

# PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN LAS COMBINADAS

\* JOSÉ MANUEL CHAPARRO CASTRO, Profesor  
Asociado Departamento de Ingeniería Agrícola  
Universidad Nacional de Colombia

---

## RESUMEN

*Las combinadas realizan diversas funciones que permiten la recolección de granos directamente del campo en un proceso de corte del tallo de la planta, el transporte del material cortado, la trilla o desprendimiento del grano de la espiga, la separación del material diferente al grano de éste, y la limpieza del grano previamente separado.*

*A través de análisis dinámico, o de experiencias empíricas, ha sido posible establecer algunos parámetros de operación de acuerdo con el cultivo recolectado, que permiten trabajar con más eficiencia la combinada.*

*En ensayos, realizados a lo largo de los últimos quince años, hemos confrontado los parámetros expuestos por diferentes autores y hemos probado la validez de los mismos. En el presente trabajo se da información sobre estos parámetros de operación y su aplicación en la operación de cosecha considerando que cuando estos son tenidos en cuenta, las pérdidas durante la cosecha son mínimas.*

## MECANISMOS DE LA COMBINADA

La combinada posee mecanismos de:

- Corte y alimentación
- Trilla
- Separación
- Limpieza
- De entrega de grano y material de retrilla

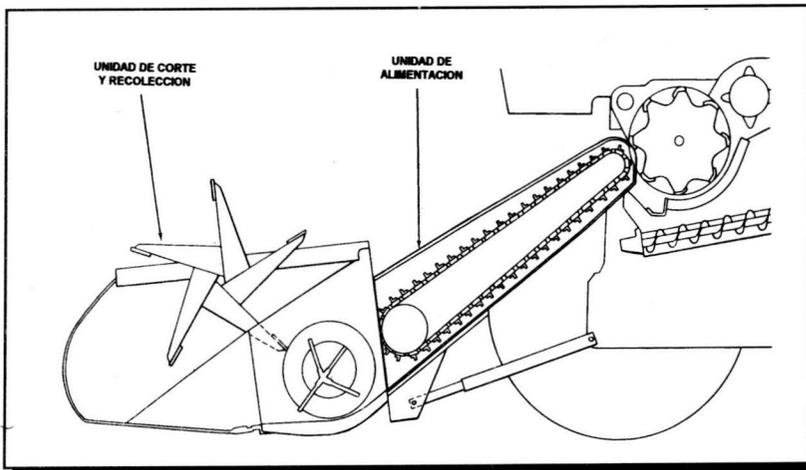


Figura. 1. Cabezote o Cabezal de la combinada (Sistema de Corte y Alimentación)

## MECANISMOS DE CORTE Y ALIMENTACIÓN

Los mecanismos de corte y alimentación conforman, el **CABEZOTE o CABEZAL**. El **MECANISMO DE CORTE** está conformado por la **PLATAFORMA, MESA DE CORTE o CANOA**, junto a la cual actúan el **MOLINETE** y la **BARRA DE CORTE** para la mayoría de cereales y leguminosas, o un **CABEZOTE PARA UN CULTIVO ESPECÍFICO** como ocurre con la cosecha de maíz. El **MECANISMO DE ALIMENTACIÓN** está conformado por el **CARACOL o SINFÍN**, los **DEDOS TTRACTILES** y el **EMBOCADOR** que contiene la cadena alimentadora (Fig. 1).

Los **DIVISORES** y la **PLACA TERMINAL** tienen como objetivo separar la franja que se está cosechando del resto del cultivo, sin que los tallos no cortados sufran daño alguno.

## EL MOLINETE

En la combinada convencional existen dos posibles tipos de molinetes (Fig. 2):

- **MOLINETE DE PALETAS O TABLETAS:** Posee un conjunto de tres a ocho tabletas de madera, aluminio o acero que giran sosteniendo la planta mientras que es cortada por las cuchillas de la barra de corte. Una vez cortados los tallos, el molinete cumple la función de colocar el material en la plataforma.
- **MOLINETE RECOLECTOR** (Conocido también como Pick-up Reel en Colombia): tiene dedos o ganchos de acero pegados a las tabletas. Este tipo de molinete se utiliza para levantar cultivos caídos, operación que no se puede realizar con el molinete de paletas. Tanto las paletas como los ganchos se pueden orientar para que entren a la cosecha con un ángulo correcto. El molinete permite realizar ajustes tanto horizontales como verticales.

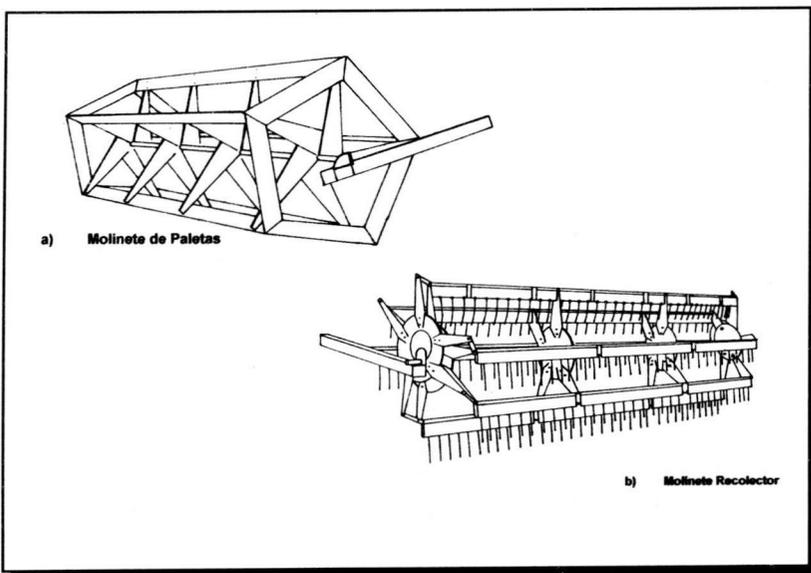


Figura. 2. Tipos de molinetes

## PARÁMETROS DE

### OPERACIÓN DEL MOLINETE

- Si el molinete es de tabletas, los extremos deben situarse próximos a las espigas más bajas y delante de la barra de corte. En cultivos erectos, el molinete debe estar situado de 15 a 20 cm delante de la barra de corte. En el caso de cultivos caídos, debe aumentarse un poco la distancia mínima y ésta puede ser de 22 a 30 cm, mientras que los ganchos del molinete deben pasar a una distancia entre 5 y 8 cm de barra de corte.
- La velocidad del molinete depende de la velocidad de la combinada. La relación entre la velocidad del molinete y de la combinada se conoce como índice del Molinete ( $\lambda$ ) (ecuación 1) y la mayoría de autores consultados manifiestan que debe estar entre 1.25 y 1.75. En ensayos realizados en Ambalema (Tolima) en cultivos de arroz que tienen un rendimiento por encima de 6000 kg/ha se ha encontrado que un Índice de Molinete de 1.80 a 2.20 opera satisfactoriamente.

El movimiento lo reciben las cuchillas por una biela (barra Pitman), la cual a su vez es accionada por una polea (o volante) que recibe el movimiento mediante una cadena o una correa en V. La biela se articula a la barra de corte mediante un buje de goma que permite absorber las vibraciones que se presentan durante la operación.

Las cuchillas están remachadas a una barra plana de acero y para efectuar el corte deben desplazarse dentro de la guarda con suavidad.

### Parámetros de operación de la barra de corte

- La velocidad de la barra de corte debe oscilar entre 350 y 550 ciclos por minuto. El valor inferior se usa para el corte de leguminosas, donde la alta velocidad puede traducirse en dehiscencia de las vainas
- Para la mayoría de cereales, la altura de la barra de corte debe ajustarse para que opere a unos 15 cm por debajo de la espiga más

$$(1) \text{ Índice del molinete} = \lambda = \frac{\text{Velocidad del molinete (m/min)}}{\text{Velocidad de la combinada (m/min)}}$$

## LA BARRA DE CORTE

El molinete sostiene la planta mientras que la barra de corte efectúa el corte del tallo por desplazamiento horizontal de la cuchilla. En las combinadas, las cuchillas de la barra de corte son estriadas y no se pueden afilar; ello obliga a que se deban cambiar cuando se desgastan o se dañan.

El peso de la plataforma está balanceado mediante resortes y eso permite ajustar la altura de corte. Las máquinas modernas usualmente regulan la altura mediante cilindros hidráulicos, esto permite que el corte se pueda efectuar desde la superficie del suelo hasta aproximadamente unos 150 cm por encima de la misma.

baja para evitar una sobrealimentación de material diferente al grano, lo cual recarga el sistema de trilla. La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas en su Norma ASAE S343.3 recomienda como rangos aceptables de relación de material diferente a granos (mdg) (tallos, hojas, etc.) a granos (g) las siguientes:

Cultivo	mdg/g	Cultivo	mdq/g
Trigo	0.6 -1.2	Sorgo	0.4 - 0.8
Cebada	0.6 -1.2	Maíz	0.4 -0.8
Arroz	1.0 -2.4	Soya	0.5 -1.5

Tabla 1. Rango de relación material diferente a granos - granos (mdg/g)

**Las combinadas realizan diversas funciones que permiten la recolección de granos directamente del campo en un proceso de corte del tallo de la planta, el transporte del material cortado, la trilla o desprendimiento del grano de la espiga, la separación del material diferente a grano de éste, y la limpieza del grano previamente separado.**

- Por lo general, la ranura de la guarda posee una tolerancia próxima a 3/16 de pulgada, mientras que las cuchillas poseen aproximadamente un espesor de 1/8 de pulgada, quedando así una tolerancia de 1/16 de pulgada, debe mantenerse para que se realicen un corte limpio del tallo. Si esta tolerancia se incrementa, los tallos se atascan dentro de la misma y las pérdidas en esta zona se incrementan. Entonces, las guardas deben llevarse a su forma original mediante una herramienta en forma de tubo que cumple esta función. La fig. 3. muestra el corte transversal de una barra de corte.

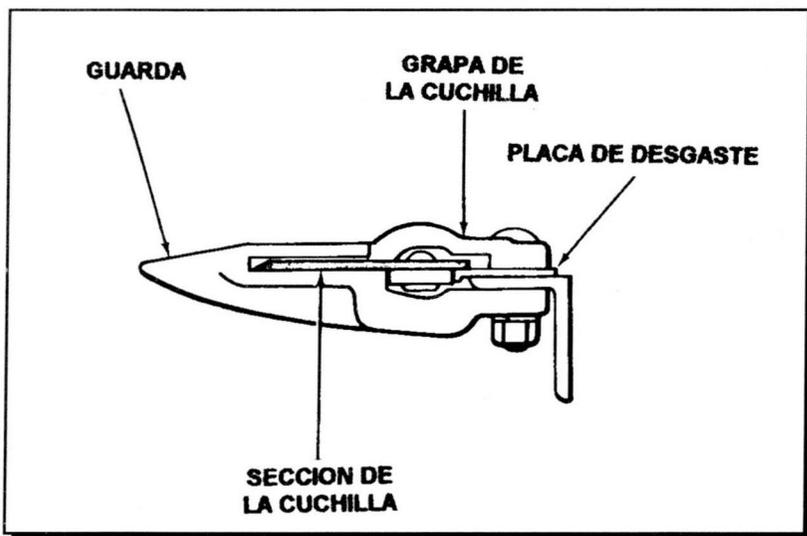


Figura. 3. Corte transversal de una barra de corte

## EL CARACOL o SINFÍN

El caracol o sinfín transporta las plantas cortadas sobre la plataforma hacia el centro de la combinada donde el embocador está localizado. Para introducir el material al embocador se usan dedos retráctiles ajustables que en nuestro medio es costumbre reemplazarlos por pedazos de platina, ángulos, etc. o simplemente extienden la aleta del caracol, eliminando así el sistema de entrada regulada del material y produciendo una entrega muy irregular a la cadena alimentadora y posteriormente al sistema de trilla.

### AJUSTES DEL CARACOL O SINFÍN

- El caracol debe permanecer centrado sobre la concavidad de la canoa. Si el caracol queda inclinado, la entrega del material no es uniforme.
- El espacio libre entre el caracol y la superficie de la canoa debe ser aproximadamente 5 a 10 mm para cultivos como el arroz o similares, pero debe ajustarse cuando se trata de mazorcas o panojas de mayor espesor, en cuyo caso puede requerirse un espacio que llegue hasta 40 mm. Si el espacio libre es muy pequeño, se produce el desgrane sobre la plataforma y posiblemente el material desgranado caiga al suelo. Si el espacio libre es muy grande, se produce una alimentación muy irregular.
- En cosechas no muy densas use los dedos retráctiles extendiéndolos hacia afuera, en cosechas densas, úselos extendiéndolos hacia adentro.
- Si la velocidad del caracol es ajustable, use la velocidad mínima que produce una alimentación aceptable; el exceso de velocidad puede hacer que el material gire alrededor del caracol.
- El despojador del caracol debe ajustarse para evitar que el material gire alrededor del mismo. Un ajuste inadecuado produce una alimentación deficiente.

## CADENA ALIMENTADORA

El transporte mediante la cadena debe ser suave y uniforme; para lograr esto se debe tensar, en tal forma, que casi toque el fondo de la caja del alimentador. Cuando la cadena queda muy tensa, el transporte se dificulta y se presenta atascamiento a la entrada del alimentador cuando está muy suelta se produce desgaste de la cadena y de la caja por fricción y desgane durante el transporte. Algunas máquinas cosechadoras no tienen cadenas ajustables.

### AJUSTE DE LA CADENA

- La separación entre el fondo de la caja y la cadena transportadora debe ser de aproximadamente 3 mm para la mayoría de los granos y cuando el tamaño de la mazorca o la panoja se incrementa, puede ser necesario aumentar la separación hasta unos 20 mm para permitir el paso normal del material.

## MECANISMO DE TRILLA

Se entiende por TRILLA (THRESHING o THRASHING en inglés) a la separación del grano de la espiga mediante la acción de un sistema de CILINDRO (giratorio) y un CÓNCAVO (estático).

### EL CILINDRO Y EL CÓNCAVO

Hay tres tipos comunes de cilindros y cóncavos:

**Cilindro y cóncavo de dientes:** constituidos por una serie de dientes rígidos de acero, montados sobre barras metálicas que a su vez están sujetas a ruedas del mismo material. El cóncavo posee varias hileras de dientes y una parrilla abierta (Fig. 4).

El desgane se produce al pasar el material entre los dientes y por la acción agresiva de este mecanismo. A medida que se usan más hileras, se produce una acción más agresiva para la separación del grano, lo cual hace que en ocasiones éste sea triturado; la paja y la maleza se desmenuzan, recargando así el sistema de limpieza.

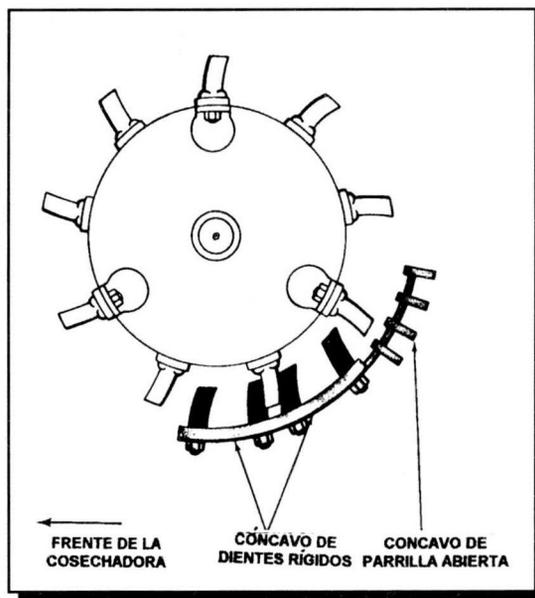


Figura. 4. Cilindro y cóncavo de dientes

A las combinadas provistas de sistema de trilla de dientes se les conoce como arroceras, aun cuando pueden ser usadas para otros granos, con el problema de que desmenuzan la paja en extremo.

La separación entre el cilindro y el cóncavo se mide entre los dientes del cilindro y el cóncavo (Fig. 5) y no por el espacio que queda entre el extremo del cilindro y el cóncavo. Cuando los dientes se desgastan y se reconstruyen con soldadura no es posible tener una separación

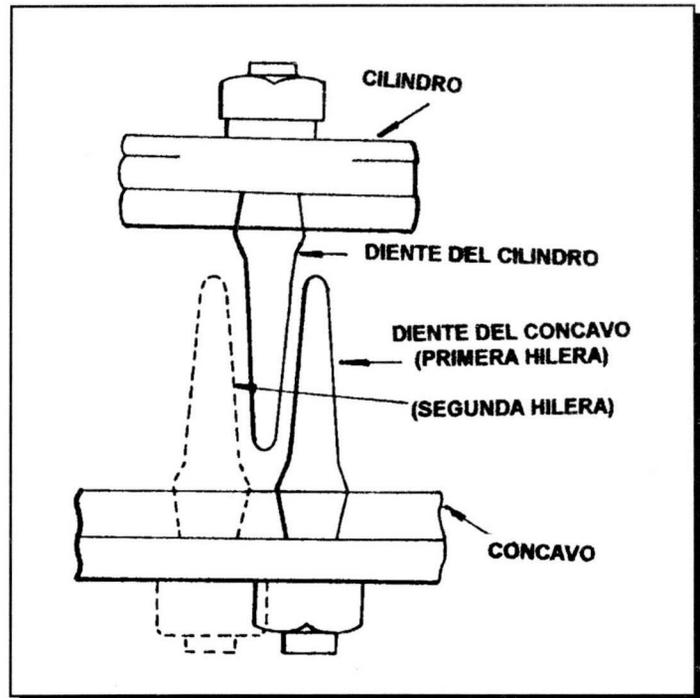


Figura. 5. Separación cilindro - cóncavo en una combinada arrocera

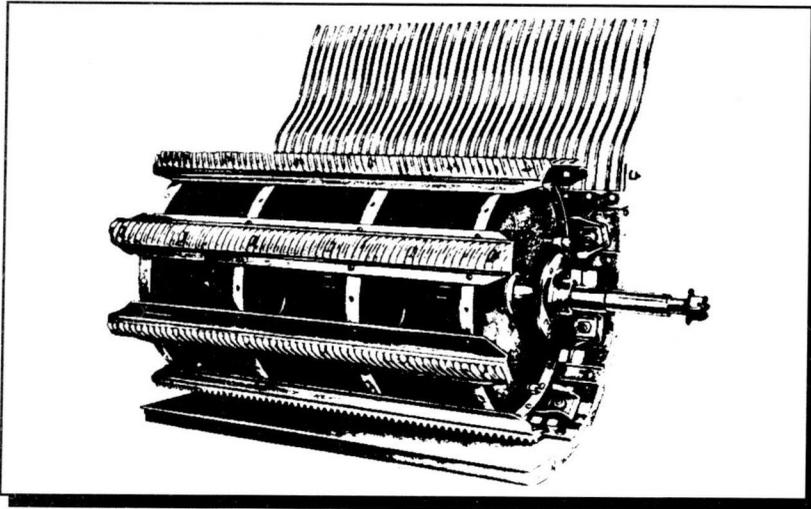


Figura. 6. Cilindro de barras raspadoras

exacta entre dientes. De la misma forma, cuando se aplica soldadura a las platinas del cilindro o del cóncavo, éstas se pandean haciendo que los dientes no queden exactamente en posición vertical, dificultando así los ajustes de la trilla.

**Cilindro y cóncavo de barras raspadoras:** formado por una serie de barras transversales de acero, paralelas al eje del cilindro con una superficie estriada en forma diagonal y las estrías de una barra y la siguiente en sentido opuesto (Fig. 6). La trilla se produce por la fricción a que se somete la espiga al pasar entre las barras del cilindro y las del cóncavo que permanecen fijas.

Las barras del cilindro se pueden identificar como derechas e izquierdas según la dirección de las estrías y se deben colocar en sentido opuesto una a continuación de la otra.

El cóncavo está formado por barras paralelas montadas sobre barras curvas y sobre varillas en el área trilladora. El cilindro de barras raspadoras produce menos trituración y el volumen de paja desmenuzada que se debe sacar del sistema es menor.

**Cilindro y cóncavo de barras angulares:** está conformado por barras angulares montadas en forma helicoidal sobre barras de acero. Las barras tanto del cilindro como del cóncavo están recubiertas con caucho vulcanizado, lo cual hace

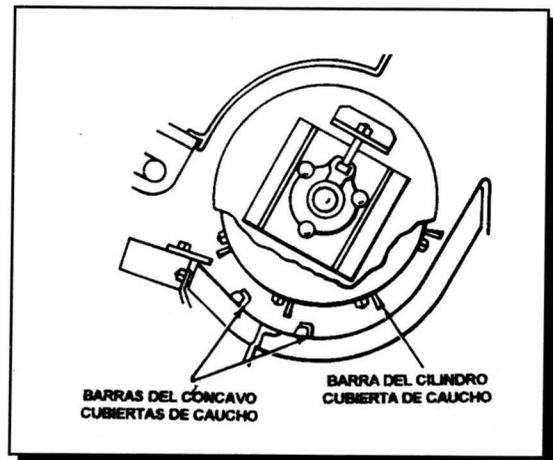


Figura. 7. Cilindro de barras angulares

Tabla 2. Rango de las velocidades de operación del cilindro y separación cilindro cóncavo para algunos cultivos.

Cultivo	Velocidad del cilindro, m/min (rpm)	Separación cilindro-cóncavo (mm)
Arroz	1200 -1800 (683 -1025)	5 - 10
Cebada	1200 -1700 (683 - 970)	6 - 13
Trigo	1500 - 1800 (854 -1025)	3 - 13
Fríjol semilla	300 - 400 (170 - 228)	8 - 19
Fríjol consumo	400 - 900 (228 - 512)	8 - 19
Maíz	750 - 1200 (427 - 683)	22 - 38
Sorgo	1200 - 1500 (683 - 750)	6 - 13
Soya	900 - 1200 (512 - 683)	9 - 13

---

## **El batidor no forma parte integral del sistema de trilla pero actúa como un componente importante en la transición de la trilla a la separación, porque reduce la energía del material que proviene del sistema de trilla y lo orienta hacia el sacapajas.**

---

que se tenga un efecto trillador más suave que en los dos casos anteriores, produciendo en esta forma menos daño mecánico. Se utiliza normalmente para trilla de granos pequeños o cuando se trilla con un contenido de humedad más alto que el normal. (Fig. 7).

### **EL BATIDOR**

Este elemento no forma parte integral del sistema de trilla pero actúa como un componente importante en la transición de la trilla a la separación, porque reduce la energía del material que proviene del sistema de trilla y lo orienta hacia el sacapajas. Si no existiera el batidor, el material trillado podría continuar girando con el cilindro, produciendo así una recarga del mismo. Algunas combinadas tienen además una barra despajadora que no permite que la paja continúe girando con el cilindro.

#### **PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL BATIDOR**

- El batidor es accionado directamente por el motor de la combinada, lo cual hace que opere aproximadamente a unas 1200 rpm.
- La separación entre las aletas del batidor y las barras del cilindro es de unos 3 mm, aproximadamente.
- Si la combinada posee un cóncavo de peine regulable, la distancia entre éste y las aletas del batidor debe ser de 50 mm, aproximadamente.

La mayoría de combinadas comerciales vienen con cilindros de 22 pulgadas de diámetro y longitudes que varían entre 22 y 55 pulgadas, aun cuando es posible encontrar combinadas

experimentales o de gran tamaño con cilindros más grandes o más pequeños.

La separación cilindro-cóncavo en las máquinas modernas se controla desde la plataforma del operador y en la mayoría de ellas se logra acercando el cóncavo al cilindro; en algunos modelos antiguos se hace acercando el cilindro al cóncavo. Usualmente, la separación cilindro-cóncavo es el doble a la entrada en comparación con la salida. Esta diferencia tiene que ver directamente con la calidad de la trilla y con la cantidad de grano que pasa a través de la rejilla del cóncavo.

Cuando se tiene una separación cilindro-concavo adecuada a la entrada, se logra una buena acción trilladora a lo largo del cóncavo y un alto porcentaje del grano atraviesa la rejilla del mismo, pero cuando la separación es mayor de lo normal, la trilla sólo se efectúa en una parte del cóncavo, cae menos grano a través de la rejilla, parte del grano no alcanza a separarse de la espiga y las pérdidas en la trilla se incrementan.

Cuando la separación cilindro-cóncavo es inferior a la normal, se produce un apreciable daño mecánico, cuando la separación es muy grande no se logra la trilla total y buena parte del grano se pierde en forma de espigas no trilladas o parcialmente trilladas, que recarga el sistema de trilla o se convierte en material que se pierde por la cola de la combinada.

Los elementos del cóncavo, en los tres tipos de sistemas de trilla mencionados, se encuentran montados conformando rejillas a través de las cuales pasa hasta un 90% del grano que alimenta la bandeja de granos. Este porcentaje puede disminuir cuando la humedad del grano no es la adecuada o cuando las condiciones ambientales son adversas.

## PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN LA TRILLA

- La velocidad del cilindro es variable para cada cultivo. En general, cuando los granos son fácilmente separables la velocidad del cilindro es baja y a medida que se dificulta más la separación, la velocidad debe incrementarse.
- La separación cilindro-cóncavo depende de las características físicas del grano y varía especialmente por el diámetro promedio del mismo.
- Por ser tan crítica la separación cilindro-cóncavo se recomienda hacer con frecuencia una revisión para que el cóncavo esté paralelo con el cilindro en toda su extensión y así evitar que se produzca una trilla diferencial en las diferentes zonas del sistema.

En la Tabla 2 aparecen tanto el rango de velocidad recomendada para algunos cultivos tradicionales con su equivalente en rpm para cilindros convencionales de 22 pulgadas de diámetro, como la separación cilindro cóncavo para algunos cultivos tradicionales.

## MECANISMO DE SEPARACIÓN

La separación es el proceso dentro de la combinada que permite que la paja salga de la máquina, mientras que el grano continúa dentro de la misma. Para lograrlo se utilizan los sacapajas.

### SACAPAJAS

Como se mencionó anteriormente, hasta el 90% del grano trillado pasa a través del cóncavo y el resto continúa con la paja, y para ser separado de ésta usualmente se utiliza el sacapajas.

Hay dos tipos de sacapajas: 1) El sacapajas de rejilla oscilante de una pieza (Fig. 8), poco usado en las combinadas comerciales grandes, y 2) El sacapajas múltiple (Fig. 9) provistos de tres a

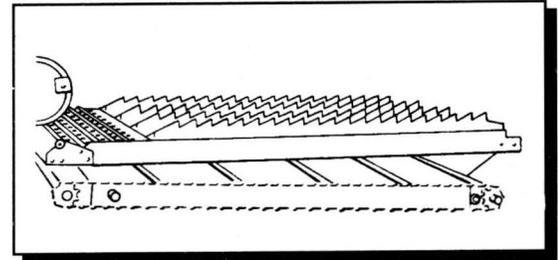
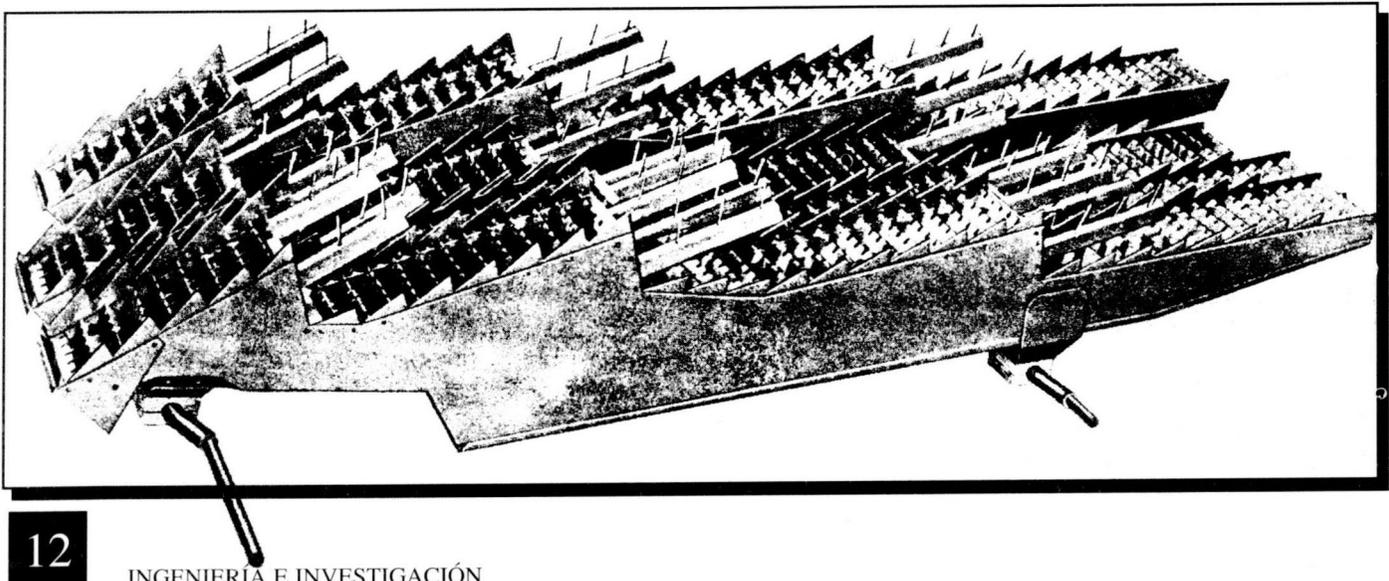


Figura. 8. sacapajas de rejilla oscilante

Figura. 9. Sacapajas múltiple



seis elementos que son accionados por el cigüeñal del sacapajas que establecen un círculo de rotación para cada uno de ellos.

Hay dos configuraciones de los sacapajas:

a) cerrados, cuando tienen bandejas de retorno debajo de ellos como parte integral de su diseño, y b) abiertos, cuando debajo de los elementos tienen una serie de sinfines que transportan el grano al mecanismo de limpieza.

Los sacapajas tienen orificios de diferentes formas y tamaños, que permiten el paso de los granos, pero no de la paja. Cuando la paja es triturada en el sistema de trilla alcanza a pasar estos orificios sobrecargando el sistema de limpieza. La abertura tradicional en los sacapajas ha sido de orificios rectangulares, pero puesto que hoy en día también se cosecha maíz, los orificios de las combinadas modernas tienen forma de labio (Fig. 10).

---

**La separación es el proceso dentro de la combinada que permite que la paja salga de la máquina, mientras que el grano continúa dentro de la misma. Para lograrlo se utilizan los sacapajas.**

---

El impulso de la paja se logra mediante la aceleración que cada ciclo da al material hacia atrás y hacia arriba, lo cual junto con los dientes en forma de espina de pescado llevan la paja hacia la "cola" de la combinada.

Los elementos del sacapajas tienen de 20 a 30 cm de ancho y en algunas cosechas se presentan pérdidas porque la paja atraviesa rápidamente el sistema. Para reducir la velocidad de la paja se colocan dientes de sierra, denominados comúnmente "caimanes", los cuales logran reducir la velocidad del material y aumentan la agitación.

Para disminuir las pérdidas de separación y evitar que el material salga a gran velocidad por la cola de la combinada se colocan DEFLECTORES o LONAS DE RETARDACIÓN.

#### **PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN**

- El sacapajas es accionado directamente por el motor de la combinada, lo cual implica que su velocidad es constante.
- Se ha establecido que para los sacapajas se cumple la relación matemática  $rw^2 = 2g$  (donde:  $r$  = radio de giro,  $w$  = velocidad angular, y  $g$  = aceleración de gravedad).
- De acuerdo con lo establecido, la velocidad del sacapajas es de 180 a 210 cpm si  $r = 2$  pulgadas, y de 150 a 170 cpm si  $r = 3$  pulgadas.

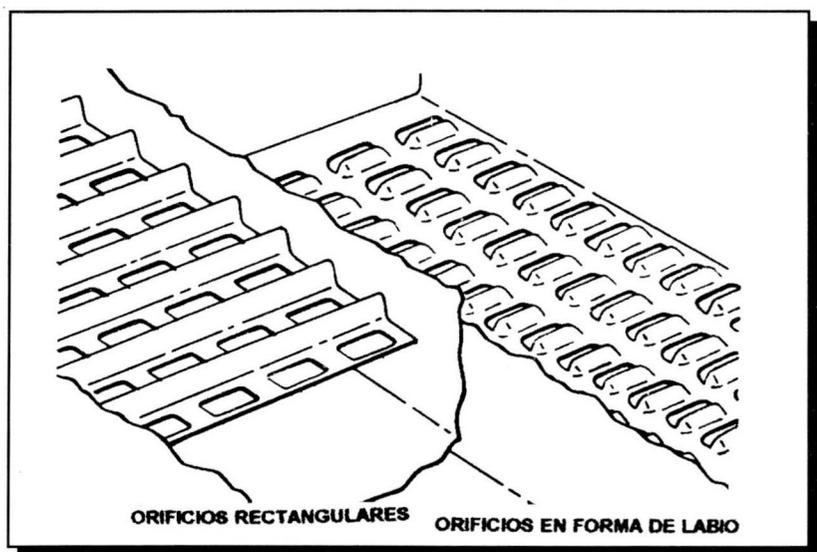


Figura. 10. Aberturas en los sacapajas

## MECANISMO DE LIMPIEZA

Está constituido por: 1) El ZARANDÓN o CRIBA DE GRANZAS, que posee además una EXTENSIÓN, la ZARANDA o CRIBA DE GRANO LIMPIO, y 3) El VENTILADOR.

La función del sistema consiste en la separación de los granos trillados de los pedazos de tallos, hojas y demás residuos, tratando que las espigas no trilladas o parcialmente trilladas, que llegan al sistema de limpieza, regresen al sistema de trilla principal o a un sistema auxiliar de trilla como ocurre en algunos modelos de combinadas.

El grano limpio es transportado directamente al Tanque de Granos en la cosecha a granel, pero en Colombia la mayor parte de las combinadas han sido modificadas y usan un sistema ensacador que permite la cosecha en bultos. (Fig. 11).

**La función del sistema de limpieza consiste en la separación de los granos trillados de los pedazos de tallos, hojas y demás residuos, tratando que las espigas no trilladas o parcialmente trilladas, que llegan al sistema de limpieza, regresen al sistema de trilla principal o a un sistema auxiliar de trilla como ocurre en algunos modelos de combinadas.**

La zaranda separa los granos de los trozos de paja y otros residuos que han pasado a través del zarandón. La zaranda tiene un sistema de apertura similar al del zarandón, pero con lengüetas ajustables. Las zarandas con orificios redondos no ajustables son preferibles para la cosecha de semillas pequeñas como las de trébol, alfalfa y pasto, y aquellas de orificios elongados se utilizan para otros cultivos.

El zarandón y la zaranda pueden tener movimientos oscilantes en el mismo sentido o en sentido contrario. El movimiento de las cribas en sentido contrario reduce la tendencia de la paja a pegarse en las aperturas.

Las espigas no trilladas o parcialmente trilladas que caen al zarandón y no salen de la combinada ni alcanzan el sinfín de grano limpio caen al sinfín de retrilla. Esto

ocurre usualmente en la extensión del zarandón porque la suspensión de la espiga es más difícil que la de los granos y de los pedazos de tallos y de hojas.

En las cribas existen tres tipos de separaciones: 1) Aerodinámica; 2) Mecánica (agitación o zarandeo); y 3) Una combinación de las dos anteriores.

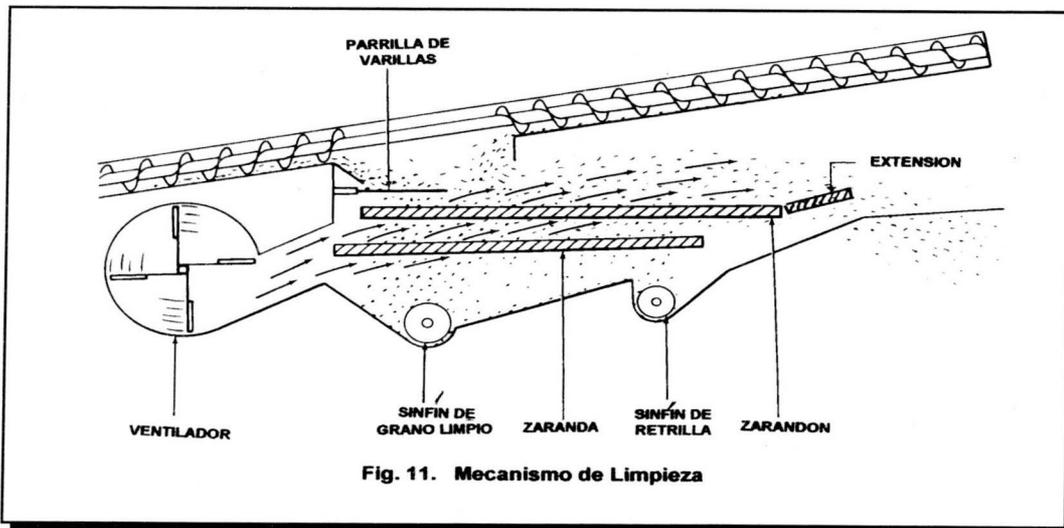


Figura. 11. Mecanismo de limpieza

El zarandón puede ser de tipo ajustable o no ajustable. En el primer caso, el ajuste se logra mediante varillas pivotadas que pueden girar simultáneamente y las pestañas que se encuentran separadas entre sí se convierten en un soporte intermedio.

**PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA**

Tabla 3. Apertura del zarandón, su extensión y la zaranda para varios cultivos

Cultivo	Apertura(mm)		
	Zarandón	Extensión	Zaranda
Arroz	12 - 19	14 - 16	9 - 12
Cebada	9 - 13	14	7 - 12
Trigo	15 - 19	14	7 - 12
Frijol - semilla	19 - 25	-	9 - 13
Frijol - consumo	19 - 25	-	9 - 13
Maíz	11 - 28	18	-
Sorgo	9 - 16	15	13 - 16
Soya	13 - 19	18	6 - 13

- El área del zarandón es de aproximadamente 50 pulgadas cuadradas por cada pulgada de longitud del cilindro.
- El área de la zaranda es de aproximadamente 40 pulgadas cuadradas por cada pulgada de longitud del cilindro.
- La frecuencia de oscilación de las cribas es del orden de 250 a 325 cpm.
- La cantidad de material diferente a grano que deben manejar las cribas es del orden de 5 a 10% en condiciones normales. Cuando el cultivo está muy seco, este valor puede subir al 50%.
- La separación aerodinámica depende de la existencia de velocidades diferenciales de suspensión de los componentes para separar. Las velocidades de suspensión son del orden de 1000 a 1900 pies/min (305 a 575 m/min) para granos como cebada, trigo y avena, de 400 a 1200 pies/min (172 a 365 m/min) para pequeños pedazos de tallos (de hasta unos 18 cm de longitud), y de 300 a 500 pies/min (90 a 152 m/min) para la paja mas pequeña. A medida que los granos son más pequeños, las velocidades de suspensión disminuyen. En ensayos realizados en el Tolima con plantaciones de arroz usando una combinada John Deere 955-R se encontró que velocidades próximas a 300 m/min y caudales cercanos a 90 m<sup>3</sup>/min son adecuados.
- El flujo de aire a través de las cribas se debe hacer con ángulos inferiores a 45 grados sobre un plano horizontal y en esta forma los materiales más

livianos son separados por acción aerodinámica. Las partículas con velocidades intermedias de suspensión pueden ser removidas por combinación de las acciones aerodinámica y mecánica.

- Las aperturas del zarandón y su extensión y las de la zaranda dependen de las características del grano que se esta limpiando. La Tabla 3 es un indicativo de estas aperturas, pero teniendo en cuenta que las características del grano cambian según la variedad es importante hacer ensayos para cada una de ellas, buscando la optimizacion de la apertura de acuerdo con la variedad que se está cosechando.

**Las espigas no trilladas o parcialmente trilladas que caen al zarandón y no salen de la combinada ni alcanzan el sinfín de grano limpio caen al sinfín de retrilla.**

**MECANISMOS DE ENTREGA DE GRANO Y MATERIAL DE RETRILLA**

Usualmente, el grano limpio es llevado al tanque de granos o al sistema ensacador mediante un elevador de cangilones que tiene una serie de paletas de caucho o de acero adheridas a una cadena

que se desplaza a baja velocidad (aproximadamente 1.8 m/s), lo cual evita el daño mecánico del grano.

El elevador de retrilla tiene una composición muy similar a la del elevador de grano limpio, pero es más pequeño, pues sólo mueve una pequeña cantidad de material. En el sistema existe una pequeña compuerta de inspección para que el

operador pueda observar si está regresando mucho material al sistema de trilla, en cuyo caso es necesario realizar los ajustes correspondientes en otros sistemas.

En la Fig. 12 podemos observar la distribución típica de los elevadores de grano limpio y de retrilla.

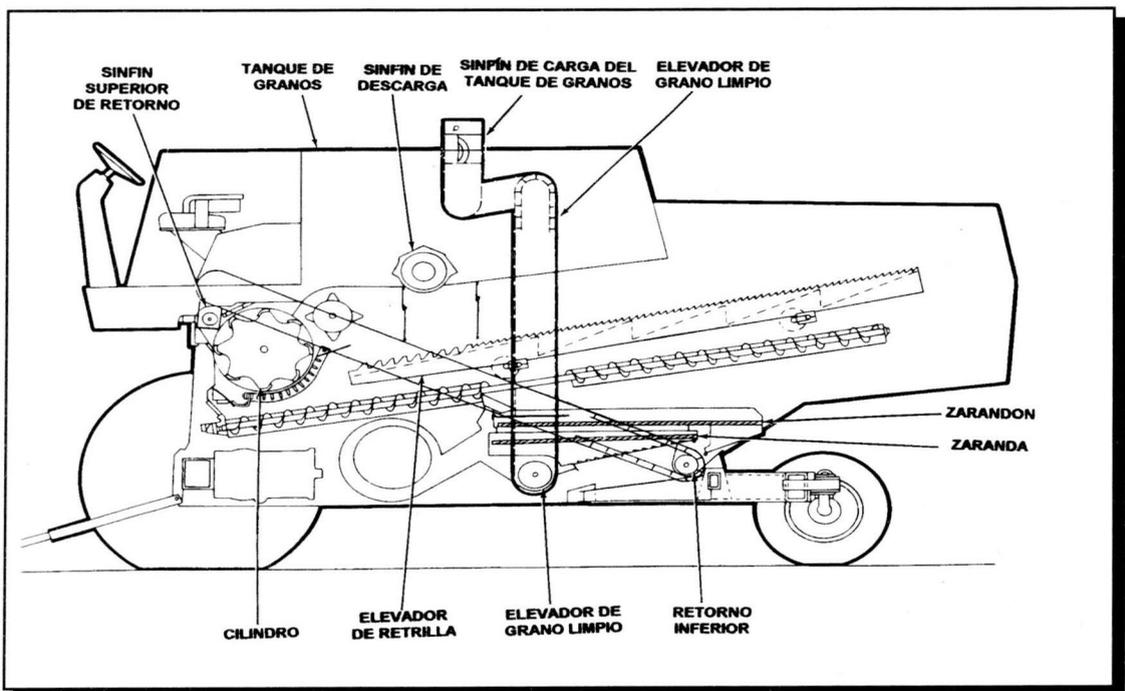


Figura. 12. Sistemas típicos de transporte de grano limpio y material de retrilla

## BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA MANRIQUE, José Alfredo y ANGULO DEL CASTILLO, Luisa Fernanda. Evaluación de pérdidas en cosecha de arroz realizada con combinada en los Llanos Orientales. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1988. 129 p.: il.
- CALA VELANDIA I. Fernando y GRANADOS BONILLA, Guillermo Antonio. Determinación de pérdidas en grano de arroz desde el inicio de la cosecha hasta el empaque en la zona del Meta. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1991. 194 p.: il.
- CAMACHO GALEANO, César y MURILLO SOLANO, José. Evaluación de pérdidas de sorgo en combinadas. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín. 1983. 81 p.: il.
- CARDENAS MAHECHA, William y HERRERA CHARRY, Fabio. Ajustes para reducir pérdidas en la cosecha de arroz según variedades. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1984. 151 p.: il.
- CHAPARRO CASTRO, José Manuel. Evaluación de pérdidas de grano en la cosecha de arroz con combinada. En: Ingeniería e Investigación. Vol. 2 (Nº. 5): 14-24. 1984
- CHAPARRO CASTRO, José Manuel. Curso de Extensión sobre combinadas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1989. 174 p.: il.
- CHAPARRO CASTRO, José Manuel. Pérdidas de grano en la cosecha y sus causas. Parte 1. En: Revista Latinoamericana ACOGRANOS. Año 6, Nº. 9: 34-39. 1990.
- CHAPARRO CASTRO, José Manuel. Pérdidas de grano en la cosecha y sus causas. Parte 2. En: Revista Latinoamericana ACOGRANOS. Año 6, Nº. 010: 32-37. 1990.
- CHAPARRO CASTRO, José Manuel. La combinada: Máquina cosechadora de granos. Cartilla didáctica. Convenio SENA - Universidad Nacional. Bogotá.. 1990. 52 p.: il.
- DEVIA MORALES, Jorge R. y ZEA PEREZ, José A. Determinación de pérdidas en cosecha de arroz realizada con combinada. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá.. 1982.: il.
- ESLAVA SARMIENTO, Alexander. Análisis comparativo de la recolección de granos con combinada, a granel o por bultos. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1991. 108 p.: il.
- FORD - NEW HOLLAND. Manual de las Cosechadoras NH 8040 y NH 8055.
- GRIFFIN, Gege A. Recolección con cosechadora. Publicaciones de Servicio John Deere. Serie FMO. Moline, Illinois. U.S.A. 1973. 194 D.: il.
- JOHN DEERE. Manual del Operador de la Cosechadora 955-R.
- MASSEY FERGUSON. Manual de las cosechadoras MF 1630, MF 3640 y MF 5650.
- PERDOMO GUZMAN, Rafael. Ajustes en la cosechadora de arroz y análisis de la eficiencia de campo. Tesis de Grado. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola. Neiva. 128 p.: il.
- PERRY NEW HOLLAND. Manual de las cosechadoras Clavson 1530 v 1545.