

Clasificación energética de los tractores agrícolas:

De masa mayor a 12000 kg.

1. Metodología para realizar la clasificación de los tractores agrícolas según su eficiencia energética.

La clasificación tiene en cuenta la eficiencia energética conjunta del motor y de la transmisión de cada modelo de tractor. Calcula un índice para cada modelo y se establece una clasificación relativa entre todos los modelos de tractor de los que se dispone información para calcular ese índice. Un tractor no es muy eficiente o poco eficiente en términos absolutos, sino más o menos eficiente que otros modelos. El índice de referencia de cada modelo se calcula a partir de datos obtenidos en el ensayo efectuado según el Código 2 de ensayo de tractores de la OCDE, y realizado por una estación oficial de ensayos situada en cualquiera de los países miembros de la OCDE.

1.1 Eficiencia del motor. Los datos que sirven de base para calcular la eficiencia energética del motor son los consumos obtenidos en el ensayo de potencia al freno dinámico estando el motor en las siguientes condiciones (Código 2 OCDE, apartado 3.1.6 del informe de ensayo):

3.1.6.1 Potencia máxima al régimen nominal del motor

3.1.6.2 Potencia correspondiente al 80 % de la obtenida en 3.1.6.1 en la posición de régimen máximo del acelerador.

3.1.6.3 Potencia correspondiente al 80 % de la obtenida en 3.1.6.1 con el acelerador ajustado al 90 % del régimen nominal del motor.

3.1.6.4 Potencia correspondiente al 40 % de la obtenida en 3.1.6.1 con el acelerador ajustado al 90 % del régimen nominal del motor.

3.1.6.5 Potencia correspondiente al 60 % de la obtenida en 3.1.6.1 con el acelerador ajustado al 60 % del régimen nominal del motor.

3.1.6.6 Potencia correspondiente al 40 % de la obtenida en 3.1.6.1 con el acelerador ajustado al 60 % del régimen nominal del motor.

Los puntos anteriores se corresponden en la figura 1 con los números del 1 al 6.

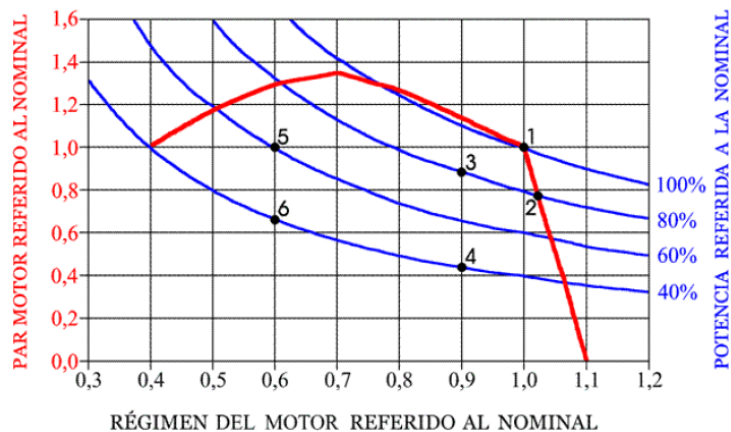


Fig. 1: Esquema de las cargas parciales a diferentes regímenes del motor

La potencia medida en cada ensayo se corrige en función de las condiciones atmosféricas, para calcular, según las fórmulas de la Norma UNE 68028:2003 «Tractores agrícolas. Ensayos de potencia en la toma de fuerza. Factores de corrección», cuales habrían sido los valores de potencia si las condiciones atmosféricas en el momento del ensayo fuesen temperatura 298 K y

presión 99 kPa de aire seco. En caso de que el motor ajuste electrónicamente la inyección de combustible en función de las condiciones atmosféricas, no será necesario corregir la potencia. El cociente entre el consumo medido en cada punto ensayado y la potencia, corregida en su caso nos da el consumo específico (l/kWh) de ese punto.

A partir de esos seis valores de consumo específico, se obtiene un índice que llamaremos C_K cuyo valor es:

$$C_K = \frac{\sum_{i=1}^6 C_{esp_i}}{6}$$

Siendo $C_{esp,i}$ el consumo específico (l/kWh) en cada una de las seis condiciones del motor mencionadas.

Los tractores que tienen gestión automática del motor y de la transmisión, susceptible de funcionar en el modo que los fabricantes denominan "Auto", son capaces de seleccionar la mejor combinación de régimen de motor y relación de transmisión para realizar el trabajo a la velocidad demandada según la potencia que les requiere la labor.

Esto hará que esos tractores, funcionando en modo «Auto», harán girar al motor a un régimen más bajo del nominal tratando de buscar las condiciones de menor consumo específico. La cuantía de cuál puede ser la reducción de consumo gracias a esa función se obtiene a partir de los datos del ensayo contemplado en el apartado 3.3.2 Consumo de combustible del informe de ensayo (ensayo de potencia a la barra) del Código 2 de la OCDE. Dentro de este apartado hay tres bloques de marchas. El primero corresponde con la potencia máxima al régimen nominal del motor, con dos rangos de velocidades de avance: la más cercana a 7,5 km/h ($C_{esp3.3.2.1}$) y más cercana a 7 km/h ($C_{esp3.3.2.2}$). El segundo concierne al 75 % ($C_{esp3.3.2.1.1}$ y $C_{esp3.3.2.2.1}$) y al 50 % ($C_{esp3.3.2.1.2}$ y $C_{esp3.3.2.2.2}$) de las fuerzas obtenidas en el bloque anterior, obteniéndose así valores de régimen por encima del nominal. Con el tercer bloque se busca obtener también las mismas fuerzas y velocidades de avance que en el segundo, disminuyendo el régimen y aumentando la relación de transmisión (corresponden a $C_{esp3.3.2.1.3}$ y $C_{esp3.3.2.1.4}$ en la velocidad de avance más cercana a 7,5 km/h y a $C_{esp3.3.2.2.3}$ y $C_{esp3.3.2.2.4}$ más cercana a 7 km/h ~~entre 7 y 10 km/h~~). Los bloques segundo y tercero se utilizan solo en caso de que el tractor incorpore un modo de control automático de transmisión y motor (modo «Auto»). Esto permite obtener varios valores de reducción del consumo específico calculado como cociente entre consumo específico a menor régimen del motor y consumo específico a régimen del motor más elevado en cada pareja de ensayos donde la potencia desarrollada es la misma. El valor medio de esos cocientes se considera la reducción media que se puede obtener por funcionar el tractor en modo «Auto». Llamemos a ese valor RCE (Reducción de Consumo Específico).

$$RCE = \frac{1}{4} \times \left(\frac{C_{esp3.3.2.1.3}}{C_{esp3.3.2.1.1}} + \frac{C_{esp3.3.2.1.4}}{C_{esp3.3.2.1.2}} + \frac{C_{esp3.3.2.2.3}}{C_{esp3.3.2.2.1}} + \frac{C_{esp3.3.2.2.4}}{C_{esp3.3.2.2.2}} \right)$$

Como el motor de un tractor dotado de esa prestación nunca funcionaría en las condiciones 3.1.6.1 y 3.1.6.2 consideradas en el apartado 3.1.6 del informe de ensayo, sino a un régimen inferior con el que se tiene menor consumo. El valor del índice C_k se calcula con una nueva fórmula que tiene en cuenta la reducción de consumo debido a funcionar a un régimen menor que el nominal; esta fórmula es:

$$C_K = \frac{RCE \sum_{i=1}^2 c_{esp_i} + \sum_{i=3}^6 c_{esp_i}}{6}$$

1.2 Eficiencia de la transmisión. Para valorar la influencia de la transmisión en el índice de eficiencia se toman en cuenta los valores de potencia a la barra medidos en el apartado 3.3.1 del informe del Código 2 de la OCDE. En ese apartado se tienen diversos valores de potencia máxima obtenida en ensayos de tiro teniendo la transmisión del tractor diferentes valores de relación de transmisión. También se asocia un valor del régimen del motor del tractor en cada una de las potencias a la barra ensayadas. Se toma como rendimiento de la transmisión el cociente de dividir la potencia obtenida en los ensayos del apartado 3.3.1 entre la máxima potencia del motor en ensayos a la toma de fuerza estando el motor girando al mismo régimen que el respectivo ensayo a la barra.

La potencia medida en cada uno de los ensayos correspondientes al citado apartado 3.3.1 del Código 2 de la OCDE, se mayor, descontando la pérdida por resbalamiento (el dato de resbalamiento también se mide en el ensayo), de modo que la potencia en el eje de las ruedas motrices que corresponde a cada ensayo es:

$$P_{eje} = \frac{P_{medida}}{1 - \sigma}$$

Siendo σ el resbalamiento expresado en tanto por uno.

Para conocer la máxima potencia del motor en ensayos a la toma de fuerza estando el motor girando al mismo régimen que el respectivo ensayo a la barra, se dispone de los datos de potencia a la toma de fuerza contemplados en el apartado 3.1 del informe del Código 2 de la OCDE (potencia máxima, punto c) en la siguiente figura), en el apartado 3.1.2 (potencia máxima a régimen nominal, punto a) en la siguiente figura) y en el apartado 3.1.3 (potencia máxima a un régimen del motor tal que la toma de fuerza gire a su velocidad normalizada, punto b) en la siguiente figura).

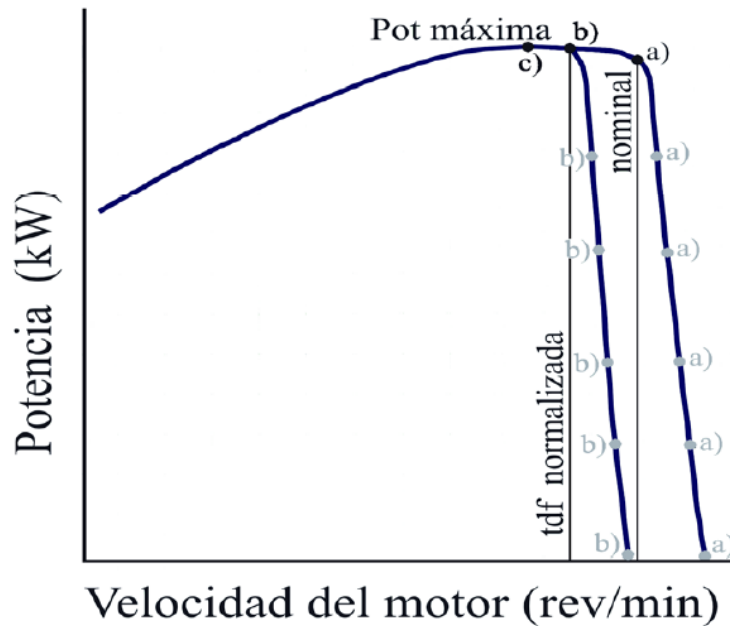


Fig. 2: Esquema de curva de potencia máxima a la toma de fuerza.

Dado que la potencia máxima a esos regímenes del motor sigue una evolución casi lineal, se interpola el valor de potencia que correspondería a un régimen intermedio entre el de potencia máxima, el de potencia normalizada y el de potencia nominal. La interpolación estará limitada en un rango con un valor máximo y otro mínimo. El valor máximo corresponde al valor máximo de régimen de las tres potencias citadas (normalmente será el de potencia nominal). El valor mínimo se obtiene teniendo en cuenta dos supuestos.

1. El régimen de potencia máxima se encuentra entre el de la nominal y el de la normalizada. En este caso el valor mínimo se corresponderá con el régimen de la potencia normalizada. Lo mismo ocurre cuando coinciden los valores de régimen de la potencia nominal y el de la máxima.

2. El régimen de potencia normalizada es mayor que el de la potencia máxima. El valor mínimo correspondería a restar del régimen de potencia máxima la diferencia entre el régimen de la potencia normalizada y el de la máxima. A este valor de régimen mínimo se le asignará el valor de potencia correspondiente a la normalizada.

La interpolación se hará entre los dos valores más próximos incluyendo si es necesario el valor mínimo del supuesto 2.

En su caso, estos valores de potencia se transforman, siguiendo las fórmulas de la Norma UNE 68028:2003, a los valores que se habrían obtenido si las condiciones ambientales en el momento de realizar el ensayo a la toma de fuerza hubiesen sido las existentes en el momento de hacer el ensayo de potencia a la barra.

Teniendo cada uno de los valores de potencia en el eje, del ensayo a la barra y los valores de potencia en toma de fuerza (referidos a las mismas condiciones meteorológicas) correspondientes al mismo régimen del motor, se puede calcular para cada pareja de estas potencias el rendimiento de la transmisión, según la fórmula:

$$\eta = \frac{P_{eje}}{P_{tdf}}$$

Los valores de rendimiento de la transmisión obtenidos por esta fórmula son aquellos en los que la velocidad del tractor en el ensayo del apartado 3.3.1 del informe del Código 2 de la OCDE fue menor o igual a 7,5 km/h tomándose la media aritmética de los rendimientos.

El índice de eficiencia del modelo de tractor, que refleja el comportamiento del motor y de la transmisión, llamado C_{kt} , modifica el valor del C_k para contemplar también el rendimiento de la transmisión.

El índice de eficiencia C_{kt} , se calcula por la fórmula:

$$C_{kt} = \frac{1}{3} C_k + \frac{2}{3} \cdot \frac{C_k}{\eta_{medio}}$$

Siendo η_{medio} la media de los rendimientos de la transmisión a velocidades inferiores o igual a 7,5 km/h.

1.3 Clasificación energética de los tractores. Conocido el valor C_{kt} del conjunto de modelos de tractor, se dibuja un diagrama de coordenadas: potencia nominal (kW) en abscisas y valor C_{kt} (l/kWh) en ordenadas. La eficiencia de cada modelo de tractor queda representada por el punto de coordenadas potencia-índice C_{kt} . El diagrama contiene una nube de puntos de los valores de esos modelos.

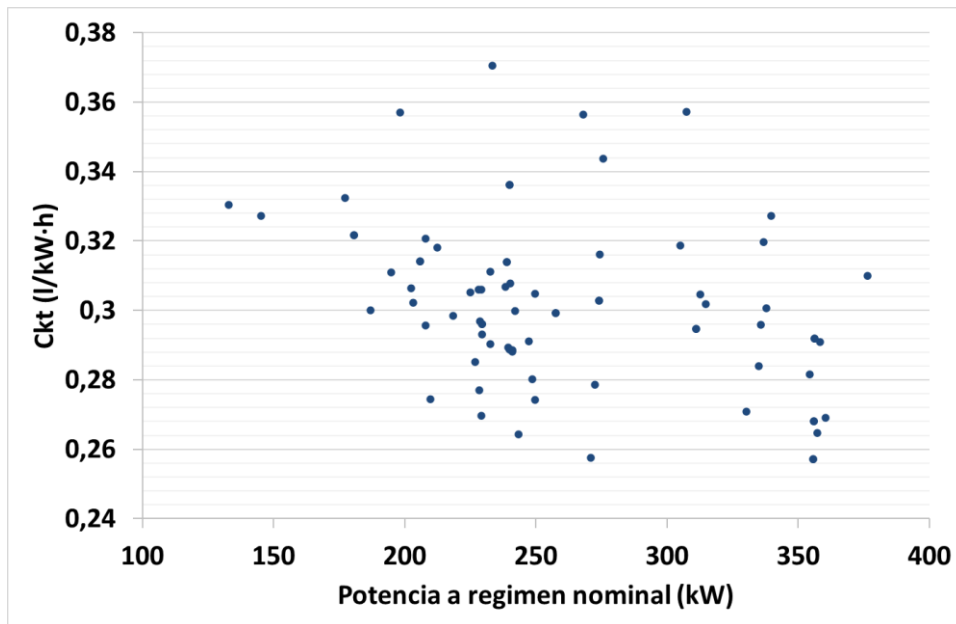


Fig. 3 Diagrama con nube de puntos de los modelos de tractor de más de 12000 kg clasificados.

A la nube de puntos se le ajusta una línea de regresión de la forma $y = a \cdot e^{-bx}$ siendo y la ordenada y x la abscisa. La línea de regresión sirve de referencia para clasificar los tractores según la altura vertical entre el punto que representa a cada modelo de tractor y el correspondiente de la línea de regresión.

El diagrama de puntos se divide en siete zonas o franjas limitadas por líneas situadas por encima o por debajo de la línea de regresión ajustada. La distancia vertical entre los puntos de cada dos líneas de separación de zonas se define por medio de un porcentaje de la ordenada correspondiente a la misma abscisa. Este porcentaje permite ajustar la muestra a una distribución estadísticamente normal. Las zonas están centradas en el diagrama de puntos de modo que las líneas que limitan la zona media tengan como ordenadas la mitad del porcentaje establecido por encima y la otra mitad por debajo de la línea de regresión.

El punto que representa las coordenadas potencia nominal (kW) - valor C_{kt} (l/kWh) de cada modelo de tractor estará situado en una de esas zonas. La zona situada más abajo (menores valores del índice C_{kt} (l/kWh) y, por tanto, menor consumo específico de combustible), es la zona más eficiente denominada A, la cual ocupa toda la zona comprendida entre el eje de abscisas y

la primera línea de separación entre franjas. Las franjas sucesivas por encima de la A corresponden a las categorías B, C, D, E, F. Por último, los tractores cuya eficiencia esté por encima de la última línea pertenecerán a la categoría menos eficiente G.

Además de la letra, cada categoría se representa por un color que va desde el verde oscuro (categoría A) hasta el rojo oscuro (categoría G).

2. Actualización de la línea de regresión ajustada

La lista de clasificación energética de los tractores se trata de una lista dinámica que se va actualizando por parte de la EMA a medida que se van realizando ensayos en las propias instalaciones o en estaciones de ensayo OCDE de otros países. Por esta razón, la distribución de la clasificación por categorías de los tractores puede alejarse de una distribución normal. Cuando esto ocurre se debe realizar una actualización de la línea de regresión y de los porcentajes correspondientes a la separación entre franjas, de manera que la distribución se vuelva a ajustar a una normal.

A fecha de entrada en vigor del presente real decreto, la actualización de la línea de regresión y los porcentajes de separación de franjas se hizo con datos del valor del índice C_{kt} y potencia nominal de un total de 80 modelos de tractor. La línea de regresión ajustada correspondiente a esta actualización queda definida por la siguiente ecuación:

$$y = a \cdot e^{-bx}$$

Siendo: $a = 0,3328$; $b = 0,0003903$.

El porcentaje de separación de franjas estimado en esta actualización es del 6 %.

La EMA determinará cuando se debe proceder a una nueva actualización de la línea de regresión y porcentajes de separación de franjas basándose en criterios técnicos y/o estadísticos.

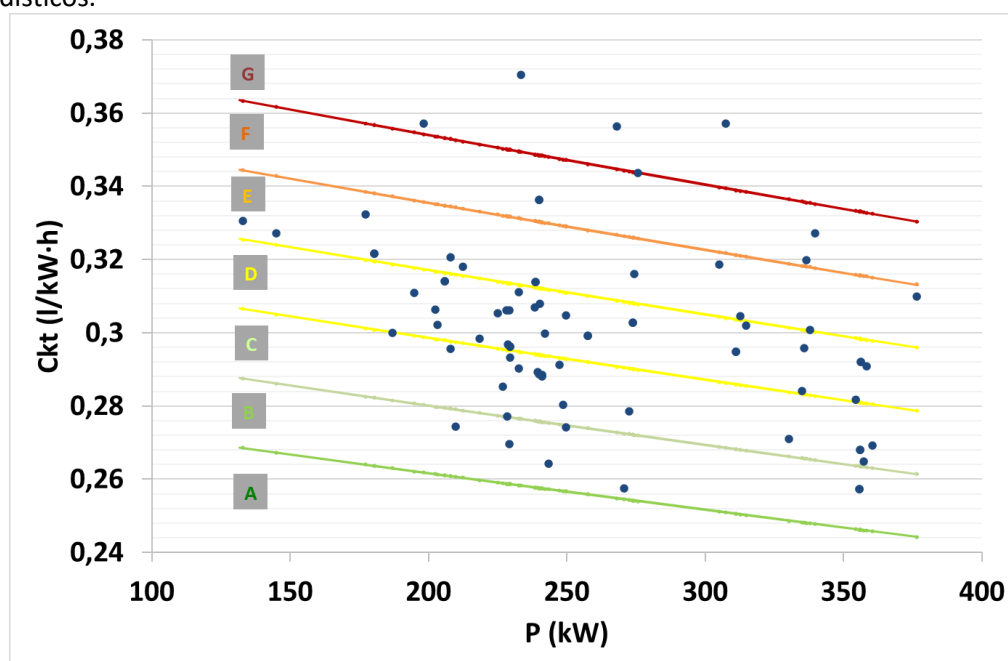


Fig. 4 Estado actual de las zonas de clasificación energética de tractores de más de 12000 kg.

3. Identificación de los tractores clasificados

Los tractores clasificados en la EMA se incluirán en una lista global, indicando su categoría de clasificación energética, su marca, modelo, número aprobación OCDE, número de informe,

motor, otros datos de ensayo, potencia nominal a la toma de fuerza y C_{kt} . Los tractores de esta lista se relacionarán con la Base de Datos del ROMA a efectos de identificar los tractores subvencionables.

Para la identificación de los tractores se tendrán en cuenta los siguientes criterios técnicos.

1. La identificación se hará a partir del tipo, marca, variante y denominación comercial registrados en el ROMA.

2. El motor del tractor identificado del ROMA deberá ser idéntico al del tractor ensayado, incluyendo las mismas regulaciones.

3. La transmisión se evaluará atendiendo a tres grupos, que son:

a. Transmisiones mecánicas convencionales.

b. Transmisiones mecánicas con gestión automática (modo «Auto»).

c. Transmisiones continuamente variables (CVT).

4. La transmisión del tractor identificado deberá coincidir con el mismo grupo (a, b o c) del tractor ensayado.