

TRANSMISIÓN DIRECTDRIVE EN LOS TRACTORES JOHN DEERE DE LA SERIE 6R

Tecnología y sencillez

Los plazos establecidos para la entrada en vigor de la normativa sobre emisiones contaminantes en su nivel máximo han hecho que una gran parte de las inversiones en investigación y desarrollo de los fabricantes de tractores se haya centrado en buscar soluciones competitivas para sus motores.



LUIS MÁRQUEZ

Los departamentos de marketing de las empresas han tenido que centrarse en justificar que las soluciones adoptadas son necesarias y permitirán reducir el consumo de combustible, a la vez que minimizan las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero; o lo que es lo mismo, volver a los bajos consumos de los 'motores de antes', respetando la normativa

impuesta por las legislaciones de la UE y de USA.

En consecuencia, se ha relegado a un segundo plano las transmisiones, después de lo conseguido con las CVT, en sus diferentes variantes, y las PowerShift automatizadas basadas en los engranajes planetarios.

El punto crítico para estas transmisiones innovadoras ha sido, y sigue siendo, el aceite en los sistemas hidráulicos, que cambia su viscosidad con la temperatura, lo que afecta a la respuesta y al rendimiento

de bombas, motores y actuadores.

A la puesta en el mercado de la transmisión 'electro-mecánica' DirectDrive de John Deere se le ha dado poca importancia en las publicaciones técnicas. En la información publicada se ha destacado la presencia de dos ejes primarios en la caja de cambios, con embragues independientes que actúan de forma alternativa para dar salida al movimiento por el eje secundario, que lo transmite a la caja de gamas.

Sin embargo, no se escribe casi nada de lo que constituye la innovación más significativa de la caja: el cambio de marchas mediante actuadores electro-mecánicos, algo común en las cajas de cambio de los automóviles de la F1, que se incluye por primera vez en las cajas de cambio de los tractores agrícolas

Hay que destacar que estos actuadores permiten convertir una caja mecánica sencilla y fiable, en otra que, sin perder estas cualidades, ofrece las máximas prestaciones y que se comporta prácticamente como un cambio sin escalones, minimizando las pérdidas de la transmisión, lo que sin duda ayudará a reducir el consumo de combustible, además de competir en precio con las cajas de cambio con engranajes planetarios y sistemas hidráulicos complejos.

La estructura de la transmisión DirectDrive

La transmisión está compuesta por tres módulos, algo que es frecuente en las transmisiones de los tractores agrícolas. El primero de ellos, situado a continuación del motor, es el módulo del inversor *Power Reverser*, similar al que se utiliza en otros modelos de tractores de esta marca. Su acción permite invertir el sentido de la marcha sin necesidad de pisar

el embrague, y esto se consigue con la palanca situada en el puesto de conducción al lado izquierdo del volante de dirección.

A continuación se sitúa el módulo para el escalonamiento de las marchas, denominado *Dual-Path*, que permite conseguir ocho relaciones diferentes. Se caracteriza por disponer de dos ejes primarios que reciben el movimiento desde dos embragues independientes situados en la entrada, y que lo transmiten alternativamente, de forma que cuando uno de ellos es accionado, el otro se desconecta.

Es interesante destacar que ambos ejes primarios son idénticos, con el mismo número de dientes en cada engranaje, y situados en la caja de forma que engranan continuamente con los engranajes del eje secundario.

Para conseguir un escalonamiento del cambio adecuado con los ejes primarios idénticos, antes de los embragues se sitúan dos pares de engranajes de diámetros diferentes (Figura 4). El primer par (P1) dispone de un engranaje unido al eje del motor de menor diámetro que el del segundo par de engranajes. Los segundos engranajes de cada par son idénticos y se sitúan en el eje que da paso a los embragues. Esto hace que el eje primario (I), que está más

elevado, reduzca su velocidad cuando recibe el movimiento con respecto a lo que sucede en el otro primario (II). Así se consigue, a partir del eje primario superior, las relaciones del cambio impares (1, 3, 5, y 7), mientras que en el inferior están las pares (2, 4, 6 y 8).

El eje secundario de la caja del módulo *Dual-Path* transmite el movimiento al módulo *Range Box*, o de gamas, que permite tres relaciones diferentes, A, B y C.

Los actuadores electromagnéticos

El sistema que hace de la transmisión *DirectDrive* algo verdaderamente diferente e innovador es la utilización, por primera vez en las cajas de cambio de los tractores agrícolas, de actuadores electro-mecánicos para el cambio de marchas, tanto en la caja principal como en la caja de 'grupos'.

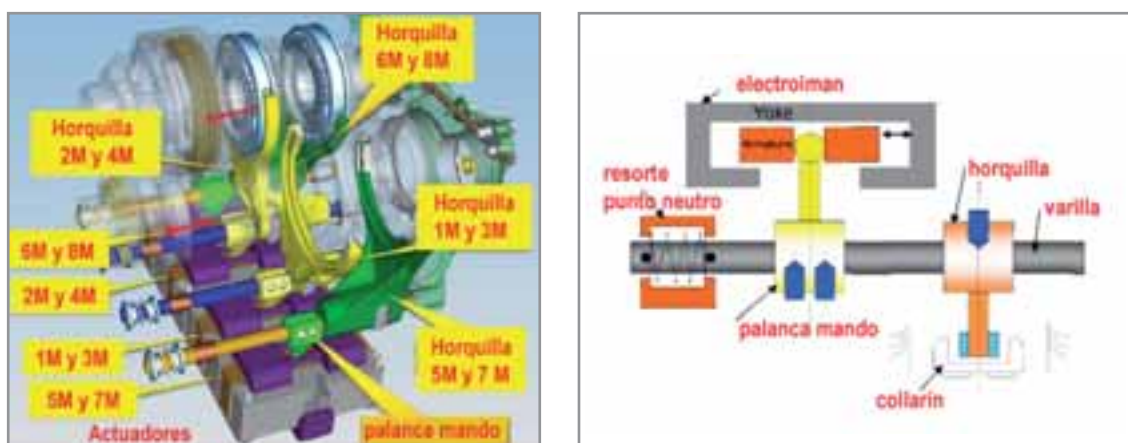
El electroimán (actuador) desplaza la varilla que mueve el collarín de sincronización

El sistema se basa en potentes electroimanes que actúan sobre una varilla situada en su interior que se desplaza alternativamente, en un sentido o en el contrario, por el flujo magnético que genera la corriente eléctrica que pasa por la bobina del electroimán (Figura 2).

FIGURA 1.- MÓDULOS QUE COMPONEN LA TRANSMISIÓN DIRECTDRIVE



FIGURA 2.- ACTUADORES ELECTROMAGNÉTICOS EN EL MÓDULO 'DUAL-PATH'



Cada una de estas varillas va unida a una de las horquillas que actúan sobre los engranajes del cambio por parejas. Dispone de 4 actuadores, que accionan las horquillas correspondientes a las relaciones 1-3 y 5-7 en el primario I, y 2-4 y 6-8 en el primario II. En todos los casos hay una posición central de desconexión de ambos engranajes.

En consecuencia, se ha sustituido el mando mecánico de un cambio sincronizado por un mando electromagnético, mucho más rápido y eficiente, lo que unido al sistema de dos embragues alternativos hacen de la transmisión DirectDrive una *PowerShift* de 8 relaciones, que se puede automatizar para

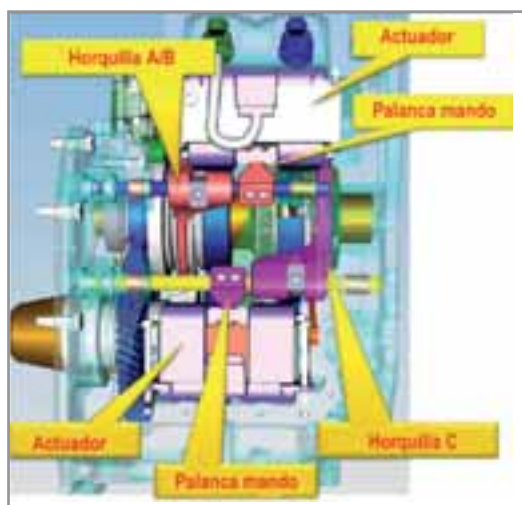
competir con las transmisiones CVT, siempre penalizadas por su componente hidrostático.

Este mismo sistema de actuadores se utiliza para seleccionar los grupos del bloque *Range Power*, para cada una de las tres relaciones posibles, así como en la caja de la toma de fuerza.

Hay una ventaja adicional con la utilización de los actuadores. El magnetismo residual de los electroimanes retiene cualquier partícula metálica que llegue al aceite que lubrica la transmisión. Esta lubricación se consigue mediante un suministro de aceite a presión por el interior de los elementos móviles de la caja, sin que los engranajes estén sumergidos en el aceite, lo que minimiza las pérdidas hidrodinámicas.

Se ha sustituido el mando mecánico de un cambio sincronizado por un mando electromagnético, mucho más rápido y eficiente

FIGURA 3.- CAJA DE GAMAS



El escalonamiento del cambio

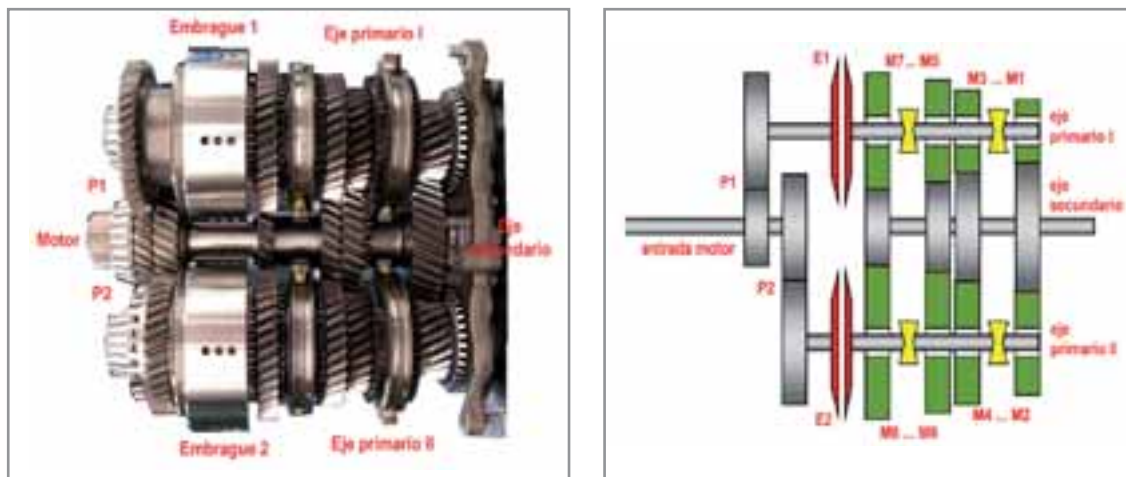
El control electromecánico del cambio ofrece unas posibilidades de automatización muy superiores a las que se consiguen con los sistemas electro-hidráulico, ya que los tiempos de respuesta se reducen considerablemente. Además, combinado el control de la caja con el sistema de gestión del motor (potencia y régimen de funcionamiento) me-

dante el sistema CAN-BUS del tractor se consigue un cambio prácticamente sin escalones.

En la Figura 5 se presenta el escalonamiento del cambio con la tabla de velocidades nominales que se alcanzan en las diferentes 'grupos' y 'marchas' (M). En el mismo se puede apreciar que no hay relaciones del cambio 'repetidas' y el escalonamiento de cada 'grupo' es perfecto y con 10 relaciones diferentes en el rango de 4 a 12 km/h, manteniendo el régimen del motor constante.

El Grupo A permite las relaciones del cambio 'lentas' y las de trabajo pesado en campo entre 2.7 y 11.3 km/h; en el Grupo B se desarrollan las velocidades

FIGURA 4.- MÓDULO 'DUAL-PATH' DE LA CAJA DE CAMBIOS EN POSICIÓN NEUTRAL (EMBRAGUES E1 Y E2 ABIERTOS)



de trabajo pesado y de transporte en campo (velocidades entre 5.6 y 23.3 km/h); con el Grupo C se obtiene las relaciones para transporte entre 14.8 y más de 50 km/h. En este Grupo C, con el régimen del motor reducido (50 k ECO), se consiguen 40 km/h a 1.538 rev/min, y 50 km/h a 1.608 rev/min.

Utilizando como referencia las velocidades nominales de avance que proporciona el fabricante en el Manual del Operador se pueden deducir algunos de los aspectos dimensionales de los engranajes que forman parte de la caja.

Así, comparando las velocidades correspondientes a dos relaciones del cambio contiguas (en cada uno de los grupos) se aprecia un 'escalón' aproximado de 1.22, que indica que pasar de una relación a la siguiente proporciona un aumento del 22% de la velocidad; esta relación es la que se considera apropiada para un cambio 'en carga'. Como es lógico, esta diferencia es una consecuencia de las dimensiones de los engranajes que accionan cada uno de los ejes primarios de la caja, situados por delante de los embragues.

Entre cada dos marchas alternas (sobre el mismo eje primario) el escalonamiento está

próximo a 1.50, y se mantiene prácticamente igual en todas las relaciones del cambio, lo que indica que los árboles primarios I y II son idénticos.

En lo que respecta a los grupos, la diferencia entre el Grupo A y el B es de 2.07, mientras que entre el A y el C es de 5.50. Esto indica que al pasar del Gru-

FIGURA 5.- ESCALONAMIENTO DEL CAMBIO EN LOS DIFERENTES "GRUPOS" DE LA TRANSMISIÓN

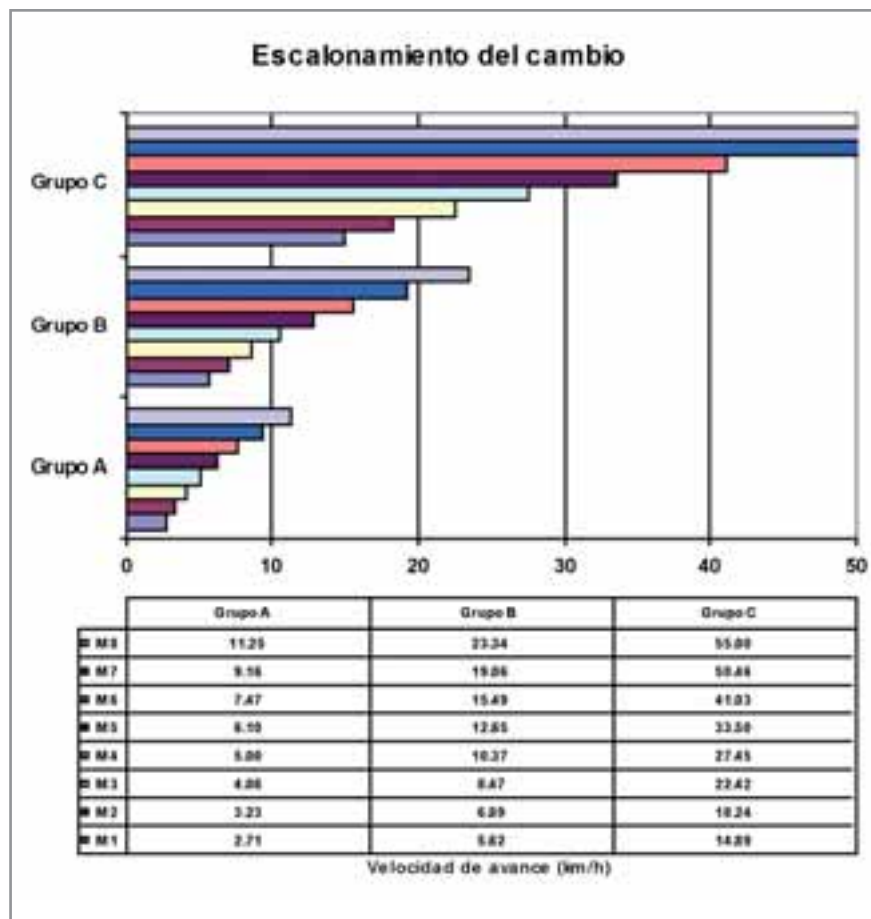




FIGURA 6.- PALANCA PARA LA SELECCIÓN DE MARCHAS Y PULSADORES DE GRUPOS



FIGURA 7.- CONTROL DEL INVERSOR CON NEUTRAL Y BLOQUEO



po A al B se multiplica por 2 la velocidad de avance para la relación del cambio considerada, mientras que pasar del A al C significa multiplicarla por 5.5.

Gestión de la transmisión DirectDrive

Como es habitual en los tractores fabricados por John Deere, el puesto de conducción mantiene una estructura similar, cualquiera que sea la opción del cambio utilizada.

Para el manejo manual del cambio se utiliza la palanca principal, desplazándola hacia delante o hacia atrás si se quiere pasar a una relación más larga o más corta. Situando esta misma palanca en posición de 'automático' (desplazamiento lateral) el cambio se gestiona automáticamente, y el ajuste de la velocidad máxima en estas condiciones se fija mediante una rueda giratoria situada en la propia palanca de control, al igual que se hace con las cajas *AutoPowr* de este misma marca. El valor seleccionado se refleja en el cuadro de mandos del tractor. En ningún caso es necesario utilizar el pedal del embrague para el cambio de marchas, y para detener el vehículo solo se necesita pisar el pedal del freno.

Junto a la palanca del cambio (Figura 6) se sitúan tres pulsadores que permiten elegir los 'grupos' del cambio (A, B, y B/C). En el caso de seleccionar

la opción B/C se automatiza el cambio en las relaciones correspondientes a los Grupos B y C.

Para el inversor, siempre se utiliza la palanca situada en el lado izquierdo del volante (Figura 7), que también selecciona la posición 'neutra' del cambio de marchas y la posición de transmisión bloqueada para el estacionamiento.

Algunas conclusiones

Como se indicaba al comienzo, con la transmisión DirectDrive se ha conseguido, a partir de un conjunto mecánico sencillo, en comparación con lo que ofrecen las transmisiones CVT y PowerShift automatizadas, una transmisión que ofrece las máximas prestaciones, gracias a la utilización de actuadores electromagnéticos para el cambio de marchas, apoyándose en dos ejes primarios que se accionan alternativamente.

El fabricante indica que con la utilización de esta transmisión se puede reducir el consumo de combustible en un 4%. Habrá que esperar hasta que los ensayos oficiales lo justifiquen, pero es lógico pensar que con este diseño sería posible. ■