

Clasificación energética de los tractores vendidos en España

Ante la alarmante subida de los precios del gasóleo, es muy comprensible que el agricultor a la hora de adquirir un tractor nuevo para su explotación tenga muy en cuenta la eficiencia energética de éste, y con ese ánimo, el de asesorar, se está realizando un gran esfuerzo por crear una clasificación que indique qué tractor es más eficiente dentro de una gama de potencias. Por otro lado, el Ministerio de Agricultura desea aportar una ayuda económica que mejore el Plan Renove de tractores agrícolas, primando la compra de modelos más eficientes.

VICTOR GIL, JACINTO GIL SIERRA, JAIME ORTÍZ CAÑAVATE

La subida tan desorbitada de los combustibles fósiles es un tema de gran interés en la economía mundial y, como no, en nuestro país. ¿Qué español no se llevó las manos a la cabeza cuando un litro de gasóleo empezó a costar un euro?, algo tan habitual desde hace unos meses. Con el fin de poner cifras a lo que es tan conocido por la inmensa mayoría de los españoles, se ha incluido la **figura 1**, en donde se observa que el precio del petróleo en unidades de barril de Brent se ha incrementado un 63% en menos de quince meses.

Esta subida ha afectado de una forma clara al sector agrario y de una forma muy especial al agricultor. No es necesario indicar la gran dificultad existente a la hora de subir los precios percibidos por los agricultores por su producción, mientras que un factor de producción tan esencial como el gasóleo incrementa su coste con mucha facilidad, afectando con su subida a otros factores como los precios de los fertilizantes, entre otros.

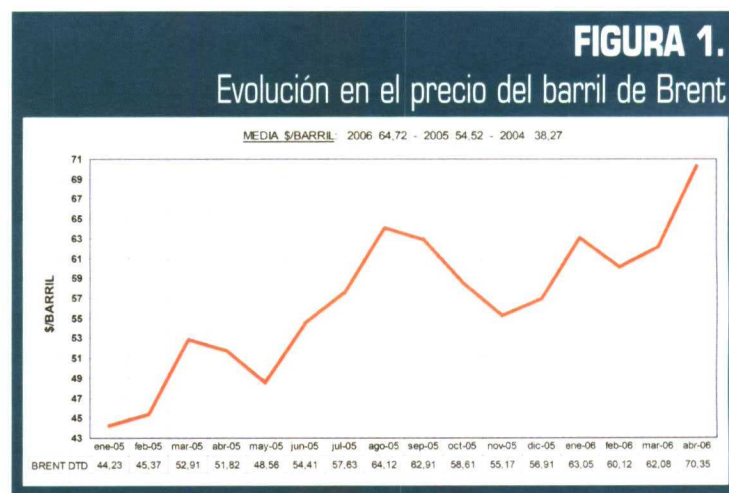
Factores que influyen en la eficiencia energética de un tractor agrícola

Muchos son los factores que influyen en la eficiencia de un tractor. La eficiencia energética del motor es el factor más influyente; si el motor tiene un elevado consumo específico (consumo de combustible por unidad de potencia generada), será prácticamente imposible conseguir un tractor eficiente. Por otro lado, si la transmisión de la potencia generada por el motor es deficiente, nunca se conseguirá optimizar el consumo.

Otros factores propios intrínsecos del tractor afectan a la eficiencia energética, como el sistema hidráulico, donde el sistema *load sensing*, proporcionan una ventaja en el consumo. Y otros como el radio de giro, esencial para minimizar los tiempos muertos del tractor, el tipo de neumático empleado, siempre a la presión adecuada, la dirección, etc.

Por otro lado, hay que tener en cuenta otros tres factores de suma importancia:

- Si la conducción del tractor



no es adecuada, nunca se conseguirán unos resultados óptimos. Olvídense de pisar al máximo el acelerador y hacer un cambio de marcha sólo cuando sea imposible seguir con esa labor. Es necesario emplear las cargas parciales, regulando el acelerador, y emplear la marcha más apropiada para cada labor.

• El tractor es una máquina acoplada a otra u otras, denominada equipo apero. Si el apero está en mal estado o su diseño no obedece a criterios de eficiencia energética, la operación realizada con este apero no será todo lo eficientemente posible.

• El campo es un medio heterogéneo y las operaciones que se realizan con un tractor deben estar adaptadas a las diferentes condiciones que se puedan presentar, mediante un diseño apropiado del tractor, una elección adecuada de su neumático y su presión, con un apero conveniente para realizar la operación en esas condiciones, etcétera.

En esta clasificación se consideran los factores intrínsecos que más influyen en la eficiencia del tractor que son el motor y la transmisión. Teniendo en cuenta estos dos factores, es

posible realizar una clasificación de los tractores, atendiendo a su eficiencia energética potencial. ¿Por qué razón se incorpora la palabra "potencial"? Porque hay factores como la habilidad del conductor del tractor, el tipo neumático, las condiciones para realizar la operación o el apero que no deben ser incorporadas en esta clasificación ya que se comportan de forma variable y son ajenas al tractor.

Esta clasificación indica la eficiencia de un tractor en las condiciones globales de la agricultura española, pero si un agricultor quiere tener resultados óptimos en el consumo de combustible, debe tener en cuenta los factores anteriores, porque una máquina eficiente con un mal manejo no sirve para estos fines.

Fuentes de información

“Datos son amores y no buenas razones”; no cabe la menor duda de que para un comercial no hay ningún producto mejor que el suyo, pero con el debido respeto a un profesional que realiza su trabajo, ¿su palabra es suficiente? ¿O por el contrario es necesario que aporten datos que lo demuestren?

Por otro lado, como técnicos en este campo, podemos asegurar que es posible demostrar que un tractor es muy eficiente o que es más eficiente que cualquiera. Y se preguntarán, ¿cómo es posible? La respuesta es muy sencilla: controlando y modificando las condiciones de ensayo a nuestro antojo.

Por las dos razones anteriores, es necesario basarse en estudios de una organización internacional con una metodología de ensayo muy bien definida, que permita ensayar a los tractores en condiciones comparables. Esta organización es la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) constituida por treinta paí-



ses miembros, entre los que destacan Estados Unidos, países de la Unión Europea (España, Alemania, Francia, etc.), Japón y Canadá, entre otros.

La OCDE propone, en cuanto a la medida de consumo se refiere, los siguientes tipos de ensayo:

- Ensayo de la toma de fuerza, en donde se conecta la toma de fuerza a un freno dinamométrico, que ofrece una determinada resistencia al giro de ésta. Al ser las pérdidas de potencia despreciables frente al motor, los datos obtenidos en el ensayo son asignados al motor. Un dato importante es que éste se encuentra

instalado dentro del tractor sin ninguna modificación, a diferencia de las normas empleadas por los fabricantes para indicar la potencia y el consumo de sus tractores. Esto hace que los resultados obtenidos de potencia y consumo sean más cercanos a la realidad.

- Ensayo a la barra, realizado con un carro dinamométrico sobre pista de hormigón. Gracias a dicho carro dinamométrico, se consiguen simular las condiciones de trabajo en campo modificando su resistencia al tiro sobre una pista de hormigón con características conocidas y estandarizadas. Es un ensayo que tiene en

cuenta distintas marchas con diversas posiciones del acelerador (cargas parciales y totales). Como estos ensayos se realizan sobre pista de hormigón, se obtienen unos resultados comparables dentro de todas las estaciones de ensayo OCDE, sin que influya el factor suelo.

Metodología de la clasificación

Una vez establecida una fuente de información fiable, es necesario establecer una metodología que asegure la comparación de los distintos resultados en condiciones de trabajo similares y la obtención de índices que indiquen una medida de consumo en condiciones de trabajo globales, haciendo referencia el término “global” al conjunto de operaciones que se pueden realizar con un tractor (siembra, labranza, pulverización, transporte, etc.).

Motor, coeficiente c_1

En una primera fase de este proyecto se abordó la creación de un índice obtenido a partir de una potencia y régimen de-

Se trata de una herramienta para responder a la demanda de información de los agricultores, motivada por la alarmante subida de los carburantes

terminados del motor. Como la potencia y el régimen son diferentes en cada modelo, la definición de estos puntos siempre se ha referido al del régimen nominal del motor, estableciéndose unos porcentajes de potencia y régimen. Este primer índice indicaría, de esta manera, la influencia del motor en el consumo.

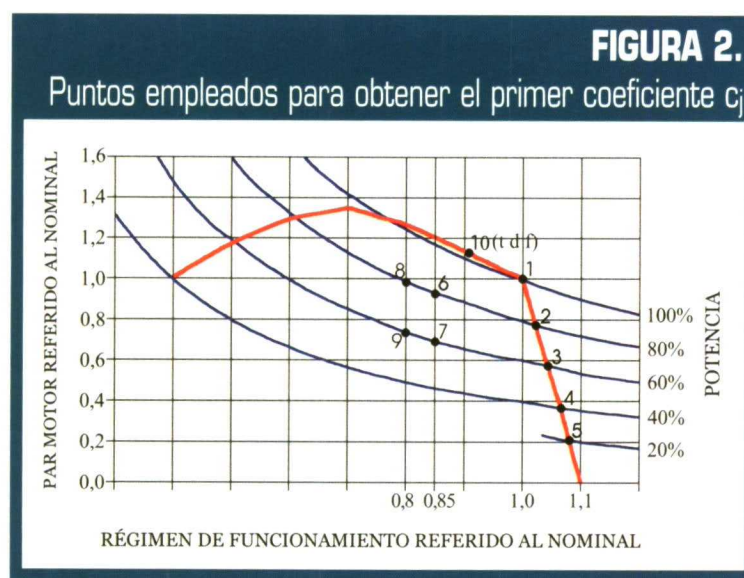
Desde el primer momento se tuvo muy clara la idea de que para que este índice de consumo referido al motor, denominado c_j , fuese una medida comparable en todos los tractores, siempre se tendría que obtener en los mismos puntos definidos por los porcentajes anteriores. Como en los resultados de los ensayos OCDE no se ajustan exactamente a los puntos empleados para obtener c_j , fue necesario emplear fórmulas matemáticas y métodos estadísticos que permitieran adaptar las distintas versiones de ensayos OCDE a los puntos empleados para obtener dicho índice. Con el fin de evitar posibles confusiones y malentendidos, conviene realizar las siguientes aclaraciones:

- Las fórmulas siempre se han calculado a partir de datos reales de ensayo, no se han inventado los datos ni se han obtenido a partir de un estudio general de tractores. Además, conviene indicar que los datos obtenidos en el ensayo OCDE están muy próximos a los puntos calculados durante el ensayo para obtener c_j .

- Estas fórmulas se basan en la relación de potencia y régimen con respecto al punto nominal y han sido usadas y reconocidas internacionalmente como válidas.

- El empleo de estas fórmulas siempre se ha efectuado dentro de los intervalos considerados como válidos para su aplicación, siendo este intervalo lo suficientemente significativo como para representar el comportamiento de un tractor.

Los puntos considerados



para obtener el índice c_j están incluidos en la figura 2.

El índice c_j se obtiene a partir de la media ponderada de los diez puntos anteriores, donde los puntos comprendidos entre 6 y 10 (ambos incluidos) se valoran el doble al trabajar el tractor con una frecuencia mayor en estos puntos.

Esta metodología también ha sido adaptada a los modelos que no poseen control electrónico de la inyección y en los modelos de transmisión continua CVT.

En el control electrónico es necesario insistir porque existen modelos que no lo poseen y, por tanto, se ven afectados por las condiciones atmosféricas en su funcionamiento (rendimiento). No hay que confundir el control electrónico de la inyección con otro tipo de control que pueda tener el motor.

Por otro lado, es necesario reflejar en el índice c_j la optimización del consumo

que generan ciertas estrategias en los modelos de transmisión continua o CVT. Siendo estos tractores muy rentables en aquellas explotaciones con un tamaño suficiente como para poder amortizar su adquisición y, por supuesto, siempre que su utilización sea correcta.

En la actualidad, se está trabajando en el desarrollo de un nuevo índice basado en los seis puntos incorporados en todos los ensayos OCDE desde marzo de 2005. No obstante, el escaso número de boletines con esos seis puntos hace recomendable apla-

zar su incorporación hasta que éste número aumente.

Motor y transmisión, coeficiente c_{jt}

La segunda fase de este proyecto corrigió los valores logrados en el coeficiente c_j , obteniéndose otro coeficiente c_{jt} donde se incorporó la transmisión en su cálculo, con el fin de que reflejara la eficiencia del motor y la transmisión.

Mediante la relación existente entre los valores que se obtendrían en la toma de fuerza y los logrados en el ensayo a la barra sobre una pista de hormigón y la eliminación del deslizamiento desarrollado en cada punto, se obtiene una serie de coeficientes que indican la pérdida de potencia que existe en la transmisión.

Después de un estudio exhaustivo de estos coeficientes, se han dividido en dos grupos atendiendo a la velocidad de avance: hasta 8 km/h, que correspondería con labores de tracción (pase de vertedera, subsolado, etc.), y desde 8 km/h, estas últimas más relacionadas con el transporte, por ejemplo.

Aparte de la diferenciación anterior se tuvieron en cuenta

Cuadro I. Porcentajes de tiempo empleado en cada una de las operaciones agrícolas en España (MAPA, 1996)

Potencia CV	Distribución del número de horas trabajadas en cada tarea (%)									
	Transporte	Laboreo	Siembra	Abo-nado	Trata-miento	Cose-cha	Equipos fijos	Inte-riorista	Trab. Forestales	Otras
< 30	24,36	20,59	6,24	9,27	7,58	20,29	0,61	7,46	1,38	2,22
30-49	24,42	29,91	4,61	7,94	10,84	14,14	2,05	3,50	1,20	1,39
50-69	21,90	28,85	7,15	9,01	7,80	15,72	2,73	4,41	0,90	1,53
70-89	20,37	32,62	8,95	8,06	7,53	12,98	3,13	3,94	0,67	1,75
90-109	18,57	37,79	12,20	7,06	6,07	10,41	2,14	3,15	1,98	0,63
110-129	16,33	39,17	12,46	8,80	2,79	10,38	5,53	2,10	1,87	0,57
130-150	19,57	45,11	12,01	7,87	2,33	8,06	1,22	1,83	0,00	2,00
> 150	15,01	57,47	7,92	1,82	2,49	8,12	0,00	0,00	0,00	7,17

aquellas labores en las que el consumo real es muy cercano al de la toma de fuerza, en las cuales la importancia de la transmisión en el consumo es menor, como es el caso de los pulverizadores y abonadoras.

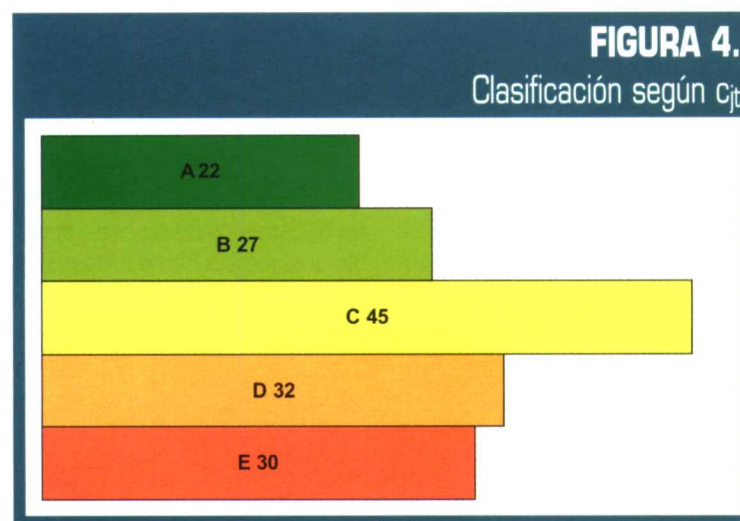
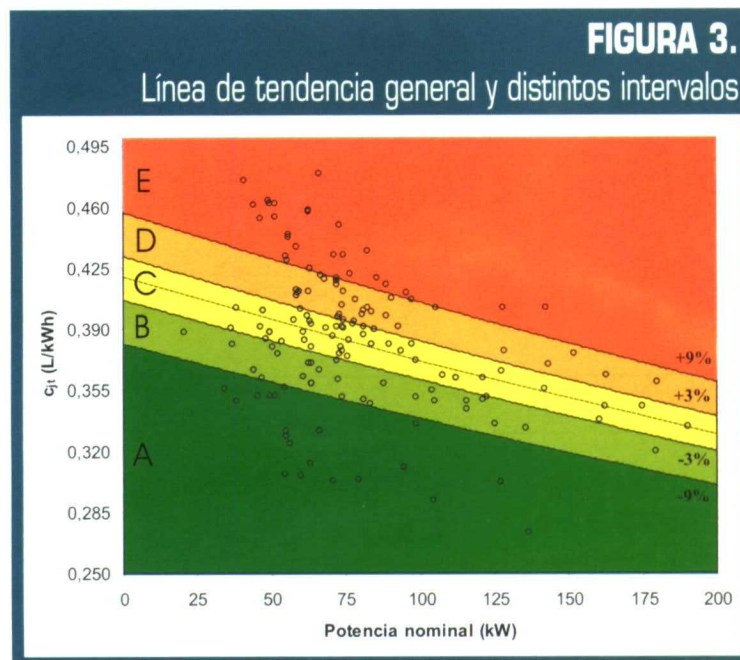
De esta forma el coeficiente c_j se dividiría en tres partes proporcionales a los tiempos de trabajo, multiplicando por los coeficientes anteriores a las dos partes correspondientes a las operaciones donde la transmisión tiene un papel predominante en el consumo y dejando a la parte correspondiente a la toma de fuerza sin multiplicar, obteniéndose así el coeficiente c_{jt} . Los tiempos de trabajo corresponden a los indicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en función de la potencia nominal del tractor (**cuadro I**). En el **cuadro I**, en verde irían las labores con influencia de la toma de fuerza, en azul las realizadas hasta 8 km/h y en rojo las realizadas a más de 8 km/h.

La clasificación

El objetivo perseguido con esta clasificación siempre ha sido crear una herramienta útil y sencilla para ayudar al agricultor en su elección del tractor más eficiente dentro de una gama de potencias. Por esta razón, esta clasificación se ha basado en la potencia nominal y el coeficiente c_{jt} .

En los **figuras 3** y **4** se van a mostrar los datos provisionales de lo que parece que el Ministerio de Agricultura va a adoptar, en consenso con el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), que es el que ha promovido este estudio.

La clasificación provisional se compone de un total 156 modelos, que representa un 32,4% de las ventas. En ella sólo se incluyen aquellos modelos vendidos en el año 2005 distribuidos en cinco intervalos, que tienen una amplitud del 6% partiendo



de una línea de tendencia general (línea discontinua), como se puede observar en la **figura 3**.

En la **figura 3** los modelos más eficientes serían los del intervalo A, debido a que cuanto menor sea el consumo específico (expresado en l/kWh), mayor será la eficiencia del tractor.

La elección de una clasificación continua en función de la potencia nominal evita los posibles errores que se cometerían al emplear gamas de potencia en tractores de potencia similar pero que pertenecieran a gamas distintas, como podría suceder, por ejemplo, con dos tractores que se diferenciaran en 2 kW de potencia con índices similares, en los que

por el hecho de pertenecer a gamas distintas quedarán situados en intervalos distintos.

La clasificación quedaría distribuida según la **figura 4**.

Insistimos en informar a los lectores de **Vida Rural** de que estos datos son provisionales, debido al aumento de modelos sobre los que se va a realizar esta clasificación y al posible cambio de criterio del IDAE o del Ministerio.

Conclusiones

Ante la alarmante subida de los carburantes, es lógico que un gran número de agricultores busquen un tractor eficiente cuando quieran renovar su viejo tractor.

¿Acaso no es él quien tiene que pagar el combustible que gaste ese tractor?; y si quiere que le aporten datos fiables sobre este tema, ¿no tiene derecho como consumidor a recibir esta información?

El empleo inadecuado de una máquina eficiente es inútil. Es necesario si se quiere obtener un consumo óptimo de combustible tener en cuenta además factores como la habilidad del conductor, la elección del neumático, de su presión y del momento más apropiado para la realización de la labor y el uso de aperos adecuados, entre otros.

Esta clasificación es una herramienta para responder a la necesidad de información de los agricultores. Su metodología y resultados han sido expuestos en dos reuniones de la OCDE, primero en Alemania y luego en Francia, en donde no se ha encontrado ningún problema técnico para su aplicación. Tal ha sido la aceptación, que se está considerando incluir este índice en los boletines OCDE, en países de la Unión Europea, como Francia, y de otras partes del mundo, como en Brasil, donde están muy interesados en estudiar esta clasificación para su posterior aplicación.

Por último, desde este grupo de trabajo se quiere agradecer la confianza que el IDAE y el Ministerio de Agricultura han depositado en nuestro trabajo; la ayuda recibida por todo el personal de la EMA (Estación de Mecánica Agrícola), institución dependiente del Ministerio; la colaboración prestada por miembros de ANSEMAT (Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria, Forestal y de Espacios Verdes) que, estamos seguros, se mantendrá y se incrementará en el futuro. Y por último, queremos dar las gracias a todos aquellos especialistas en este tema que nos han hecho críticas constructivas y responsables para poder mejorar este método. ■