

LOS SISTEMAS DE TRILLA Y SEPARACIÓN DE LAS COSECHADORAS DE GRANOS

Parte 1.- El sistema de trilla convencional



LUIS MÁRQUEZ

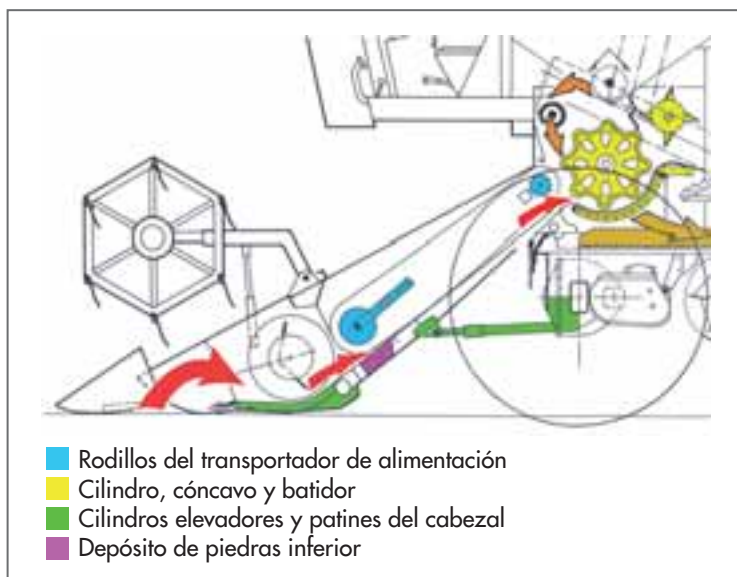
El segundo grupo de artículos dedicados a las cosechadoras de grano se ocupa de los sistemas de trilla y separación, empezando por las técnicas tradicionales.

Con el aumento de la capacidad de trabajo de las cosechadoras de granos y semillas, sin tener que aumentar considerablemente el volumen de la máquina, aumenta progresivamente la oferta de sistemas de trilla y separación que utilizan uno o varios cilindros situados

longitudinalmente con respecto al cuerpo de la máquina; son las máquinas con trilla axial o con separación mediante rotores que sustituyen a los sacudidores.

En esta serie de artículos se analiza la tecnología de los sistemas de trilla y separación del grano que utilizan las cosechadoras modernas, en sus versiones convencional, híbrida y axial.

FIGURA 1.- CANAL DE ALIMENTACIÓN ENTRE LA PLATAFORMA DE CORTE Y EL CILINDRO TRILLADOR (LAVERDA)



ganche para fijar el cabezal que realiza el corte de la mies.

Generalmente se utilizan sistemas de enganche rápido que facilitan la operación, con guías de enganche en la parte superior y pasadores de bloqueo en la inferior.

Por debajo del canal de alimentación dos cilindros hidráulicos (que pueden ser dobles) se encargan de ajustar la posición del conjunto canal-plataforma con respecto al cultivo que se cosecha. La elevación de la plataforma de corte respecto a la horizontal conviene que sea amplia para poder sobrepasar obstáculos; cuando se trabaja en cultivos como el arroz (con diques o taipas) conviene que exista la posibilidad de que el

FIGURA 2.- SISTEMA DE ENGANCHE DEL CABEZAL AL CANAL DE ALIMENTACIÓN (CLAAS)

Introducción

La acción de separar el grano de la inflorescencia en la que se encuentra (la espiga en algunas gramíneas) se conoce como trilla. Esta operación, durante siglos, se ha realizado manualmente o mediante el pisoteo de los animales sobre el cereal esparcido en una superficie dura (la era). Para aumentar la eficiencia de la trilla con animales se desarrollaron los "trillos"; primero con piedras incrustadas sobre un tablero de madera, y posteriormente con ruedas metálicas unidas a discos que actúan como cuchillas.

Otra opción, que se impone progresivamente a medida que se dispone de energía mecánica de apoyo, fue la aproximación de las espigas a un cilindro en rotación, rodeado por una placa perforada para dar salida al grano separado. Este conjunto de cilindro y cubierta (cóncavo) constituyen la base de la trilla en las cosechadoras de granos convencionales.



Canal de alimentación y transportador (acarreador)

Antes de que la mies segada alcance el cilindro trillador, entre el cabezal segador y el cilindro, se desplaza por una conducción denominada canal de alimentación.

Este canal se articula sobre un eje situado en el cuerpo de la máquina, y, en el otro extremo, dispone de un sistema de en-

FIGURA 3.- ACARREADOR DE CADENAS CON TRAVESAÑOS (NEW HOLLAND)

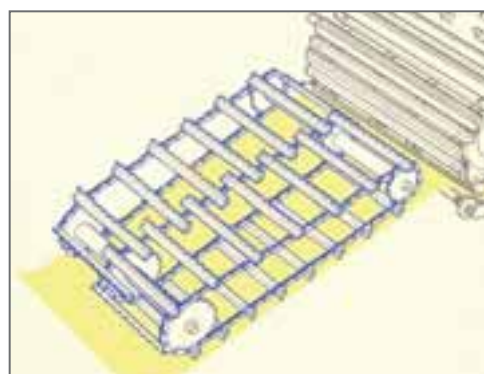


FIGURA 4.- AJUSTE AUTOMÁTICO DE LA ALTURA Y DE LA INCLINACIÓN LATERAL DEL CABEZAL (JOHN DEERE)



corte se pueda realizar a un nivel por debajo del plano de las ruedas. Para amortiguar las oscilaciones del cabezal sobre los cilindros se superponen resortes elásticos en espiral, a la vez que se acoplan acumuladores hidroneumáticos en el circuito hidráulico de los mismos.

En el interior del canal de alimentación se sitúa un transportador de cadenas (tres o cuatro) unidas por travesaños que las enlazan de dos en dos. Este transportador, accionado desde el rodillo más próximo al cilindro trillador, actúa arrastrando la mies segada apoyándose en la superficie inferior del canal de alimentación. Generalmente dispone de un sistema para invertir el sentido de movimiento cuando se producen sobrecargas, que afecta también al sin-fin embocador. El rodillo más alejado del cilindro trillador es flotante y se ajusta para tensar las cadenas del transportador. La velocidad de las cadenas del transportador es de unos 3 m/s, y dispone de un embrague de seguridad que protege frente a sobrecarga.

Cuando la mies que entra en la plataforma se encuentra muy húmeda, tiende a acumularse en el triángulo que queda entre los dedos alimentadores y el rodillo inferior del acarreador. En estos casos hay que justar con precisión los dedos del sin-fin y la posición del rodillo inferior del acarreador para que este espacio sea mínimo.

La anchura del canal de alimentación condiciona la capacidad de trabajo de la máquina. Desde el sin-fin embocador la mies se fuerza para que atraviese la boca que da paso al canal de alimentación. A partir de este momento es el transportador de cadenas el que se encarga de elevar la mies y alimentar uniformemente el cilindro trillador.

En muchas cosechadoras, mientras que el cabezal de la máquina permanece paralelo al suelo siguiendo su perfil, el cuerpo de la máquina se mantiene más próximo a la horizontal, por lo que la boca que comunica el cabezal con la entrada del canal de alimentación deja de ser rectangular, lo que reduce su sección; esto sucede especialmente en las cosechadoras autonivelantes trabajando en laderas. En estos casos hay que incorporar un sistema que permita el giro de la unión, facilitando el paso de la cosecha del cabezal inclinado al cuerpo de la máquina.

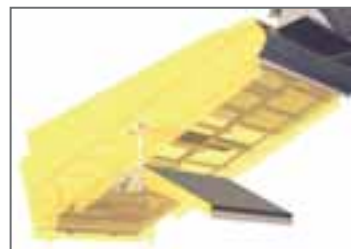
Para conseguir que el cabezal se mantenga paralelo al suelo se suele utilizar un cilindro para el control de la flotación lateral que trabaja en combinación con los cilindros elevadores de la plataforma y los palpadores situados por debajo de la misma. Así se puede ajustar automáticamente la presión del cabezal sobre el suelo, cuando se realiza el corte bajo, o bien la altura de cabezal cuando el cor-

te es alto. Simultáneamente el cabezal puede pivotar mediante la acción del cilindro que controla la flotación lateral.

Antes de que las mies, arrastrada por el transportador, llegue al conjunto que forman cilindro y cóncavo, se encuentran unos elementos que actúan como separadores de piedras, que pueden venir acompañando a la mies y que provocarían roturas en el cilindro. Pueden situarse en la entrada del transportador, o en la salida antes de que la mies llegue al cilindro (lo más frecuente). Normalmente dispone de una compuerta que se abre por la acción del cilindro sobre la piedra, que pasan a un "depósito" situado debajo, y que periódicamente hay que vaciar.

Para cosechadoras de gran capacidad, se ofrecen sistemas de separación de piedras basados en la apertura de una compuerta situada en la parte baja del elevador de mies cuando son detectadas por los choques y el ruido producidos al comienzo de la alimentación, gracias a la presencia de dos micrófonos en comunicación con el sistema electrónico de control.

FIGURA 5.- SISTEMA DE EXPULSIÓN DE PIEDRAS MEDIANTE COMPUERTA EN EL FONDO DEL CANAL DE ALIMENTACIÓN (NEW HOLLAND)



La descarga del acarreador sobre el cilindro debe hacerse con una inclinación que favorezca el avance de la mies. En las máquinas antiguas se utili-

zaba un rodillo intermedio para cambiar el ángulo de entrada; en las máquinas modernas esto se consigue aumentando el diámetro del rodillo superior del acarreador.

■ Cilindro y cóncavo

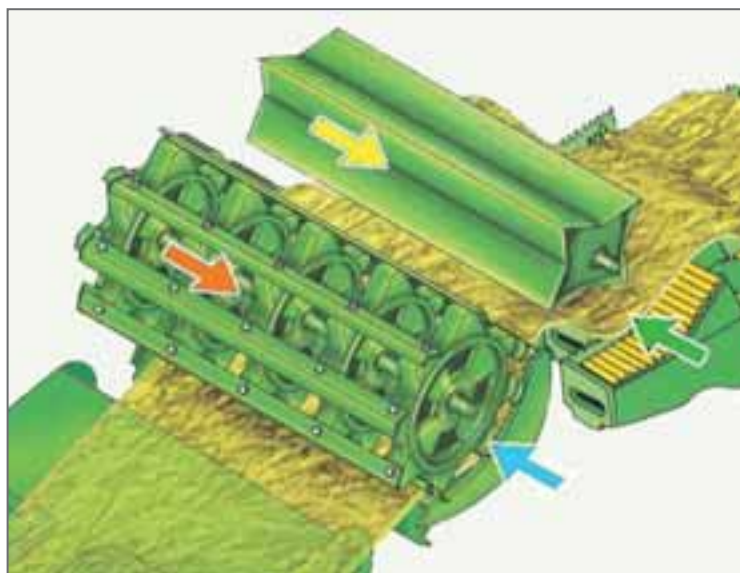
El cilindro, situado perpendicularmente a la mies que llega del transportador, rodeado parcialmente con una cubierta (cóncavo) constituye la base del sistema de separación en las cosechadoras convencionales, y determina las prestaciones de la cosechadora.

Cilindro de barras

Con el cilindro de barras se pueden trillar la mayoría de las cosechas, y lo forman un conjunto de barras de acero (ocho o diez) con una cara estriada, fijadas sobre discos de chapa de acero estampado, unidos a un eje transversal, montado sobre rodamientos, que acciona el conjunto.

Los estriados inclinados de las barras trilladoras contiguas son opuestos, y producen un efecto de fricción sobre la mies que pasa entre el cilindro y el cóncavo. En las cosechadoras modernas las barras con sus

FIGURA 6.- CONJUNTO DEL CILINDRO DE BARRAS Y CÓNCAVO (JOHN DEERE)



Se utilizan diferentes tipos de cilindros trilladores. Los más comunes son los de barras y los de dientes rígidos. Para aplicaciones especiales, como la recolección de semillas pequeñas, se comercializan cilindros con barras en ángulo.

La trilla de las espigas se realiza por la acción de las barras del cilindro sobre las del cóncavo. La mayor parte del producto trillado atraviesa el cóncavo y la paja se lanza sobre un cilindro deflector (batidor) que la orienta hacia los sacudidores.

estriados son de una sola pieza. Es frecuente la inclusión de barras de inercia para aumentar la masa del cilindro. El conjunto se equilibra estática y dinámicamente.

El accionamiento del cilindro se realiza a un régimen entre 150 y 1500 rev/min, para poder adaptarse a las características y el estado de las cosechas. En la mayoría de los casos, se hace funcionar a un régimen entre 400 y 1200 rev/min.

El cóncavo está formado por un conjunto de barras de acero

FIGURA 7.- CILINDRO CON 8 BARRAS TRILLADORAS Y 8 DE INERCIA; CÓNCAVO CON 12 BARRAS (LAVERDA)



paralelas unidas por barras laterales y varillas. Se sitúa por debajo del cilindro, en posición relativamente retrasada, y mantiene una curvatura similar a la exterior del cilindro. Es frecuente que el cóncavo esté formado por elementos independientes intercambiables cuyos orificios se adaptan al tamaño de grano cosechado. El ángulo abarcado por el cóncavo suele ser de 100-125 grados.

La capacidad de trabajo de una cosechadora depende del caudal de mies que puede atravesar el espacio entre el cilindro y el cóncavo, impulsado por la acción del cilindro trillador. Está en función de la longitud del cilindro y del diámetro del mismo, a la vez que de la velocidad de rotación, aunque esta última está condicionada por las características de la cosecha. Hay cosechadoras con longitudes de cilindro que superan los 2 m, aunque la longitud del cilindro está condicionada por la anchura de transporte de la máquina.

Es aconsejable que la longitud del cilindro trillador sea igual a la de la entrada del embocador y a la de la salida de la mies trillada hacia los elementos de separación de paja y grano, ya que cualquier estrechamiento dificulta el paso de la mies.

FIGURA 8.- CONJUNTO TRILLADOR (LAVERDA)



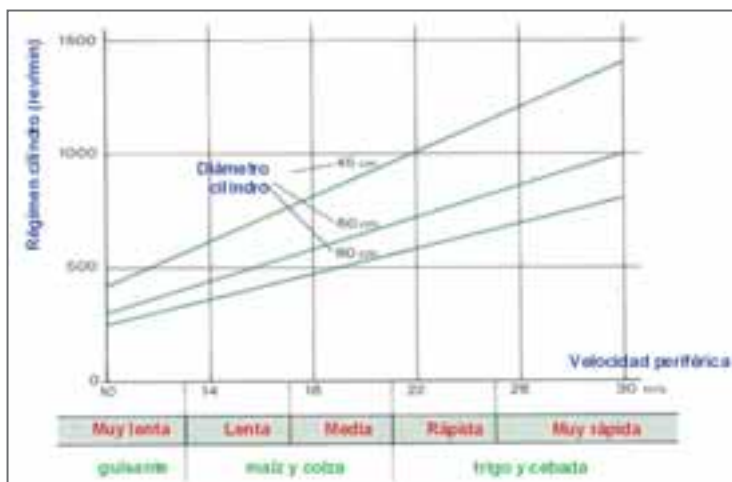
Por otra parte, el diámetro del cilindro conviene que sea grande, ya que en un cilindro de pequeño diámetro se reduce la superficie de separación para el mismo ángulo abarcado por el cóncavo, y el recorrido de la mies es más curvado, con lo que se dificulta el paso. Asimismo, cuando el cilindro es de poco diámetro, en condiciones de cosechas difíciles, los tallos tienden a enrollarse alrededor del cilindro dando lugar a su atoramiento. En ocasiones, para evitarlo, se incorpora una cuchilla de roce en la parte opuesta a la de llegada de la mies desde el transportador de grano.

Los cilindros de muy gran diámetro pueden dar problemas en las transmisiones, ya que de-

mandan mayor par para hacerlos girar y esto puede afectar a los variadores de velocidad del tipo mecánico por poleas y correa trapezoidal. Los diámetros de los cilindros suelen variar entre 450 y 750 mm, con valores más frecuentes entre 600 y 660 mm. Un cilindro pesado ofrece mayor inercia, adaptándose mejor a las variaciones del caudal de mies que le llega desde el cabezal.

El régimen de giro del cilindro se puede modificar mediante un variador para conseguir velocidades periféricas entre 10 y 30 m/s. Para trigos y otros cereales en general las velocidades periféricas se mantienen en el intervalo de 20 y 30 m/s. Cuanto más dura y seca se encuentra la mies menor debe ser

FIGURA 9.- RÉGIMEN DEL CILINDRO PARA ALCANZAR DIFERENTES VELOCIDADES PERIFÉRICAS



la velocidad periférica del cilindro. Se recomienda ajustar el régimen de rotación para conseguir la trilla completa sin que se produzca la rotura de los granos, ni triturar excesivamente la paja, ya que si esto sucede se puede sobrecargar el sistema de limpieza del grano por obstrucciones en las cribas.

La posición relativa entre el cilindro y el cóncavo se modifica mediante mecanismos que ajustan la separación, tanto en la entrada como en la salida. La

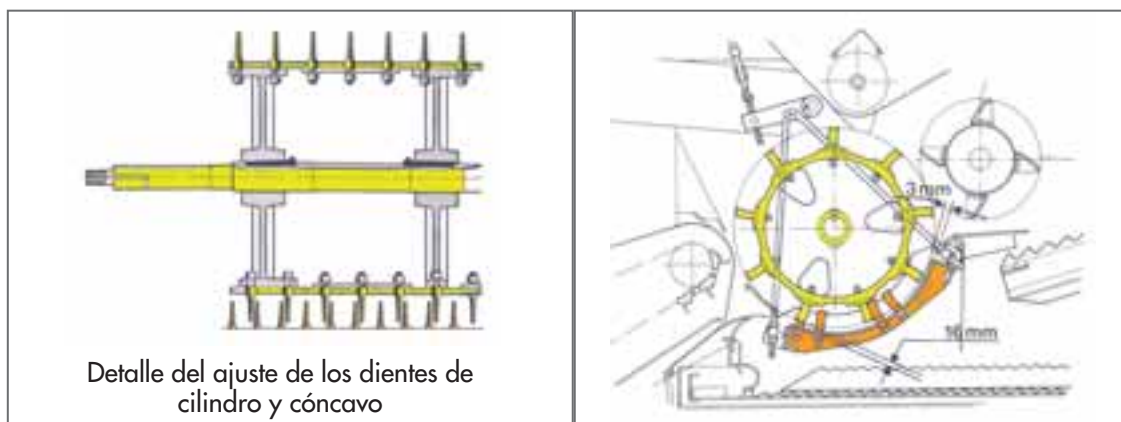
FIGURA 10.- SISTEMA 'OPTI THRESH' DE NEW HOLLAND



distancia entre el cilindro y el cóncavo debe ser pequeña para cereales de grano fino difíciles de trillar, y hay que aumentarla a medida que el grano se hace más grueso y frágil. Como valores de referencia para el trigo se dan 12 mm en la entrada y 3 mm en la salida. En algunas máquinas, la regulación de la distancia en la entrada y en la salida de la mies se realiza de forma independiente.

La modificación de la distancia entre el cóncavo y el cilindro y de la velocidad de rotación del cilindro son regulaciones que tiene el mismo efecto. Esto explica que se recomienda preferentemente mantener las distancias y modificar la velocidad de rotación del cilindro. Es conveniente que la separación

FIGURA 11.- CILINDRO DE DIENTES Y CÓNCAVO



Detalle del ajuste de los dientes de cilindro y cóncavo

en la salida no sea mayor de 3.5-4.0 mm cuando se trabaja con granos finos como el trigo, ya que en caso contrario se puede escapar grano en la paja, que es de difícil recuperación en los sacudidores. Normalmente, hasta el 90% del grano se llega a separar en el cóncavo.

Para desgranar los extremos de las espigas, o con cosechas difíciles de trillar, conviene cerrar la salida en la primera parte del cóncavo, utilizando un mecanismo de cierre o placas de desbarbado que aumentan la fricción para favorecer el desgrane.

En otros casos, se puede reducir la longitud del contacto del cóncavo desplazándolo hacia abajo en su extremo final (sistema "Opti Thresh" en las cosechadoras New Holland de las series CS), con lo que el ángulo de envoltura del cóncavo pasa de 121 a 85 grados. De esta forma se reduce el efecto trillador para aumentar la calidad de la paja.

Cilindro de dedos o dientes

En cultivos como el arroz se utiliza un cilindro con dedos o dientes, junto con un cóncavo que también los lleva. La trilla se realiza mediante el peinado de la paja.

La estructura del cilindro con dientes es similar a la del cilindro convencional. Las barras transversales disponen de anchura suficiente para colocar los dientes que se fijan

FIGURA 12.- SISTEMA DE TRILLA CON DEDOS Y SEPARACIÓN MEDIANTE SACUDIDORES CON BATIDOR DE DIENTES PARA RECUPERACIÓN DEL GRANO DISEÑADO PARA ARROZ (LOVA)



mediante tuercas en la parte inferior.

Sobre el cóncavo se pueden fijar dientes en diferentes grupos de filas dobles. Para arroces que se trillan con dificultad se colocan dientes dobles en el primer y el segundo grupo (ver figura adjunta). En arroces fáciles de trillar se reduce el número de dientes a los situados en un solo grupo (el segundo).

Se fabrican cosechadoras especialmente diseñadas para el arroz, en las que, además del cilindro trillador y el cóncavo de dientes, se incluye un batidor con dientes situado al final de los sacudidores, que ayuda a recuperar los granos que permanecen unidos a la paja.

Deflector (batidor)

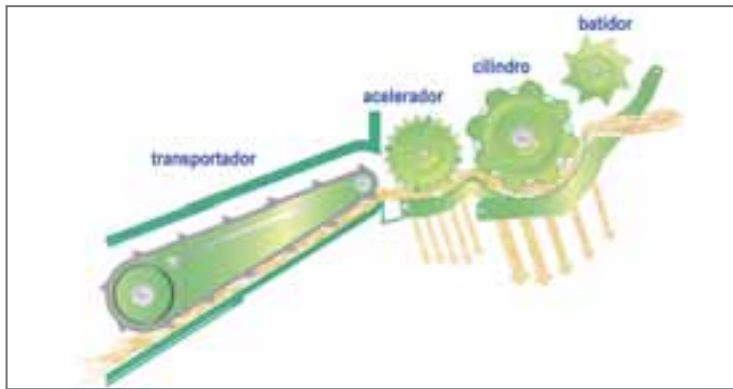
Es un cilindro con palas de chapa, situado detrás y por encima del eje del cilindro trillador y que gira en el mismo sentido de éste, que frena la paja que sale del cilindro, variando su dirección para orientarla hacia los sacudidores. Por debajo del deflector se sitúa un peine de varilla metálicas, unido a la salida del cóncavo, que actúa como recuperador de granos antes de que el material trillado alcance

los sacudidores. El tipo de peine se puede cambiar en función del material cosechado (arroz, grano grueso, etc.)

Trillado mediante doble cilindro

Para aumentar la capacidad de trilla sin tener que incrementar la anchura del cilindro trillador, Claas ha desarrollado su sistema APS, en el que por

FIGURA 13.- SISTEMA DE TRILLA APS DE CLAAS



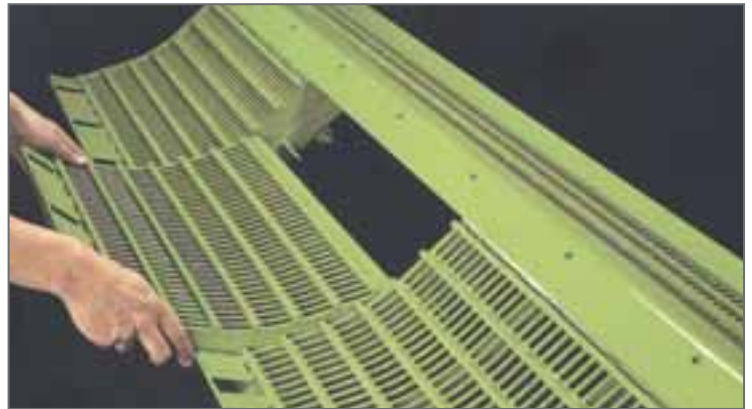
delante del cilindro trillador se sitúa otro cilindro con su correspondiente cóncavo que actúa como "acelerador" de las mies que llega al cilindro principal.

El acelerador, el cilindro y el batidor son accionados mediante una transmisión con un variador central. Las transmisiones entre ellos hacen que el acelerador gire a un régimen del 80% del cilindro, mientras que el batidor lo hace al 68%. Las velocidades periféricas correspondientes para 30 m/s en el cilindro, son de 24 m/s en el acelerador, y de 20 m/s en el batidor, lo que hace que la mies, que llega con una velocidad de 3 m/s se acelere a 12 m/s en su paso por el acelerador y hasta 20 m/s en el cilindro, para descender a 9 m/s cuando la impulsa el batidor.

El acelerador con paletas en espiral aumenta progresivamente la velocidad de la mies, lo que ayuda a optimizar su flujo, haciendo más delgada la capa entre el cilindro y el cóncavo, y aumentando las fuerzas centrífugas sobre los granos. Asimismo, en el acelerador se produce un efecto de desgranado, con salida de los granos separados por su propio cóncavo.

El cóncavo utilizado tiene dos elementos, el primero de ellos, que se sitúa debajo del acelerador, admite diferentes rejillas intercambiables con dimensiones que se adaptan al tipo de grano. El cóncavo princi-

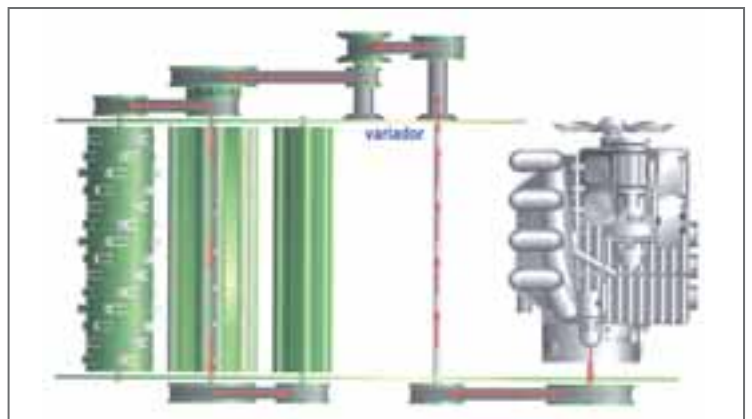
FIGURA 14.- CAMBIO DE ELEMENTOS EN EL CÓNCAVO PREVIO



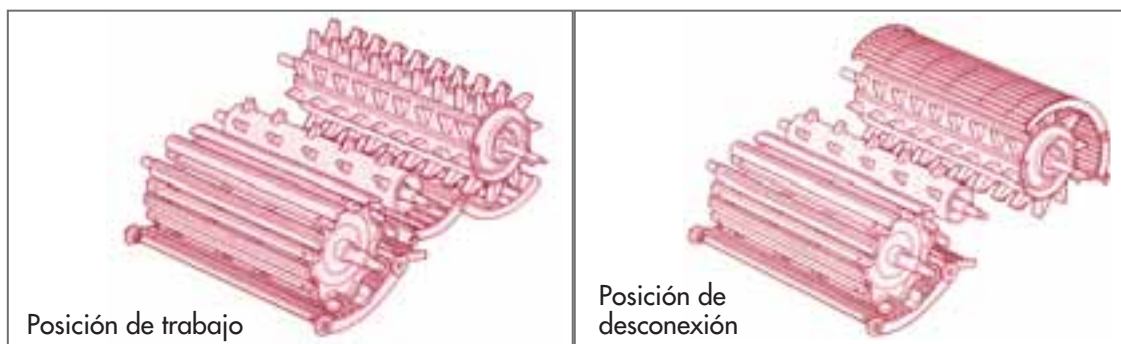
pal es universal, y en la primera parte los orificios son de menor tamaño que en la segunda. Los ángulos con los que envuelven los cóncavos a los cilindros son de 90 grados en el acelerador y 142 grados en el principal.

Ambos cóncavos se desplazan en paralelo con respecto a la superficie de los cilindros durante todo el recorrido. Para trigo se recomienda separación en la entrada del primer cóncavo entre 9 y 16 mm, igual a la del

FIGURA 15.- TRANSMISIÓN ENTRE EL MOTOR Y EL CONJUNTO DE TRILLA (CLAAS)



“MULTI CROP SEPARATOR” (LAVERDA – NEW HOLLAND)



segundo; a la salida del cóncavo principal la separación está entre 8 y 13 mm. En el maíz para la entrada se establecen valores entre 29 y 36 mm, y entre 24 y 30 mm para la salida.

Para intensificar la trilla se puede montar un refuerzo para el cierre en la parte delantera del cóncavo principal y unas chapas desgranadoras por debajo del cóncavo previo.

Separador rotativo a la salida del sistema de trilla

En 1973 New Holland presenta el primer separador rotativo basado en dos cilindros, con sus correspondientes cóncavos, situados por detrás del cilindro trillador. Esto permite reducir un metro la longitud de los sacudidores, aunque se produce mayor picado de la paja y aumento en la demanda de potencia.

En la década de los '90, New Holland y Laverda introducen en algunos de sus modelos de cosechadoras una variante del separador rotativo básico, el sistema denominado “multi crop separator”, con dos cilindros y sus correspondientes cóncavos, situados por detrás del cilindro trillador.

El objetivo es el de realizar una separación por fuerza centrífuga del grano que sale de la trilla unido a la paja camino de los sacudidores. Esta separación centrífuga secundaria

puede ocasionar un aumento en el triturado de la paja, o mayor cantidad de grano partido, en determinadas condiciones de cosecha, por lo que el conjunto de los cóncavos secundarios unidos al sistema “multi crop”, se pueden desplazar hacia arriba para que el sistema de trilla descargue directamente en los sacudidores.

El primero de los cilindros, que ocuparía el lugar del batidor es un molinete expulsor con 400 mm de diámetro que gira a 800 rev/min. Detrás, el cilindro separador dentado, con 600 mm de diámetro y dotado de paletas que impiden el enrollamiento de la paja, gira a 750 rev/min. Para cosechar maíz se reduce el régimen de este cilindro a 250 rev/min.

Mediante una manivela se pueden desmontar los dos cóncavos, que pivotan hacia arriba girando alrededor del cilindro separador trasero. Es posible modificar la distancia entre el cilindro separador y su cóncavo, con un intervalo entre 25 y 40 mm.

Separador rotativo con cilindro conductor

Se introduce en las cosechadoras John Deere de la serie T, en las que el separador rotativo va precedido de un cilindro guía y otro cilindro conductor que gira en sentido contrario al cilindro trillador, haciendo que la paja trillada se desplace sin

cambiar bruscamente de trayectoria, a la inversa de los que hace el batidor en un sistema de trilla convencional. A la salida del separador rotativo se encuentra un batidor con su propia rejilla que lanza la paja trillada sobre los sacudidores.

El cilindro guía, situado después del cilindro trillador y por delante del cilindro conductor, gira siempre a un régimen 125% más rápido que el del trillador, lo que hace que se favorezca el flujo del material que sale entre el cilindro y el cóncavo. El cilindro conductor canaliza el flujo que recibe y se hace girar a un régimen de 700 rev/min.

SEPARADOR ROTATIVO CON CILINDRO CONDUCTOR (SERIE T DE JOHN DEERE)



El separador rotativo gira a 450 ó a 900 rev/min en función del estado de la cosecha, y dispone de un cóncavo ajustable en dos posiciones. Se estima que entre el 14 y el 16% del grano trillado pasa a través del cóncavo del cilindro separador, quedando entre el 5 y el 13% que se separa en los sacudidores (saca-pajas).■