

# LA UREA QUE CONSUMEN LOS TRACTORES CON EL SISTEMA SCR EN EL MOTOR

CAVALLO E., PAMPURO N., FACELLO A.,  
INSTITUTE FOR AGRICULTURAL AND  
EARTH MOVING MACHINERY  
CNR.-TORINO, ITALIA  
E.CAVALLO@IMAMOTER.CNR.IT;



## ■ Introducción

Las normas establecidas en Europa para el control de los gases de escape en los motores de los tractores y máquinas agrícolas obligan a una considerable reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y de partículas (PM). Esto da lugar a cambios importantes en la tecnología de los motores.

Dos son las alternativas que están utilizando los fabricantes para reducir estas emisiones, adaptándose a la normativa vigente: la recirculación de los gases de escape (EGR) unida a un filtro de partículas diésel (DFP), o la reducción catalítica selectiva (SCR) mediante la inyección de urea.

En el primero de los casos, se recupera una cierta cantidad de gases de escape que se refrigeran y pasan al colector de admisión del motor. Esto permite reducir al mínimo las emisiones de NOx en el gas de escape, aunque se produce un aumento de partículas (PM), que son retenidas en el filtro situado en el escape. Este filtro se 'limpia' eliminando las partículas acu-

muladas mediante un proceso de regeneración durante el funcionamiento normal del motor.

Con los sistemas SCR se consigue que se mejore la combustión en el motor, reduciendo al emisión de partículas (PM) y el consumo de combustible, aunque aumenten los óxidos de nitrógeno (NOx), que hay que eliminar antes de que salgan por el escape.

## ■ El proceso con los sistemas SCR

La eliminación del NOx se realiza mediante un catalizador en el que se produce una reacción con el amoníaco (NH<sub>3</sub>) inyectado, que a alta temperatura da lugar a la descomposición del NOx para formar nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O) ambos productos naturales presentes en la atmósfera.

El NH<sub>3</sub> se incorpora a los gases de escape desde un depósito que contiene una solución al 32.5% de urea en agua

pura, solución que se conoce comercialmente como AdBlue. La urea se descompone a alta temperatura dando lugar a la formación de NH<sub>3</sub> y ácido isocianico (HNCO), que se hidroliza produciendo NH<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub>.

Los tipos de catalizadores disponibles difieren entre si en función de su estabilidad térmica, el intervalo de temperaturas en la que su eficiencia en la eliminación de NOx es alta (mayor del 80%) y su coste de fabricación.

La solución de urea se inyecta en el escape impulsada por una bomba, que se controla mediante un microprocesador en el que se han programado unas estrategias específicas a partir de algoritmos que tiene en cuenta las condiciones de funcionamiento. La cantidad de urea inyectada se adapta a las condiciones de trabajo del motor, que se detectan mediante sensores situados en el siste-

ma de escape. Se evita la inyección a baja temperatura ya que la urea no puede descomponerse totalmente si el catalizador no está activo.

## ■ EGR frente SCR

Los sistemas EGR unidos al filtro de partículas (DPF) y los sistemas SCR tienen efectos sobre la potencia desarrollada, el consumo de combustible y los costes de inversión y de funcionamiento en los motores.

Ambas tecnologías tienen puntos fuertes y puntos débiles, que se utilizan como argumentos comerciales para defender cada una de las opciones. Para los sistemas SCR hay que tomar en consideración el consumo de solución de urea, mientras que en los sistemas con filtro de partículas, el combustible adicional quemado, necesario para regenerar el filtro, que se produce a intervalos en el curso de funcionamiento del motor.

Esto obliga a establecer modificaciones en los procedimientos de ensayo de los motores instalados sobre los tractores, que permitan evaluar el consumo de combustible a lo largo de un ciclo de trabajo agrícola y con diferentes niveles de carga para el motor.

## ■ Ensayo de tractores según los códigos OCDE

Los Códigos OCDE para el ensayo de las características

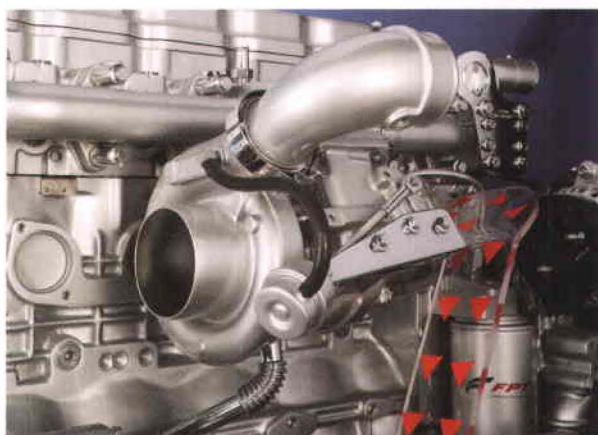
de funcionamiento de los tractores agrícolas incluyen como 'obligatorio' el ensayo del motor del tractor realizado en la toma de fuerza principal. En este ensayo se controla, además de la potencia suministrada por el motor, el consumo de combustible en diferentes puntos de funcionamiento, en un intervalo de tiempo suficiente para que las prestaciones del motor se estabilicen.

Por ello se propone realizar ensayos preliminares para modificar el Código OCDE, adaptándolo para medir las prestaciones de los motores que utilizan tanto sistemas de EGR como SCR, cuantificando el consumo complementario de combustible para regenerar el filtro de partículas en los motores EGR, así como cuantificar el consumo de urea en los motores SCR.

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en un ensayo preliminar realizado sobre un tractor cuyo motor incorpora la tecnología de reducción catalítica selectiva (SCR)

## ■ Ensayo preliminar de un tractor con sistema SCR

Para el ensayo se utiliza lo establecido por el Código 2 de la OCDE en relación con el ensayo a la toma de fuerza princi-



pal, especialmente en los que se refiere al ensayo realizado a cargas parciales y a régimen de motor reducido.

El tractor utilizado en las pruebas suministra una potencia de 110.8 kW, al régimen nominal de 2 100 rev/min, y está equipado con un catalizador SCR Ti-V en el sistema de escape. Para la medida del consumo de la solución de urea se utiliza un depósito auxiliar de 4 litros de capacidad situado sobre una balanza electrónica con una precisión de 0.01 gramos. También se midieron la temperatura en el catalizador y el consumo de urea utilizando el CAN-BUS del tractor.

Se pudo observar que, a partir del momento del arranque del motor, la inyección de solución de urea comienza cuando la temperatura del catalizador alcanza 400°K (127°C) y el caudal de inyección es muy superior a la condición de estabilidad que se alcanza más tarde. En

CUADRO 1.- CONSUMO DE DEF EN DIFERENTES CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO EN ENSAYO EN LA TDF

Condiciones	Potencia	Consumo de combustible		Consumo de solución de urea	Relación urea/gasóleo
	kW	kg/h	g/kWh	kg/h	%
<b>Régimen nominal</b>					
Régimen nominal motor	110.8	26.83	242	2.26	8.42
Régimen nominal TDF	104.7	26.82	234	2.09	7.79
<b>Régimen reducido</b>					
60% potencia / 60% régimen	66.0	15.25	230	1.29	8.45
40% potencia / 90% régimen	37.8	13.16	296	0.67	5.09

condiciones de estabilidad de funcionamiento la cantidad de urea inyectada fluctúa significativamente produciéndose crestas cíclicas en la inyección del producto.

Con los resultados de los ensayos se puede establecer una relación del consumo de urea con el consumo de gasóleo para diferentes condiciones de funcionamiento del motor durante el ensayo a la toma de fuerza según el Código OCDE (cuadro 1).

**■ Primeras conclusiones**

En los ensayos realizados en la toma de fuerza principal aplicando el Código OCDE, sobre un tractor de 110.8 kW de potencia nominal, la medida del consumo de solución de urea tiene que realizarse con posterioridad a que el catalizador alcance su temperatura de funcionamiento.

La información del consumo instantáneo de urea no es significativa; tiene que proporcionarse información sobre el consumo medio en un periodo de tiempo, que en principio se aconseja que sea superior a 2 minutos en cualquiera de los puntos de medida después de que el motor esté estabilizado. Se aconseja repetir las medidas para verificar que la inyección máxima no afecta al consumo medio determinado, cuando se supera el tiempo de control.

Hay que advertir que los consumos medidos durante un ciclo completo de pruebas en la toma de fuerza son significativamente superiores a los consumos en condiciones normales de funcionamiento en campo. No obstante, el consumo de urea registrado durante el ensayo en la toma de fuerza permite comparar la eficiencia de sistema SCR en tractores diferentes. ■

FIGURA 1.- VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y CONSUMOS DE UREA OBTENIDOS A PARTIR DEL CAN-BUS DEL TRACTOR

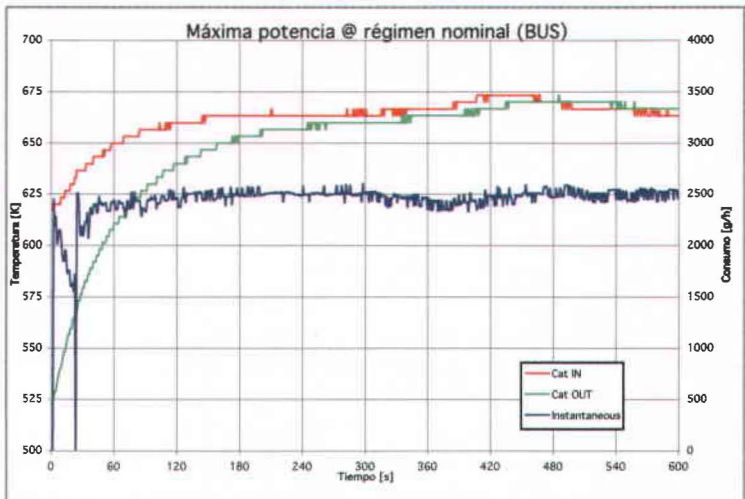


FIGURA 2.- CONSUMO DE UREA A CARGAS PARCIALES MEDIDO CON LA BALANZA AUXILIAR

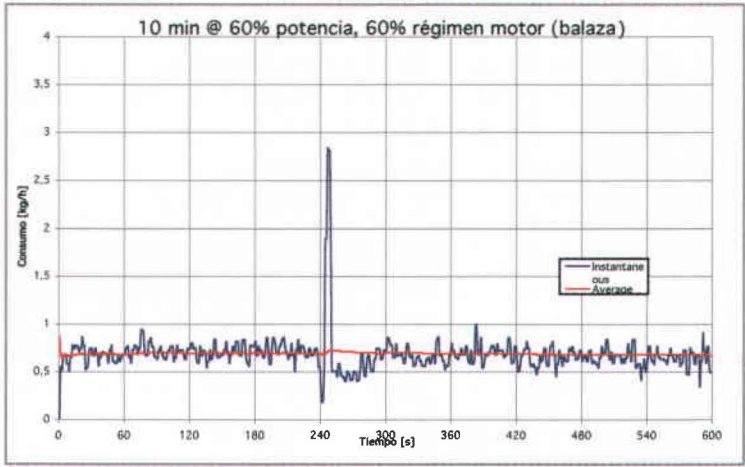


FIGURA 3.- CONSUMO DE UREA A CARGAS PARCIALES MEDIDO EN EL CAN-BUS DEL TRACTOR JUNTO CON LAS TEMPERATURAS EN EL ESCAPE

