

¿RUEDAS Y CADENAS? ¡NO!

RUEDAS Y CORREAS DE GOMA



BÚSQUEDA DE MÁS POTENCIA

Como prometimos, seguimos informando acerca de los tractores de cadena de goma. Esta vez nos ocupamos de una serie de tractores John Deere ya expuestos en diferentes muestras europeas y que pronto se presentarán en España. Corresponden a tractores grandes, con potencias entre 185 y 260 CV con sistema de rodadura por... ¿cadena?, ¿correa?, ¿banda? de goma.

Aparecen como resultado de la evolución natural, marcada por una búsqueda incesante del aumento de la potencia del tractor para atender a máquinas agrícolas cada vez mayores que consigan disminuir los tiempos necesarios para las labores agrícolas.



“La potencia creciente depende del tractor, del sistema de rodadura y del desarrollo tecnológico”

La carrera de potencias crecientes consta de tres corredores: el tractor, el sistema de rodadura y el desarrollo tecnológico que, afortunadamente, van bastante coordinados. El control antidopaje, tan de moda últimamente, lo ejercen el suelo (patinamiento) y los humos del escape (consumo de combustible).

El paso de los años permitió presenciar el aumento de la potencia (y del peso) de los tractores de simple tracción hasta llegar aproximadamente a los 120 CV. En ese momento, el desarrollo tecnológico consiguió que,

alcanzado el límite de la potencia que se puede transmitir a través de un único eje motor, la doble tracción estuviera ya preparada para tomar el relevo y que no se detuviera el crecimiento del tractor. Las ruedas, por su parte, mejoraban sus prestaciones (diagonal, radial, radial ancha, garras...) y el trío conseguía en definitiva un vehículo con mayor capacidad de trabajo y velocidades de transporte impensables hace unos años, que son el resultado de una sabia armonización de los esfuerzos conjuntos en motor, transmisión, suspensión delantera y ruedas.

El sistema de rodadura tenía como limitación en la rueda la llanta de 42" y dejaba la cadena metálica para casos extremos. Los otros dos corredores le acusaban (sobre todo a la rueda, ya que la cadena tenía 'su mundo') de ser el más flojo del equipo, pero hay que tener en cuenta que, en el sistema rueda-suelo, todo el esfuerzo innovador corre exclusivamente de parte de la rueda. A diferencia del atletismo o la fórmula 1, el suelo no ayuda lo más mínimo. Aquí no se diseñan moquetas rápidas o pavimentos de alta adherencia. El suelo agrícola es de las pocas cosas que permanecen inmutables con el paso del tiempo. No es un producto *light*. Es como es y así hay que tomarlo y luchar contra él, como Indiana Jones en el templo maldito. Además, en la búsqueda de una menor compacta-

ción del terreno se rebaja la presión de inflado y si la potencia crece y la presión de inflado baja, el riesgo de torsión de la rueda en la llanta mantiene como límite constructivo de la rueda la famosa llanta de 42".

De esta manera, el correr del tiempo, que es lo único que no se detiene, conduce a alcanzar también el límite de la potencia que se puede transmitir con la estructura convencional del tractor, incluso con doble tracción, en unos 200 CV. La alternativa son los grandes tractores articulados de 4 ruedas iguales. Con ellos se alcanzaron



potencias de hasta 450 CV y se llegó a proponer un tractor con 3 ejes... pero la difusión de estos pesos pesados se ha detenido. Quedan, al igual que los de cadenas, para ámbitos muy específicos, pero el problema está en los tractores de la gama de los 180-250 CV, a los que la doble tracción sin rueda gemela les queda escasa y que podríamos llamar todavía tractores 'versátiles' que pueden circular por carretera (poco, bien es verdad, pero algo sí) y llevar aperos suspendidos, además de los arrastrados.

Pues bien, es en este segmento de potencia donde están corriendo actualmente nuestros tres corredores. Como resultado de su esfuerzo aparece el sistema de rodadura por... ¿cadena?, ¿correa?, ¿banda? de goma. Llegados a este punto, y después de dos juegos de interrogaciones, puede ser interesante detenerse en la elección del término más correcto para designar estos tractores.

LA POLÉMICA ESTÁ SERVIDA: DESIGNACIÓN ESPAÑOLA ADECUADA PARA ESTE TIPO DE TRACTORES

En la terminología inglesa se les llama tractores Rubber Belt Track, que traducido literalmente sería cadena de correa de goma, algo que, en es-

“Existen argumentos de muy diferente índole que pretenden sostener una denominación u otra para este tipo de tractores”

pañol, es una redundancia, además de una inexactitud. En este sistema no hay cadena, si consideramos la definición del Diccionario de la Lengua Española. Aquí no hay eslabones sino una correa continua que se adhiere a una rueda propulsora de la que recibe el movimiento sinfín entre ésta y una rueda tensora.

De acuerdo con las clasificaciones actuales de tractores sería posible caer en la tentación de la 'oruga', pero, si seguimos tirando de diccionario, admitiremos que no se acomoda en absoluto porque este tractor no es una planta, ni una mariposa (eso lo puedo asegurar). También se sugiere el término 'banda', al que entiendo que le falta espesor, pues banda se refiere a cinta angosta y aquí tenemos una señora correa armada de hilos de acero. Después de reflexionar sobre el tema,

me inclino por CORREA DE GOMA, pero para que cada uno pueda tener su propia opinión, en el cuadro adjunto aparecen las definiciones del Diccionario de la Real Academia Española, a cuyo lema de "limpia, fija y da esplendor" apelo para que nos sirva de guía. Como en otras ocasiones (recordemos la bendita toma de fuerza, producto de una traducción directa del francés o las "sembradoras de precisión", cuya precisión está por demostrar) es posible que el término final que se imponga no sea el más correcto, pero estamos todavía a tiempo de pensar. Quede, al menos, desde estas páginas, el intento de buscar el término más apropiado aunque lejos de mi ánimo las imposiciones de los intransigentes y permaneciendo siempre abiertos a otras propuestas más correctas.



LO QUE DICE EL DICCIONARIO

BANDA: Cinta ancha que se lleva atravesada desde un hombro al costado opuesto. Conjunto de tambores y cornetas. Cuerpos de músicos no militares

CINTA: Tejido largo y angosto de seda, hilo u otra cosa parecida de uno o más colores que sirve para atar, ceñir y adornar. Tira de papel, celulosa u otra materia flexible.

CADENA: Serie de muchos eslabones enlazados entre sí. Cadena sinfín: conjunto de piezas metálicas, iguales, articuladas entre sí, que forman un circuito cerrado.

CORREA: Tira de acero. Cadena de transmisión: Cinta de cuero o de otro material, unida en sus extremos que, en las máquinas sirve para transmitir el movimiento rotativo de una rueda o polea a otra.

ORUGA: Planta herbácea anual. Larva de los insectos lepidópteros. Llantana articulada, a manera de cadena sinfín, que se aplica a las ruedas de cada lado del vehículo y permite a éste avanzar por terreno escabroso.

LA CORREA DE GOMA
DE LOS TRACTORES
JOHN DEERE 8000T

No es la primera vez que desde estas páginas se comentan las características generales de los tractores de correa de goma y sus diferencias con los de ruedas. Con motivo de la presentación de los tractores Claas-Challenger se analizaron estos tractores específicamente diseñados como tractores de correa de goma.

Ahora hemos visto los tractores John Deere 8000/8000T de potencias entre 185 a 260 CV de ruedas y correa de goma, estos últimos con estructura de correa de goma triangular.

Las características dimensionales del sistema de rodadura de los tractores de correa de goma John Deere 8200T y 8300T se muestran en la figura 1.

Existe una rueda motriz, de 1.54 m de diámetro y una rueda tensora delantera, de 0.69 m. Con esta configuración, el ángulo de inclinación de la correa superior es de 10.53°, con lo que el ángulo de contacto de la rueda motriz con la correa es de 201°. La transmisión de la potencia se realiza de la rueda motriz a la correa

Como se puede observar, existen tres anchuras posibles de correa, de 41, 61 y 76 cm y están fabricadas en una sola pieza. Cuanto más ancha es la correa, menor presión sobre el terreno, pero más difícil es ‘clavarla’ en suelo duro. El espesor de la correa de goma es de 3.5 cm y lleva una armadura de cables de acero. Por la parte externa lleva 54 parejas de garras (tacos), de 5.08 cm de altura y separados entre sí una distancia de 15.24 cm. Por la parte interna sobresalen los tacos de guiado que se meten en el canal que llevan las ruedas motriz y tensora a fin de impedir el desplazamiento lateral de la correa. La altura de los tacos de guiado es de 8.9 cm (figura 2)

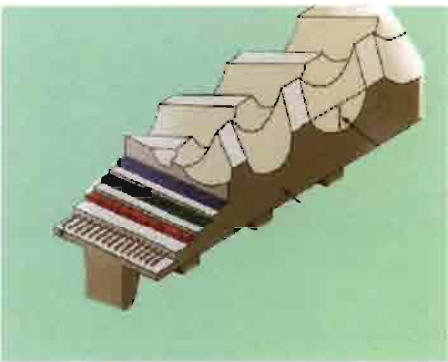
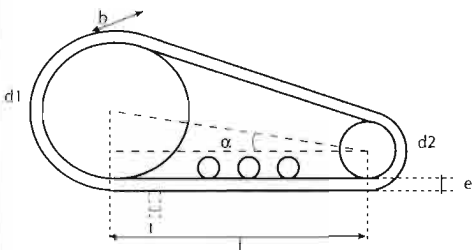


Figura 2.-
Estructura de la correa de goma

CARACTERÍSTICA		JD 8000T
Potencia tdf	(CV)	185/210/230/260
Masa en vacío	M (kg)	10725 (*)
Diámetro rueda motriz	d1 (m)	1.54
Diámetro rueda tensora	d2 (m)	0.69
(Nº) y diámetro rodillos apoyo	(ud) (m)	(3) 0.37
Batalla	l (m)	2.26
Longitud de poyo de la correa	l'' (m)	2.45
Anchura correa	b (m)	0.41 - 0.61 - 0.76
Espesor correa	e (m)	0.035
Ángulo inclinación correa	α (º)	10.53
Ángulo de contacto correa/rueda motriz	β1 (º)	201
Ángulo de contacto correa/rueda tensora	β2(º)	159
Área teórica de la huella con cada correa	A (m²)	1.85 - 2.76 - 3.44
Presión teórica apoyo con cada correa (**)	p (kPa)	57 - 38 - 31
Paso de las garras de la correa	t (m)	0.15
Nº de parejas de tacos	(ud)	55
* Peso en vacío		
** Con el peso en vacío		
En negrita, configuración estandar		

Figura 1.- Características dimensionales de la correa de goma de los tractores JOHN DEERE serie 8000T

GEOMETRÍA DE LA
CORREA



$$\text{tang } \alpha = (d1-d2)/2l$$
$$\beta1 = 180 + 2\alpha$$
$$\beta2 = 360 - \beta1$$
$$A = 2lb$$
$$p = 101.3 \text{ M}/10330A$$

LA COMPARACIÓN
RUEDA/CORREA DE
GOMA

Con los tractores de la serie 8000/8000T John Deere apuesta por la innovación y la versatilidad máxima al ofrecer simultáneamente las dos configuraciones en la misma serie.

La serie 8000 se ha diseñado para llevar ambos sistemas de rodadura. Hay muchos elementos comunes y sólo algunos componentes, además del propio sistema de rodadura, son diferentes. Por ello, resulta inmediato preguntarse por el campo de aplicación de cada sistema: ¿se enfrentan o se complementan? Y qué pasa con los conceptos clave, como compactación, estabilidad, la estabilidad de guiado, la maniobrabilidad y muchas otras cosas.

Nadie mejor que el propio padre de las criaturas para contestar. John Deere ofrece los argumentos a favor de la rueda y la correa de goma. Como es natural, al destacar las ventajas de una se pone algo en evidencia la otra, pero no se trata de buscar defectos, no es cuestión de enfrentar, sino de sumar ventajas, de justificar la conveniencia de cada sistema para ayudar al usuario en la elección del producto que le conviene.

No es, pues, Kramer contra Kramer, sino ‘Deere & Deere’ en el suelo maldito.

Veamos sus razones

RUEDAS Y CORREAS DE GOMA



VENTAJAS DE LAS RUEDAS

- Mayor rapidez en el cambio de vía
- Mayor confort en el transporte
- Menor coste inicial
- Mejor adaptación en hileras curvas
- Mejor comportamiento en los giros
- Mayor estabilidad
- Menores vibraciones
- Reducido daño al cultivo en los cabeceros
- Menor daño a los cultivos en línea
- Mayor velocidad de transporte

La sincera opinión de John Deere

VENTAJAS DE LAS CORREAS DE GOMA

- Mayor maniobrabilidad
- Mayor confort en suelos irregulares
- Más capacidad de tracción en suelos blandos
- Menor consumo de combustible en suelos blandos
- Más flotación en suelos húmedos
- Mayor tracción en terrenos en pendiente
- Facilidad en el enganche de aperos
- Facilidad de mantenimiento y regulación del sistema de rodadura

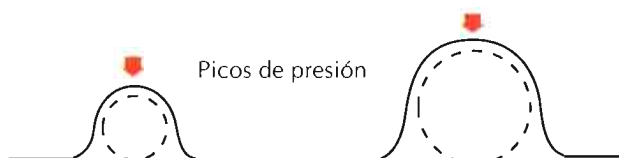


CUESTIONES GENERALES ACERCA DE LAS RUEDAS Y LAS CORREAS DE GOMA

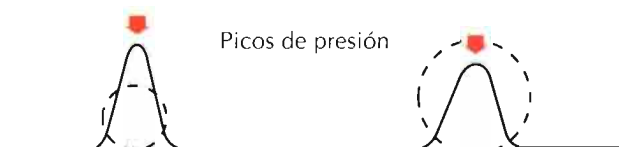
LA COMPACTACIÓN: Lo que es frente a lo que parece

“No hay diferencias significativas entre uno y otro sistema en el control de la compactación”.

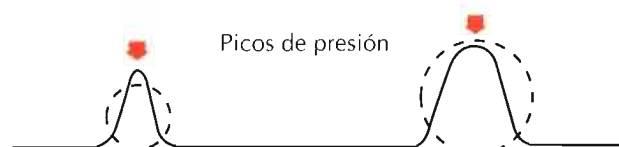
Colocamos en el suelo sensores de presión para medir lo que realmente sucede bajo el sistema de rodadura del tractor.



Presión teórica o aparente en el tractor de ruedas

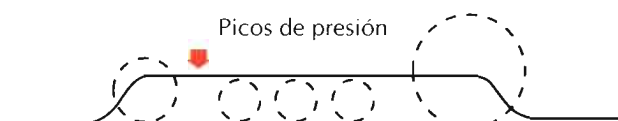


Presión real en el tractor de ruedas sin apero



Presión real en el tractor de ruedas con apero

En un tractor de ruedas lastrado adecuadamente (equipado con ruedas radiales anchas y correctamente infladas) la presión media en la huella es sólo 7-14 kPa mayor que la de inflado. Incluso con carga, la presión no aumenta de manera sustancial. Esto es debido a que las ruedas se aplastan y alargan para aumentar el área de contacto con el terreno.



Presión teórica o aparente en el tractor de ruedas
Presión estática media: Peso del tractor dividido por área total de las correas



Presión real en el tractor de ruedas sin apero



Presión real en el tractor de correas de goma sin apero

La creencia de que la presión bajo una correa es constante no es cierta. De hecho, cada uno de los ejes existentes sobre la correa (el de la rueda motriz, el de la rueda tensora y los de los rodillos de apoyo) crea un pico de presión. Sin apero, los picos son bastante uniformes en toda la longitud de la zona de contacto con el suelo. Cuando se realiza tracción, la presión aumenta considerablemente desde la rueda tensora a la motriz. De hecho, el pico de presión a nivel de ésta última puede ser 3-3 veces superior a la presión estática media, es decir, puede llegar a 165kPa.

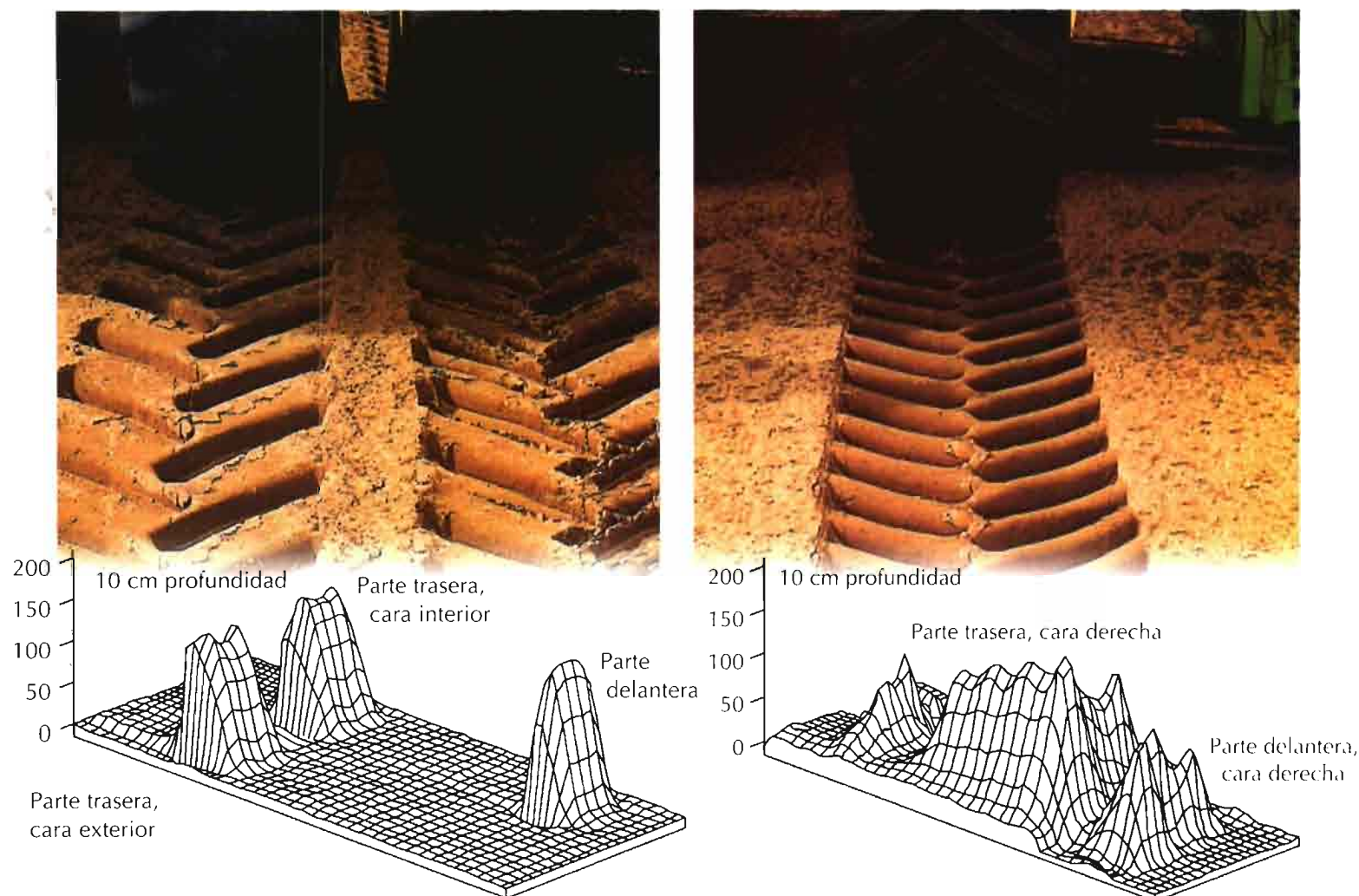


Figura 3.- Presión transmitida al terreno con un tractor de ruedas y de correa de goma

La Ohio State University ha realizado unos ensayos para medir la influencia del sistema de rodadura por ruedas y correas de goma sobre algunas propiedades del suelo relacionadas con la compactación, como el Índice de Cono, la densidad aparente, la porosidad y la permeabilidad del terreno.

En la figura 4 aparecen los valores medidos de porosidad a distintas profundidades en un suelo en 5 condiciones de ensayo: Sin tráfico; tras el paso de un tractor con ruedas gemelas equipados con neumáticos radiales anchos inflados a la presión más baja recomendada para la carga que lleva en el eje; con un tractor de correa de goma de 89 cm de anchura; con un tractor de correa de goma de 64 cm de anchura y con un tractor de ruedas con neumáticos no inflados correctamente. El análisis de los

resultados obtenidos pone de manifiesto que la menor compactación, después de la parcela testigo corresponde a los tractores con ruedas correctamente infladas, seguidos de los

de correas y, por último, el tractor con ruedas infladas a mayor presión de la debida.

La consecuencia: No compacta el peso que llevas sino cómo lo llevas.

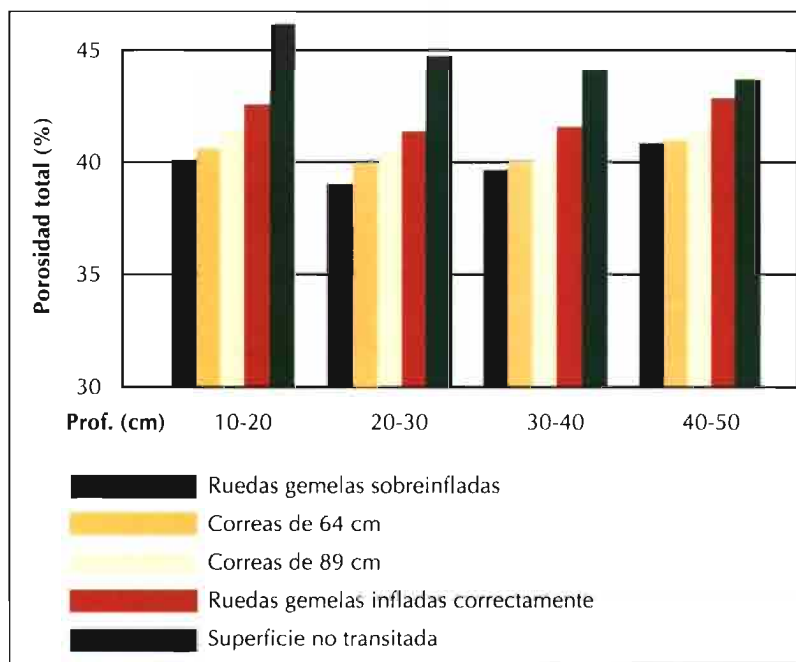


Figura 4.- Resultado de los ensayos de tracción en condiciones controladas, con trayectorias en línea recta. En suelo duro, hay muy poca diferencia en el deslizamiento y la eficiencia en tracción.

CAPACIDAD DE TRACCIÓN: Comparación ruedas - correas de goma

“En condiciones controladas, las correas se ven favorecidas, pero en campo las diferencias no son tan grandes”.

En ensayos controlados, la capacidad de tracción se mide en trayectorias rectas. No hay vueltas en los cabezcos ni necesidad de realizar ajustes en la dirección.

Como era de esperar, en suelos de baja capacidad portante, estas condi-

ciones favorecen al tractor de correa de goma. En suelos duros, sin embargo, hay muy poca diferencia entre la eficacia de las correas respecto a las ruedas radiales anchas infladas correctamente. Esto se puede observar en la figura 5.

RUEDAS FRENTA A CORREAS: COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRACCIÓN

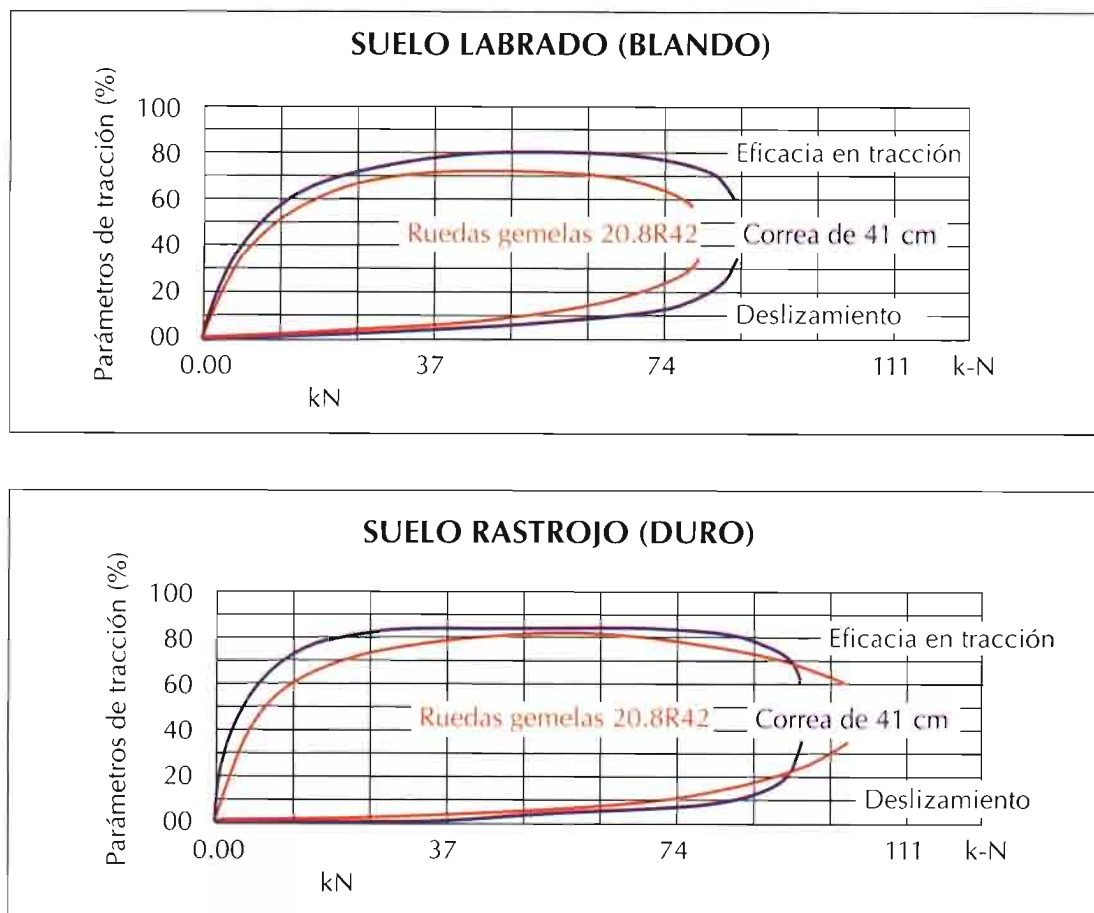


Figura 5.- Resultado de los ensayos de tracción en condiciones controladas, con trayectorias rectas. En suelo duro hay muy poca diferencia en el deslizamiento y la eficiencia en tracción en ruedas y correas de goma.

Cuando las condiciones del ensayo son más parecidas a las reales, los resultados pueden sorprender. El Atlanta Farm Machinery Research Center (Canadá) obtuvo los resultados que aparecen en la figura 6. No hay mucha diferencia en el comportamiento en tracción del tractor de ruedas y correas de goma. La productividad (medida en ha/h) y el consumo de combustible, medido en l/ha, son casi

iguales. ¿Por qué? Muy simple. Lo que se gana en eficiencia en tracción se pierde en otras cosas. Recuerde... hay que emplear potencia... y consiguientemente, combustible... para dirigir las correas. Las pérdidas debidas a la resistencia a la rodadura y al gobierno de la dirección en las correas reducen la productividad y afectan negativamente a la eficiencia.

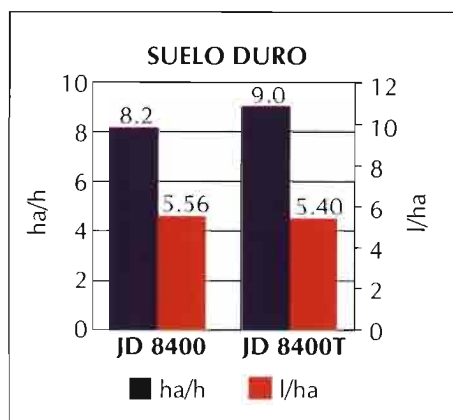


Figura 6.- Resultados de los ensayos de tracción en condiciones reales de campo en el Atlanta Farm Machinery Research Center. Comparación de la capacidad de trabajo y consumo de combustible en un tractor de ruedas y otro de correas de goma en suelo duro y blando.



El tractor se maneja mejor con correas... y el apero se maneja mejor con ruedas

Hay ciertos aspectos del manejo del tractor que hay que considerar al comparar los tractores de ruedas y de correas de goma. Para que sean comparables, el de ruedas debe llevar ruedas gemelas traseras, infladas a baja presión (de acuerdo a la carga por eje). La presión, como sabemos, hay que comprobarla regularmente y modificarla si se cambia de apero. Además, el peso del tractor debe ser el

adecuado. Recuerde: el lastre no es un accesorio, sino que forma parte integrante del tractor... tanto si es de ruedas como si es de correas de goma. En la tabla 2 aparece la guía de lastrado de John Deere para los tractores de la serie 8000/8000T. Los tractores 8000T de correa de goma pueden llevar hasta 20 contrapesos frontales de 50 kg, además de masas de lastre traseras (en el eje de las ruedas motrices) y centrales, entre la rueda motriz y la tensora, capaces de asegurar el apoyo de la cadena en cualquier condición

El objetivo del correcto lastrado del tractor es la búsqueda de un desli-

zamiento óptimo y el aprovechamiento de la potencia máxima del tractor con la mejor eficiencia posible. En la tabla 3 aparecen los valores del deslizamiento correspondientes a la eficiencia en tracción máxima para los

Modelo	Deslizamiento óptimo (%)
8000 MFWD	8-12
8000T	2-5

Tabla 3.- Deslizamiento óptimo para los tractores de la serie 8000

TABLA 2- LASTRES RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE

Modelo	Potencia (kW-CV)	Nº contrapesos frontales (de 50 kg/u)	Contrapesos laterales y traseros (kg)	Relación peso/potencia (kg/kW)	Reparto peso delante/detrás % peso total
8100	136 (185)	20	1360	80	35/65
8100T	136 (185)	12	0	85	55/45
8200	155 (210)	20	1360	80	35/65
8200T	155 (210)	12	0	80	55/45
8300	170 (230)	20	1770	75	35/65
8300T	170 (230)	10	200	75	55/45
8400	191 (260)	20	1770	70	35/65
8400T	191 (260)	20	900	70	55/45

tractores John Deere de la serie 8000.

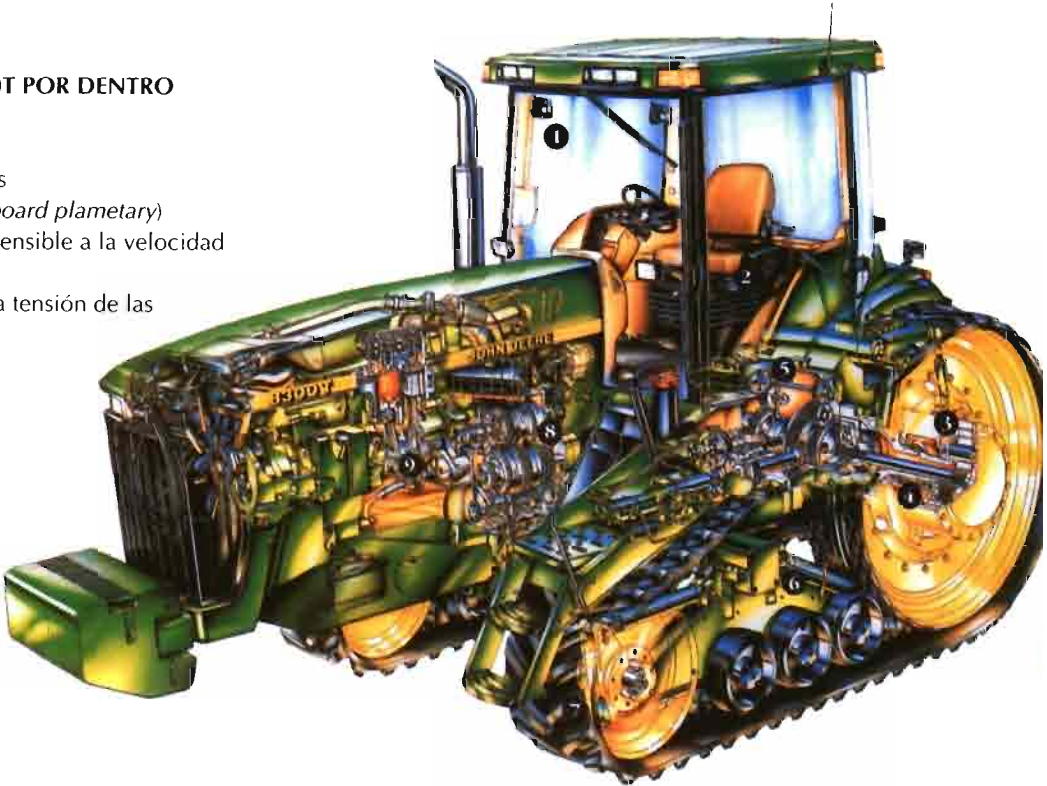
En cuanto a los aperos suspendidos, los tractores de correa de goma se comportan de manera distinta a los de ruedas. El enganche se ha diseñado específicamente de manera que los aperos se coloquen más cerca del eje de la rueda motriz para mejorar la estabilidad y ayudar a minimizar el efecto de la transferencia de peso, tan importante en estos tractores, siendo recomendable que los aperos suspendidos lleven ruedas de control de la profundidad.

Figura 7.- EL TRACTOR JOHN DEERE 8000T POR DENTRO

- 1.- Cabina TechCenter
- 2.- Asiento regulable
- 3.- Ajuste del ancho de vía con 8 posiciones
- 4.- Reducciones finales por planetario (*outboard planetary*)
- 5.- Diferencial con control de la dirección sensible a la velocidad (*inboard planetary*)
- 6.- Acumulador de presión para mantener la tensión de las correas
- 7.- Correa de goma
- 8.- Transmisión de cambio en carga con 16 marchas
- 9.- Motor de 8.1 litros

CARACTERÍSTICAS
DE LOS TRACTORES
JOHN DEERE 8000T

La serie 8000T se compone de 4 modelos. Todos ellos son iguales a los de la serie 8000 de ruedas, salvo en el sistema de rodadura, el diferencial y el enganche trasero. El resumen de las características técnicas principales aparece en la tabla 7. Como se puede comprobar, admite una amplia gama de posibilidades en la colocación de lastres, con un máximo de 1 150 kg de masas frontales, 1 400 kg (en total) en los laterales y hasta 900 kg en las ruedas motrices. Todo ello hasta un máximo de 12 698 kg. Los pesos sin lastres pero con correas dependen de la anchura de éstas, lo que explica los distintos valores de la presión teórica media sobre la huella que se manejan. La colocación de los contrapesos laterales se realiza sobre un soporte similar al frontal y con contrapesos de 50



kg iguales a los frontales, lo que facilita el intercambio y la facilidad de colocación. Dispone de 8 anchos de vía posibles, con valores entre 1.6 y 2.2 m.

La transmisión de la potencia a las correas se hace por fricción entre la correa y la rueda motriz. Ésta, a su vez, recibe la potencia desde el diferencial y las reducciones finales. El diferencial es distinto al de sus ‘hermanos’ de ruedas, pues incorpora un sistema planetario (*inboard planetary*) para gobernar la dirección del tractor. Un motor hidráulico modifica la relación de la velocidad de los semipalieres para aumentar la velocidad de la correa exterior y retrasar la de la

inferior, de manera que se produzca el giro del tractor. La respuesta de la dirección es sensible a la velocidad del vehículo y ajusta el caudal de la bomba hidráulica para garantizar el control del tractor.

La reducción final es por engranaje planetario en el cubo de la rueda motriz, el llamado *outboard planetary*. Cuando la velocidad de avance es inferior a 0.4 km/h y la transmisión está en punto muerto o con una marcha engranada y el pedal del embrague pisado, se puede producir la contrarrotación, es decir, que el tractor gire sobre su propio eje. Sin embargo, en la posición de estacionamiento, la dirección no funciona. 🔥

Característica	Unidad	8100T	8200T	8300T	8400T
Potencia	CV	185	210	230	260
Masa en vacío	kg	10725			
Masa con correas	kg	11876/12226/12576 (anchura de 41/61/76 cm)			
Peso máximo con lastres	kg	12698			
Lastres delanteros	Ud(kg)	20 de 50 kg y soporte de 150 kg. Total : 1150 kg			
Lastres laterales	Ud(kg)	14 de 50 kg en cada lado y soporte de 150 kg. Total : 1550			
Lastres traseros	Ud(kg)	3 de 150 kg en cada rueda motriz. Total : 900 kg			
Área teórica de huella	m²	1.85/2.76/3.44 (anchura de 41/61/76 cm)			
Presión teórica	kg/cm²	0.57/0.38/0.31 (anchura de 41/61/76 cm)			
Presión teórica con correas	kg/cm²	0.65/0.44/0.37 (anchura de 41/61/76 cm)			
Nº de marchas (AV/R)	Ud	16/4			
Velocidad max. AV/R	km/h	30.2/9.3			
Regulaciones del ancho vía	nº	8			
Ancho vía	mm	1525/1627/1729/1831/1933/2035/2137/2239			

Tabla 4.- Características técnicas de los tractores JOHN DEERE 8000T