

LAS CADENAS METÁLICAS EN LOS TRACTORES

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y SU COMPORTAMIENTO EN EL GIRO



Para completar el análisis de los sistemas de propulsión por cadena que se utilizan en los tractores agrícolas, analizamos los parámetros que permiten su dimensionamiento, así como los efectos que se producen en la cadena cuando el tractor aborda un giro.

Apoyo de la cadena en el suelo

Para evitar el desgaste de las cadenas y mantener una elevada eficiencia se recomienda que el deslizamiento nunca supere el 10%, incluso en los suelos blandos.

Interesa que la cadena reciba una carga vertical uniformemente distribuida que permita el agarre sobre toda la superficie de apoyo de manera eficiente a medida que aumenta el esfuerzo de tracción. Para ello, además de colocar el centro de gravedad de los tractores ligeramente por de-

lante del centro de las cadenas, se busca que los apoyos estén próximos entre sí.

La flexibilidad de la cadena, unida a la separación entre los rodillos de apoyo, sus dimensiones y grado de elasticidad del apoyo entre el rodillo y el bastidor, modifica la uniformidad en la

que se distribuyen las presiones sobre el suelo a lo largo del apoyo.

Experimentalmente, se ha determinado que hay una concentración de presiones debajo de los rodillos de apoyo; en el caso de que la distancia entre los rodillos de apoyo se aproxime a la longitud de los eslabones de la cadena se conseguiría un apoyo más uniforme (Figura 1). Se considera suficiente que la distancia entre rodillos de apoyo esté entre 1.5 y 1.7 veces la longitud del eslabón de la cadena, aunque esta distribución uniforme sólo puede considerarse como aproximada.

El dimensionamiento de la cadena para los tractores agrícolas puede hacerse de manera aproximada utilizando la expresión:

$$p = 100 + N$$

siendo:

p = paso del eslabón de la cadena (mm).

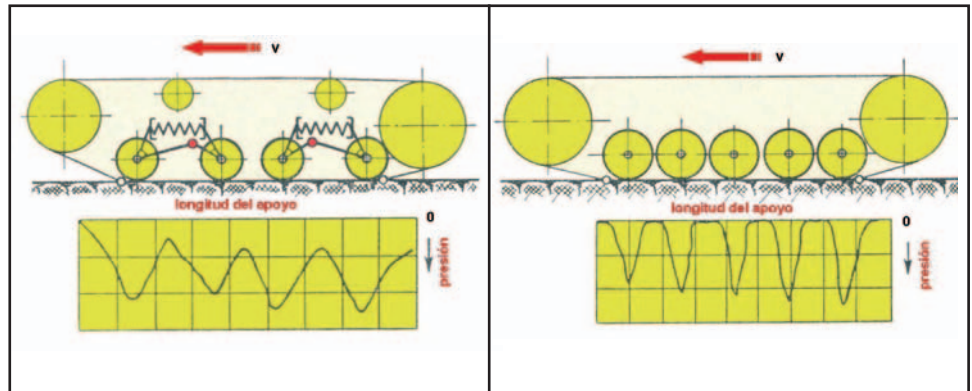
N = potencia del motor (kW).

La anchura de la teja debe ser de 2.0 – 2.5 veces el paso del eslabón, pudiendo llegar a 3 veces cuando se tiene que trabajar sobre suelos muy blandos (turba).

Para zonas de montaña se recomienda la cadena de teja estrecha, ya que realiza mejor el apoyo sobre superficies inclinadas e irregulares. En los demás casos puede utilizarse la teja de anchura normal, o más ancha si así lo exige la capacidad portante del suelo.

Las presiones medias sobre el suelo para una cadena de uso agrícola se encuentran por debajo de 0.5 bar, frente a los 0.8 bar de las ruedas neumáticas de los tractores. El comportamiento de la cadena en comparación con la rueda, para el caso de los tractores agrícolas, permite un aumento de la capacidad de tracción entre un 30% (suelo duro) y un

FIGURA 1.– VARIACIÓN DE LA PRESIÓN SOBRE EL SUELO EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA



Fuente: Chudakow, mod.

60% (suelo blando), aunque la resistencia a la rodadura es mayor para la cadena.

La duración de la cadena en condiciones normales de uso (suelos no excesivamente abrasivos) puede ser de 1.5 a 2.0 veces la del neumático equivalente.

Como ventaja adicional de este tipo de propulsor se encuentran la de bajar el centro de gravedad del vehículo que la monta, lo que hace que mejore su estabilidad lateral y mayores posibilidades para poder superar grandes obstáculos. En general, se adaptan mejor a operaciones agrícolas que se realizan a baja velocidad y que demandan mayores esfuerzos de tracción.

Dinámica del giro con vehículos de cadenas

En el cambio de dirección de la cadena, aumentan considerablemente las resistencias que opone el suelo a su movimiento. Este incremento hace que también lo haga la resistencia a la rodadura del tractor, con la correspondiente pérdida de potencia adicional.

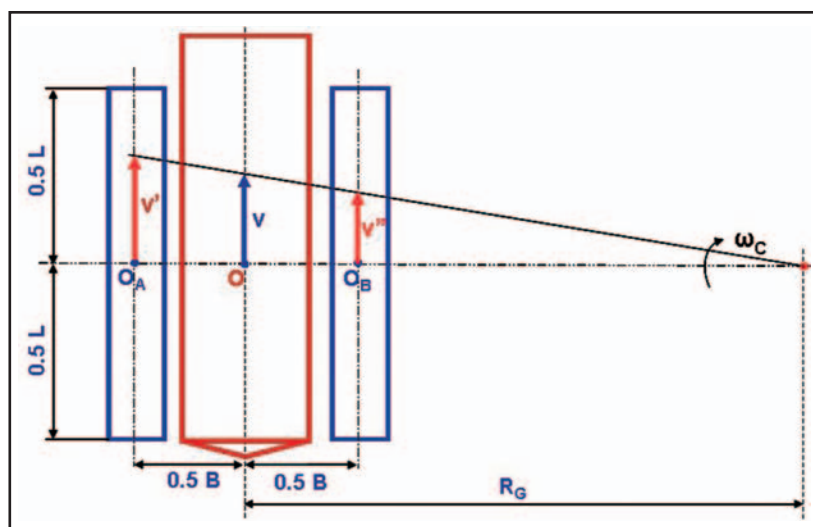
Cinemática del giro

En el momento del giro, las ruedas motrices de las cadenas giran a distinta velocidad, de manera que la velocidad lineal de la cadena correspondiente se modifica.

El movimiento en curva del tractor con dos cadenas se pue-



FIGURA 2.- CINEMÁTICA DEL GIRO DEL TRACTOR DE CADENAS



de considerar como la suma de dos movimientos: el de avance con el que se venía desplazando antes de iniciar el giro, y una rotación alrededor del centro instantáneo de giro (Figura 2). Esto es equivalente a una rotación alrededor de un punto situado a una distancia igual al radio de giro, con velocidad de rotación de:

$$\omega_G = v \times R_G$$

siendo:

v = velocidad de desplazamiento en la línea media.

R_G = radio de giro.

En consecuencia, las velocidades en los centros instantáneos de giro de cada cadena (O_A y O_B) serán

$$\begin{aligned} v' &= \omega_G \times (R_G + 0.5 \times B); \\ v'' &= \omega_G \times (R_G - 0.5 \times B) \end{aligned}$$

siendo:

B = anchura de vía del tractor.

El radio de giro del vehículo R_G será:

$$R_G = 0.5 \times B \times (v' + v'') / (v' - v'')$$

Las velocidades en cada una de las cadenas serían proporcionales a las frecuencias de rotación de las ruedas motrices co-

respondientes, si se considera que no se produce patinamiento.

Para conseguir velocidades diferentes en las cadenas se utilizan distintos mecanismos:

- Diferenciales, que aseguran que la velocidad media de avance del tractor en la curva es igual a la que tiene antes de iniciar el viraje. O sea: $v = 0.5 \times (v' + v'')$
- Mecanismos con embragues en ambos semiejes, en los cuales el semieje adelantado conserva la velocidad inicial. O sea, $v = v'$
- Mecanismos combinados, que producen una reducción de la velocidad de ambas cadenas.

El sistema de dirección por embragues y frenos en cada uno de los semiejes es el más frecuentemente utilizado en los tractores agrícolas con cadena metálica.

En este análisis de la cinemática del giro no se ha tenido en cuenta que se produce patinamiento en ambas cadenas. La cadena adelantada siempre patina, y la retrasada, o bien patina si participa en la propulsión, o bien resulta arrastrada si está frenada y sobre ella actúan las reacciones del suelo.

Esto tiene como consecuencia la modificación del radio de giro del tractor R_G , que se hace mayor a medida que se intenta reducir el radio de giro y es menor la adherencia de las cadenas en el suelo. Los valores experimentales obtenidos indican que el radio de giro real suele ser de 1.4 y 1.8 veces mayor que el radio teórico calculado por diferencia de velocidades de rotación de las ruedas motrices de cada cadena, variando en función de las condiciones del suelo y del esfuerzo de tracción.

Momento de resistencia al giro

Cuando la cadena tiende a girar alrededor de su centro instantáneo de rotación, el suelo se opone a este giro con una fuerza proporcional a la carga sobre la





cadena y a la longitud de la misma.

La cadena tiende a hundirse en el suelo, por lo que se puede definir un coeficiente específico de resistencia al giro (μ_G) que tenga en cuenta las reacciones del suelo sobre la cadena. Considerando que este coeficiente específico se mantiene a lo largo de toda la cadena, se llega a establecer que el momento de resistencia al giro del tractor sería:

$$M_G = \mu_G \times P \times L / 4$$

siendo:


μ_G = coeficiente específico de resistencia al giro.

P = masa del tractor.

L = longitud del apoyo de la cadena en el suelo.

Así, el momento de resistencia al giro es más elevado cuanto mayor es la longitud de apoyo de las cadenas, la masa del tractor y el coeficiente específico de resistencia al giro.

Este coeficiente depende de las propiedades mecánicas del suelo, de la estructura del conjunto de la cadena y de la profundidad a la que estas se hunden en el suelo. También influyen las condiciones de giro, especialmente el radio, de manera que cuanto menor es el radio de la

 **ES RECOMENDABLE**
QUE EL DESLIZAMIENTO
NUNCA SUPERE EL 10%,
INCLUSO EN SUELOS
BLANDOS 

curva descrita mayor es este coeficiente.

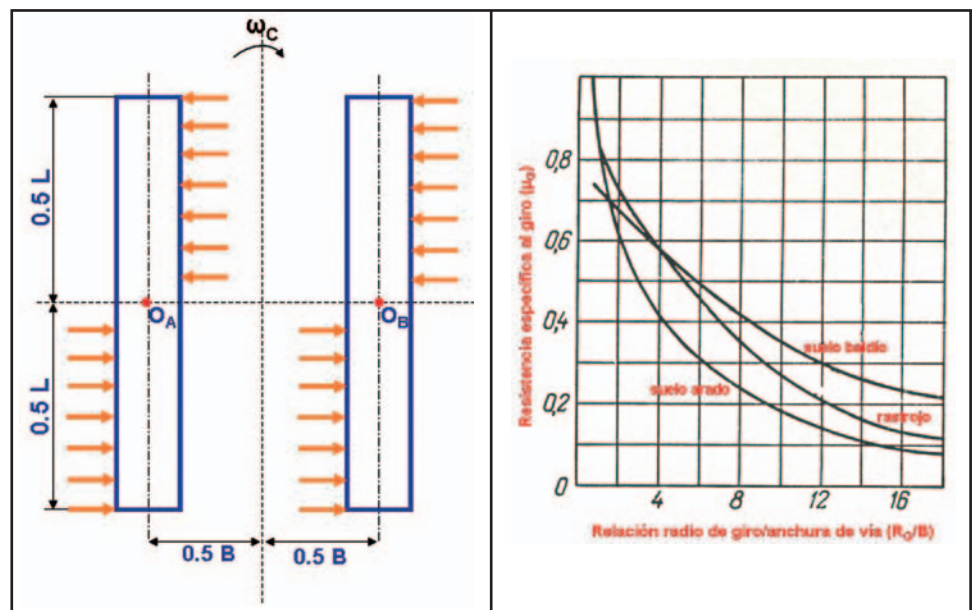
En la Figura 3 se presentan las curvas experimentales obtenidas con el tractor ruso DT-54, para distintos tipos de suelo, en función de la relación entre el radio de giro teórico y la anchura de vía del tractor. Se observa que, en cualquier caso, se produce una considerable reducción del coeficiente de resistencia al giro a medida que aumenta el radio de giro. Asimismo, cuanto más blando está el suelo más rápidamente se reduce el valor de este coeficiente.

Resistencia a la rodadura durante el giro

En el giro del tractor de cadenas, se produce un aumento de la resistencia a la rodadura con respecto a la que existe cuando se desplaza en línea recta. Este aumento de la resistencia a la rodadura es consecuencia:

- Del incremento de los rozamientos secos en el tren de rodadura por la mayor presión sobre guías y rebordes de la cadena.
- De la tierra que entra en el tren de rodadura, especialmente en suelos blandos, dificultando el movimiento de los rodillos

FIGURA 3.— RESISTENCIA DEL SUELO AL GIRO DE LAS CADENAS



Fuente: Chudakow.



- Del aumento de la profundidad de la huella, especialmente en virajes cerrados sobre suelos más blandos

Según Chudakov, el coeficiente de resistencia a la rodadura durante el giro se puede calcular utilizando la fórmula experimental:

$$k_G = k \times \{1 + 15 / [15 + (R_C / B)]\}$$

siendo:

k_G = coeficiente de resistencia a la rodadura durante el giro.

k = coeficiente de resistencia a la rodadura en recta.

R_C = radio de giro.

B = anchura de vía del tractor.

Este aumento de la resistencia a la rodadura, que se suma al



LA CADENA METÁLICA EN LOS TRACTORES AGRÍCOLAS CUMPLE SU PAPEL EN EL TRABAJO DE TRACCIÓN EN SUELOS FUERTES Y EN PENDIENTES

incremento del esfuerzo de tracción que en este momento puede producir el apero arrastrado, es lo que hace aconsejable trabajar con los tractores de cadenas preferentemente en línea recta.

■ A modo de conclusión

Se puede decir que la cadena metálica que se utiliza en los tractores agrícolas ha cumplido y sigue cumpliendo su papel para el trabajo de tracción en suelos

fuertes y en pendiente que frecuentemente aparecen en muchas zonas de los países ribereños del Mediterráneo, aunque la generalización de la doble tracción, unida a nuevas generaciones de neumáticos de baja presión le han quitado protagonismo.

La limitación en la velocidad de los tractores agrícolas de cadenas, en unos tiempos en los que todo hay que hacerlo deprisa, y su incompatibilidad con la circulación por vías pavimentadas, limita el mercado.

Los tractores de bandas de goma acuden en su ayuda, pero no hay que considerarlos como alternativa a los de cadena metálica, ya que no compiten con ésta en cuanto a su capacidad de tracción a baja velocidad, sino con los tractores de ruedas de gran potencia, al aumentar la superficie de apoyo sin superar las limitaciones de anchura máxima en circulación que dificulta la utilización de las ruedas gemelas en determinadas zonas geográficas. ■

 **LUIS MÁRQUEZ**