

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



PERDIDAS EN LA COSECHA MECANIZADA
DEL MAIZ

SEMINARIO
(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA

ALEJANDRO ISABEL LUNA MALDONADO

T
SB191
.M2
L851
c.1

FEBRERO DE 1990

T
SP191
#2
1651
E.1



1080063970

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PERDIDAS EN LA COSECHA MECANIZADA
DEL MAIZ

SEMINARIO

(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA

ALEJANDRO ISABEL LUNA MALDONADO

MARIN, N.L.

FEBRERO DE 1990

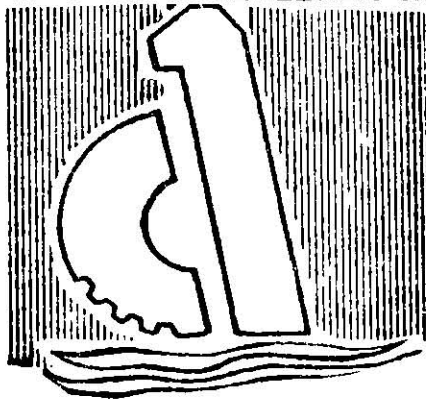
10300

T
SB191
M2
2851

040.631
FA1
1990
C.5



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA



PERDIDAS EN LA COSECHA MECANIZADA DEL MAIZ

SEMINARIO (OPCION II-A) QUE PRESENTA ALEJANDRO ISABEL
LUNA MALDONADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

COMISION REVISORA

Asesor Principal
Ph. D. JOSUE LEOS MARTINEZ

Asesores Auxiliares
ING. ANTONIO CONTRERAS MONTES DE OCA

ING. JOSE LUIS MEZA GUERRA

FECHA: FEBRERO DE 1990

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Alejandro Luna Gómez
Sra. Eusebia Maldonado Moreno

Quienes con su esfuerzo, apoyo y cariño me permiten lograr este objetivo.

A MIS ABUELITOS:

Sr. Alejandro Luna Martínez
Sra. Isabel Gómez Gallardo (+)

Sr. Severo Maldonado Monjaraz (+)
Sra. Elisa Moreno Lara

A MIS HERMANOS:

Urbano
Fernando
Carlos
Esmeralda
Idalia Magdalena

A LA Sra. Lucina Manrique

A todos mis amigos.

A mis maestros.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. JOSUE LEOS MARTINEZ

Por la excelente dirección, revisión, y corrección detallada de este seminario.

Al ING. ANTONIO CONTRERAS MONTES DE OCA

Al ING. JOSE LUIS MEZA GUERRA

Por sus valiosas sugerencias y comentarios, además de la revisión de este escrito.

A los Ingenieros

POMPEYO BENAVIDES GOMEZ

EDUARDO FRAGA BERNAL

Por su apoyo bibliográfico, comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

A la Srta. JOSEFINA TIJERINA ZUÑIGA

Por su eficiente labor mecanográfica.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. MECANISMOS DE LA COMBINADA	3
2.1 Recolección con Cabezal para Maíz	3
2.2 Alimentación	6
2.3 Trilla	8
2.4 Separación	10
2.5 Limpieza	15
2.6 Manejo de la Cosecha	20
III. PERDIDAS DE PESO	23
3.1 Pérdidas de Precosecha	23
3.2 Pérdidas en el Cabezal	24
3.3 Pérdidas en la Unidad de Trilla	26
3.4 Pérdidas en los Sacapajas	28
3.5 Pérdidas en la Zapata de Limpieza	29
3.6 Pérdidas por Fugas	29
3.7 Investigaciones sobre Pérdidas de Peso durante la Cosecha	30
IV. PERDIDAS DE CALIDAD	39
V. AJUSTES PARA REDUCIR LAS PERDIDAS	45
5.1 Planeación y Preparación	45
5.2 Condiciones de Operación Iniciales	46
5.3 Unidad Recolectora	47
5.4 Unidad del Mecanismo de Alimentación	49
5.5 Unidad de Trilla	51
5.6 Unidad de Limpieza	52
VI. CONCLUSIONES	54
VII. BIBLIOGRAFIA	55

I. INTRODUCCION

El maíz es el alimento básico del pueblo mexicano. Es también el cultivo más importante en cuanto a superficie sembrada y valor de la cosecha. Además ocupa al 20% de la población económicamente activa del país (Vidales, 1981).

Las pérdidas de maíz que se tienen durante la cosecha mecánica son causa importante de disminución de utilidades. Las pérdidas pueden ser de peso, que bajan inmediatamente el rendimiento o bien pueden ser de calidad, disminuyendo el precio de venta y aumentando las posibilidades de deterioro en el almacenaje y procesamiento. En ambos casos la repercusión es económica. Estas pérdidas están en relación al diseño de la cosechadora (combinada) y a la operación y ajustes que el productor realice según las condiciones que se presenten.

Actualmente se ensayan mejoras en el diseño de la combinada que incluyen barras de caucho que separan las semillas de la mazorca y combinadas de flujo axial que intentan disminuir la frecuencia y magnitud de los impactos en el grano (Tuite y Foster, 1979).

En maíz, la eficiencia cosechadora ideal para la mayoría de las combinadas es de 97%, pero, en estudios recientes se ha demostrado que se puede sufrir una pérdida de utilidades de un 9% o más si la operación y ajustes no son los adecuados (Griffin, 1973).

Las pérdidas de maíz en la cosecha mecánica se presentan durante la recolección, trilla, separación, limpieza y fugas.

Los trabajos sobre evaluación de pérdidas de maíz en la cosecha mecanizada son escasos, a pesar de la importancia económica de las pérdidas que se originan. Esto se debe en parte, a la falta de conocimientos sobre las causas de pérdidas durante la cosecha.

La finalidad de este seminario es presentar a estudiantes y maestros universitarios pero particularmente a agricultores, los conocimientos básicos que se tienen sobre los mecanismos de las cosechadoras y las causas de pérdidas más comunes al cosechar. Esta información puede ser útil al evaluar pérdidas durante la cosecha. Además se dan sugerencias para evitar dichas pérdidas.

II. MECANISMOS DE LA COMBINADA

La combinada es usada para cosechar diversos cultivos, en el caso del maíz cumple la función de coleccionar y desgranar las mazorcas de las plantas en pie, además de separar y limpiar el grano trillado y almacenarlo en una tolva, para luego descargarlo en un vehículo de transporte.

2.1 Recolección con Cabezal para Maíz

Una de las innovaciones de los últimos años en lo que respecta a la combinada, lo constituye el cabezal para maíz (Figura 1).

Dadas las características de la planta de maíz, no puede utilizarse la barra de corte tradicional ya que por una parte el tallo es excesivamente consistente y grueso para ser cortado y por otra el volumen de la planta sería excesivo para un mecanismo normal de trilla; además de ser muy abrasivo.

La trilla del maíz no es particularmente difícil puesto que al mecanismo de trilla, solo pasa la mazorca, además los granos son bastante grandes, sólidos y sobretodo desnudos (Bernat, 1980).

El cabezal para cosechar maíz consta de un número variable de puntas juntadoras. Hay cabezales pequeños con tres puntas juntadoras para cosechar dos hileras, pero también hay máquinas hasta para 12 hileras.

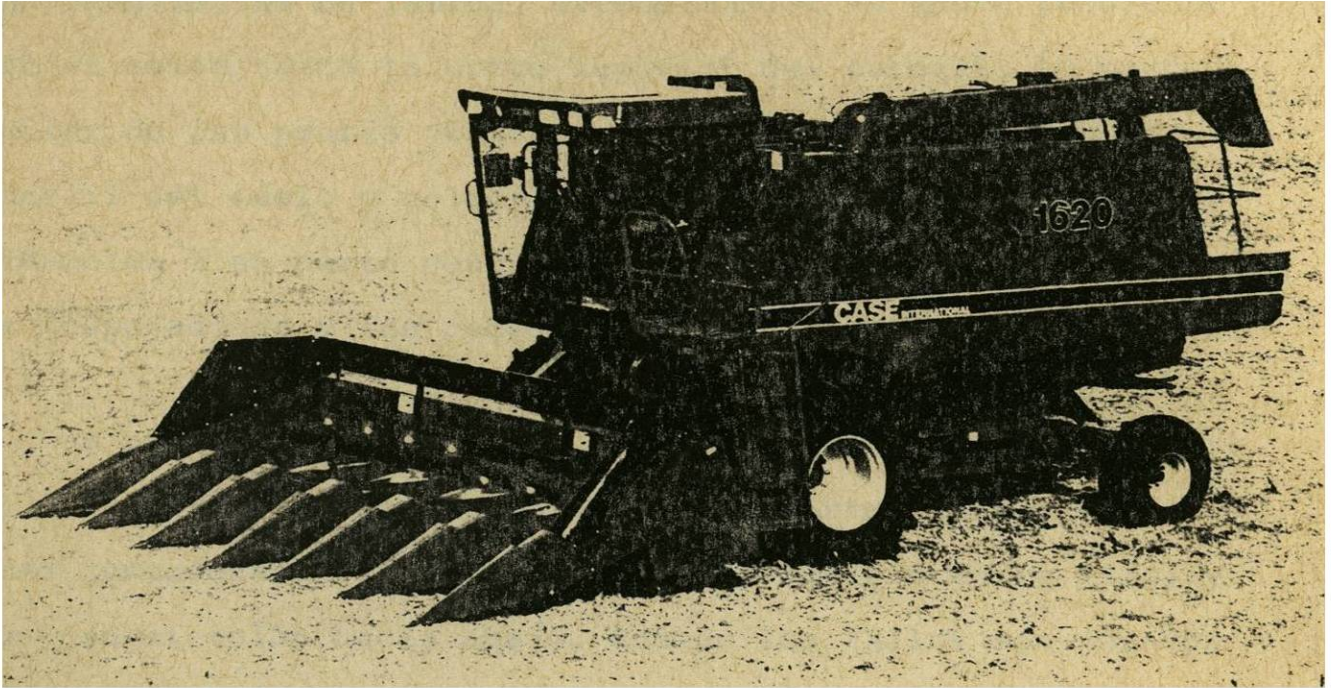


Figura 1. La combinada provista del cabezal para maíz.

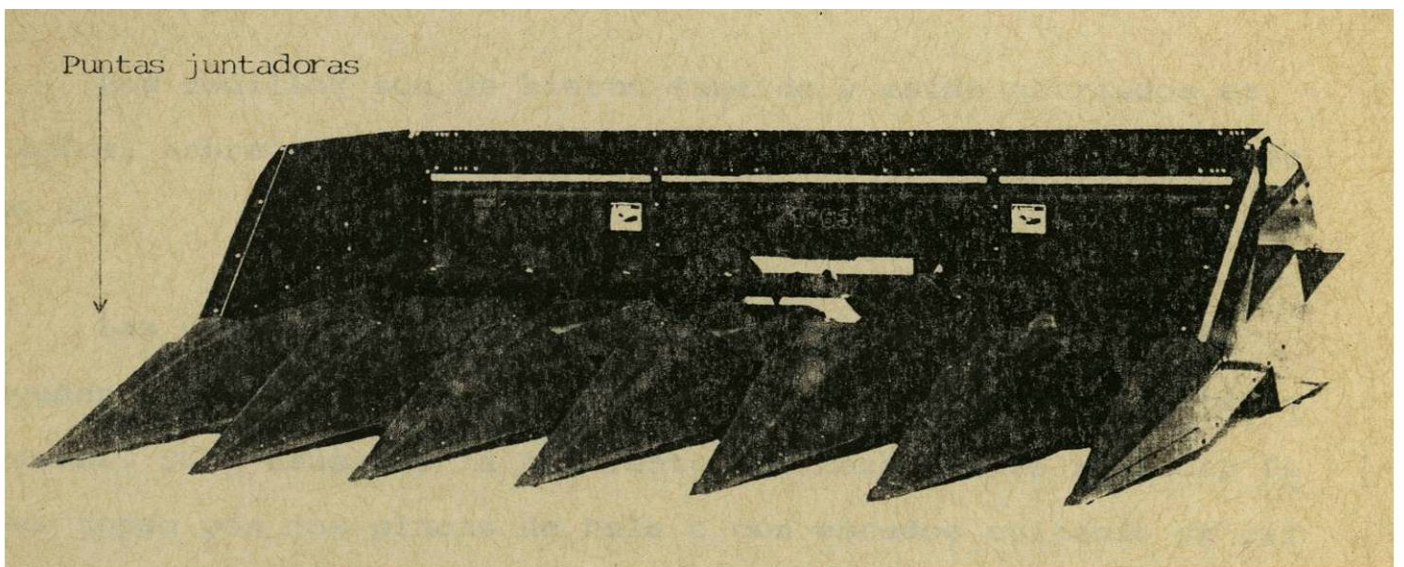


Figura 2. Puntas juntadoras del cabezal para maíz.

Las puntas juntadoras (Figura 2) tienen forma de cuña y están recubiertas de lámina, extendiéndose en suave pendiente desde el suelo hasta la parte superior del cabezal. La parte inferior de las puntas juntadoras es flotante para adaptarse al perfil del suelo y coleccionar incluso las plantas caídas, dirigiéndolas a su parte central donde se encuentran los rodillos despojadores y las cadenas juntadoras (Bernat, 1980).

Los rodillos despojadores (Figura 3) son cilindros ranurados, dispuestos en forma paralela en la parte central de las puntas juntadoras. Tienen un movimiento inverso entre ellos y arrastran el tallo hacia abajo. Cuando los tallos son jalados en forma descendente, las mazorcas, que son demasiado grandes para pasar a través del espacio, son arrancadas de la planta. Los cabezales modernos están provistos de unas barras separadoras que evitan que las mazorcas entren en contacto con los rodillos (Richey et al., y Griffin, 1973).

Los rodillos son de hierro fundido y están estriados en espiral sobre su superficie. La longitud de los rodillos es de 56 cm.

Las cadenas juntadoras (Figura 3) equipadas con dedos, ayudan a mover las mazorcas dentro y a través del sinfín transversal. Si a causa de la pendiente las mazorcas se regresan éstas topan con dos placas de hule o con escudos evitando su caída hasta que la pendiente cambie y se facilite su traslado (Griffin, 1973).

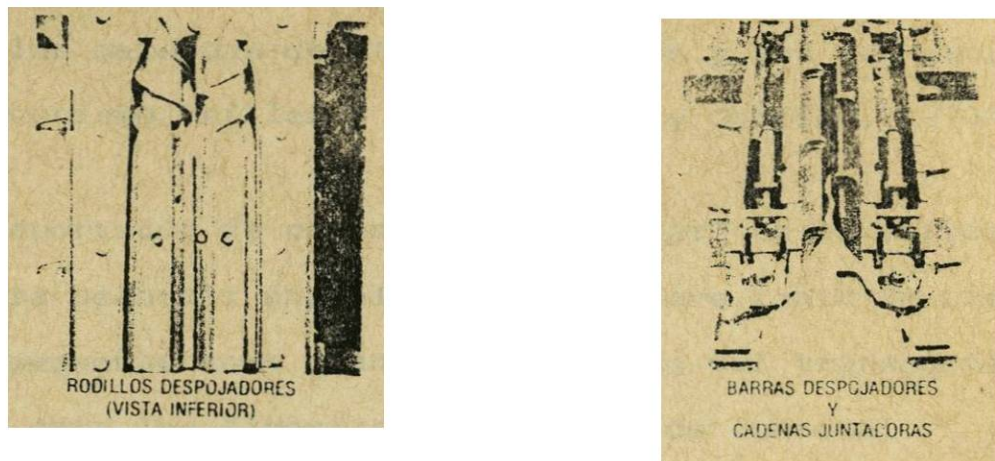


Figura 3. Rodillos despojadores y cadenas juntadoras

2.2 Alimentación

La alimentación es el conjunto de elementos que recogen las mazorcas separadas por el cabezal y las transportan en forma regular hasta el sistema de trilla. Consta de un gusano sinfín, de un transportador y en algunas combinadas de un batidor.

El sinfín transversal (Figura 4) se compone de dos secciones en espiral, que dirigen las mazorcas hacia su parte central, donde se encuentra una placa de hule que las empuja al transportador. Generalmente tiene un diámetro de 40 a 60 cm y gira a una velocidad graduable entre 100 y 150 rpm. (Griffin, 1973).

El transportador (Figura 4) está ligeramente inclinado y tiene una serie de barras transversales (cadenas de eslabones), que recogen las mazorcas del tornillo sinfín y las van introduciendo al mecanismo trillador (Cruz, 1978 y Griffin, 1973).

El transportador de cadena puede "flotar" en el extremo inferior, para permitir una alimentación suave tanto de cargas de material pequeñas como grandes. La cadena del transportador es ajustable para las diversas condiciones de cosecha.

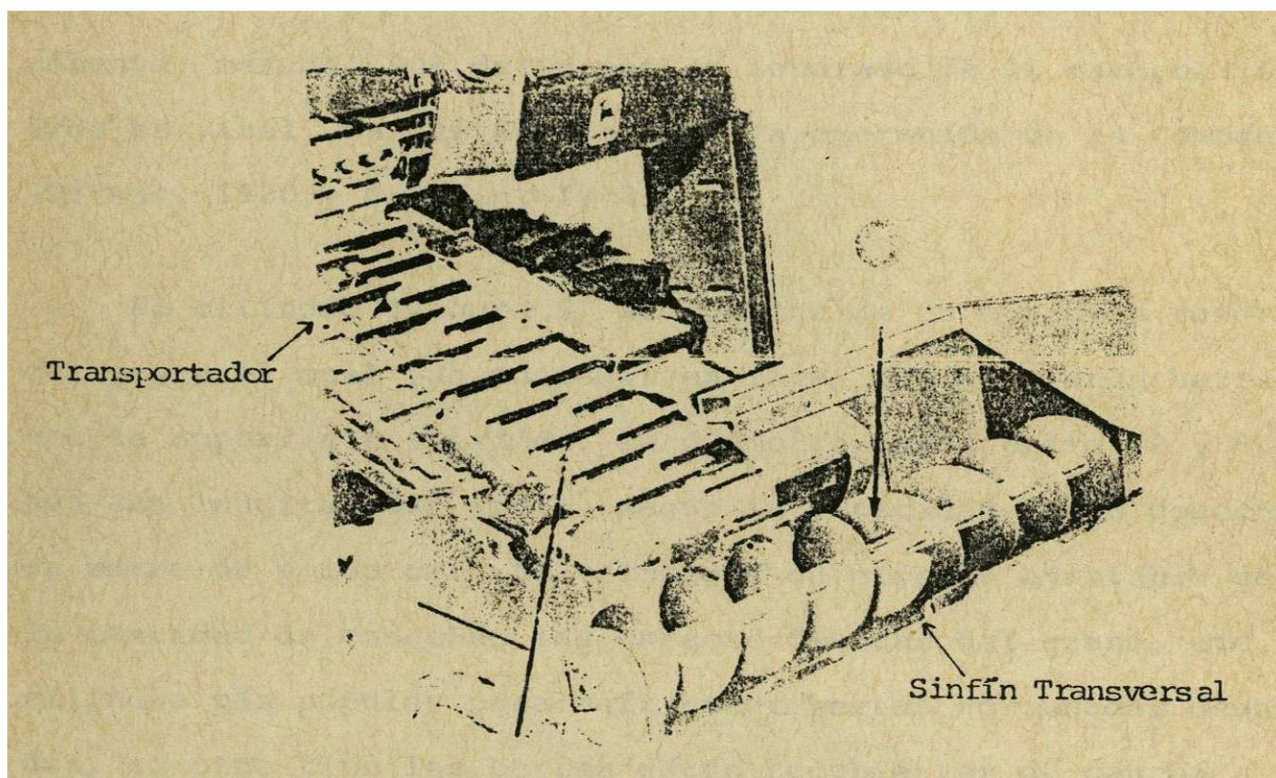


Figura 4. Sinfín transversal y transportador

Algunas cosechadoras utilizan un batidor de alimentación para ayudar a mover el material del sinfín transversal de la plataforma al transportador. Este consiste de un tambor redondo, equipado con dedos retráctiles (Griffin, 1973).

2.3 Trilla

La trilla implica la remoción de los granos de la mazorca. La separación del grano se realiza al forzar las mazorcas a través de un espacio entre un cilindro giratorio y una pieza cóncava; más del 90% del grano es separado de la mazorca. Esta área es vital, ya que afecta toda la operación de la combinada (Bernat, 1980 y Griffin, 1973).

El cilindro (Figura 5) se compone de un eje bien reforzado, sobre el cual van montadas en forma de jaula unas barras con la superficie estriada. Su diámetro varía entre 40 y 60 cm, con una longitud que oscila según la capacidad de la cosechadora entre 60 y 160 cm. La velocidad de giro es ajustable según la cantidad de cosecha, las características del grano, etc. El cilindro más popular para maíz tiene barras corrugadas desnudas, en otro tipo las barras están recubiertas de caucho (Cruz, 1978 y Griffin, 1973).

El cóncavo (Figura 5) es una rejilla de forma semicilíndrica que está adaptada en casi una cuarta parte del perímetro del cilindro; va montado debajo y ligeramente atrás de éste.

Su distancia en relación al cilindro puede variarse y está en función del tamaño de la mazorca. El friccionamiento sobre los granos de la mazorca por la acción de las barras del cilindro y el cóncavo provocan el desgrane del material (Cruz, 1978).

A la entrada del cóncavo se coloca una trampa (Figura 6) para evitar en lo posible que se introduzcan piedras y terrones entre el cilindro y el cóncavo. Consiste de una pequeña tolva o bien una portezuela basculante del mismo ancho del transportador y puede retirarse para ser vaciada. Debe revisarse por lo menos dos veces al día (Cruz, 1978).

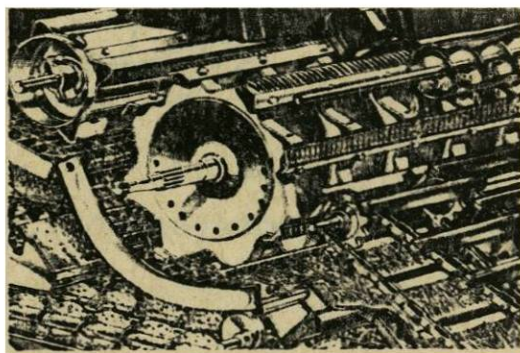


Figura 5. Cilindro y cóncavo

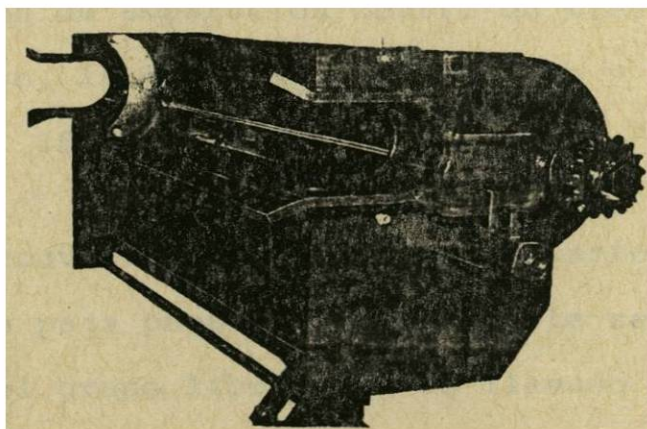


Figura 6. Trampa para piedras.

Existe un despojador (Figura 7) que está ubicado cerca de la parte superior del cilindro y se utiliza para evitar la contraalimentación. Esta ocurre cuando el material es llevado alrededor de la circunferencia del cilindro y soltado nuevamente en el frente (Griffin, 1973).

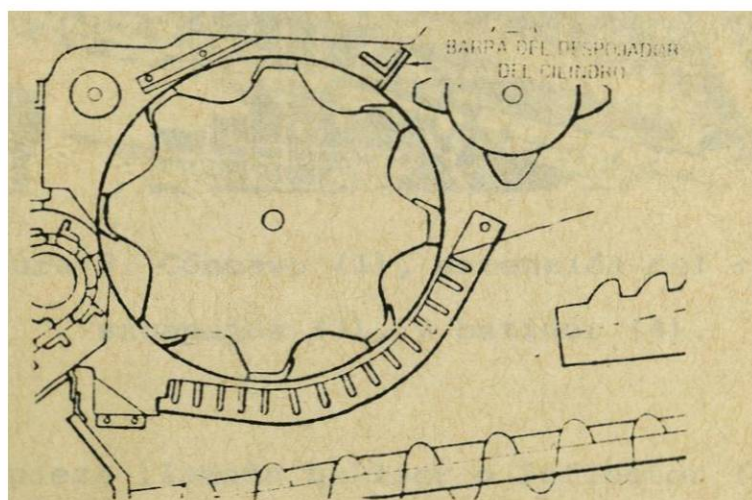


Figura 7. Despojador del cilindro.

2.4 Separación

La separación es la segregación del grano trillado de la paja. La acción de separación ocurre en tres lugares diferentes: el cóncavo, la extensión del cóncavo y los sacapajas (Figura 8) (Hunt, 1983).

En el cóncavo se efectúa la mayor parte de la separación del grano y la paja pues a través de esta rejilla cae alrededor del 90% del grano libre, que es llevado por los tornillos sinfines hacia la unidad de limpieza (Griffin, 1973).



Figura 8. Cóncavo (1), extensión del cóncavo (2), sacapajas (3), y batidor (4).

Una pieza llamada batidor o deflector (Figura 8) está directamente detrás del cilindro trillador y arriba de la extensión del cóncavo. Esta pieza regula el flujo de la paja a los sacapajas para separar los últimos granos, pero también participa en la separación de los granos que pasan a través de la extensión del cóncavo. Su diámetro es de 25 a 38 cm y hay varios tipos (Figura 9).

La extensión (Figura 10) dirige el material restante hacia el frente de los sacapajas. Combinada con el cóncavo, la extensión aumenta el área de emparrillado hasta en un 50 por ciento.

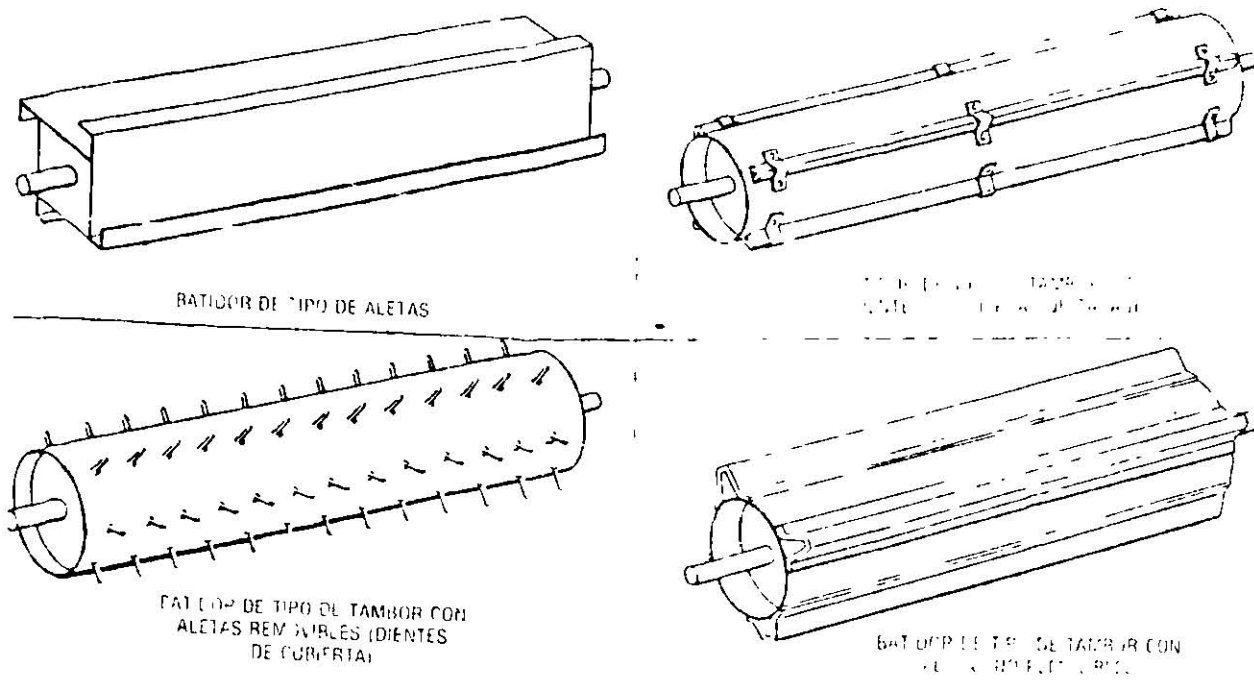


Figura 9. Tipos de batidores.



Figura 10. Extensión del cóncavo.

Los sacapajas eliminan la paja de la cosechadora y además proporcionan agitación para soltar el grano restante. En una combinada se pueden tener de 4 a 6 sacapajas.

Los sacapajas constan de dos láminas laterales, con bor-

des superiores aserrados, unidas entre sí por aletas perforadas por donde cae el grano (Cruz, 1978). Los sacapajas van sujetos a cigueñales en la parte delantera y trasera (Figura 11). Cada sacapajas queda ubicado por el cigueñal a 90 o 120° alrededor del círculo de rotación del cigueñal. Ocurren de 150 a 250 ciclos de agitación de la paja por minuto, dependiendo de la cosechadora (Griffin, 1973).

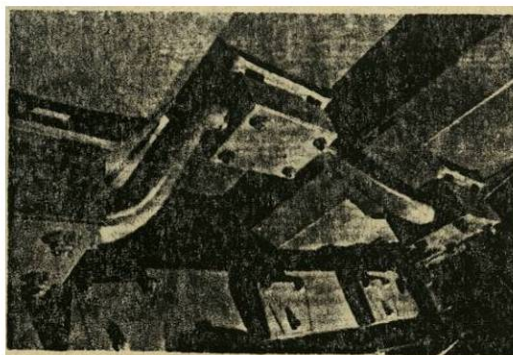


Figura 11. Cigueñales de los sacapajas

Los sacapajas están dispuestos en pendiente hacia arriba desde el cóncavo hasta la parte posterior de la máquina (Figura 12). La pendiente es suficiente para que separe el grano que aún queda por trillar, pero no excesiva, con el objeto de evitar obstrucciones (Ortiz, 1980).

Los sacapajas presentan orificios (Figura 13) de diferentes formas y tamaños que permiten al grano caer a través de ellos, previniendo así el que la paja y hojarasca pasen. En la

actualidad se cuenta con un diseño de orificios de tipo labio para reducir el congestionamiento por mazorcas (Griffin, 1973 y Ortiz, 1980).

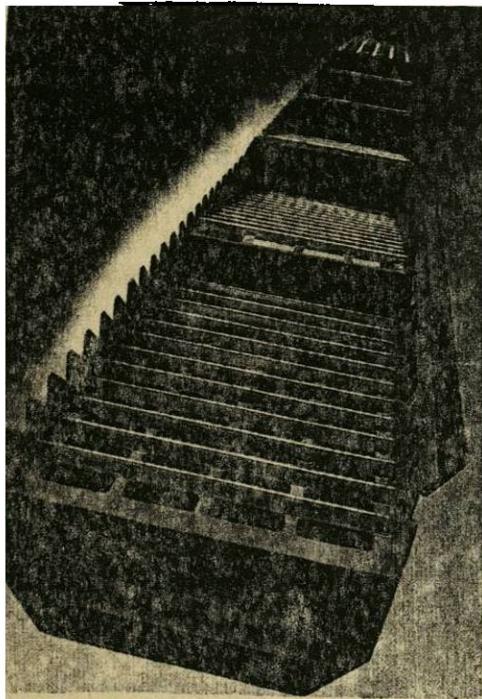


Figura 12. Sacapajas.

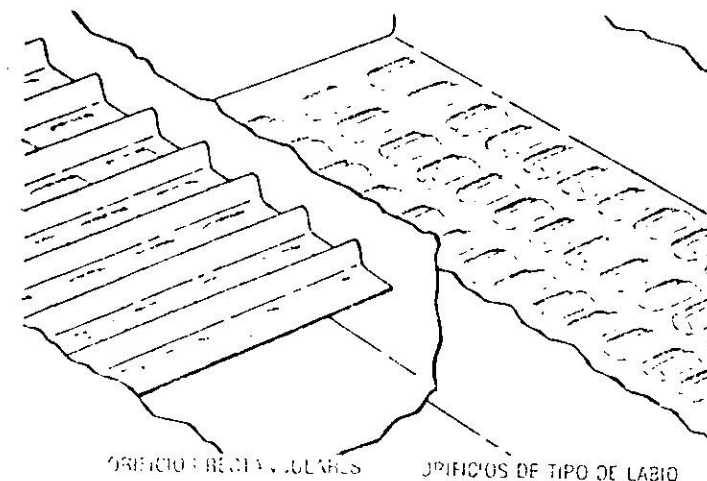


Figura 13. Tipos de orificios de los sacapajas.

El aditamento de dientes (Figura 12) permite una agitación adicional y reduce la velocidad del material que viaja sobre las superficies de los sacapajas (Griffin, 1973).

En la extensión del cóncavo y los sacapajas se separa de la paja 10-20% del grano que ha pasado a través del sistema de trilla. Los granos de maíz sujetos en las mazorcas son eliminados junto con la paja (Bernat, 1980).

Otras piezas relacionadas con la separación son las corti

nas retardadoras ubicadas sobre los sacapajas (Figura 14). Ayudan a reducir el flujo de material y evitan que el grano sea lanzado por el cilindro sobre los sacapajas o hacia afuera de la cosechadora. Las cortinas son de caucho o lona y van en número de una a tres a través de todo lo ancho del sistema de separación de la cosechadora (separador) (Griffin, 1973).

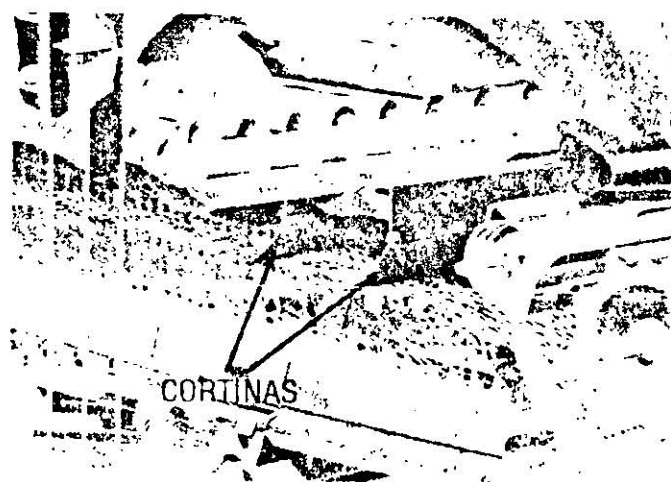


Figura 14. Cortinas retardadoras

2.5 Limpieza

El mecanismo de limpieza separa el grano de la pajilla, que aún permanece mezclada con él. Esta acción se realiza por medio de la agitación y la separación por aire.

Los componentes básicos de la unidad de limpieza (Figura 15) son la zapata de limpieza (zarandón y zaranda) y el ventilador.

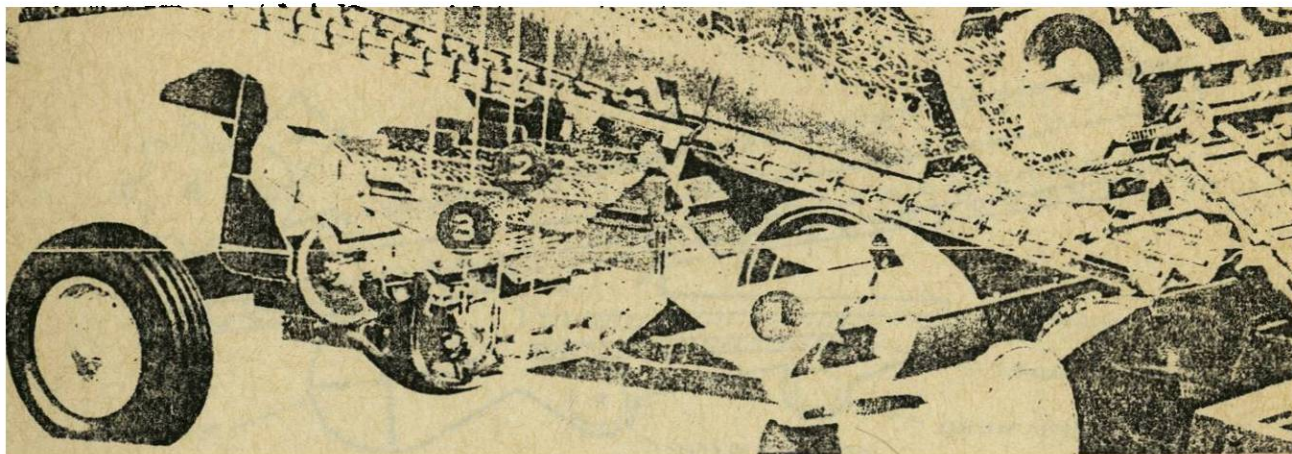


Figura 15. Ventilador (1), zarandón y zaranda. (2,3)

La entrega de grano al área de limpieza se puede realizar por uno de los siguientes métodos: alimentación por gravedad, correas o cadenas transportadoras, y por sinfines múltiples (Griffin, 1973).

El método más común de entrega de grano es por sinfines múltiples (Figura 16), ubicados tanto por debajo del cilindro trillador, como por debajo de los sacapajas.

La zapata de limpieza está ubicada debajo de los sistemas de trilla y de separación y abajo de ella, se encuentra el sin fín de los materiales de retorno y el sinfín de grano limpio.

La zapata de limpieza en base a su movimiento puede ser: recíprocante (Figura 17) (el sentido del zarandón y la zaranda

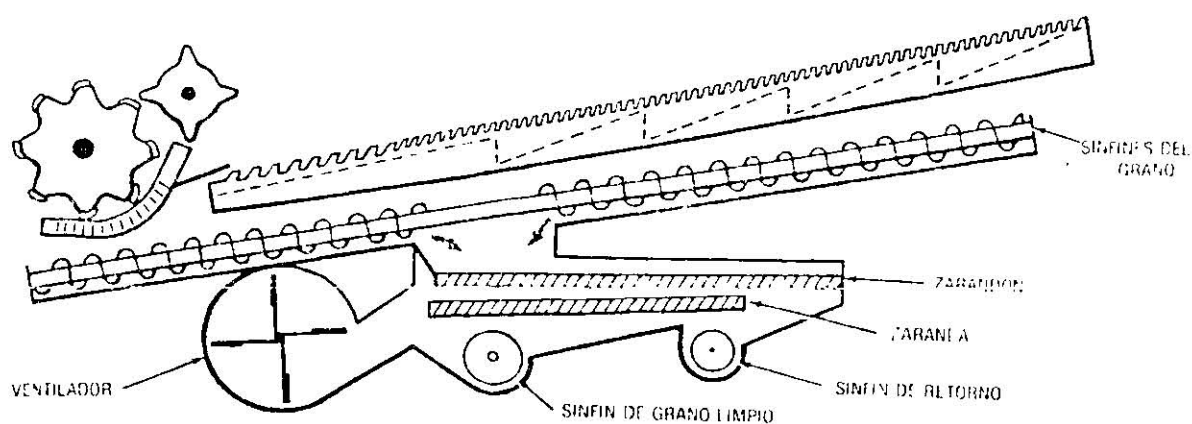


Figura 16. Entrega de grano por sinfines múltiples.

son opuestos), sacudidora (Figura 18) (el zarandón y la zaranda tienen la misma dirección) y de cascada (Figura 19) (el material pasa de una unidad a otra) (Griffin, 1973).

El zarandón es la primera criba en donde cae la mezcla de grano y paja; oscilando para agitar y mover el material hacia la parte posterior a una velocidad de 200 a 250 carreras por minuto. Al pasar el grano a través del zarandón la ráfaga de aire del ventilador lanza la pajilla hacia la parte posterior de la máquina (Richey et al., 1961 y Ortiz, 1980).

Hay zarandones ajustables y no ajustables. Los zarandones ajustables están compuestos de persianas metálicas, traslapadas con labios y dientes (Figura 20). Las persianas se montan

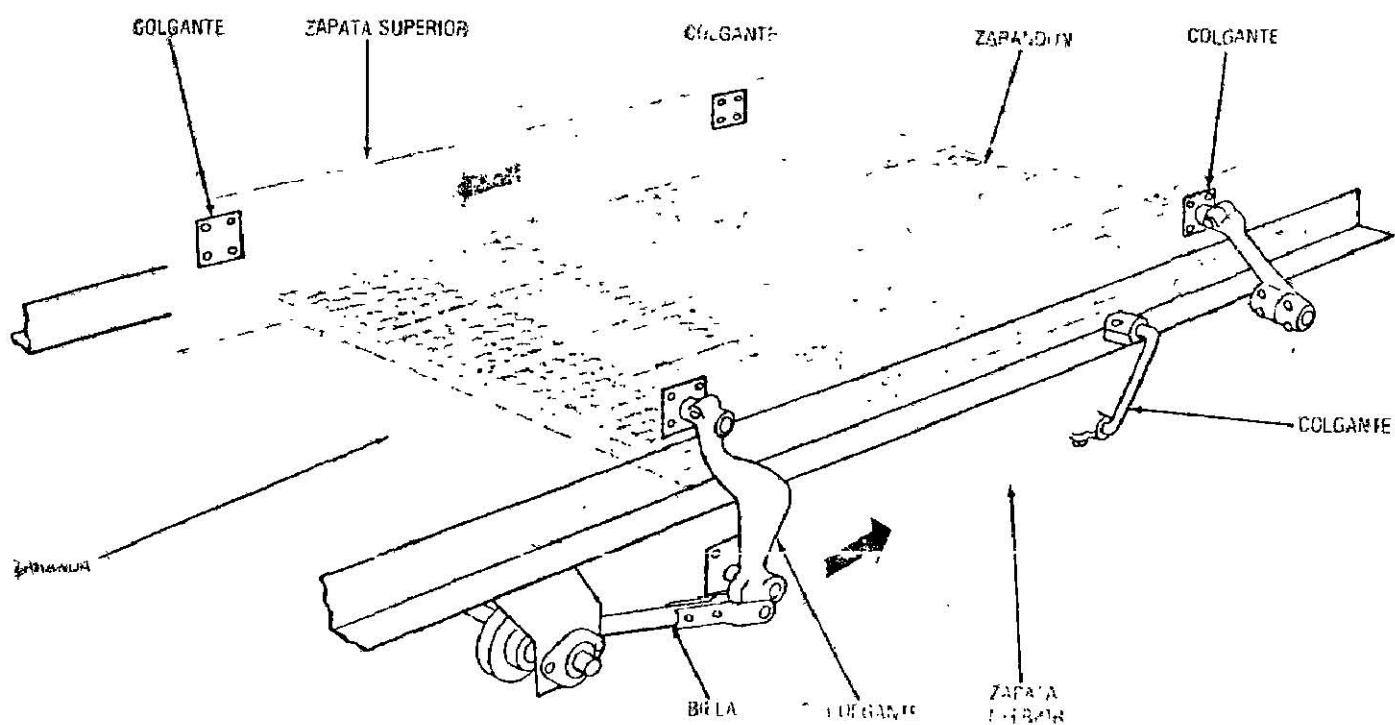


Figura 17. Zapata de limpieza tipo reciprocante.

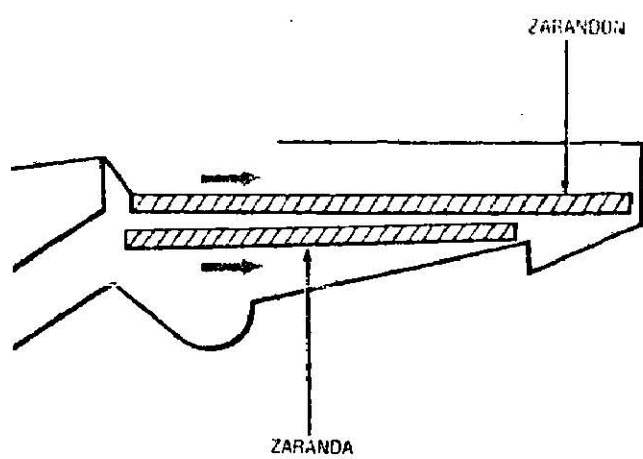


Figura 18. Zapata de limpieza tipo sacudidora.

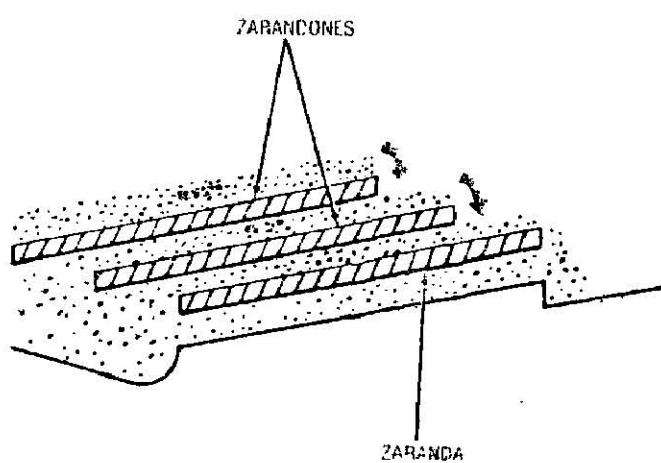


Figura 19. Zapata de limpieza tipo cascada.

en varillas y son aseguradas en conjunto para ajustarlas al mismo tiempo a la abertura deseada (Griffin, 1973).

La zaranda es la criba en donde se termina la separación de impurezas del grano cosechado; está ubicada debajo del zarandón. Las zarandas pueden ser ajustables y no ajustables de orificios redondos (2.5 - 14.3 mm) (Griffin, 1973 y Richey et al., 1961).

Al igual que en el zarandón, el ventilador de limpieza fuerza aire a través de la zaranda para ayudar a separar el grano de la pajilla.

El grano que no pasa a través del zarandón es recibido por una extensión de éste, la cual tiene aberturas más grandes para que pase al sinfín de retorno.

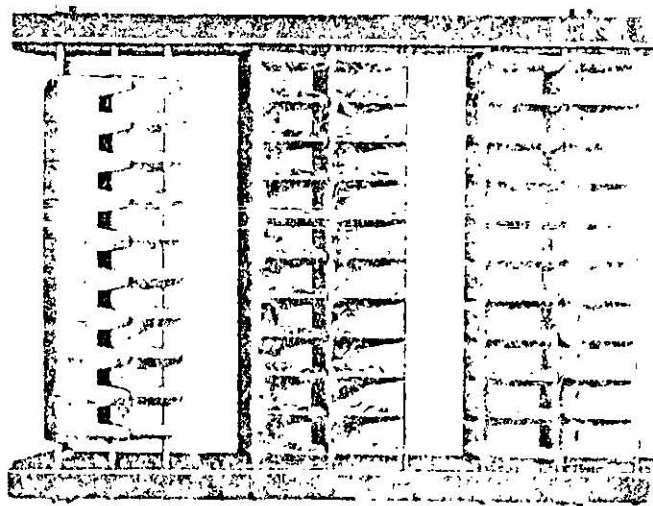


Figura 20. Labios o dientes del zarandón.

El ventilador de limpieza (Figura 21) genera la ráfaga de aire que separa las partículas más pesadas (grano) de las más ligeras (impurezas). Está constituido por aspas múltiples y va montado generalmente, en la parte delantera de la unidad de limpieza (Bainer et al., 1963).

La cantidad de aire puede regularse por medio de persianas, de placas, o bien por un diseño especial de la caja y garganta del ventilador (Griffin, 1973).

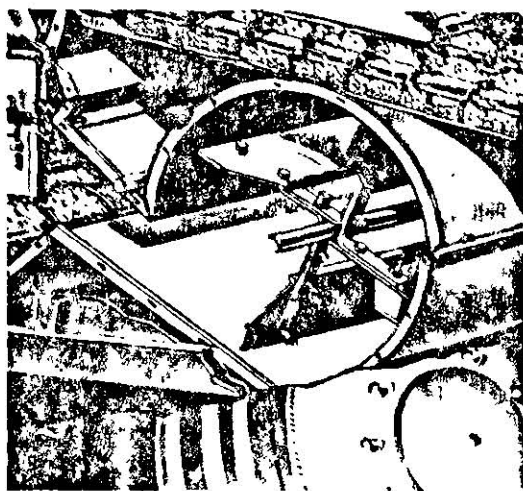


Figura 21. Ventilador

2.6 Manejo de la Cosecha

El manejo de la cosecha (Figura 22) es la conducción del grano trillado, separado y limpio hacia la tolva y de allí a un remolque o camión para su transporte, además se incluye el retorno del material trillado deficientemente en la unidad de trilla.

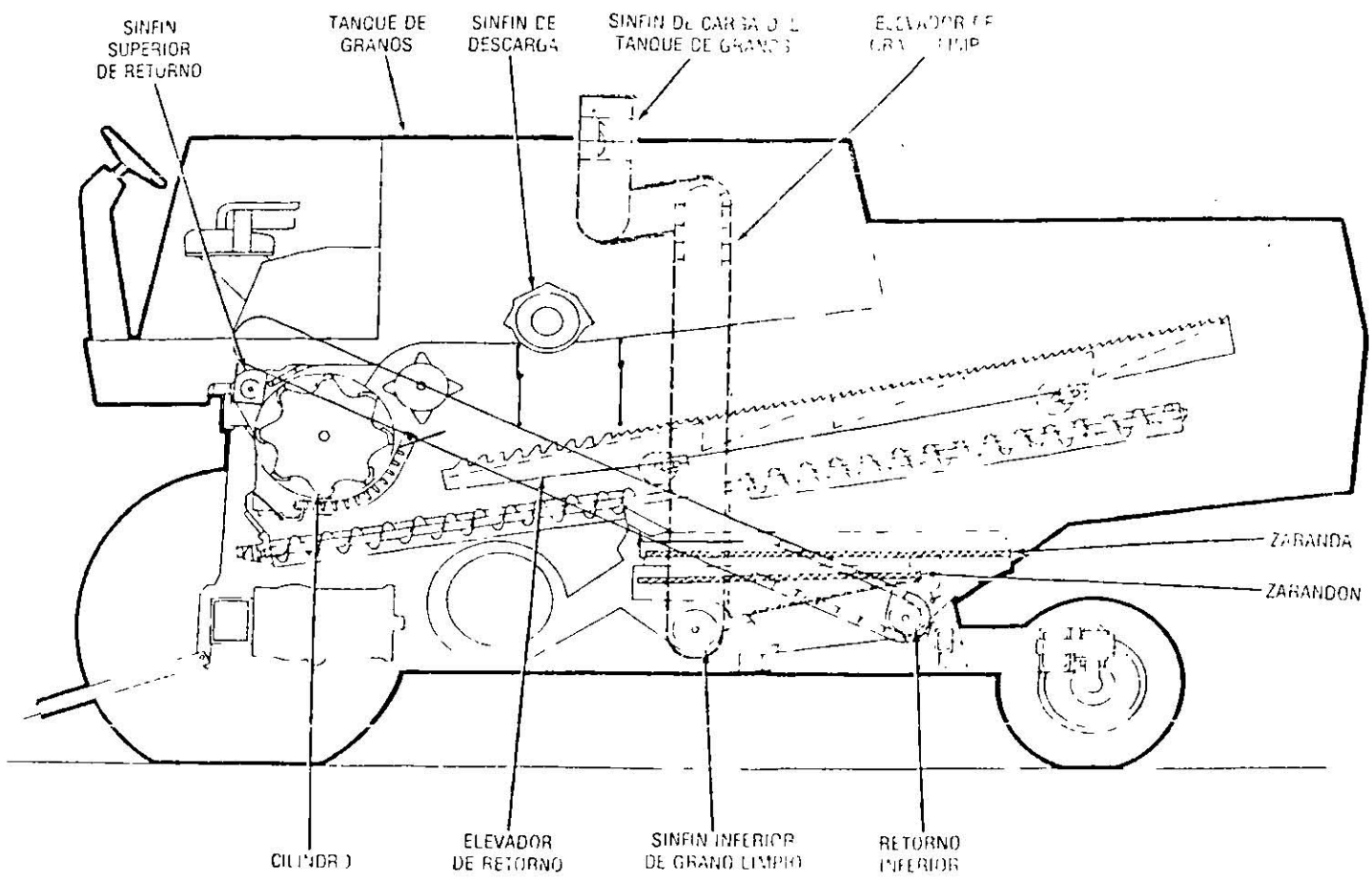


Figura 22. Manejo de la cosecha en la combinada.

Debajo de la zapata de limpieza, un sinfín de 10 a 15 cm de diámetro, con espirales separadas de 8 a 13 cm, conduce el grano limpio y lo entrega a un elevador de paletas de caucho o acero, que lo abastece a un sinfín superior el cual lo deposita en el centro de una tolva (Griffin, 1973).

El material que pasa a través de la extensión del zarandón, es recogido por un sinfín inferior que lo lleva a un elevador que luego lo cede a un sinfín superior que lo deja caer justamente arriba del cilindro para volverlo a trillar. El sinfín y el elevador son de menor tamaño comparados a los componentes que manejan el grano limpio.

En la parte inferior de la tolva hay un sinfín grande (de hasta 30 cm de diámetro) que está conectado a un sinfín exterior para la descarga del grano hacia vehículos de transporte. Algunas cosechadoras tienen una tolva de 35.2 hl que pueden vaciar en casi un minuto y medio (Griffin, 1973).

III. PERDIDAS DE PESO

Las pérdidas de maíz en campo es uno de los problemas más serios asociados con la cosecha mecánica.

Las pérdidas de peso pueden ocurrir por maduración de la planta o en conexión con cualquiera de las operaciones básicas de una combinada. Estas pueden ser clasificadas como pérdidas de precosecha, pérdidas en el cabezal, en la unidad de trilla, en los sacapajas, en la zapata de limpieza y pérdidas por fugas (Bainer et al., 1963 y Griffin, 1973).

Las pérdidas son fácilmente identificables en el campo y son medidas a través de procedimientos convencionales como el conteo o pesaje de granos o mazorcas que se encuentran sobre un área representativa (Johnson, 1966). Los valores de las pérdidas normalmente son de 2-6% pudiendo llegar incluso al 10% (Ortíz, 1980).

Un desarrollo moderno son los monitores de pérdidas que miden la cantidad de grano que no se ha separado con éxito de la paja. Estos monitores utilizan una serie de sensores, situados estratégicamente en la combinada (Anónimo, 1986).

3.1 Pérdidas de Precosecha

Estas pérdidas se presentan antes de la recolección con la combinada y se pueden apreciar como resultado del sacudimiento por el viento, plantas caídas o condiciones climatológicas.

cas adversas. Es común que el maíz tenga considerables pérdidas, antes de la cosecha, especialmente si ésta se retrasa, pues la maduración provoca que la unión entre la mazorca y el tallo se torne quebradiza. Las pérdidas de precosecha deben identificarse para que no se asignen a la cosechadora (Glanze, 1977 y Griffin, 1973).

Para determinar estas pérdidas, debe elegirse un área representativa que esté por lo menos a 100 m de los bordes del cultivo, para luego delimitar una superficie de 40 m² frente al cabezal de la cosechadora (Figura 23), recoger las mazorcas del suelo y las de las plantas tiradas, cuya recolección con combinada es imposible y calcular la pérdida de peso por hectárea que representan (SEA, OSU, 1981).

3.2 Pérdidas en el Cabezal

Estas pérdidas se deben a un ajuste defectuoso del cabezal o a una operación incorrecta. Las causas comunes de pérdidas en el cabezal de maíz son: debido a que las puntas juntadoras no aprisionan correctamente a las plantas por estar tiradas en el suelo (pérdida de precosecha), plantas empujadas al suelo por una velocidad de avance demasiado rápida y mazorcas y granos tirados a causa del impacto con el cabezal y mazorcas no recolectadas debido a una velocidad incorrecta de las cadenas juntadoras (Griffin, 1973).

La pérdida de mazorca de maíz puede determinarse luego de

Revisar aquí las pérdidas de mazorcas en el cabezal para maíz.

Revisar aquí las pérdidas de mazorcas de precosecha.

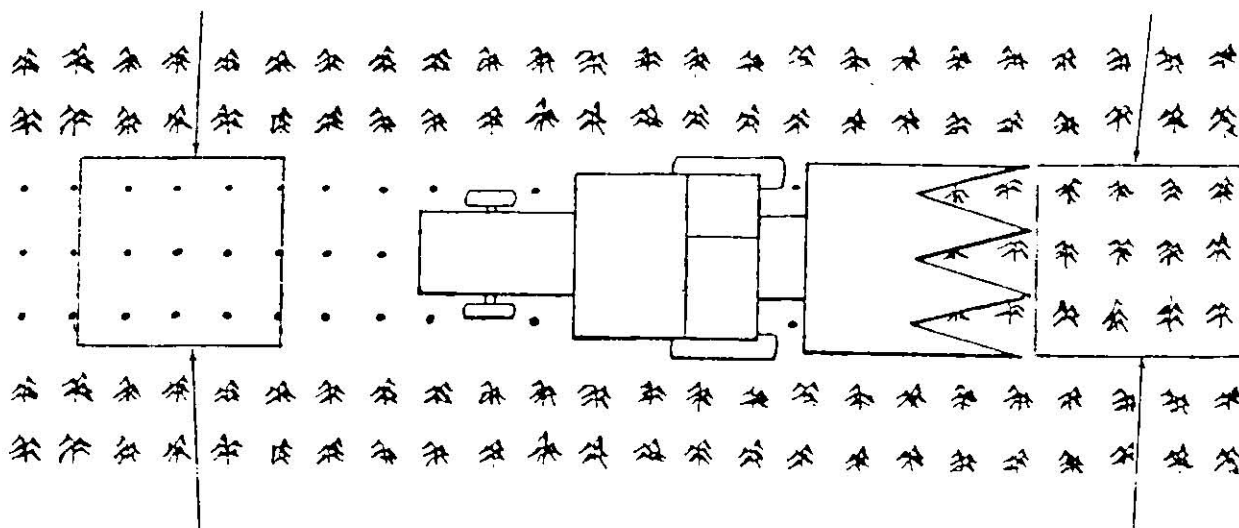


Figura 23. Ubicación de los lotes de muestreo para determinar las pérdidas de precosecha y las pérdidas de mazorcas en el cabezal para maíz.

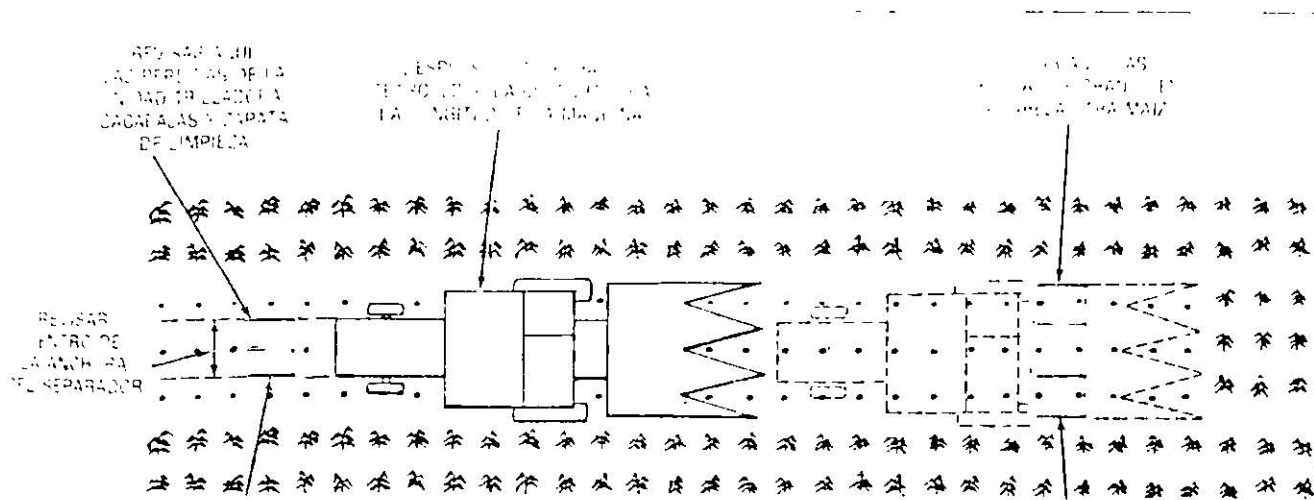


Figura 24. Ubicación de los lotes de muestreo para determinar las pérdidas de granos en el cabezal, la unidad de limpieza, los sacapajas y en la zapata de limpieza.

que la máquina ha avanzado, midiendo un área de 40 m^2 y levantando las mazorcas que la cosechadora no haya recolectado (Figura 23). La Universidad del Estado de Ohio (SEA, OSU, 1981) da conversiones de pérdidas en base a cálculos de campo; señala que cada mazorca de 0.340 kg . (o su equivalente) representa una pérdida de 63.5 Kg/ha . Se resta la cifra de pérdidas de precosecha de esta cantidad, para definir las pérdidas de mazorca en el cabezal (Kg/ha). Cuando se ajusta y opera correctamente el cabezal, puede esperarse una pérdida menor al 1%. (Griffin, 1973).

Para determinar las pérdidas de granos en el cabezal (Figura 24) se retrocede la máquina para poder medir lotes rectangulares y se colectan por unidad de superficie los granos dentro de los lotes, obteniendo un promedio de pérdida de peso. La Universidad del Estado de Ohio (SEA, OSU, 1981) da conversiones de pérdidas al utilizar lotes de 0.9 m^2 conformados de acuerdo al Cuadro 1. En este caso se cuentan los granos tirados y si se encuentran 20 por lote, la pérdida es de 63.5 kg/ha . La pérdida normal es menos de 1% del rendimiento promedio cuando la cosechadora es ajustada y operada correctamente (SEA, OSU, 1981).

3.3 Pérdidas en la Unidad de Trilla.

Las causas de pérdida en la unidad de trilla son: grano sin trillar y grano quebrado debido a una acción de trilla excesiva por malos ajustes del cilindro y el cóncavo o por abun-

Cuadro 1. Dimensiones del marco de 0.9 m² para muestrear granos de maíz y estimar pérdidas durante la cosecha mecánica, dependiendo del espaciamiento entre hileras.

Espaciamiento entre hileras (m)	Longitud de Hilera (m)
0.50	*
0.70	1.30
0.75	1.20
0.90	1.00
0.95	0.95
1.00	0.90

* Usar la misma armazón que para las hileras de 1.00 m colocándola sobre dos hileras al mismo tiempo.

Fuente: OSU, 1981

dante material de retorno (Griffin, 1973)

Para determinar las pérdidas en la unidad de trilla la Universidad del Estado de Ohio (OSU, 1981) recomienda que se revisen lotes de 0.9 m² detrás de la máquina (Figura 24) y se cuenten los granos que están aún en los olotes. Al igual que en el caso anterior 20 granos representan una pérdida de 63.5 kg/ha. (SEA, OSU, 1981). El Cuadro 2 da los equivalentes de pérdidas de granos en la máquina dependiendo del tamaño del cabezal, del espaciamiento entre hileras y la anchura del separador. Las pérdidas pueden ser menores al 1% cuando la cosechadora se opera correctamente (Griffin, 1973).

Cuadro 2. Número aproximado de granos de maíz por 0.9 m^2 que equivalen a 63.5 kg/ha , dependiendo del tamaño del cabezal, del espaciamiento entre hileras y de la anchura del separador.

Tamaño del cabezal de maíz	Espaciamiento de hileras (cm)	Anchura del Separador (cm)			
		73.66	96.52	111.76	137.16
3 Hileras	91.44	69	52	45	--
	96.52	73	55	48	--
	101.60	77	58	50	--
4 Hileras	71.12	--	54	47	--
	76.20	--	58	50	--
	81.28	--	62	54	--
	91.44	--	70	60	48
	96.52	--	73	64	51
	101.60	--	78	67	54
	91.44	--	--	75	60
71.12	--	--	60	--	
6 Hileras	50.80	--	--	50	--
	71.12	--	--	70	56
	76.20	--	--	75	60
	91.44	--	--	--	73
	96.54	--	--	--	77
	101.60	--	--	--	80
8 Hileras	50.80	--	--	--	54
	71.12	--	--	--	75
	76.20	--	--	--	80

Fuente: Criffin, 1973

3.4 Pérdidas en los Sacapajas

Usualmente estas pérdidas son provocadas por una alimentación excesiva de material sobre los sacapajas debido a una baja velocidad del cilindro y a una separación demasiado amplia del cóncavo, cuando la combinada opera a una velocidad excesiva de avance (Griffin, 1973).

Para medir las pérdidas en los sacapajas (Figura 24) se (SEA, OSU, 1981) puede utilizar el marco de 0.9 m² (Cuadro 1) para revisar varias áreas detrás del separador, contando el número de granos caídos en el suelo (excepto los granos adheridos a los olotes trillados); luego se resta el número de granos encontrados como pérdidas en el cabezal para determinar las pérdidas totales por hectárea en el sacapajas con la cuenta restante de grano (Griffin, 1973).

3.5 Pérdidas en la Zapata de Limpieza

Las pérdidas en la zapata de limpieza pueden ser provocadas por demasiado aire del ventilador y demasiado material en el zarandón por ajuste incorrecto.

Para estimar estas pérdidas se requiere que una persona camine al lado de la máquina a la hora de la cosecha, y sostenga una pala detrás y abajo de la parte trasera de la zapata para recibir el material tal como está cayendo. Si hay varios granos en la muestra ajustese la zapata. Puede perderse menos de 1% del rendimiento total en los sacapajas y en la zapata cuando la cosechadora es ajustada y operada correctamente (Griffin, 1973).

3.6 Pérdidas por Fugas

Estas pérdidas pueden ocurrir en cualquier parte de la cosechadora. Se debe verificar que todas las puertas de inspección, limpieza y drenaje, estén en su posición apropiada y ase-

guradas firmemente.

Todas las fugas deberán ser reparadas antes de que se pueda apreciar con exactitud el volumen de las pérdidas (Griffin, 1973).

3.7 Investigaciones sobre Pérdidas de Peso durante la Cosecha.

Byg y Hall citados por Racop et al. (1984) estudiaron 126 combinadas operadas por agricultores y encontraron que la suma promedio de las pérdidas de trilla y de separación fue de 55.8 kg/ha. Con producciones superiores a 5,580 kg/ha, esto representó una pérdida menor que 1.0%.

Paulsen y Nave (1980) evaluaron la combinada convencional de un cilindro donde el flujo de alimentación es perpendicular, y las combinadas de flujo axial de rotor sencillo y doble, determinando las pérdidas de trilla y de separación en conjunto. Las pruebas se realizaron con ajustes óptimos en la velocidad del cilindro y las separaciones del cóncavo para las condiciones de cosecha del día (Cuadro 3). Cada combinada con un cabezal de seis hileras se operó a una velocidad de 6.4 km/hr. Después de cosechar 30 m, se revisaron las pérdidas colocando una lona bajo las ruedas traseras, evitando medir las pérdidas de precosecha o en el cabezal.

Las pérdidas (Cuadro 4) varían ampliamente entre repeti

Cuadro 3. Velocidades del cilindro o rotor de la combinada, velocidades periféricas, separaciones del cóncavo y velocidades del ventilador de limpieza para cada día de prueba.

	Tipo de combinada			
	Cilindro convencional	Rotor sencillo	Rotor doble	
Diámetro del cilindro o rotor, mm	559	610	431	
Longitud del cilindro o rotor, mm	1400	2740	2240	
Contenido de humedad = 28.8%				
Nivel de velocidad	rpm*	m/s**	rpm	m/s
Lenta	430	12.6	350	11.2
Media	525	15.3	450	14.4
Rápida	625	18.3	550	17.6
Separación mínima del cóncavo, mm	32	29	35	35
Ventilador de limpieza, rpm	925	900	900	900
Contenido de humedad = 20.3%				
Nivel de velocidad	rpm	m/s	rpm	m/s
Lenta	430	12.6	300	9.6
Media	500	14.6	400	12.8
Rápida	575	16.8	500	16.6
Separación mínima del cóncavo, mm	38	25	30	30
Ventilador de limpieza, rpm	925	820	850	850
Contenido de humedad = 18.6%				
Nivel de velocidad	rpm	m/s	rpm	m/s
Lenta	350	10.3	300	9.6
Media	450	13.2	385	12.3
Rápida	550	16.1	475	15.1
Separación mínima del cóncavo, mm	38	29	33	33
Ventilador de limpieza, rpm	925	770	975	975

* rpm = revoluciones por minuto
 ** m/s = metros por segundo

Fuente: Paulsen y Nave (1980)

Cuadro 4. Pérdidas de trilla y separación en kg/ha normalizadas a una humedad de 15.5% para cada diseño de cilindro o rotor a tres velocidades del cilindro o rotor para un área de 7.89 m².

Rep	Velocidad del cilindro convencional		Velocidad del rotor sencillo		Velocidad del rotor doble	
	Lenta	Rápida	Lenta	Rápida	Lenta	Rápida
1	2.1	17.2	8.8	13.9	22.7	7.0
2	12.6	55.4	5.9	14.7	13.3	35.5
3	9.1	17.9	6.8	5.3	9.2	22.5
Media	7.9	30.1	7.2	11.3	15.0	21.63
Contenido de humedad de 28.8%						
1	15.6	4.5	4.7	11.0	12.0	17.3
2	26.1	20.5	10.0	8.7	13.8	13.8
3	15.8	7.2	4.6	9.5	13.1	12.1
Media	19.2b*	10.6ab	6.4a	9.7	12.9	14.2
Contenido de humedad de 20.3%						
1	15.6	4.5	4.7	11.0	12.0	17.3
2	26.1	20.5	10.0	8.7	13.8	13.8
3	15.8	7.2	4.6	9.5	13.1	12.1
Media	19.2b*	10.6ab	6.4a	9.7	12.9	14.2
Contenido de humedad de 18.6%						
1	24.3	12.7	7.9	5.6	3.4	15.1
2	16.8	7.1	12.9	9.2	5.6	13.3
3	73.6	8.9	5.6	6.3	5.5	12.6
Media	38.2	6.4	8.8	7.0	8.0	13.6

* Los números con diferentes letras dentro de las hileras difieren significativamente a un nivel de 5% basado en una prueba DMS para diferencia entre medias.

Fuente: Paulsen y Nave (1980)

ciones: desde 2.1 kg/ha (casi 0.0%) hasta 73.6 kg/ha (1.0%). No hubo diferencias significativas entre combinadas en ninguno de los niveles de contenido de humedad probados o a cualquier velocidad del cilindro. Sin embargo a 20.3% de contenido de humedad, las combinadas de cilindro convencional y la de rotor doble presentaron pérdidas promedio significativamente más bajas a la velocidad rápida del cilindro que al trabajar en velocidad lenta.

Mailander et al., citados por Racop et al. (1984) encontraron que en maíz con un contenido de humedad menor de 25%, las pérdidas de la máquina de rotor sencillo permanecieron cerca de 0% hasta que la tasa total de alimentación (grano + paja) excedió los 9.1 kg/seg. A una tasa mayor de alimentación, las pérdidas aumentaron en forma potencial. Este aumento empezó a 6.8 kg/seg en maíz a un contenido de humedad mayor de 25%.

Racop et al., (1984) determinaron las curvas de pérdida en una combinada con un sistema de separación a base de ocho cilindros y cóncavos (en substitución de los sacapajas) y dos máquinas convencionales para comparar la naturaleza de las pérdidas en maíz de las variedades Dekalb X155A y Funk 4435 a 24 y 16% de contenido de humedad y a diferentes velocidades de avance (Cuadro 5). Los ajustes de las máquinas fueron los óptimos (Cuadro 6).

La suma de pérdidas en la unidad de trilla y en la separa

ción de las tres máquinas fueron menores del 1% hasta que la tasa de alimentación excedió 3.75 kg/seg cuando la humedad era de un 24% (Figura 25a); la máquina de ocho cilindros se vió menos afectada con los incrementos de la tasa de alimentación. A una humedad de 16% (Figura 26a) las pérdidas en las máquinas convencionales excedieron el 1% a tasas de alimentación sobre 3.75 a 4.25 kg/seg., mientras que la de cilindros casi no se vió afectada por los incrementos de la tasa de alimentación.

Las pérdidas en la unidad de trilla (cilindro) en maíz cosechado a un contenido de humedad de 24% (Figura 25b) para la máquina de sistema de cilindros fueron muy bajas y se incrementaron muy ligeramente al aumentar las tasas de alimentación. Cuando la humedad era de 16% (Figura 26b) las pérdidas en la unidad de trilla fueron muy bajas en las máquinas convencionales y la máquina de sistemas de cilindros casi no tuvo pérdidas.

Las pérdidas por separación en maíz cosechado a un contenido de humedad de 24% (Figura 25c) fueron más bajas al utilizar máquinas convencionales con tasas de alimentación bajas pero estas aumentaron mucho más rápido en comparación a las pérdidas encontradas en la máquina de sistemas de cilindros. A un contenido de humedad de 16% (Figura 26c) las pérdidas en las tres combinadas fueron bajas.

Los resultados de las pruebas de variedades mostraron que con una de las máquinas convencionales, la variedad Funk 4435 presentó pérdidas significativamente más altas que la variedad Dekalb X155A. En la máquina de sistema de cilindros, la variedad no afectó el valor de las pérdidas.

Cuadro 5. Pruebas para cada máquina; a cada contenido de humedad y velocidad de avance.

Contenido de Humedad	Repeticiones	Velocidad de avance en Km/hr		
		Sistema de Cilindro	Convencional # 1	Convencional # 2
26%	3	6.81	4.62	4.83
24%	4 ¹	5.15	4.96	5.15
	3 ²	6.76	5.95	6.12
	3	8.26	6.92	7.24
	3	9.98	7.84	8.16
16%	3	5.31	4.99	5.20
	3	6.81	6.92	6.76
	3 ³	8.37	8.58	8.26
	3	10.57	10.03	9.98

1 Para la máquina de sistema de cilindro fueron tres repeticiones y para la máquina convencional # 1 fueron cinco.

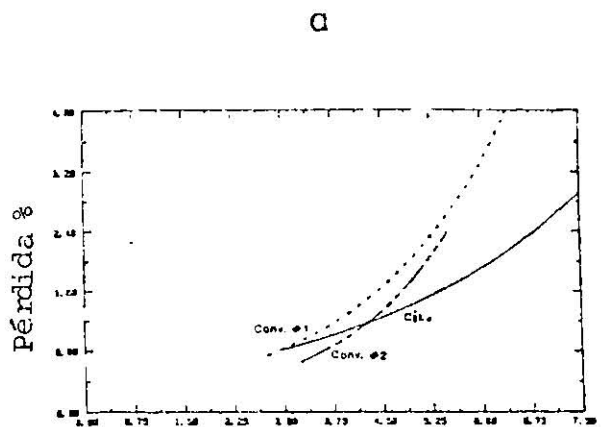
2 Para la máquina de sistema de cilindro fueron cuatro repeticiones.

3 Para la máquina convencional # 1 fueron dos repeticiones.

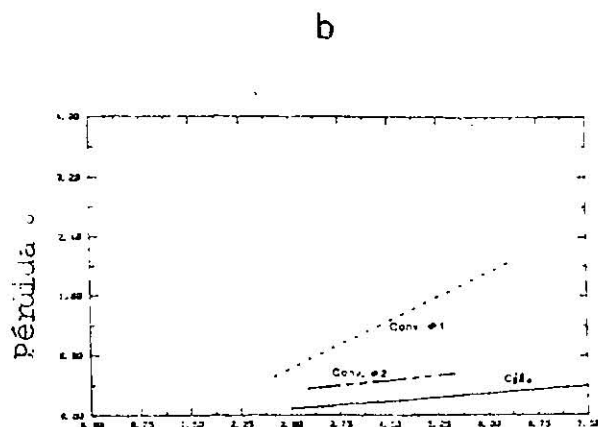
Cuadro 6. Ajustes de las máquinas para cada prueba de contenido de humedad y la prueba de variedades .

Ajuste de la Máquina	Sistema de Cilindro Convencional #1		Convencional #2					
Velocidad del cilindro (rpm)	26%	24%	16%	16%	26%	24%	16%	16%
Velocidad en la periferia del cilindro (m/s)	11.8	11.8	11.8	13.9	11.1	14.2	14.2	14.2
Separación del cóncavo								
Frente (mm)	40	40	42	---	---	40	40	42
Posterior (mm)	20	20	25	19	19	18	22	25
Velocidad del cilindro de separación (rpm)	430	430	430	ning. ning.	ning.	ning.	ning.	ning.
Cóncavos de separación (mm)	35	35	32	ning. ning.	ning.	ning.	ning.	ning.
Zarandón (mm)	12	12	13	11.1	11.1	12	12	13
Extensión (mm)	12	12	13	15.1	15.9	12	12	13
Zaranda (mm)	ning.	ning.	ning.	12.7	14.3	ning.	ning.	ning.
Abanico de limpieza (rpm 0%)	100%	100%	100%	--	--	90%	90%	100%

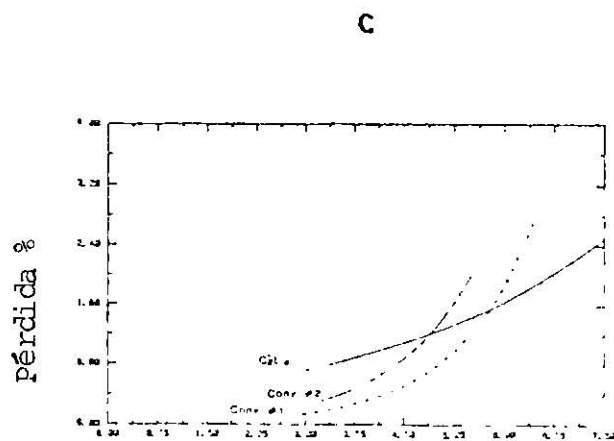
Fuente: Racop et al (1984)



Tasa de alimentación de paja (kg/seg).
Suma de pérdidas del cilindro y separación.



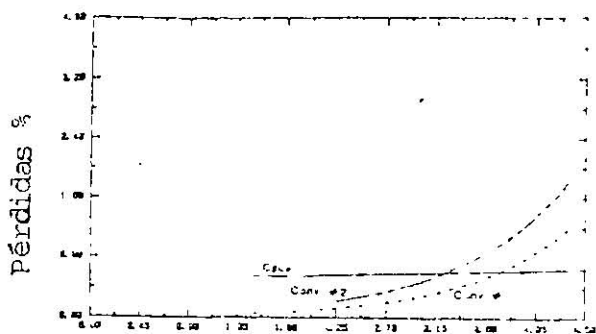
Tasa de alimentación de paja (kg/seg).
Pérdidas del cilindro.



Tasa de alimentación de paja (kg/seg).
Pérdidas de separación.

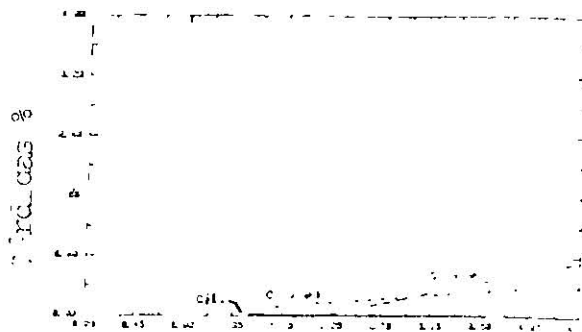
Figura 25. Curvas de pérdida en la cosecha de maíz a un contenido de humedad de 24%, determinadas por regresión.

a



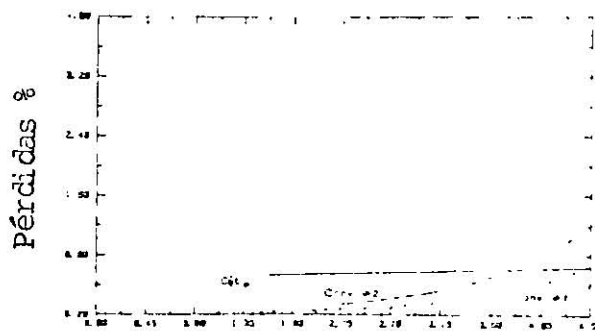
Tasa de alimentación de paja (Kg/seg).
Suma de pérdidas del cilindro y separación.

b



Tasa de alimentación de paja (kg/seg).
Pérdidas del cilindro.

c



Tasa de alimentación de paja (kg/seg).
Pérdidas de separación.

Figura 26. Curvas de pérdida en la cosecha de maíz a un contenido de humedad de 16%, determinadas por regresión.

IV. PERDIDAS DE CALIDAD

El daño físico en la cosecha del maíz es mucho mayor cuando ésta se realiza mecánicamente. El daño puede ser visible o interno, pero en cualquier caso a menos de que produzca granos quebrados o material fino que pase por el tamiz de 4.76 mm no es reconocido como tal en la comercialización nacional o internacional. El grano roto y las impurezas favorecen el desarrollo de insectos secundarios y microorganismos de merita la calidad de los granos y las semillas; además contribuyen a hacer ineficaces las medidas de fumigación ya que tienen mayor fijación de material químico por unidad (Ramírez, 1966 y Tuite y Foster, 1979).

El daño físico puede definirse mediante los siguientes análisis: determinación de impurezas, prueba de susceptibilidad a ruptura, prueba de coloración verde brillante, análisis de grietas y pruebas de germinación.

Las impurezas del maíz son la proporción de material que pasa a través de una malla de agujero redondo de 4.76 mm (12/64 pulg) respecto al peso original de la muestra. También puede hacerse un estudio del porcentaje de material fino mediante el tamizado en un sacudidor eléctrico como el Gamet (50 golpes) y usando la malla de 4.76 mm (12/64 pulg). Adicionalmente, existen aparatos eléctricos de varias mallas como el Carter-Day Dockage Tester que separan las impurezas de acuerdo al tamaño.

Para la prueba de susceptibilidad a ruptura se toma una muestra de 100 g de maíz que ha sido retenido por mallas de 5.95 y 4.76 mm y se sujeta a los impactos del probador Stein durante dos minutos; posteriormente se tamiza en una malla de 4.76 mm y se pesa. El porcentaje de ruptura del Stein se define como la relación del peso del maíz quebrado al peso original de 100 g multiplicado por 100.

En la prueba de coloración verde brillante se toma una muestra de 400 g de maíz, se remueven las impurezas con una malla de 4.76 mm y se elige, aleatoriamente una porción de 50 g para tratarse con una solución al 0.1% del Reactivo Fisher en agua destilada. La muestra se coloca en una copa de malla de alambre que se sumerge en 100 ml de la solución durante 10 minutos. Luego la muestra se enjuaga completamente con agua de la llave y se deja secar sobre toallas de papel durante varias horas. La clasificación se puede hacer de acuerdo a las siguientes categorías: (1) daño severo - incluye todas las semillas quebradas y semillas con grietas grandes en el pericarpio o fragmentos faltantes del endospermo, (2) daño secundario - incluye a todas las semillas con rajaduras en el pericaripio, lo suficientemente profundas como para que absorban el colorante, y (3) sin daño - incluye las semillas que no absorbieron colorante o solo una cantidad muy ligera en la punta de la semilla. Finalmente se determinan los pesos del maíz de cada categoría y se calculan los porcentajes de peso.

El porcentaje de grietas en la semilla se calcula tomando 50 semillas enteras a las que se inspecciona a trasluz para determinar si presentan cero, una o múltiples rajaduras por es fuerzo.

Las pruebas de germinación usadas comúnmente en la industria de la semilla, incluyen la prueba en calor y la prueba en frío. La prueba de germinación en calor incluye tres repeticiones de 100 semillas colocadas en papel Kimpack a 25°C y a una humedad relativa de 85% durante 4 días. La prueba en frío incluye tres repeticiones de 50 semillas colocadas en una mezcla al 50% de suelo y turba orgánica a 10°C durante 10 días, seguida de un período de 4 días a 25°C y a una humedad relativa de 85% (Paulsen y Nave, 1980).

Según, Saúl citado por Tuite y Foster, 1979 el deterioro del maíz cosechado mecánicamente es de 2 a 3.5 veces mayor al de maíz cosechado a mano. Paulsen y Nave (1980) encontraron que la susceptibilidad a ruptura del maíz cosechado con combinada fue de 4.5%, mientras que la del maíz cosechado a mano varió de 0.01%, cuando la mazorca estaba seca, hasta 0.9% cuando su contenido de humedad era de 13.3%. Los resultados de Racop et al. (1984) mostraron que la susceptibilidad a ruptura del maíz cosechado mecánicamente fue cuatro veces mayor a la de maíz co sechado a mano.

El daño mecánico está directamente relacionado con el au-

mento en el contenido de humedad del grano, aunque cuando está muy seco es altamente vulnerable. Paulsen y Nave (1980) encontraron que los niveles de maíz quebrado e impurezas fueron más altos en el grano mas húmedo debido a que el maíz estaba suave y era fácilmente astillable. Además determinaron que el daño severo ocurre cuando las humedades son más altas. Por otra parte, los resultados del estudio realizado por Racop et al. (1984) indicaron que los valores de daño severo cuando el contenido de humedad era de 16, 24 y 26% fueron 3.2, 3.2 y 4.1, respectivamente. Chowdhury y Buchele citados por Paulsen y Nave (1980) encontraron que el daño mínimo fue a un contenido de humedad de 23%.

Los ajustes y el diseño de la combinada están asociados con el daño en la cosecha del maíz, Byg y Hall citados por Paulsen y Nave (1980) encontraron que un cilindro de 48.3 cm de diámetro produjo rupturas mínimas de 2.5% en maíz con una humedad entre 20 y 25%. Chowdhury y Buchele citados por Paulsen y Nave (1980) encontraron que el daño total aumentó de 26 a 41% cuando se incrementó la velocidad del cilindro de 450 a 650 rpm. Sin embargo, otro estudio realizado por Paulsen y Nave (1980) demostró que el porcentaje de maíz quebrado e impurezas no cambió significativamente con la velocidad del cilindro o rotor en los contenidos de humedad probados y utilizando las cosechadoras de flujo axial y convencional. Los análisis con el colorante verde brillante indicaron que la velocidad periférica del cilindro o rotor no tuvo efecto significativo en el

grado de daño severo; además no encontraron diferencias significativas en los porcentajes de rajaduras al variar los diseños o velocidades del rotor.

Respecto al diseño de las cosechadoras, Paulsen y Nave (1980) encontraron que la combinada de rotor sencillo produjo un valor significativamente más bajo de maíz quebrado e impurezas en relación a la de doble rotor y a una convencional. La ruptura de maíz en las tres combinadas promedió entre 0.22 y 0.92%. Las muestras del sinfín de grano limpio en la combinada de rotor sencillo, cuando las velocidades del rotor eran medias y altas, y a un contenido de humedad del grano de 18.6%, presentaron porcentajes más bajos de material fino en comparación a las de la combinada de doble rotor. A 20.3% de contenido de humedad, las muestras del sinfín de grano limpio de la combinada convencional en la velocidad rápida del cilindro exhibieron un daño severo significativamente menor en comparación al de la máquina de doble rotor a la misma velocidad periférica. En las velocidades más bajas y a otros contenidos de humedad (28.8 y 18.6%) no hubo diferencias significativas en daño severo detectadas entre combinadas.

Concluyeron también que en la prueba de susceptibilidad a ruptura no hubieron diferencias significativas entre combinadas, atribuibles al diseño del mecanismo de trilla.

Racop et al. (1984) encontraron pocas diferencias entre

las máquinas (convencionales y de sistema de cilindros) cuando la humedad de la cosecha era de 26%. Sin embargo, a un 24%, una de las máquinas convencionales que probaron (Claas Dominator 106) presentó niveles más altos de daño en comparación a la de sistema de cilindro (Claas Dominator 116CS) y a la otra máquina convencional (John Deere 8820), las cuales tuvieron un valor de daño similar. A un contenido de humedad de 16%, la John Deere 8820 presentó niveles de daño más bajos en ciertas categorías, mientras que la Claas Dominator 116CS y la Claas Dominator 106 presentaron la misma cantidad de daño y de finos que fueron menores al límite del 5%.

Se sugiere que el daño por cosecha mecánica puede disminuirse seleccionando variedades. Racop et al. (1984) utilizó una combinada convencional para comparar los daños en las variedades de maíz Funks XL55A y Dekalb 4435, la primera presentó un daño más alto en material fino, daño secundario y susceptibilidad a ruptura. Sin embargo en las pruebas del colorante verde, la variedad Dekalb tuvo un daño principal (granos astillados con grietas profundas en el grano) y un índice de daño más altos.

Se ha encontrado que hay una reducción del poder germinativo de la semilla a causa de los procesos de conducción de la semilla trillada, como lo determinaron Paulsen y Nave (1984), además señalan que la prueba de germinación en frío fue más apropiada para el estudio.

V. AJUSTES PARA REDUCIR LAS PERDIDAS

5.1 Planeación y Preparación

El tiempo para cosechar varía según el cultivo y el clima. El tiempo adecuado es cuando el grano proporciona el rendimiento más alto y la mejor calidad.

El maíz proporciona su rendimiento más alto, cuando el contenido de humedad está entre 20 y 30%. Si el contenido de humedad es más alto además de las pérdidas por trituración habrá pérdidas de utilidades por tener que secar el maíz hasta un nivel de humedad que sea seguro para almacenarlo.

Es necesario calcular el número de hectáreas por hora que una combinada puede cubrir para tener idea de cuando iniciar la cosecha y cuanto tomara. La velocidad de avance real de la combinada debe determinarse puesto que la que aparece en los manuales para cada engranaje no es exacta debido a la carga de la máquina y al patinaje de los neumáticos.

Uno de los factores más costosos en la recolección con cosechadora es que ésta se encuentre en malas condiciones mecánicas. Al no recibir un buen mantenimiento preventivo, tendrá más desperfectos, además la operación cosechadora será poco satisfactoria. Si los componentes cosechadores están dañados o muy gastados no pueden ajustarse para operar satisfactoriamente. Es recomendable revisar y reparar la cosechadora entre las temporadas de trabajo.

5.2 Condiciones de Operación Iniciales

En el manual de cada cosechadora aparecen las condiciones de operación sugeridas por los fabricantes para cada cultivo. Luego de estar cosechando por un rato con las condiciones de operación iniciales se deben revisar las pérdidas de grano y ajustar la cosechadora a las características de cosecha y de campo.

A continuación se dan las condiciones iniciales de operación de las combinadas para la cosecha de maíz.

Rpm del cilindro	400-900
Cóncavo (frente)	2.54-3.81 cm (1" - 1 1/2")
Zarandón	1.11-1.58 cm (7/6" - 5/8")
Zaranda	1.27-1.58 cm (1/2" - 5/8")

No se incluyen los valores para el ventilador porque varían considerablemente en diferentes marcas de combinadas.

El separador de la combinada está diseñado por el fabricante para operar a una velocidad particular. Nunca se debe modificar la velocidad recomendada, o la cosechadora no funcionará satisfactoriamente. Si la velocidad del separador es más lenta que la normal habrá congestión y pérdidas de granos. Si es más rápida el material pasará a través de la máquina con demasiada rapidez causando pérdidas de grano y desgastes excesivos de todos los componentes.

5.3 Unidad Recolectora

La velocidad apropiada de avance depende de la capacidad de la cosechadora, así como de las condiciones y rendimiento de la cosecha. La altura de operación del cabezal deberá ser lo suficientemente baja para recolectar las mazorcas, resbalando sobre el suelo sin levantar tierra o piedras. Si la cosecha está caída, se ajustan las puntas juntadoras en una posición más hacia abajo (Figura 25).

Las cadenas juntadoras requieren ajustes solo cuando han sufrido desgaste. Algunos cabezales tienen tensores con presión de resorte (Figura 26). La velocidad de las cadenas juntadoras es muy importante en relación a la velocidad de avance. Una velocidad excesiva de las cadenas juntadoras podría provocar la rotura de los tallos y la caída de las mazorcas al suelo.



Figura 25. Posición de las puntas juntadoras en cosecha caída.

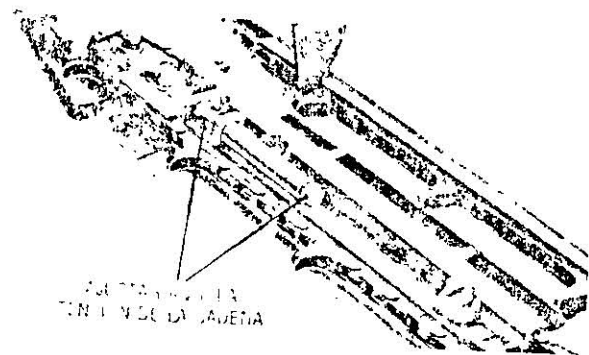


Figura 26. Tensores con presión de resorte.

Los rodillos despojadores pueden ser ajustables en cuanto a su separación; este espacio está de acuerdo al diámetro de los tallos del maíz. La velocidad del mando del cabezal controla la velocidad de los rodillos, y esta velocidad deberá estar de acuerdo con la velocidad de avance de la cosechadora para evitar pérdidas de mazorcas.

Las cuchillas para hojarasca se ajustan lo más cerca posible de los rodillos despojadores pero sin tocarlos (Figura 27).

Las placas despojadoras son ajustables a diferentes espaciamientos según el tamaño de los tallos y mazorcas de maíz; usualmente se separan alrededor de 3.5 cm en el frente y 3.7 cm en la parte trasera (Figura 28). La separación delantera deberá ser siempre de 3.2 a 4.8 mm menor que en la parte trasera para mantener la acción apropiada de las placas despojadoras.

Las unidades para hileras deberán ajustarse a la separación apropiada (Figura 29) de manera que los tallos no sean empujados hacia un lado por las puntas juntadoras. Si los tallos se desvían debido a un espaciamiento incorrecto, las mazorcas podrían no ser tomadas y caer al suelo.

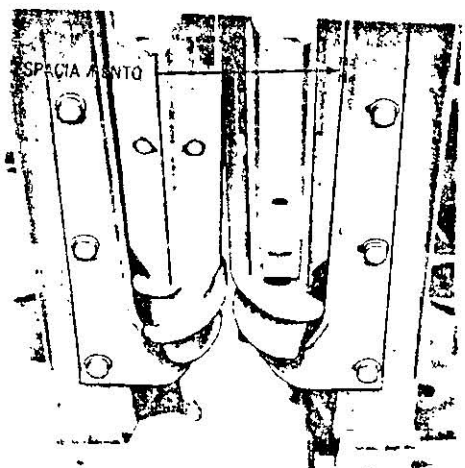


Figura 27. Espaciamento entre las cuchillas y los rodillos despojadores.

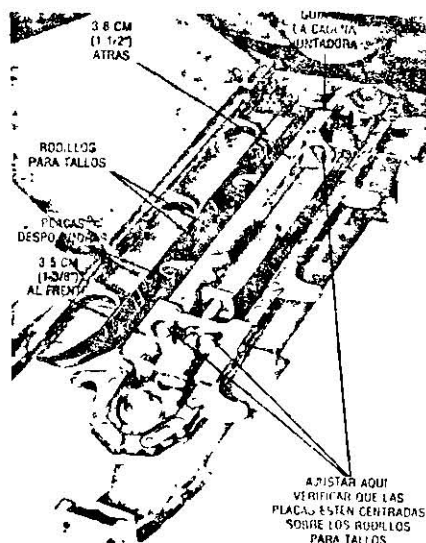


Figura 28. Ajuste de las placas despojadoras.



Figura 29. Ajuste de la separación de las unidades para hileras.

5.4 Unidad del Mecanismo de Alimentación

El sinfín deberá ajustarse para las condiciones del campo y el tamaño de las mazorcas (Figura 30). Si hay demasiado espacio libre, puede provocarse el deshojamiento si las mazorcas son suficientemente pequeñas para ser oprimidas debajo de las espirales del sinfín. Por lo común el sinfín deberá ajustarse hacia abajo y hacia atrás en condiciones normales. En cosechas húmedas pegajosas o con abundante follaje, el sinfín deberá ajustarse ligeramente hacia arriba y hacia adelante, para mo-

ver el material, retirándolo de las unidades para hileras. El despojador del sinfín deberá estar siempre a una distancia de 6.3 mm del sinfín para evitar llevar el material alrededor, lo que podría causar una alimentación defectuosa.

La cadena del transportador deberá operar correctamente para alimentar el material en forma suave y uniforme al cilindro. La cadena deberá quedar lo suficientemente apretada de manera que las tablillas no peguen contra el fondo de la caja del alimentador. Cuando los transportadores son ajustables se fija el espacio libre de la cadena de acuerdo al tamaño de la cosecha. Para maíz, el espacio debajo de las tabletas deberá ser de alrededor de 1.9 mm (Figura 31).

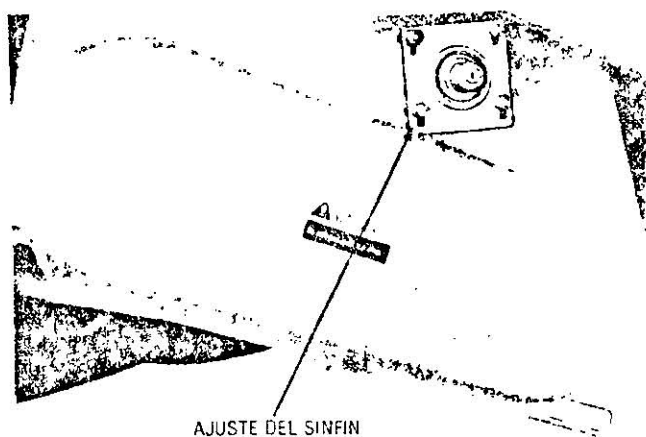


Figura 30. Ajuste del Sinfín

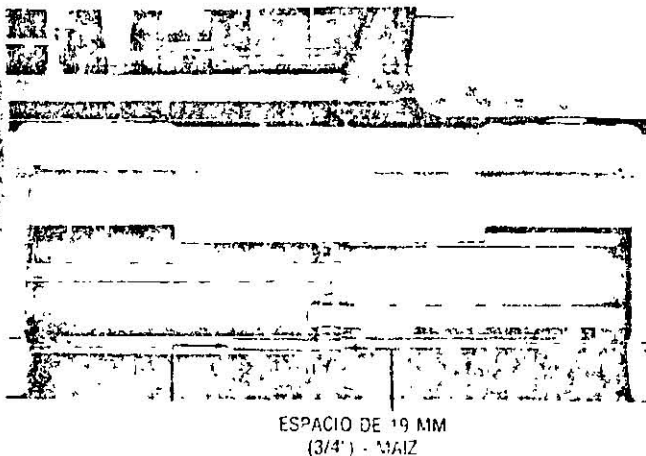


Figura 31. Espacio libre debajo de la cadena en el caso del maíz.

5.5 Unidad de Trilla

Todos los granos deberán ser removidos de la mazorca sin dañarlos o romper muchos olotes. La regla general aplicable es que en granos grandes, como el maíz, deben manejarse bajas velocidades del cilindro (Figura 32) y amplias separaciones del cóncavo (Figura 33), sin que esto llegue a causar una acción trilladora insuficiente. Si este es el caso debe aumentarse un 5% la velocidad del cilindro; si no se corrige el problema se puede cerrar ligeramente la separación del cóncavo. Si después de probar algunos de estos ajustes, no se logra mejorar la acción trilladora, se recomienda reducir la velocidad de avance.

Si se obtienen muchos granos quebrados, el problema puede ser debido a que se está regresando una cantidad excesiva de material y no a que la velocidad del cilindro sea rápida o a que la separación del cóncavo sea angosta.

La zapata de limpieza resultará sobrecargada con paja excesivamente triturada, cuando ocurre una acción trilladora excesiva. Los granos no pueden ser separados de la masa de paja en los sacapajas. La acción trilladora excesiva puede reducirse disminuyendo la velocidad del cilindro de 5 a 10%. Si esto no ayuda, se puede separar más el cóncavo. Si no se corrige la acción de trilla excesiva con estas medidas se puede reducir la velocidad de avance.

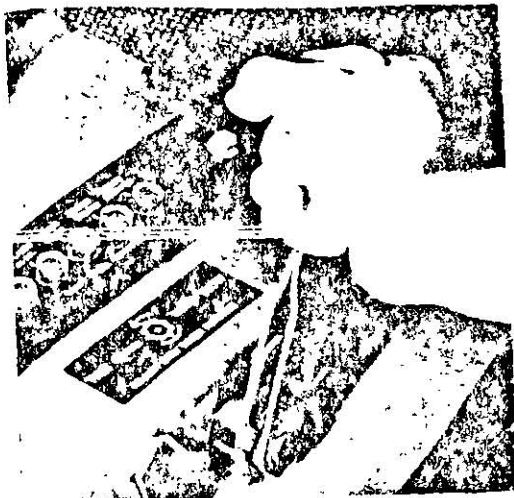


Figura 32. Control de la velocidad del cilindro.

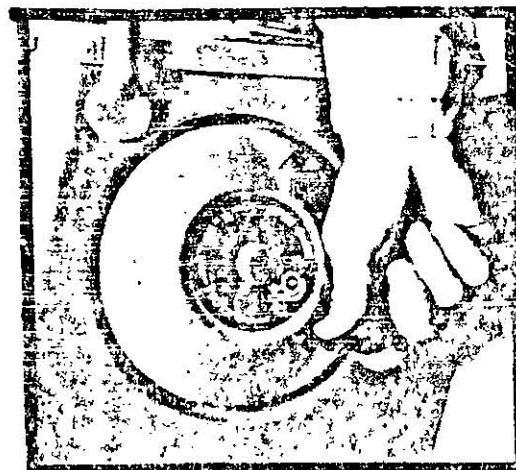


Figura 33. Control del espaciamiento del cóncavo.

5.6 Unidad de Limpieza

El ventilador, el zarandón y la zaranda, deben ser operados y ajustados en forma relacionada entre si para obtener la mejor acción de limpieza. Los fragmentos de paja y hojarasca deberán ser removidos con el más fuerte viento posible, pero sin volar los granos hacia afuera de la cosechadora.

Antes de ajustar la velocidad del ventilador se abre el zarandón y la zaranda a la separación máxima recomendada para la cosecha de maíz (Figura 34). Luego, se inicia con la velocidad más baja recomendada para el ventilador (Figura 35) y se aumenta gradualmente sin llegar a volar los granos fuera de la cosechadora o dentro del material de retorno. Después de obtener la velocidad máxima aceptable del ventilador, se continúan haciendo ajustes menores a la velocidad del ventilador y

a la separación del zarandón y zaranda, hasta lograr mejores resultados.

El zarandón se abre, solo lo suficiente para que el grano caiga a través de él, antes de recorrer toda su longitud. Si el zarandón es abierto demasiado puede sobrecargar a la zaranda con paja y hojarasca. Si el zarandón no es abierto lo suficiente, el exceso de grano será movido al material de retorno y parte del grano se perderá por la parte trasera de la cosechadora. La mayoría de las combinadas tienen una extensión del zarandón, la cual deberá ser abierta ligeramente más que el zarandón y levantada un poco para permitir que el material de retorno pase a través de la misma con facilidad.

Para ajustar la zaranda se abre hasta que aparezca demasiado material extraño en la tolva junto con el grano y luego se cierra paulatinamente hasta que se vea aceptable el producto.

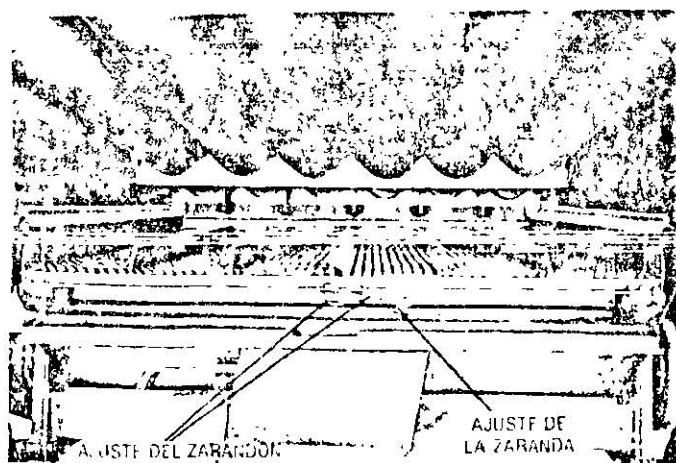


Figura 34. Controles para ajustar el zarandón y la zaranda.

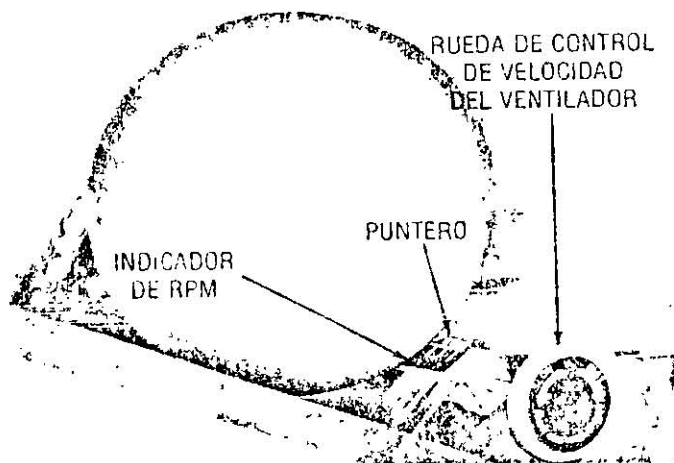


Figura 35. Control para ajustar el ventilador.

VI. CONCLUSIONES

Las combinadas están construídas para hacer una cosecha eficiente y tener pocas pérdidas de peso y de calidad del grano. Su operación es relativamente simple y puede realizarse de acuerdo a los requerimientos de cosecha. Así mismo, los sistemas y mecanismos de estas máquinas pueden ajustarse a las condiciones de cultivo, clima, etc. Utilizadas apropiadamente, las combinadas constituyen el mejor método de cosecha, aunque se tengan que tolerar pequeñas pérdidas.

Cuando la operación y ajustes de las combinadas no se hacen de manera correcta, las pérdidas pueden ser excesivas, afectando directamente los ingresos del productor y predisponiendo el grano a pérdidas aún mayores durante el almacenaje.

Las pérdidas de cosecha que provoca cada combinada deben estimarse periódicamente por los diferentes métodos establecidos, para definir su eficiencia. Esta información sirve de base para que se establezcan en cada caso, las condiciones de operación de la combinada y los ajustes en sus mecanismos que aseguren pérdidas mínimas.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo, 1986. La Electrónica en la Agricultura, Ediciones Orbis, S.A. Barcelona, España. pp. 17-20.
2. Bainer, R.R.A. Kepner and E.L. Berger, 1963. Principles of Farm Machinery. John Wiley and Sons, Inc. New York. pp. 381-427.
3. Bernat, J.C. 1980. Maquinaria para Agricultura y Jardinería. Primera edición. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 152-162.
4. Cruz, A.M. 1978. Guía de Estudio para el Curso de Maquinaria Agrícola. Primera Edición. T.T.H.S.M. Monterrey, N.L. pp. 277-281.
5. Glanze, P. 1977. El Maíz de Grano. Ediciones Euroamericanas, México. pp. 139-143.
6. Griffin, G.A. 1973. Fundamentos de Operación de la Máquina: Recolección con Cosechadora. John Deere Service Publications, Dept. F., Moline Illinois 61265 pp. 23-51, 112.165.
7. Hunt, D. 1983. Maquinaria Agrícola, Rendimiento Económico, Costos, Operaciones, Potencia y Selección de Equipo: Manual de Laboratorio y Cuaderno de Trabajo. Editorial Limusa, México. pp. 176-192.
8. Johnson, W.H. 1966. Principles, Equipment and Systems for Corn Harvesting. Ohio Editorial Agricultural Consulting Associates, pp. 182-216.
9. Ortiz, J. 1980. Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación. Ediciones Mundi - Prensa, España. pp. 327-340.

10. Paulsen, M.R. and W.R. Nave. 1980. Corn damage for conventional and rotary combines. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE) 25(5): 1110-1116.
11. Racop, E., R. Stroshine, R. Lien and W. Notz. 1984. A comparison of three combines with respect to harvesting losses and grain damage. American Society of Agricultural Engineers, Paper (ASAE) No. 84-3016, 18 pp.
12. Ramírez Genel, M. 1966. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. Primera edición. Sexta impresión. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 46-53.
13. Richey, C.B., P. Jacobson and C.W. Hall. 1961. Agricultural Engineers Handbook, Mc Graw-Hill Book Company. pp. 239-260.
14. Servicio de Extensión Agrícola, Ohio State University. 1981. Cosecha mecanizada del maíz: mida y evite las pérdidas en el campo. Agricultura de las Américas. Vol. 30 No. 3. pp. 6-10.
15. Tuite, J. and G.H. Foster. 1979. Control of storage diseases of grain. Ann. Rev. Phytopathol. 17:343-366.
16. Vidales Fernández, I. 1981. V-454 nueva variedad de maíz para el sur de Tamaulipas. C.A.E. de las huastecas, C.I.A. del Golfo Norte, INIA, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. p. 2.

