

**El sistema hidráulico de un tractor se puede considerar uno de sus elementos más importantes ya que, por una parte, permite un control preciso de los aperos que se enganchan en el tripuntal, mientras que, por otra, ofrece una energía que puede ser utilizada en máquinas y aperos enganchados al tractor, simplificando considerablemente la transmisión del movimiento**

**respecto a lo que ofrecen sistemas mecánicos. Como consecuencia, desde hace años, se vienen incluyendo en los ensayos oficiales de los tractores, realizados de acuerdo con los códigos de la OCDE, unas pruebas específicas para el sistema hidráulico, consideradas del mismo nivel de interés que las que realizan para medir la potencia disponible en la toma de fuerza.**

**E**sta información, que constituye uno de los principales argumentos de venta de los tractores en algunos países de la Unión Europea, apenas se considera en el ámbito de la agricultura española. En ocasiones parece que la referencia a la potencia del motor medida en la toma de fuerza (potencia 'homologada') es lo más importante; sin embargo, en bastantes tractores, por la insuficiencia en el sistema hidráulico, como consecuencia del bajo caudal que pue-

den ofrecer sus bombas, pero sobre todo por la escasa capacidad de elevación que se puede conseguir en el enganche tripuntal, quedan limitadas las prestaciones que podría suministrar el tractor cuando realiza trabajos de tracción.

Pasemos a analizar de una manera sistemática los elementos que componen el sistema hidráulico del tractor, así como los requisitos mínimos que debe de ofrecer en función del peso del mismo y de la potencia disponible.

## LOS COMPONENTES ESENCIALES

En primer lugar, hay que indicar que el sistema hidráulico del tractor debe de permitir el control preciso del enganche en tres puntos que siempre aparecen en la parte trasera de los tractores agrícolas y en algunos casos en la frontal.

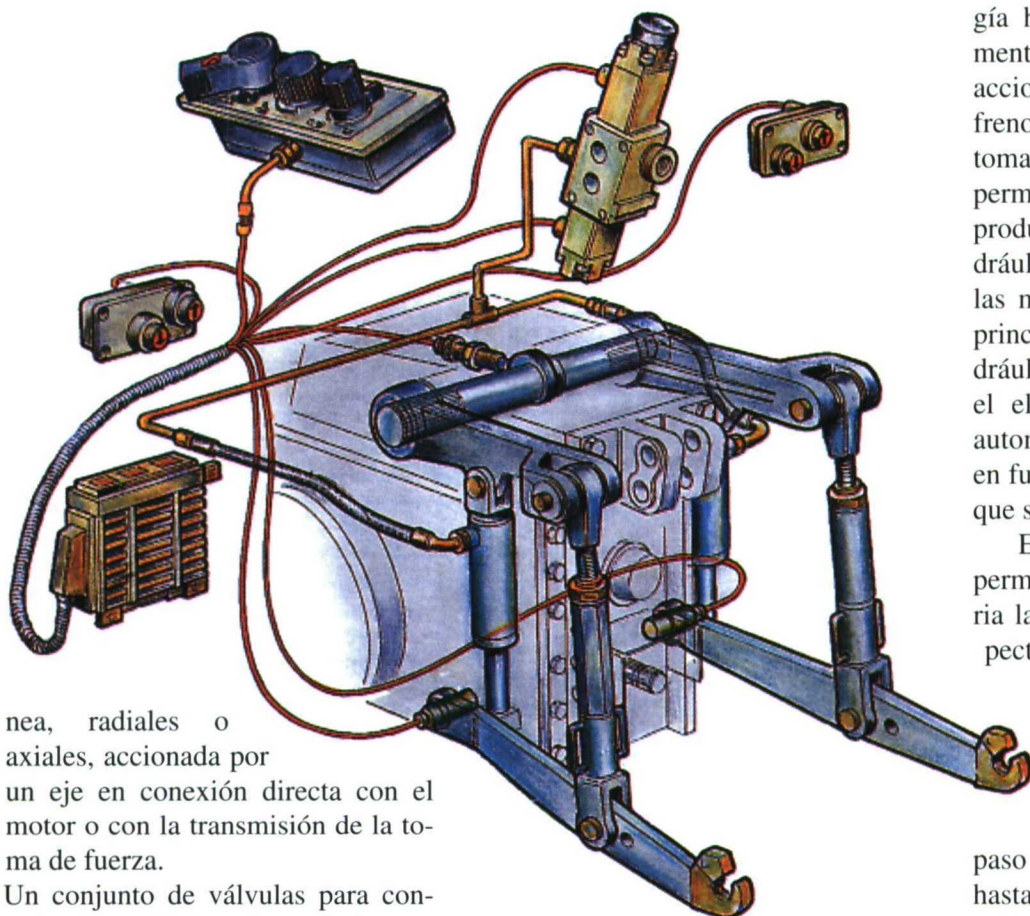
En la totalidad de los tractores que se encuentran en el mercado, este elevador utiliza uno o varios cilindros hidráulicos que reciben aceite a presión impulsado por una bomba, de manera que al desplazarse el émbolo en el interior del cilindro, por la entrada del aceite, giran hacia arriba los brazos del elevador, que son los que arrastran a los brazos inferiores del enganche tripuntal.

La parte hidráulica del sistema está compuesta por:

- Un depósito que contiene el aceite, el cual puede estar situado en el mismo conjunto elevador o en la caja de transmisiones, en cuyo caso también se utiliza para la lubricación de los engranajes.
- Una bomba impulsora, que puede ser de engranajes o de pistones en lí-



Banco de ensayo para el sistema hidráulico de tractores (EMA, Madrid).



nea, radiales o axiales, accionada por un eje en conexión directa con el motor o con la transmisión de la toma de fuerza.

- Un conjunto de válvulas para controlar la apertura y cierre de los pasos de aceite a los cilindros.
- Un actuador formado por uno o varios cilindros de simple o de doble efecto.
- Una válvula limitadora de la presión máxima del aceite en el sistema, o un dispositivo equivalente que modifica el caudal de impulsión de la bomba en función de la presión.
- Uno o varios filtros para retener las impurezas del circuito arrastradas por el aceite.

La mayoría de los sistemas hidráulicos de los tractores modernos utilizan circuitos con el retorno de aceite al depósito bloqueado, de manera que todas las conducciones tienen aceite a presión, con lo que la respuesta del sistema es más rápida, aunque el conjunto es más complejo y costoso.

**“ El sistema hidráulico permite controlar, de manera precisa, los aperos enganchados en el tripuntal ”**

## EL CONTROL DEL ENGANCHE TRIPUNTAL

Con independencia de las ventajas que proporciona el empleo de la ener-

gía hidráulica en los diferentes elementos del tractor, como ayuda en el accionamiento de la dirección, de los frenos, etc., o en el exterior, a partir de tomas hidráulicas normalizadas, que permiten utilizar la energía hidráulica producida para accionar motores hidráulicos y cilindros de todo tipo en las máquinas acopladas al tractor, la principal aplicación de la energía hidráulica es la de accionar y controlar el elevador hidráulico, modificando automáticamente la posición del apero en función de las variaciones de carga que se producen durante el trabajo.

El sistema del elevador hidráulico permite controlar de manera voluntaria la posición relativa del apero respecto al suelo. Para ello, basta actuar sobre la palanca que controla el circuito hidráulico del elevador (palanca del elevador) y desplazarla a la posición deseada. Esto hace que se abra el paso de aceite de entrada al cilindro hasta que la leva que controla la válvula de paso deja de empujar, lo que sucede en el momento en que el apero ha alcanzado la posición deseada. Para

hacer descender el apero basta actuar en sentido contrario, con lo que se abre la válvula que da salida al aceite del cilindro. Esto es lo que se conoce como ‘control de posición’.

También es posible realizar un control automático con el apero trabajando (‘control de carga’) de manera que las variaciones del esfuerzo de tracción que se producen

en el apero, a partir de la posición inicial, sirven para accionar un dispositivo que hace subir o bajar el apero para mantener constante la carga sobre el tractor.

El control del esfuerzo de tracción que hace actuar al sistema auto-

mático de variación de profundidad de trabajo se realiza generalmente por el brazo superior del enganche en tres puntos o por el conjunto de los brazos inferiores.

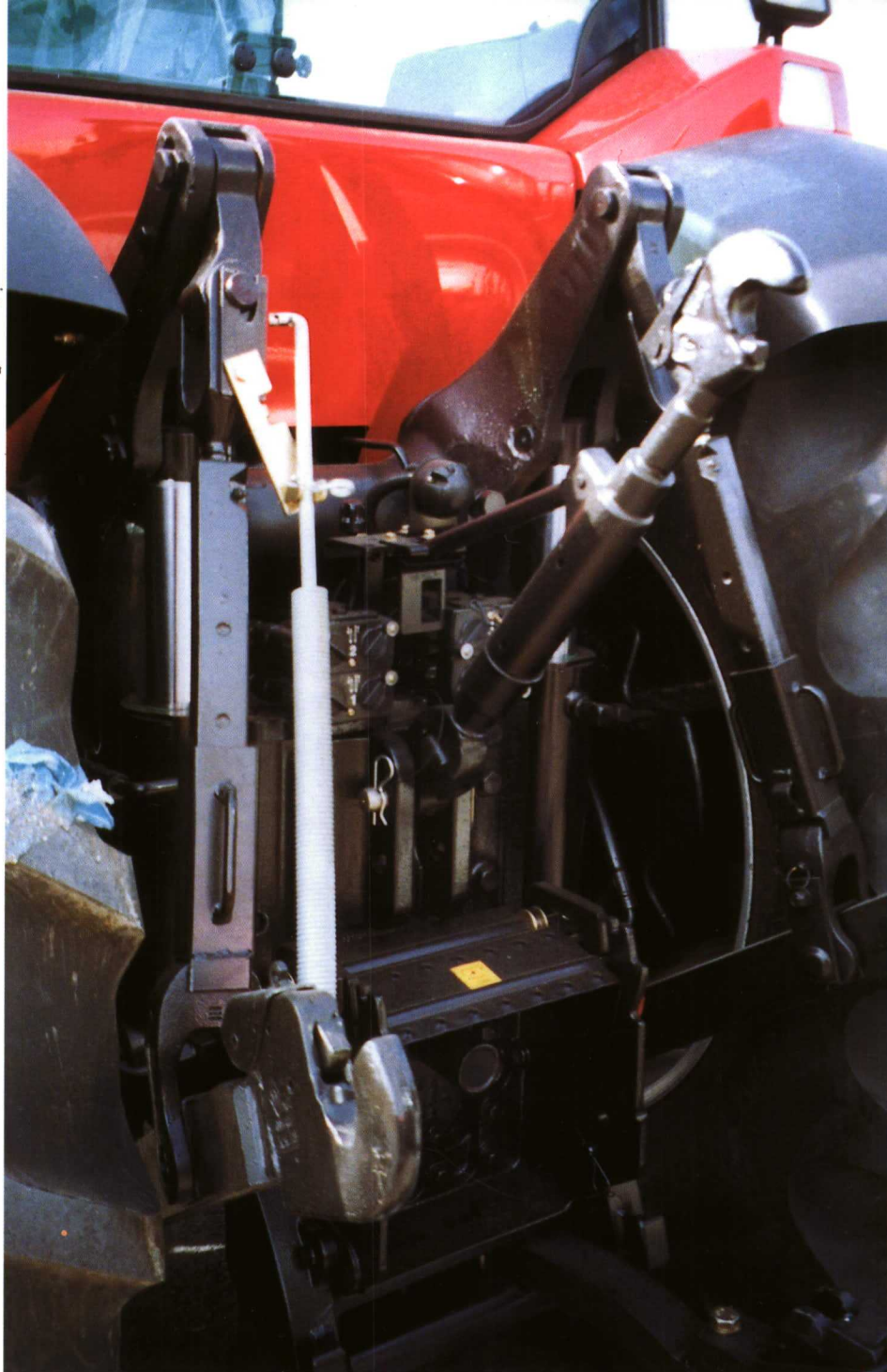
En el primer caso actúan sobre el apoyo del brazo superior en el tractor fuerzas de tracción y compresión que se modulan con un resorte apropiado a partir del cual se modifica la posición de la leva que controla la entrada y salida de aceite del cilindro. Un aumento del esfuerzo de tiro incrementa la presión del apoyo sensible del tercer punto y abre la válvula de paso del aceite al cilindro, de manera que se produce la elevación del apero. Cuando se reduce el esfuerzo, la operación se invierte y el apero desciende.

Si el control del esfuerzo se reali-

## “ En grandes tractores, el control de esfuerzo se realiza desde los brazos inferiores del elevador ”

za sobre el conjunto de los brazos inferiores, las variaciones de éste se detectan a partir de un elemento sensible, que puede ser un eje flexible a cuyos extremos van unidos los brazos inferiores del enganche, o un elemento sometido a torsión por recibir descentrada la tracción que se produce en los brazos exteriores. En cualquier caso, la señal se envía hasta la leva que controla el paso del aceite hasta el cilindro.

Los sistemas de control por los brazos inferiores pueden actuar también con aperos semisuspendidos y se utilizan preferentemente en los tractores de mayor potencia, mientras que



en los tractores pequeños el control por el brazo superior es el más generalizado ya que proporciona mejor respuesta con aperos que demandan menor esfuerzo de tracción, aunque exige que se respeten las cotas de enganche para que la sensibilidad sea la adecuada.

La respuesta del sistema de control de carga se puede modificar variando la geometría de las palancas que controlan las válvulas de paso del aceite al cilindro elevador, de manera que resulte influenciada también por la posición. Este control 'mixto' permite mejorar el comportamiento de determinados aperos que deben trabajar a profundidad casi constante.

El control del esfuerzo de tracción puede efectuarse, además de por los

brazos del enganche tripuntal, de manera indirecta con un captador que detecta las variaciones de carga en la transmisión del motor a las ruedas. Esto puede ser ventajoso en los grandes tractores cuando se desea controlar aperos semisuspendidos.

### LA ELECTRÓNICA SE IMPONE

El empleo de la electrónica ha permitido mejorar todo el conjunto de control de manera que puede modificarse la sensibilidad de respuesta de manera muy precisa. Para ello se disponen dos tipos de sensores: unos situados en cada brazo inferior del elevador, que son los mismos bulones

que unen los brazos al tractor, los cuales detectan el esfuerzo y lo transforman en una señal eléctrica; otros situados en conexión con el eje de los brazos del elevador para detectar la posición relativa del enganche y convertirla también en una señal eléctrica.

A partir de estas señales la electrónica permite controlar las válvulas de paso de aceite al cilindro elevador (electroválvulas) y programar su funcionamiento con límites notablemente amplios.

El sistema electro-hidráulico así concebido ha dejado de limitarse al control exclusivo del elevador y se ha convertido en lo que se conoce como 'monitor' del tractor.

En él se han incorporado las señales procedentes de otros captadores como los que, mediante un radar de baja frecuencia, detectan la velocidad real de avance del tractor, la velocidad de giro de cada una de las ruedas motrices, el estado de los frenos, el ángulo de las ruedas directrices e incluso el estado de funcionamiento del motor y la relación del cambio utilizada.

La entrada de estos datos en un microprocesador permite optimizar el funcionamiento del tractor al recibir el

usuario las informaciones oportunas, o bien actuando directamente sobre los diferentes sistemas como el bloqueo del diferencial, la conexión de la tracción delantera, la modificación de la relación del cambio utilizada y el

## “ En el ensayo del sistema hidráulico se valoran tanto el caudal de la bomba como la capacidad de elevación ”

régimen de funcionamiento del motor. Esto es algo que empieza a generalizarse en los modelos altos de la gama para muchos fabricantes, ya que su coste resulta relativamente reducido frente al coste total de fabricación, e incrementa notablemente la productividad que se consigue con el tractor.

### ENSAYO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Este ensayo permite valorar, por una parte, el caudal de aceite y la potencia hidráulica que puede suministrar la bomba, y, por otra, la capacidad máxima de elevación que se puede conseguir en el recorrido de los brazos inferiores del enganche tripuntal.

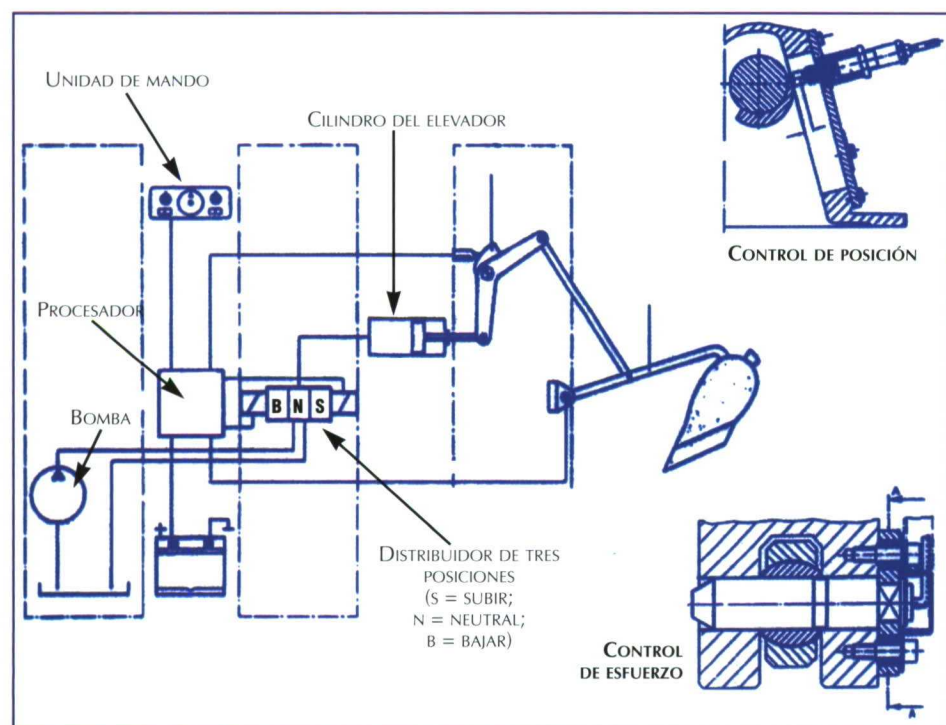
#### Caudal y potencia hidráulica

Para medir el caudal y la potencia hidráulica que suministra la bomba, con el motor a régimen de funcionamiento nominal, se hace pasar el aceite procedente de una toma unida a la conducción principal de la bomba por un medidor de caudal (caudalímetro) a la vez que se le obliga a atravesar una válvula que estrangula la salida.

A medida que se opone mayor resistencia al paso del aceite, el caudal que puede suministrar la bomba varía, registrándose estos valores para poder determinar el caudal máximo, a la vez que se mide la presión con la que trabaja el sistema.

Normalmente, el caudal se reduce ligeramente con la presión hasta que se llega a un valor a partir del cual empieza a actuar la válvula limitadora de presión que protege al sistema hidráulico del tractor, que abre progresivamente para descargar el aceite antes de que se lleguen a producir averías. Una representación gráfica del caudal que suministra la bomba en función de la presión queda reflejada en el Gráfico 1, correspondiente al ensayo de un tractor John Deere 7410 (Ensayos OCDE nº 1709 y 1710).

La potencia disponible se calcula como producto del caudal suministrado por la presión a la que trabaja el sistema. En cualquier caso, no conviene que la presión de trabajo supere el 90% del valor al que se encuentra ajustada la válvula de seguridad, para evitar pérdidas de energía por laminación del aceite que escapa al depósito, y el consiguiente aumento de la temperatura del mismo.



Esquema de funcionamiento de un sistema hidráulico moderno con control electrónico.

### Capacidad de elevación

Este ensayo permite valorar el comportamiento del sistema cuando se colocan aperos pesados en el enganche tripuntal.

El ensayo consta de dos partes: una medida realizada en la barra de enganche que une los brazos inferiores y otra sobre un bastidor normalizado que simularía el del apero.

“ La medida de la capacidad de elevación se realiza en los brazos inferiores o utilizando un bastidor normalizado ”

Para este ensayo se sitúa el tractor en una plataforma horizontal, colocando unos gatos en el cuerpo del tractor que eviten que aumente la deformación de las ruedas cuando se incrementa la carga sobre el enganche.



A la vez, el tractor se amarra al suelo por la parte frontal para evitar que se levante cuando el esfuerzo sobre el enganche tripuntal supere el peso que gravita sobre el eje delantero.

Situado de esta manera, con el motor a régimen nominal, se coloca la palanca del elevador en la posición que permita que los brazos inferiores alcancen la posición más alta, a la vez que se aplica una fuerza hacia abajo en una barra colocada entre las rótulas de los brazos inferiores para que se vaya aproximando al suelo.

Aumentando progresivamente la fuerza aplicada en los brazos inferiores se puede medir la fuerza máxima que soporta el sistema en cada posición de los brazos inferiores del enganche, lo que permite conocer el valor máximo que podría soportar el enganche en todo el recorrido.

Este ensayo se repite con un bastidor normalizado que simula lo que sucederá con un apero. Las dimensiones de este cabezal están de acuerdo con el tipo de enganche tripuntal (I, II ó III categoría dependiendo del tamaño del tractor, según se indica en la norma ISO 730)

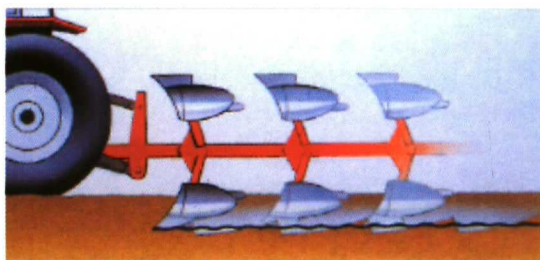
El punto sobre el que se aplica la fuerza hacia abajo con la que pretendemos valorar la capacidad de elevación se encuentra a 610 mm hacia atrás, respecto a la barra que une los brazos inferiores. De esta manera se pretende simular lo que sería el centro de gravedad

de un apero enganchado en el tripuntal. Lógicamente, la capacidad de elevación en el bastidor normalizado será algo menor que la que se consigue en los brazos inferiores del elevador.

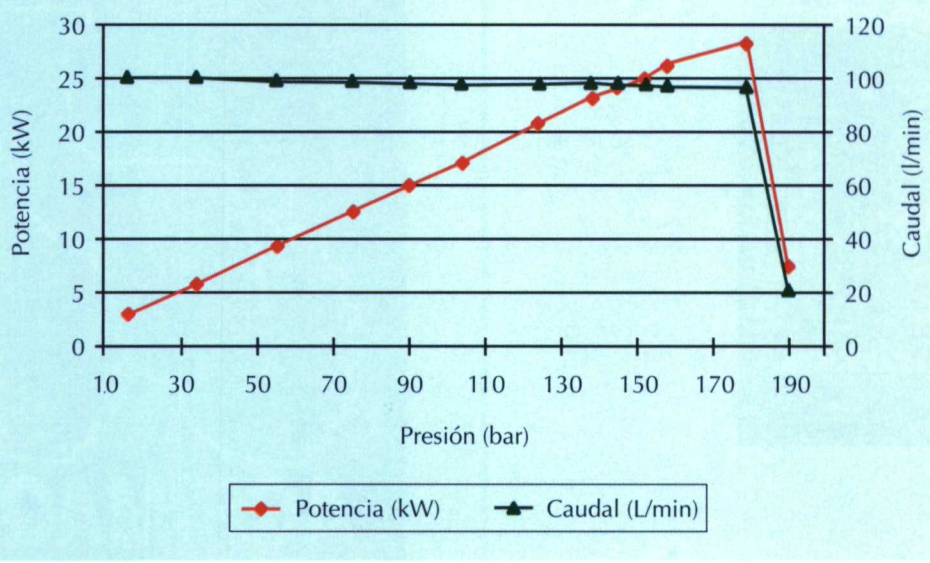
### UNOS VALORES MÍNIMOS

Tomando como referencia lo que indica la norma ISO 730, la fuerza de elevación mínima para tractores de baja potencia (hasta 65 kW de potencia de tracción) debe de ser al menos de 30 daN (aproximadamente 30 kilogramos fuerza) por cada kilovatio de potencia disponible a la barra de tiro del tractor (realizando trabajos de tracción), medidos utilizando el bastidor normalizado (fuerza aplicada a una distancia de 610 mm por detrás de los brazos inferiores).

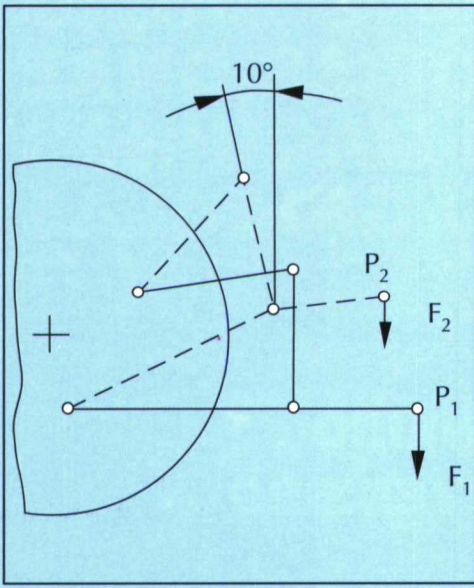
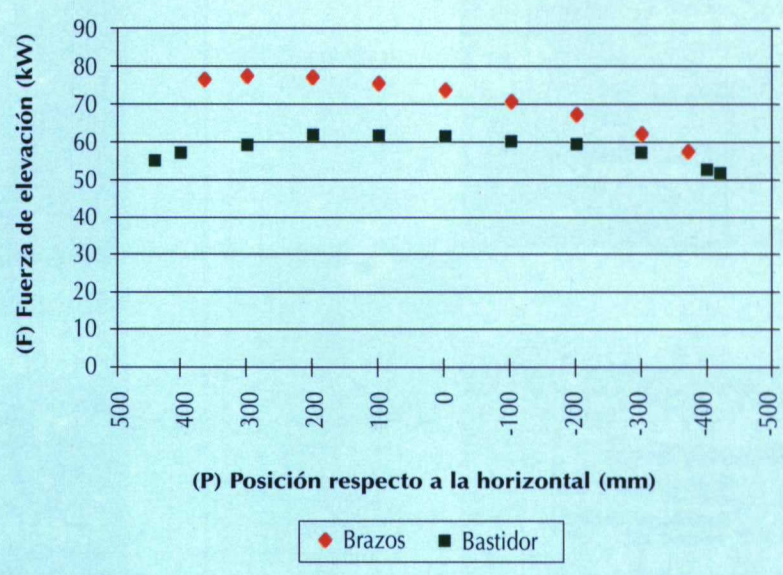
Esto significa que un tractor de 100 CV de potencia en el motor (75 kW), considerando que puede convertir como máximo un 80% de esta potencia en potencia de tracción, podría suministrar unos 60 kW de potencia a la barra, por lo que debería de poder elevar como mínimo  $60 \times 30 = 1\ 800$  daN.



**GRÁFICO 1**  
**POTENCIA Y CAUDAL DE LA BOMBA DEL TRACTOR JOHN DEERE 7710**  
 EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN DEL SISTEMA SEGÚN ENSAYO OCDE 1709 Y 1710  
 SEGÚN EL ENSAYO OCDE N.º 1676, REALIZADO SOBRE EL TRACTOR FENDT 926 VARIO  
 (MEDIDAS TOMADAS EN LAS VÁLVULAS EXTERIORES)



**GRÁFICO 2**  
 CAPACIDAD DE ELEVACIÓN (SEGÚN EL ENSAYO OCDE N.º 1676,  
 REALIZADO SOBRE EL TRACTOR FENDT 926 VARIO)



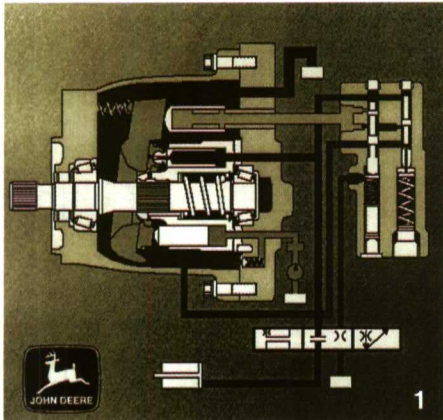
La capacidad de elevación máxima utilizando el bastidor normalizado es de 6140 daN, aunque si se considera todo el recorrido posible esta se reduce a 5210 daN. La capacidad de elevación máxima medida en los brazos inferiores siempre resulta mayor.

En los tractores grandes, con más de 65 kW de potencia de tracción, se recomiendan como mínimo 2 000 daN más 15 daN adicionales por cada kW que supera los 65. En consecuencia, un tractor de 200 CV de motor (unos 150 kW), debería de proporcionar una capacidad de elevación mínima de  $2\,000 + 15 \times (120 - 65) = 2\,825$  daN. Hay que recordar que estas medidas se refieren al ensayo efectuado con el bastidor normalizado. Se puede considerar que la capacidad de elevación

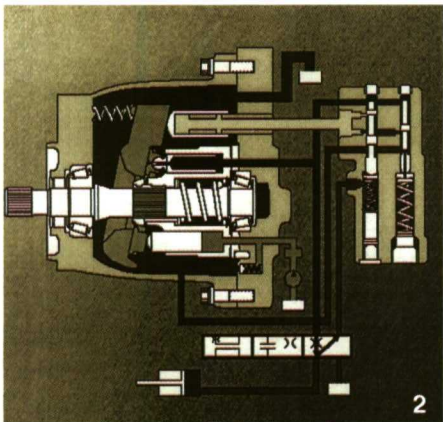
en el bastidor normalizado puede ser un 15% inferior a la que se consiguen midiendo directamente en los brazos inferiores del elevador. Para poder utilizar toda la capacidad de elevación que ofrece el sistema hidráulico del tractor, hay que utilizar masas de lastre en el frontal para evitar que las ruedas delanteras se queden sin carga dinámica, lo que reduciría su capacidad de tracción en tractores de doble tracción, o incluso impediría el control de dirección, con el

consiguiente riesgo de accidente. Por todo ello, conviene analizar lo que ofrece el sistema hidráulico de cada tractor y actuar en consecuencia, especialmente cuando se tiene que trabajar con aperos pesados o se desea utilizar el sistema hidráulico para accionamiento de los mecanismos de las máquinas arrastradas. Además, junto con la potencia hidráulica disponible, hay que considerar el volumen de aceite del que se puede disponer para servicios exter-

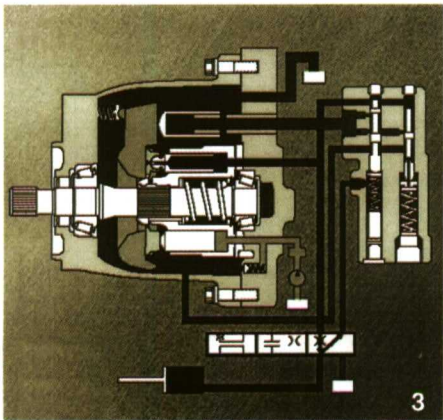
ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE PISTONES AXIALES CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA CAUDAL-PRESIÓN



1. Posición inicial: no hay demanda de aceite, con lo que el caudal que impulsa la bomba se reduce para su lubricación.



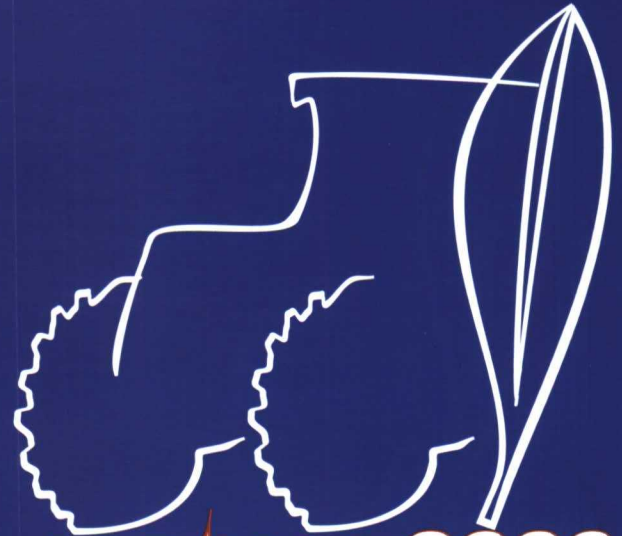
2. Suministro de aceite para accionar un cilindro hidráulico.



3. Si se supera la presión máxima admitida, el caudal de la bomba se reduce a cero (la placa que acciona los pistones toma una posición perpendicular al eje motor).

nos, ya que en la mayoría de las ocasiones, este aceite también lubrica la transmisión.

Recuerden siempre que los tractores son mucho más que un motor, por muy bueno que éste sea. El conjunto de las transmisiones, el sistema hidráulico, los dispositivos de enganche y los neumáticos son los que permiten aprovechar eficientemente la potencia que suministran los motores. ♠



**AGRIMAQ 2000**

**2º SALÃO  
PROFISSIONAL  
DE MÁQUINAS  
AGRÍCOLAS**

**28 JANEIRO  
a 1 FEVEREIRO**

**Centro de Exposições  
de Lisboa - FIL**

**Parque das Nações**

Organização

**vida  
rural**



Secretariado **AGRIMAQ 2000** - EPN, Lda.  
Rua José Ricardo, 5 - 2.º Esq. 1900-285 Lisboa - Portugal  
Tel.: 351 21 815 28 38/39/40/41 - Fax: 351 21 815 28 30  
E-mail: agrimaq2000@mail.telepac.pt

