio entre garras se llenaría de tierra y empezarían a patinar las ruedas.

El otro extremo es el caso de las garras en posición perpendicular al eje de la rueda. La tierra sería evacuada inmediatamente, pero la capacidad de tracción del neumático sería extremadamente baja.

Por todo ello se ha llegado a una solución de compromiso, situando las garras entre ambas posiciones, es decir formando aproximadamente 45º con el eje de la rueda, si bien existen variaciones de una marca a otra.

- **Talones o pestañas**, son los encargados de fijar el neumático a la llanta. Es un conjunto de alambres de acero recubiertos con caucho. También sirven de principio y fin para la fijación de las lonas, para lo cual tienen en su interior un alambre que les da rigidez. Otra función es lograr la hermeticidad consiguiendo aislar el interior del neumático del ambiente exterior.

## ► La llanta

Se fabrica en chapa de acero por estampación y posteriormente se deben curvar para formar la circunferencia que alojará a la cubierta.

## ► El disco

Lo más habitual es encontrar discos formados por estampación de chapa de 8 a 10 mm pero también hay discos realizados en fundición de hierro con la ventaja de ser más pesados.

En realidad, toda la potencia que genera el motor y que se transmite a los palieres vía transmisión, toda esa potencia, todo ese enorme par que llega al disco se debe transmitir al suelo y para ello hay que lograr que el neumático no resbale sobre la llanta y que la unión de llanta y disco no se rompa. Ninguno de estas cosas es fácil.

Los ingenieros optan por soldar disco y llan-

// TODA ESA POTENCIA, TODO ESE ENORME PAR QUE LLEGA AL DISCO SE DEBE TRANSMITIR AL SUELO Y PARA ELLO HAY QUE LOGRAR QUE EL NEUMÁTICO NO RESBALE SOBRE LA LLANTA Y QUE LA UNIÓN DE LLANTA Y DISCO NO SE ROMPA //



Disco amarrado a la llanta por omega y tornillos





ta o bien unir disco y llanta por medio de “omegas” y tornillos. La opción de la llanta soldada es más “segura” pero permite menos cambios de ancho de vía. En el caso de las omegas, si no están bien calculadas, se puede llegar a desoldar, pero a cambio permite un mayor “juego” de posibilidades para los anchos de vía.

## LO NUEVO Y LO ÚLTIMO

En la introducción al artículo se hablaba de arte y también de excelencia para conseguir un buen neumático. Los avances han sido constantes en el mundo de las ruedas en general y de las agrícolas o de tracción en particular: diagonales, radiales, baja presión, perfil bajo, disposición de garras, bandas de rodadura....

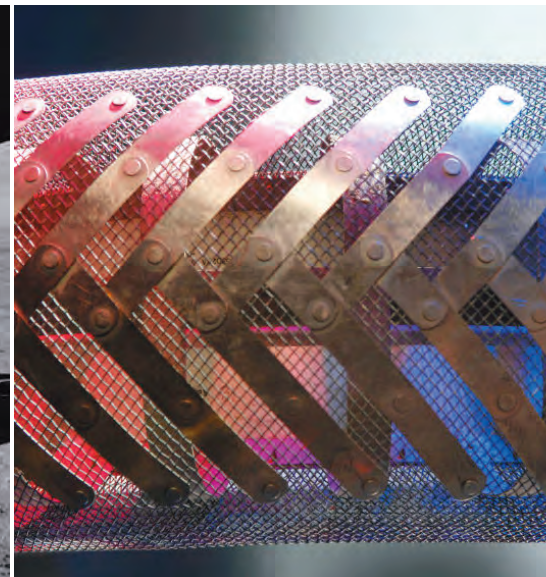
En el artículo de **Agricultura** “El neumático agrícola” (números de marzo y abril del 2008) se repasaban algunos de los últimos diseños. Ahora considero que quizá sea interesante repasar otros diseños menos “convencionales”, estoy hablando de neumáticos utilizados en condiciones mucho más duras y distintas a las habituales, me estoy refiriendo a **neumáticos extraterrestres**. Las propiedades del caucho varían significativamente por las temperaturas extremas (hablo de mucho calor y mucho frío, no de los cánones terrestres) y más allá de esto, las radiaciones solares no filtradas degradan el caucho, amén del inaceptable riesgo de pinchazo, peso excesivo, etc.

Quizá sea interesante ver estos diseños y pensar si podría ser posible su adaptación a vehículos terrestres.

## ►El antecedente: la Luna

Los vehículos lunares se denominaron *rover* (*Apollo Lunar Roving Vehicle*) y entre otras cosas las ruedas fueron un factor primordial del éxito. Eran ruedas formadas por un disco de aluminio torneado y un “neumático” formado por una malla entretejida de alambre galvanizado y zinc. Luego se tachonaron unos “chevrone” de titanio para mejorar la tracción (como las garras de un neumático agrícola). El resultado era un “neumático” capaz de conformar una superficie suave y elástica amoldable a aquel terreno desconocido. El diámetro, sin carga, era de 81 cm, pero con la carga en orden de marcha (el propio peso del *rover*, dos astronautas y los equipos) se reducía a 65 cm. La anchura del “balón” era de 23 cm.

Las ruedas desarrolladas estaban basadas en una malla de cuerdas de piano (imagí-



A la izda. el vehículo lunar Rover. La imagen de la dcha. es un detalle de los “chevrone” de titanio

nense el esqueleto, lo que queda cuando se quema un neumático terrestre) que era capaz de conformar una superficie suave y elástica amoldable a aquel terreno desconocido.

El movimiento le llegaba desde un motor eléctrico independiente: había cuatro motores, (pero el *rover* podría funcionar en caso de emergencia con sólo dos) y la energía la proporcionaban unas baterías de plexiglás y placas de plata-zinc con electrolito de hidróxido de potasio).

un tema especialmente “peligroso” fue la amortiguación con brazos triangulares similares a los F-1 y con barra de torsión. El recorrido vertical lo controlaban los

amortiguadores que debían trabajar de forma extrema para mantener “pegado” a la superficie al *rover* con apenas gravedad (además se calentaban mucho por la falta de aire refrigerante, por lo que se ideó un aceite a base de silicona).

Las cuatro ruedas además de motrices eran también directrices. Se diseñó una geometría de dirección muy famosa en vehículos agrícolas y obras públicas, la geometría Ackermann. todo el conjunto de neumático, geometría de dirección y suspensión fue capaz de brindar una buena capacidad de conducción y direccionamiento (en el Apolo 17 se sobrepasó la velocidad máxima de proyecto).

## CHAPÓ A LOS INGENIEROS DE LOS 60 Y 70

Impresionante lo que se hizo en la década de los 60. Yo al menos me siento impresionado con lo que se hizo en esos años con aquellos medios, ¿cómo se pudo explorar la Luna?

Hoy todavía cualquier ingeniero debe descubrirse ante el diseño del Rover Lunar. Aquel “coche” se desarrolló en 1969 en el *Marshall Space Flight Center* a través de un contrato (19 millones de dólares de entonces!) con un conglomerado de lo mejor de esa época: Boeing, Delco Electronics, General Motors...

Se desarrollaron cuatro vehículos aunque a la Luna sólo fueron tres que volaron con los Apolo 15, 16 y 17 entre julio de 1971 y diciembre de 1972. Eran vehículos que no funcionaban en la Tierra (nuestra masa es 81 veces mayor que en la Luna y allí la gravedad es 1/6 de la de aquí) y era tremendamente difícil probarlos, pero el éxito fue total. Incluso los astronautas tuvieron que idear un proceso de mejora pues cuando estuvieron allí se dieron cuenta que el polvo lunar era tan fino que los “guardabarros” protegían poco: tuvieron que poner hojas de papel sujetas con cinta americana...

Los tres Rover siguen esperando a casi 400.000 km a los próximos astronautas. Se supone que sólo hará falta cambiar sus baterías y arrancar, así de sencillo ya que allí no hay viento, ni agua...solo frío, calor, rayos UV... pero para eso están diseñados

## OBJETIVO MARTE

La Agencia Espacial Norteamericana (NASA) y Goodyear han desarrollado un proyecto conjunto con el fin de desarrollar unas ruedas no neumáticas para ser utilizadas por algunos vehículos en circulación extraterrestre, concretamente en Marte.

La colaboración del binomio Goodyear & NASA viene del pasado. El *Glenn Research Center* es el laboratorio donde se desarrollaron unos neumáticos especiales para la circulación por la Luna. Hoy se usan las mismas instalaciones para continuar con aquella investigación.

El programa de investigación (denominado *Innovative Partnership Program*) iniciado en 2009 tiene un mismo objetivo, el desarrollo de ruedas no neumáticas. En Marte las condiciones son diferentes a las lunares, pero en cualquier caso en un ambiente más que hostil. Las ruedas deben ser fuertes, resistentes al vacío, a la acción de rayos UV que llegan sin ningún tipo de protección, resistentes al frío extremo, al roce contra las rocas marcianas... ¡y sin admitir la posibilidad de un pinchazo!

## // EN MARTE LAS RUEDAS NO NEUMÁTICAS DEBEN SER FUERTES, RESISTENTES AL VACÍO, A LOS RAYOS UV, AL FRÍO EXTREMO, AL ROCE CONTRA LAS ROCAS Y SIN ADMITIR LA POSIBILIDAD DE UN PINCHAZO //

Los resultados ya están “volando” hacia Marte y el éxito o el fracaso se comprobarán en el mes de agosto, pero en realidad los galardones a la invención no se han hecho esperar. El “neumático”, mejor decir rueda, desarrollado ha obtenido el galardón en la 44ª ceremonia de los premios R&D 100 (los “Oscar de la innovación”). Se llama “Spring tire” y por supuesto ha sido ensayado con éxito en el centro Espacial Johnson, Houston, en el laboratorio denominado *Rock Yard*.

El neumático que se ha desarrollado es diferente al evolucionado en la Luna. Tiene unas dimensiones de unos 50 cm de diámetro y está compuesto por unos 800 muelles que soportan la carga. El nuevo diseño se piensa que supera al lunar debido a que puede soportar una carga considerablemente



Robot Curiosity probándose en tierra

mayor, también tiene una conducción más manejable. Estas ruedas equipan el nuevo robot marciano, el *Curiosity*, un auténtico todoterreno que sería incluso la envidia en la Tierra. Tiene el tamaño propio de los vehículos terrestres, pesa 900 kg en la Tierra (en Marte sólo el 38 % de esa cifra), con unas dimensiones de 3 x 2,8 x 2,2 m (largo, ancho y alto).

Son seis ruedas, cada una con su propio motor eléctrico de accionamiento y con un sistema de suspensión “rocker-bogie” que consigue que todas las ruedas estén siempre en contacto con el suelo. Las cuatro ruedas de las esquinas tienen un sistema de giro independiente, lo que permite que el *Curiosity* pueda girar sobre sí mismo, sin necesidad de desplazarse. La gran diferencia con los vehículos terrestres es también su velocidad. No se puede decir que el *Curiosity* vaya a tener estrés en sus paseos, pues su velocidad máxima será de 10,15 km/h!

## APLICAR LO QUE SE HA APRENDIDO EN EL ESPACIO: NEUMÁTICOS QUE NO SE PINCHAN

### → LA CLAVE

Los neumáticos sin pinchazos es la última tecnología disponible hoy en día

La primera prueba de que la investigación espacial también revierte en vehículos “mundanos” y terrestres, son los neumáticos que no se pinchan. Se trata de, quizá, uno de los diseños más modernos y con más tecnolo-

gía que se puede ofrecer hoy. El mundo de la alta tecnología en neumáticos es el resultado de grandes inversiones de dinero en I+D. Quizá las últimas apuestas optan por los neumáticos sin aire (airless).

## ► Non Pneumatic de Bridgestone y Michelin Tweel™

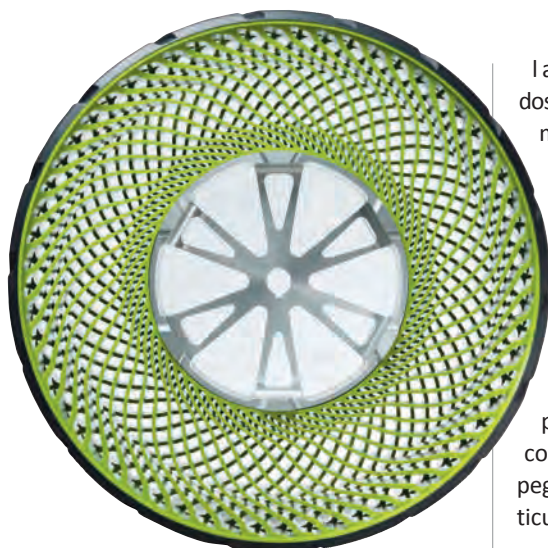
La primera propuesta de este tipo fue el Tweel de Michelin. Se presentó hace unos años, se siguió desarrollando y ahora está en un estado aceptable para los usos a los que se le destina. Más recientemente ha sido Bridgestone (Non-Pneumatic) quien ha entrado en este minoritario sector pero ya ha presentado su primer prototipo.

La ventaja de los nuevos neumáticos reside, sobre todo, en que ya no existen pinchazos, tampoco existe el riesgo de circular con un neumático con presión incorrecta.

Además, los fabricantes coinciden en señalar que las nuevas “cubiertas” son más ecológicas, porque el compuesto con el que se fabrican se degrada con más facilidad que las tradicionales ruedas de caucho. Pero es que además los fabricantes están asegurando que los nuevos neumáticos ahorran energía, gracias a la disminución de la fricción con la carretera.

Es la fusión del neumático y de la llanta. Se trata de un auténtico avance a la movilidad. Hoy la Tweel puede equipar a vehículos con escasa velocidad y poco peso por lo que todavía no la veremos en maquinaria agrícola. Se encuentra en fase de prototipo avanzado y ya se monta en algunos vehículos de obras públicas, militares o sillas de ruedas.





Bridgestone Non Pneumatic

Los fabricantes destacan la resistencia y unas prestaciones de un neumático radial. La idea es llegar a eliminar la necesidad de una suspensión para el vehículo. Tanto Bridgestone, como Michelin, siguen la misma filosofía, que reside en la banda de rodadura de caucho, que está soportada por una estructura reticular fabricada con resinas termoplásticas que se confieren como radios flexibles. El diseño simplifica enormemente las operaciones de montaje y desmontaje.

## ► Michelin Airless™

No tienen cámara de aire, por lo que no se pueden pinchar y prácticamente no necesitan ningún mantenimiento.



Airless de Michelin

La idea original deriva de los "mousse" usados en ruedas de rallies y en las cuales el neumático no lleva aire a presión, sino un aro de espuma de alta densidad.

El truco radica en que tiene una estructura radial (que le confiere flexibilidad) y una estructura circunferencial (banda de rodadura clásica que garantiza la adherencia). Se fabrica con compuestos de altas prestaciones y elastómeros que le confieren una buena flexibilidad para absorber los choques y un buen confort. La estructura circunferencial se pega a la estructura radial mediante una articulación elástica.

## ► Otro concepto: el Michelin Active Wheel™

Es un módulo integrado, formado por un neumático convencional y una suspensión eléctrica activa, un freno de disco y un motor eléctrico para dar tracción y gran parte de la potencia de frenado. Su pequeño tamaño y su formato compacto ofrecen a los ingenieros una gran flexibilidad de diseño. *Michelin Active Wheel* es el resultado de la reinención total del proceso mediante el cual se transmite el movimiento. Además de hacer lo mismo que cualquier otro conjunto neumático-rodar para impulsar el vehículo hacia delante- su transmisión activa actúa también como unidad de suspensión.

Está destinado a vehículos eléctricos que funcionen con una batería o una pila de combustible y que, con el Michelin Active Wheel, podrían fabricarse sin caja de velocidades, ni embrague, ni cardan, ni transmisión...

## ► RFID (Radio Frequency Identification)

Se trata de un invento que ha presentado el fabricante Goodyear, consiste en marcar los neumáticos con microchips incorporados entre las gomas con el objetivo de evitar el robo de las ruedas. En vehículos agrícolas, estos robos están siendo cada vez más habituales. La consabida crisis acentúa las prácticas de robos y la indefensión de tractores y cosechadoras que en numerosas ocasiones "duermen" lejos de los campos urbanos.

El neumático de Goodyear que lo incorpora es el *RFID* y lleva dentro un microchip que se conecta por internet con el programa de gestión *Fleet Online Solutions*. La idea es poder realizar un seguimiento de los neumáticos "marcados".

## BANDA DE RODADURA

El invento de la rueda neumática es una excelencia, pero no cabe duda que tiene sus problemas. Sólo hace falta ver que ningún ser vivo ha adoptado la rueda para desplazarse.

Será porque la evolución ha demostrado que otros sistemas son más eficaces.

Uno de los problemas de los neumáticos es su poco contacto con el suelo, por lo tanto sus limitaciones a la hora de transmitir potencia. Las cadenas de los grandes vehículos industriales, obras públicas o acorazados militares vinieron a intentar solucionar el problema, pero crearon otros.

Ahora se han puesto "de moda" tractores



Active Wheel de Michelin





*Ejemplos de bandas de rodadura en maquinaria agrícola*

(grandes y pequeños) que utilizan la banda de goma. El "invento" intenta reunir las ventajas de la cadena metálica con la rueda neumática y así conseguir transmitir poca presión al suelo y elevar la superficie de contacto.

El sistema lo inicia Caterpillar en los '80 con su sistema MobilTrack en el tractor Challenger, pero hoy se encuentran además de tractores grandes de casi todas las marcas: Caterpillar y John Deere con tractores grandes pero rígidos, Case IH y New Holland con tractores muy grandes y articulados; pero también en tractores pequeños como el galardonado Mach 4 de Carraro.

La banda de goma aumenta la superficie de contacto, reduce la compactación del terreno y los vehículos que la montan tienen unas veloci-

dades de desplazamiento similares a los de ruedas, además con unas capacidades de giro insuperables. El inconveniente está en que el confort de marcha es inferior al logrado por un vehículo de ruedas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Rev. Agricultura. El neumático agrícola. Marzo-Abril 2008
- [www.bridgestone.es](http://www.bridgestone.es)
- [www.michelin.es](http://www.michelin.es)
- [grin.hq.nasa.gov/ABS-TRACTS/GPN-2000-001139.html](http://grin.hq.nasa.gov/ABS-TRACTS/GPN-2000-001139.html)
- [blog.sondasespaciales.com](http://blog.sondasespaciales.com)
- [www.masquemaquinas.blogspot.com.es/2012/02/neumaticos-2-el-curiosity-la-envidia-de.html](http://www.masquemaquinas.blogspot.com.es/2012/02/neumaticos-2-el-curiosity-la-envidia-de.html)
- [www.masquemaquinas.blogspot.com.es/2011/07/un-diseno-interesante-de-tractor.html](http://www.masquemaquinas.blogspot.com.es/2011/07/un-diseno-interesante-de-tractor.html)

# MICHELIN CerexBib ...



En ocasiones la cosecha se realiza sobre suelos blandos. Hay que prestar especial atención a este hecho, ya que de ello depende la calidad de la próxima recolección. El neumático MICHELIN CerexBib, dotado con la tecnología MICHELIN Ultraflex y dirigido a las cosechadoras, permite reducir la presión de inflado y aumentar así la huella al suelo más de un 20%\*. Gracias a una tracción mejorada un 25%\*, es más fácil la cosecha en terrenos difíciles. MICHELIN CerexBib permite también un equipamiento neumático menos ancho, aunque con una capacidad de carga y diámetro equivalentes. Los desplazamientos son más confortables. ¡Las condiciones óptimas para una cosecha excepcional!

**La tecnología MICHELIN Ultraflex reduce tus costes y protege tus tierras.**

\* En comparación con el neumático MICHELIN MegaXBib sin la tecnología MICHELIN Ultraflex, pero de la dimensión 800/70 R 32.

