

## Trabajos de tracción: influencia de la rodadura y el patinamiento

Hay que minimizar estas pérdidas, inevitables, para aumentar el rendimiento de las labores

**E**l aspecto cuantitativo de los trabajos de tracción, en un trabajo mecanizado, se realiza midiendo la potencia desarrollada, pero, no sólo es importante conocer el valor de esta potencia, sino que es muy importante conocer su rendimiento; es decir, la relación existente entre esta potencia desarrollada y la consumida para su obtención.

En la práctica, se sabe que en los trabajos de tracción en el campo difícilmente se consiguen rendimientos superiores al 60% en relación con la potencia generada por el motor del tractor. Este alto porcentaje de pérdidas se debe a dos causas fundamentales:

- Pérdidas por rodadura. Proceden del esfuerzo que se tiene que realizar para desplazar los equipos a través de las bases de rodadura (ruedas o orugas).
- Pérdidas por deslizamiento o patinamiento. Proceden de que la rueda dé vueltas sin avanzar o que por cada vuelta no se avanza lo que correspondería por el radio de la misma.

Estas pérdidas son inevitables, pero hay que intentar minimizarlas en su conjunto, a fin de obtener el mayor rendimiento posible en estos trabajos. En su valor interviene el tipo de tractor utilizado, el apero empleado, el tipo de suelo en el que se desarrolla la labor, así como las regulaciones hechas en el conjunto tractor-implemento e, incluso, en la forma de ejecutar la labor. Algunas veces sucede que, tras sustituir en la explotación el tractor por otro de mayor potencia nominal del motor, se comprueba que el nuevo no puede trabajar con aperos a tracción habitualmente empleados con el tractor sustituido.

### Rodadura

La fuerza de rodadura es la que se opone al movimiento de una rueda por el efecto del hundimiento o aplastamiento que ésta padece, lo que es generado por la deformación del terreno y la rueda a causa de la presión mutua entre las superficies de contacto. Su valor depende de varios factores:

- Peso que soportan las ruedas o bases de rodadura.
- Tipo y estado del terreno.

*Los trabajos de tracción, arrastre o tiro siempre han tenido una gran importancia en la agricultura. En sus inicios, se desarrollaban trabajos de tracción humana o animal y, más tarde, con la evolución de la mecanización, de tracción mecánica. La importancia de estos trabajos en el sector agrario puede intuirse por el hecho de que el tractor, máquina por excelencia del medio rural, debe su nombre a este tipo de trabajos.*

- Juan Antonio Boto Fidalgo.** Dr. ingeniero agrónomo. Profesor titular de Mecanización.
- Javier López Díez.** Ingeniero agrónomo. Profesor titular de Labores de Cultivo.
- Víctor Marcelo Gabella.** Ingeniero agrónomo. Profesor ayudante.
- Pablo Pastrana Santamarta.** Ingeniero agrónomo. Profesor ayudante. Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria (Universidad de León).



El tipo de suelo influye en la tracción del tractor.

- Tipo de la base de rodadura.
- Diámetro y presión de aire en los neumáticos (en ruedas neumáticas).

El valor de esta fuerza de oposición al movimiento se puede obtener a partir del producto, peso del conjunto del equipo de tracción por un coeficiente, conocido como "coeficiente de rodadura"; éste, para tractores con ruedas neumáticas, puede asociarse exclusivamente al tipo de suelo; utilizando frecuentemente los siguientes valores:

**Fuerza rodadura (N) = Peso del equipo (kg) x 9,8 (N/kg) x Coeficiente de rodadura**

### Patinamiento

También llamado deslizamiento o resbalamiento, consiste en el giro de las ruedas sin producir el avance correspondiente a su longitud de circunferencia. Su medida se representa por el nivel de patinamiento "s<sub>pat</sub>", que se obtiene de la siguiente expresión:

**Nivel patinamiento "s<sub>pat</sub>" = (velocidad teórica - velocidad real) / velocidad teórica**

siendo, la velocidad teórica, la que correspondería al equipo si no hubiera patinamiento (cada vuelta de la rueda avanza toda su longitud) y velocidad real, la que realmente se consigue.

La existencia de patinamiento por las ruedas motrices se puede explicar porque la fuerza de tracción ejercida por las ruedas sobre el suelo supera su fuerza de rotura por cizallamiento. Esta rotura del suelo implica dos acciones:

- Vencer las fuerzas con que se mantienen unidas las partículas del suelo, que dependerán de la fuerza de cohesión con que se mantengan unidas las partículas y de la superficie de contacto que se ha de romper.
- Vencer las fuerzas derivadas del rozamiento de unas partículas sobre otras una vez han quedado sueltas, que dependerán de las características de las partículas que se han de desplazar (coeficiente de rozamiento interno) y el peso que soportan.

Sabemos que las fuerzas de cohesión tienen más importancia en los suelos arcillosos y las de rozamiento interno en los suelos arenosos; esto nos permite modificar la fuerza de ro-





En los trabajos de tracción en campo no suele lograrse un rendimiento superior al 60%.

tura de un suelo (o la fuerza de tracción aplicada sobre él con un determinado nivel de patinamiento) actuando sobre el equipo de tracción:

- En un suelo arcilloso, será interesante montar cubiertas de elevada superficie de contacto, con lo que se incrementará la fuerza de rotura del suelo debido a la cohesión.
- En un suelo arenoso, será interesante incrementar el peso que descarga sobre los ejes y ruedas motrices, con lo que se incrementará la fuerza de rotura del suelo debido al rozamiento interno.

### Fuerza de tracción

Se sabe que la fuerza de tracción que desarrolla una rueda motriz depende de la fuerza periférica que le llega a la cubierta (es función del par que llega a su eje y el radio de trabajo) y de la fuerza de rodadura (ésta resta su valor de la fuerza periférica); es decir, para una determinada potencia del motor del tractor que permite llegar al eje de la rueda un par y un régimen (para una marcha determinada de la caja de cambios) se dispondrá de menor fuerza de tracción cuanto mayor sea la fuerza de rodadura y viceversa.

**Fuerza de tracción " $F_{tra}$ " = Fuerza periférica a la rueda - Fuerza de rodadura**

Por otra parte, la fuerza de tracción desarrollada ( $F_{tra}$ ) por una rueda motriz, o para el conjunto de una unidad de tracción (tractor), es función del nivel de patinamiento (**figura 1**); es decir, a medida que aumenta el nivel de patinamiento, se incrementa la fuerza de tracción desarrollada, aunque ese incremento es menor a medida que aumentan los niveles de patinamiento.

Por supuesto, los valores de esta fuerza de tracción (para una misma potencia al eje de la rueda) pueden ser muy distintos según el peso que soporta la rueda, el tipo de suelo donde se tracciona o la cubierta utilizada.

### Potencia de tracción

La potencia de tracción (a la barra o de tiro) viene definida por el producto de la fuerza de tracción desarrollada y la velocidad real alcanzada o velocidad de avance del trabajo.

**Potencia de tracción " $P_{tra}$ " (W) = Fuerza de tracción (N) x velocidad real (km/h)/3,6**

La potencia, en función del patinamiento ( $s_{pat}$ ), se representa por una curva que toma los valores más altos para niveles de patinamiento comprendidos entre 0,05 y 0,2 (**figura 2**).

Esta forma de la curva explica que, con bajo patinamiento, la fuerza de tracción es muy baja y por tanto la potencia también, y con un eleva-





do patinamiento, la fuerza de tracción es más elevada, pero se reduce la velocidad real, con lo que la potencia disminuye.

## Rendimiento de tracción

El rendimiento de tracción viene definido por la relación entre la potencia de tracción desarrollada por las ruedas y la potencia que llega a sus ejes.

**Rendimiento de tracción " $h_{tra}$ " = Potencia de tracción/Potencia al eje de las ruedas**

Si se representa en función del patinamiento, se puede comprobar cómo los valores máximos se encuentran entre niveles de patinamiento para los que la potencia también es máxima (figura 3).

## Aplicación

El análisis de los trabajos de tracción permite asegurar que su rendimiento, factor esencial en la economía de la labor, es función del patinamiento que presenten las ruedas o bases de rodadura.

La representación del rendimiento de tracción permite comprobar que existen unos intervalos de patinamiento en los que el rendimiento es elevado, pero que si salimos de esos valores, el rendimiento disminuye mucho su valor. De una forma general, esos intervalos estarían comprendidos entre los siguientes valores:

- Tractores de simple tracción: patinamientos entre el 10 y el 20% ( $s_{pat}$  de 0,1 a 0,2).
- Tractores de doble tracción: patinamientos entre el 5 y el 15% ( $s_{pat}$  de 0,05 a 0,15).

Dentro de estos intervalos, los valores más bajos corresponderán a terrenos más difíciles de romper (terrenos secos y duros) y los más altos, a suelos más fáciles de romper (terrenos labrados y blandos).

El patinamiento se puede estimar por las huellas que dejan las ruedas sobre el suelo, se puede calcular en campo midiendo las velocidades teórica y real o se puede conocer en los tractores que incorporan un radar, simplemente, visualizando este valor.

El patinamiento de un tractor en una situación determinada se puede modificar de diferentes formas, como son las siguientes:

a) Cambiar de marcha en la caja de cambios; con ello se consigue que, para un determinado régimen del motor, varíe el par en el eje motriz y, como consecuencia, la fuerza periférica en las cubiertas de las ruedas

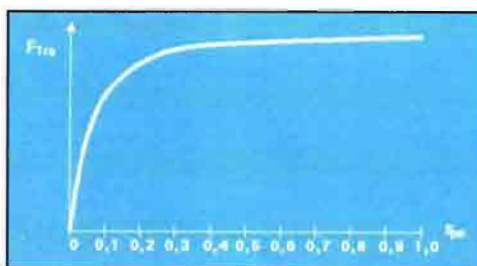


Fig. 1. Fuerza de tracción función del patinamiento.

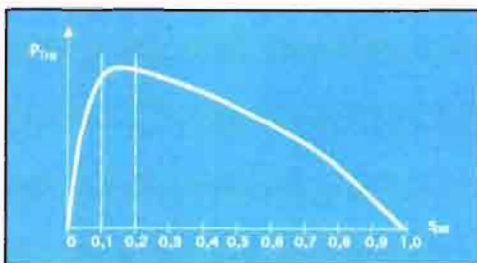


Fig. 2. Potencia de tracción función del patinamiento.

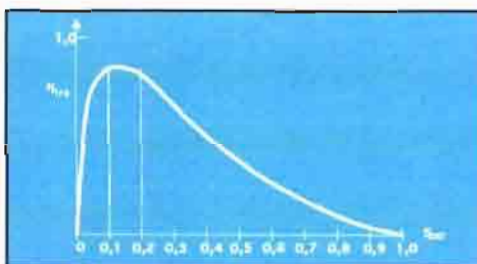


Fig. 3. Rendimiento de tracción función del patinamiento.

neumáticas; velocidades más largas reducen el patinamiento.

b) Cambiar el valor de esfuerzo en los mandos de control del automatismo del elevador hidráulico; un menor esfuerzo implica una menor fuerza de tracción y, como consecuencia, un menor patinamiento.

c) Bloqueo de los diferenciales; haciendo solidario el movimiento de las ruedas motrices, el patinamiento global del tractor se reduce.

d) La doble tracción; en tractores de doble tracción, la conexión de la tracción en ambos ejes implica que todo el peso del tractor sirve para traccionar; además, se mejora la superficie de contacto entre base de rodadura y suelo; la doble tracción reduce el patinamiento global del tractor.

e) El lastrado de los ejes motrices; el incremento del peso sobre las ruedas motrices implica, en idénticas condiciones de trabajo, una reducción del patinamiento (permite utilizar mayor fuerza de tracción), especialmente en terrenos arenosos.

f) Superficie de contacto "base de rodadura-suelo"; en ruedas neumáticas, un incremento del ancho de las cubiertas, o una disminución de la presión de inflado del neumático, permite la utilización de una mayor fuerza de tracción (especialmente en terrenos arcillosos); una mayor superficie de contacto "cubierta-suelo" reduce el nivel de patinamiento.

Además de las posibilidades apuntadas para modificar el nivel de patinamiento, actualmente, muchos tractores incorporan funciones de trabajo pensadas en los trabajos de tracción, dentro de éstas, se pueden incluir las siguientes:

- Control de patinaje; es un control automático del elevador hidráulico del enganche tripuntal que permite, mediante la variación de altura del brazo del elevador (profundidad de trabajo y fuerza de tracción desarrollada), mantener constante (o impedir que suba de un determinado porcentaje) el nivel de patinamiento durante los trabajos de tracción.

- Tracción total; es una función de trabajo, normalmente optativa, que permite mantener acoplada la doble tracción y los bloqueos de los diferenciales durante el trabajo mientras no se produzcan determinadas condiciones, como pueden ser, elevadas velocidades de avance o determinados ángulos de giro en el volante de dirección.

c) Marchas en carga; estas marchas, que se cambian sin tener que pisar el embrague principal del tractor, permiten variar la velocidad de avance (variar la relación de transmisión entre el motor y el eje de las ruedas) sin detener el movimiento del tractor, lo que representa una gran ventaja en cuanto a la eficiencia de la labor (tiempo requerido para hacer la labor en una determinada parcela). ■



## BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores.