

LAS BANDAS DE GOMA EN LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

ESTRUCTURA DE LOS TRACTORES Y PRESTACIONES CONSEGUIDAS



Para completar esta serie, analizamos la evolución de los sistemas de propulsión de bandas de goma para adaptarlos a las estructuras de los tractores de ruedas convencionales, así como los propulsores de bandas de goma con accionamiento positivo, en alternativa a los sistemas por fricción.

■ Una plataforma común

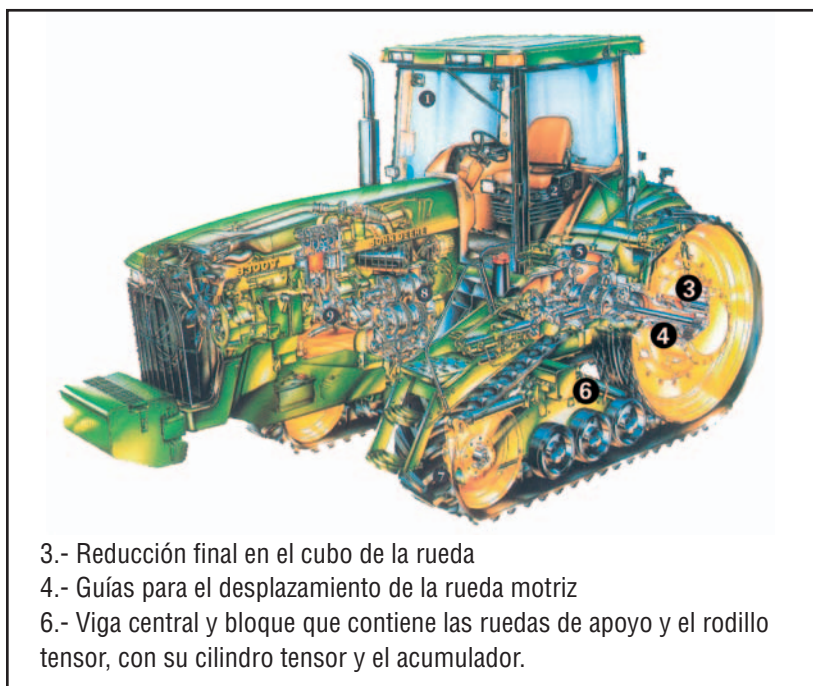
La entrada de John Deere en el mercado de los tractores de bandas de goma se realiza sobre la base de poder utilizar la misma plataforma de tractor con ruedas y con bandas de goma. Esto exige un diseño diferente, aunque siempre sobre la base de banda de goma triangular.

Así, cuando se ponen en el mercado los tractores de la serie 8000T, la rueda motriz ocupa la posición de la rueda trasera de los tractores convencionales y el conjunto de los rodillos de apoyo y la rueda tensora se montan en un bastidor unido a una viga que atraviesa transversalmente el tractor. Desplazando el conjunto sobre la viga, y la parte externa rueda motriz sobre su eje, se

consigue, de manera fácil, el ajuste de la anchura de vía.

La rueda motriz formada por dos mitades, deja en la parte central un espacio por el que pasan los resaltes internos de la banda de goma que se encargan del guiado, y encaja sobre el eje trasero del tractor que finaliza en un conjunto en el que se encuentra la reducción final de engranajes planetarios. La modifi-

BANDA DE GOMA CON APOYO EN VIGA CENTRAL



- 3.- Reducción final en el cubo de la rueda
 4.- Guías para el desplazamiento de la rueda motriz
 6.- Viga central y bloque que contiene las ruedas de apoyo y el rodillo tensor, con su cilindro tensor y el acumulador.

cación de la anchura de vía se consigue desplazando la rueda sobre las guías que se encuentran en la caja que contiene la reducción final.

Totalmente separado se encuentra el bloque que contiene los rodillos de apoyo dobles (3 en la serie 8000T) y la rueda tensora, que va montado sobre la viga central, dotada de orificios, que atraviesa el tractor, a la que va unida mediante pernos, lo que permiten la modificación de la anchura de vía.

Los ejes de los rodillos de apoyo van unidos a este bloque mediante rodamientos, así como la rueda delantera, que dispone de un montaje con un punto de apoyo inferior, alrededor del que puede girar empujada por un cilindro hidráulico, que se encarga de darle tensión. Este cilindro, unido al bloque por el otro extremo, mantiene presión constante al estar unido a un acumulador adosado al bloque; la carga se realiza conectándolo inicialmente al sistema hidráulico del tractor en el momento en el que se realiza el tensado de la banda.

En consecuencia, el sistema es más simple que el inicialmente comercializado por Caterpillar, aunque no permite tanta flexibili-

dad frente a las irregularidades del suelo, lo que puede hacer más bruscas las sacudidas en el puesto de conducción. Puede decirse que es muy similar al que se utiliza en los tractores agrícolas de cadenas metálicas, aunque se haya sustituido la ballesta transversal por una viga central rígida y en una posición más cercana al eje posterior.

La longitud total del apoyo de la banda es de 2 260 mm, y las anchuras que se ofrecen son 406, 610 (normal) y 760 mm (16, 24 y 30 pulgadas).

Con la banda de 610 mm, la superficie de contacto es de 2.76 m² (conjunto de las dos bandas), por lo que, con aproximadamente 11 toneladas de masa del tractor, la presión es de unos 0.4 bar. Se admite un lastrado (contrapesos frontales, laterales y traseros) hasta algo menos de 13 toneladas de masa total. Las potencias nominales de los motores se mantienen entre 143 y 218 kW (serie 8010T).

La rueda motriz dispone de un diámetro de 1.54 m, la conducida 0.69, y los rodillos de apoyo 0.37, lo que indica que el ángulo que abraza la correa a la rueda motriz es de 210 grados. Las bandas de goma son análogas a

las que utilizan otras marcas ya que en la actualidad proceden en su mayoría de GoodYear, aunque también las fabrica Bridgstone.

En los tractores John Deere de la serie 9000T la estructura que soporta la banda de goma cambia, con un punto de apoyo trasero (eje de la rueda motriz) y otro delantero (eje que atraviesa el tractor de lado a lado). En este bastidor soporta los cuatro rodillos de apoyo y la rueda tensora, de una manera similar al sistema *Mobil-Track*.

Las bandas de goma frente a las ruedas neumáticas

Presiones sobre el suelo

La puesta en el mercado de tractores de bandas de goma similares a los de ruedas y con origen en le mismo fabricante (John Deere) permiten hacer comparaciones que pongan de manifiesto las diferencias de comportamiento de ambos propulsores.

En cuanto a la carga vertical del propulsor y su distribución sobre el suelo, las medidas realizadas ponen en evidencia que se modifica con el desplazamiento y la presencia, o no, de un apero enganchado en el tractor, como se aprecia en la Figura 1, apareciendo unos picos de presión que hace que ruedas y bandas de goma no se comporten de manera tan diferente de cómo, en principio, cabría esperar, hasta el punto que con neumáticos



FIGURA 1.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SOBRE EL SUELO DEL TRACTOR CON RUEDAS GEMELAS EN EL EJE TRASERO Y CON BANDAS DE GOMA

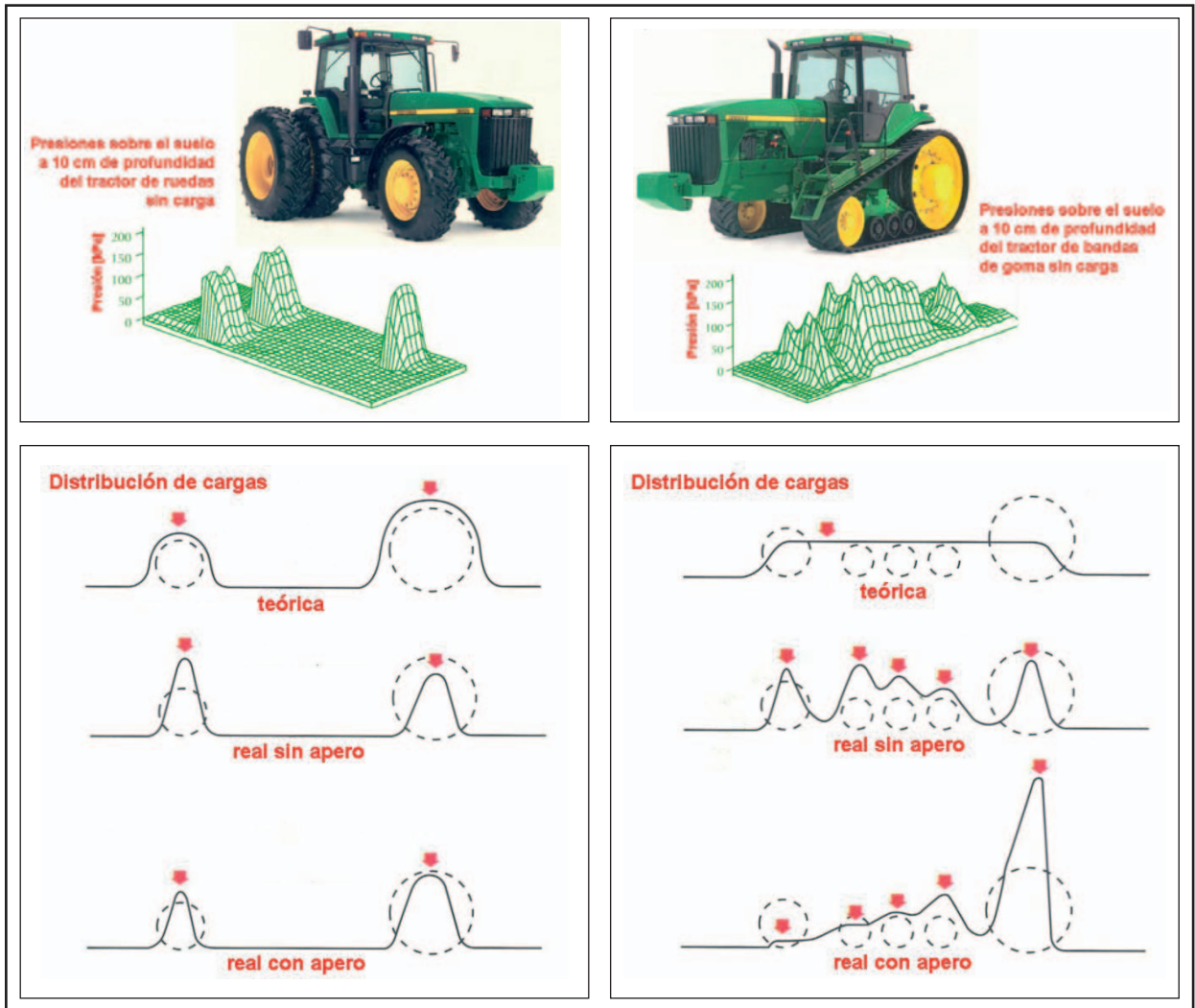
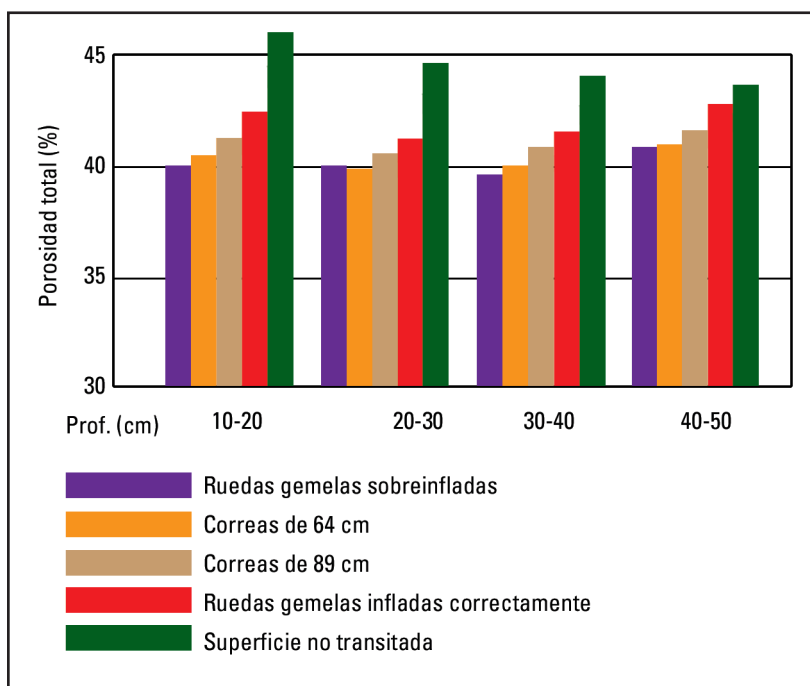


FIGURA 2.- EFECTO DEL PASO DEL TRACTOR SOBRE LA POROSIDAD DEL SUELO



Fuente: Ohio State University

de baja presión (y ruedas gemelas en el eje trasero), correctamente infladas se pueden conseguir presiones sobre el suelo menores que con las bandas de goma, aunque esto obliga al gemelado de las ruedas del eje trasero, lo que limita la circulación vial del tractor con este equipamiento. Hay que advertir que, en el tractor de bandas de goma utilizado en esta comparación, el bloque que soporta los rodillos de apoyo y la rueda tensora van unidos rígidamente al cuerpo del tractor; con un montaje flotante, como utiliza Caterpillar, la distribución de cargas verticales tendería a uniformarse.

La sobrecarga que se produce sobre la rueda motriz del propulsor por banda de goma, parece ser que ha sido una de las razones para aumentar el diámetro



de la rueda motriz; la otra, aumentar la superficie de contacto entre la banda y la rueda para reducir el deslizamiento interno.

Capacidad de tracción

En los ensayos de tracción realizados sobre la base del mismo tractor (JD 8400) utilizando ruedas gemelas o bandas de go-

ma se pone de manifiesto la ventaja de las bandas de goma sobre las ruedas en suelos blandos, aumentando la eficiencia en tracción y disminuyendo el deslizamiento, como se puede apreciar en la Figura 3. En los suelos duros las diferencias no están tan marcadas; además, se aprecia que el deslizamiento, que

con bajo esfuerzo de tracción se mantiene bajo, aumenta muy rápidamente cuando se supera el 75% del esfuerzo de tracción correspondiente a la masa del tractor.

Hay que tener en cuenta que los ensayos de tracción se realizan en línea recta, con lo que no se detecta la desventaja de las bandas de goma en el momento en el que se aborda una curva, lo que puede penalizar a los tractores de bandas de goma, especialmente cuando se hunden las bandas en suelos muy blandos.

Por otra parte, la máxima eficiencia en tracción con las bandas de goma se consigue cuando el deslizamiento se mantiene entre el 2 y el 5%.

Es importante que la transferencia de carga de la parte delantera de la banda de goma a la trasera sea lo más baja posible, por lo que el enganche entre el tractor y el apero se debe de realizar en un nivel bajo, siendo preferibles los aperos arrastrados, o con ruedas de apoyo, que los suspendidos.

FIGURA 3.- EFICIENCIA EN TRACCIÓN Y DESLIZAMIENTO



Fuente: Atlanta Farm Machinery Research Center (mod.)

Predicción de tracción con bandas de goma

Las ecuaciones de predicción utilizadas para las ruedas neumáticas no son aplicables directamente a los tractores de bandas de goma. Grisso (2003) ha propuesto unas modificaciones en los coeficientes y en las constantes de las ecuaciones de predicción para las ruedas, de manera que se mantenga la estructura de las ecuaciones de predicción de la norma ASAE.

Hay que tener en cuenta que el comportamiento de la banda de goma en el suelo va a depender de la distribución de cargas a lo largo del apoyo, lo que está influenciado por la posición del centro de gravedad y la carga estática que gravita sobre ruedas y rodillos (que dependerá de su sistema de suspensión), de las dimensiones del tractor y de la magnitud y la dirección de la fuerza de tracción que en cada momento se realiza.

La ecuación de predicción propuesta por Grisso se ha validado en tractores John Deere 8100T, con una masa total de 12 614 kg (28 000 libras), utilizando bandas de goma de 400,

630 y 810 mm (16, 25 y 34 pulgadas de anchuras en diferentes condiciones de suelo con resistencia de 1.31 kPa (sin labrar), 1.14 kPa (labrado) y 1.00 kPa (subsulado), con esfuerzos de tracción que producen pati-

El comportamiento de las bandas de goma montadas de manera independiente en el eje delantero y en el trasero de tractores articulados, parece que ofrecen comportamientos similares a las bandas de gomas de los tractores rígidos si se mantienen en línea recta. En el caso del cambio de dirección el sistema de cuatro bandas de gomas tendría ventajas, aunque sólo se está utilizando en tractores de muy alta potencia.

EL COMPORTAMIENTO DE LA BANDA DE GOMA EN EL SUELO DEPENDE DE LA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS A LO LARGO DEL APOYO

namiento entre el 0.5 y el 30%. La comparación entre los valores medidos y los que se obtendrían con las ecuaciones de predicción queda reflejada en la Figura 4.

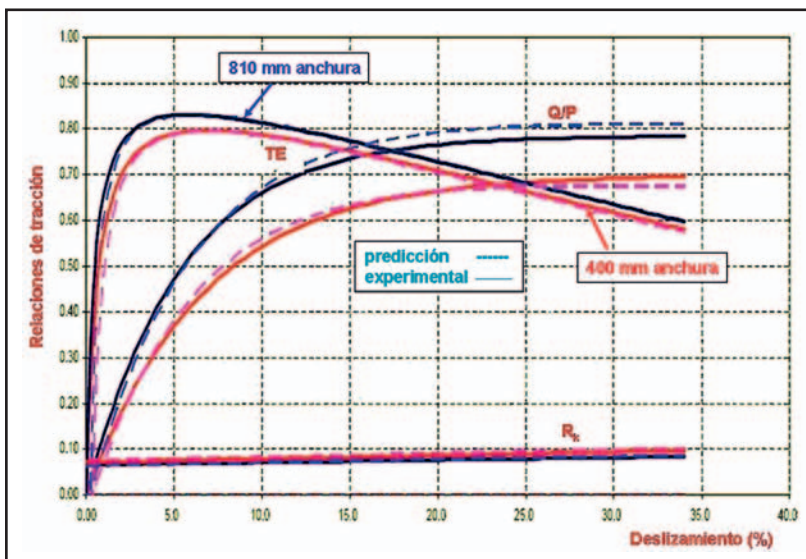
Bandas de goma con accionamiento positivo

La eficiencia de los sistemas de propulsión por fricción entre banda de goma y rueda motriz está influenciada por la temperatura, que aumenta cuando se produce deslizamiento interno, lo que obliga a mantener una elevada tensión en la banda de goma. Hay que tener en cuenta las características de los materiales que se ponen en contacto de manera que sean compatibles, ya que en el contacto de dos materiales con la misma dureza y coeficiente de fricción genera más calor que el que se produce entre materiales diferentes.

Por otra parte, la entrada de material entre la banda y las ruedas aumenta las tensiones de la banda de goma que está sometida inicialmente a una tensión elevada para evitar el deslizamiento, lo que puede producir daños en los componentes del sistema. Se utilizan protectores para reducir la entrada de residuos, pero no siempre ofrecen una protección suficiente.

Asimismo, la tensión de la banda de goma se realiza con sistemas hidráulicos que permite dar una presión más homogénea, ya que puede compensarse con acumuladores de presión. Hay que considerar que la longitud de la banda de goma puede aumentar aproximadamente en el 1.5% al someterla a la tensión de trabajo

FIGURA 4.- COMPARACIÓN ENTRE VALORES CALCULADOS Y VALORES MEDIDOS EN SUELO LABRADO CON BANDAS DE GOMA DE 810 Y 400 mm DE ANCHURA



Fuente: Grisso (2003), mod.

FIGURA 5.- RUEDA MOTRIZ PARA SISTEMA DE PROPULSIÓN ACTIVO CON BANDAS DE GOMA



Frente a estos inconvenientes la alternativa es la de utilizar bandas de goma de accionamiento positivo, en las que los resaltes internos de la banda de goma encajan en los orificios de la rueda motriz. De esta manera, la tensión que hay que suministrar a la banda de goma puede ser de sólo el 60%, aproximadamente, de la que sería necesaria con la propulsión por fricción.

Los sistemas constructivos que se utilizan en modelos de tractores agrícolas comerciales de elevada potencia disponen de una estructura triangular, con la rueda motriz en un plano superior y un apoyo formado por dos rodillos tensores y tres rodillos de apoyo, que puede pivotar unos 10° alrededor de un eje central situado por debajo de la rueda motriz y unido al cuerpo del tractor.

Tomando como referencia las bandas de Case IH *Quadtrac*, tractor articulado con 4 bandas de goma, y distancia entre ejes de 148 pulgadas (3.76 metros), que dispone de un motor con de 14 litros de cilindrada, y potencia nominal de 268 kW, con una masa total de 43 750 libras (19 800 kg), con el 55% en el eje delantero, las dimensiones de cada uno de los propulsores son:

| | pulgadas | cm |
|-----------------------------------|----------|-------|
| Anchura de la banda | 30 | 76.2 |
| Longitud de la banda | 234 | 594.4 |
| Longitud del apoyo | 69 | 174 |
| Diámetro de los rodillos tensores | 23.62 | 60 |
| Diámetro de los rodillos de apoyo | 13.38 | 34 |

Con estas dimensiones la superficie de apoyo resultante son:

| | pulgadas ² | cm ² |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| Área de apoyo por banda | 2 055 | 13 258 |
| Área de apoyo total | 8 220 | 53 032 |

Asimismo, se han desarrollado prototipos derivados de tractores de cadena convencionales en los que se han sustituido las cadenas metálicas por bandas de goma, bien utilizando la pro-

FIGURA 8.- BANDA DE GOMA ADAPTABLE A TRACTOR DE CADENAS CONVENCIONAL



pia rueda motriz dentada o bien sustituyéndola por una rueda especial en la que se introducen los resaltes de la banda de goma, pero ninguno de ellos ha sido comercializado por el momento.

FIGURA 6.- TRACTOR DE BANDAS DE GOMA CON ACCIONAMIENTO POSITIVO



FIGURA 7.- PROTOTIPO DE LANDINI CON BANDAS DE GOMA DE ACCIONAMIENTO POSITIVO Y DETALLE DE LA RUEDA MOTRIZ





Características técnicas de las bandas de goma

El mercado de las bandas de goma para tractores agrícolas se encuentra dominado por Goodyear, que ofrece entre sus productos el equipamiento de ori-





Hay cinco parámetros básicos para hacer esta selección:

- Anchura de la banda
- Longitud de la banda
- Tipo de banda de rodadura (garras)
- Tipo de tacos de guía o de tracción.

gen para los tractores John Deere de las Series 8000T y 9000T y para los Case Quadtrac STX y Case Quadratic 9300.

En la dirección de Internet www.goodyearag.com se encuentra el catálogo correspondiente a estos productos, que se pueden seleccionar de manera similar a como se hace con los neumáticos.

Las anchuras de banda recomendadas para tractores agrícolas son las de 16, 24, 30 y 36 pulgadas, mientras que las longitudes pueden variar entre 168 y 378 pulgadas, siendo las longitudes normalizadas las de 234, 252, 276, 312, 324, y 378 pulgadas. El paso de las garras internas de tracción es de 6 pulga-

 **EL PASO DE LAS GARRAS INTERNAS DE TRACCIÓN ES DE 6 PULGADAS, LO QUE CONDICIONA LA LONGITUD TOTAL DE LA BANDA** 

das, lo que condiciona la longitud total de la banda.

En cuanto a la banda de rodadura, en el caso de tractores agrícolas se recomienda el tipo TA con 2 pulgadas de altura de garra, para anchuras de banda de 16, 24 y 30 pulgadas, adecuada para conseguir la máxima penetración y tracción en suelos agrícolas.

En cuanto a los tacos internos para guía o tracción, se ofrecen los tipos GD (sólo guía), GE (guía o tracción) y GA, GB y GC (específicos para tracción), con las dimensiones que se indican en la Figura 9. ■

FIGURA 9.- DIMENSIONES DE LAS GARRAS INTERIORES DE LAS BANDAS DE GOMA

