

Título: Programa de investigación y características en las distintas etapas de la cosecha de la caña de azúcar.

Autores: MSc. Frank L. Rodríguez Espinosa.

frankl@af.upr.edu.cu

MSc. Andrés Loreto Díaz Pita.

adiaz67@af.upr.edu.cu

Centro de procedencia: Universidad de Pinar del Río. Cuba.

PALABRAS CLAVES: *Saccharum officinarum*; Caña de azúcar; cosecha de Caña de azúcar; cosecha de Caña de azúcar en Cuba; metodología de investigación.

Introducción

En la actualidad se utilizan diferentes variantes organizativas para la realización de las operaciones de cosecha- transporte- recepción de la caña de azúcar, donde: cada una de ellas debe ser estudiada en detalle para conocer su particularidad y la forma en que se vincula con las otras operaciones, de manera que la organización empleada tenga una materialización acorde a los requerimientos del proceso productivo. Teniendo en cuenta este planteamiento, es que en este trabajo se estudian los agregados formados por camiones, además de los medios de cosecha (Cosechadoras KTP-2M) y centros de recepción, lo que permite analizar el tipo de dependencia que entre ellos existe atendiendo a los diferentes aspectos a estudiar y que se definen en la tabla 3.1. Para ello fue necesario la selección de áreas experimentales en el central 30 de Noviembre perteneciente a la Provincia de Pinar del Río, las que fueron utilizadas durante la campaña (2005-2006) debido al estudio energético de los centrales, para así obtener una vasta información para su posterior análisis.

Metodología de las Investigaciones Experimentales.

Para la ejecución de las investigaciones experimentales es necesario la realización de diferentes tareas previstas en el programa, las cuales pueden ser resueltas con la ayuda de las metodologías que posteriormente se explican.

1. Metodología para la evaluación del trabajo de los medios de cosecha-transporte y cronometraje de los elementos del ciclo de transportación.

Durante la investigación del ciclo de transportación de los medios de transporte se realizó el fotocronometraje a la variante de transporte agrícola, donde se estudiaron los ciclos internos y externos, el fotocronometraje atendiendo a ésta característica del trabajo, se ejecutó para cada ciclo independiente.

El **fotocronometraje** es la medición de los gastos de tiempo durante el trabajo de la máquina y del personal que la atiende en el orden consecutivo que los mismos ocurren, teniendo en cuenta los resultados del trabajo y las condiciones en que el mismo se realiza.

Tabla No. 1 Programa y objetos de las investigaciones experimentales.

Etapas de las investigaciones experimentales	Objetos de investigación	Aspectos a estudiar
1	2	3
Estudio de las condiciones de explotación de los agregados de transporte.	Complejo Agroindustrial (CAI) de la Provincia Pinar del Río (30 de Noviembre)	.Distribución de plantaciones y bloques típicos; . volúmenes y período de transportación; .características de los caminos.
Observación en la producción de los medios de cosecha-transporte-recepción y cronometraje de los elementos del ciclo.	. Combinada: KTP -2M agregados de transporte: YUMZ-6M Y CCM-6	. productividad y fiabilidad de las combinadas; . productividad de los medios de transporte; . velocidad de los medios de transporte en diferentes fondos y condiciones de carga; elementos del ciclo de transporte.
Investigación energética de los medios de transporte.	. Camión Kamaz-055	. posibilidades tractivas del tractor; . resistencia tractiva de los remolques; .balance de potencia del agregado.
Investigación de las propiedades físico-mecánica de la caña como objeto de transportación.	. Caña de azúcar obtenida de la combinada KTP-2M.	. masa volumétrica de la caña de azúcar; . coeficiente de llenado de los remolques.

En el caso de los medios de cosecha, la metodología utilizada es la definida en /65/ mientras que para los medios de transporte es una adaptación de esta debido a las particularidades de estos agregados.

Elementos del ciclo de transportación. En esta parte de la metodología se prevé la determinación de los tiempos componentes del ciclo de transportación en función de los distintos aspectos que influyen en los mismos. Estos aspectos pueden ser analizados en tres grupos:

Organizativos;

De explotación;

Técnicos.

El trabajo de los agregados de transporte desde la combinada hasta el centro de recepción está definido por la existencia de diferentes ciclos de acuerdo a la organización de transportación que se adopte, pero en los mismos se repiten los elementos componentes, los cuales finalmente serán procesados por la metodología estadística planteada.

A continuación se definen los elementos correspondientes de los ciclos con su correspondiente método de determinación.

Tiempo de movimiento del agregado desde la combinada hasta el centro de recepción.

Al realizar este movimiento, el agregado se moverá en dos condiciones, una con carga y la otra en vacío así como por distintos tipos de caminos:

Campos cosechados;

Terraplén;

Como es conocido, la velocidad del agregado puede determinarse por la siguiente expresión:

$$V_{ag} = \frac{D}{t}, \text{ Km./h} \quad (21)$$

Donde:

t - tiempo invertido en recorrer la distancia D, h.

Para la determinación de la velocidad del agregado en sus distintas condiciones, se marca una distancia D, la cual debe ser dentro de los campos de caña de 50 m y en los caminos de terraplén no menos de 2 Km. teniendo en cuenta que el terreno sea llano y no existan curvas pronunciadas ni obstáculos.

La medición dentro del campo de caña de la velocidad del agregado, se realizará marcando la distancia señalada y midiendo el tiempo en recorrer la misma. En el caso de terraplén o asfalto, la medición se realizará marcando la distancia establecida para estas condiciones, para ello se ubican dos observadores en sus extremos con relojes sincronizados previamente. Los observadores tomarán la hora de pasada por su puesto de observación así como el número del agregado y condición de carga (lleno o vacío), al final de las observaciones se conciliarán las mediciones tomadas, para posteriormente determinar el tiempo invertido en la operación, debiéndose tomar no menos de 50 mediciones. Tiempo de enganche y desenganche del agregado.

Para los agregados que trabajan en el ciclo interno, el enganche se medirá, desde que comienza la maniobra del movedor para acoplar el remolque vacío para ser llenado, mientras que el desenganche se tomará desde que el agregado llega al lugar de estacionamiento, maniobra y desacople del remolque. Se desecharán las mediciones que se afecten por tiempos en necesidades fisiológicas o tiempos de otro tipo.

Para los agregados que trabajan en el ciclo externo, se medirán por separados estos dos tiempos, el tiempo de enganche, se medirá a partir de que el agregado comienza a maniobrar hasta que culmine la operación y para el desenganche será desde que el agregado se detiene hasta que culmina dicha operación, para cada uno de estos tiempos se registrarán no menos de 60 mediciones.

Tiempo de cambio de un remolque lleno por otro vacío bajo el transportador de entrega de la combinada.

El tiempo de cambio que se menciona, está dado por la sincronización que exista entre la salida del remolque lleno debajo del transportador de la combinada y la entrada del remolque vacío. La medición de este elemento del ciclo, se realiza

midiendo el tiempo que se demora el remolque vacío en comenzar a llenarse después que se detuvo la descarga de los trozos de caña por el transportador por haberse llenado el remolque anterior. La cantidad de mediciones no debe ser menor de 60 y como información complementaria se debe conocer el tipo de combinada y medio de transporte.

Tiempo de llenado del remolque y determinación del rendimiento de entrega de la combinada en función del rendimiento agrícola.

Tiempo de llenado del remolque de acuerdo al rendimiento agrícola.

Este tiempo se determinará durante el trabajo de la combinada, para ello se medirá el tiempo sin interrupción que demora en llenarse el remolque, por lo que se toma el tiempo en que la combinada comienza a descargar la caña por el transportador hacia el medio de transporte hasta que se detiene dicha descarga por haberse llenado el susodicho medio de transporte. La cantidad de repeticiones no será menor de 60 realizando las mismas en no menos de 3 rendimientos agrícolas diferentes; teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Variedad;

Cepa;

Rendimiento agrícola;

Tipo de combinada y medio de transporte.

Determinación del rendimiento de entrega de la combinada según el rendimiento agrícola.

Para efectuar esta determinación, previamente los medios de transporte deben estar enumerados para su identificación en el centro de recepción. Posteriormente a que el remolque es llenado en el campo, en el momento de pesaje en el centro de recepción, se obtiene la masa real transportada (Q_{rt}) por el mismo siendo posible la determinación del rendimiento de entrega utilizando la siguiente expresión:

$$W_{dc} = \frac{Q_{rt}}{t_8}, \text{ t/min} \quad (22)$$

Tiempo de espera de los remolques que en la guardarraya para ser llenados por la combinada.

Para la determinación de este tiempo se tendrán en cuenta varios elementos entre los cuales se analizarán la cantidad de tractores movedores y tiradores, cantidad de remolques, etc. La medición del tiempo objeto de estudio se realizará de la siguiente forma: la misma comenzará a efectuarse desde que el tractor tirador ubica los remolques en la guardarraya hasta que los mismos son llevados al campo para ser llenados, la cantidad de mediciones deben ser como en el epígrafe anterior, la información a tener en cuenta será: tipos de transporte y de combinada, cantidad de tractores movedores, tractores tiradores y remolques así como el rendimiento agrícola y la distancia de tiro.

Tiempo de estancia del agregado de transporte en el centro de recepción.

Para la determinación del tiempo en cuestión se realizará el fotocronometraje del microciclo que tiene lugar en el centro de recepción, las observaciones se anotan en la cronocarta.

2. Metodología para la investigación de las propiedades físico- mecánicas de la caña de azúcar como objeto de transportación.

Uno de los aspectos fundamentales a analizar cuando se trata de transporte de carga, es precisamente el comportamiento o variación de las características o propiedades de esa carga, razón por la cual expondremos en esta metodología las características a evaluar así como el procedimiento para su realización.

Las características a evaluar son:

Masa volumétrica de la caña de azúcar;

Coeficientes de utilización de la capacidad de carga y de llenado del medio de transporte;

a) Masa volumétrica de los trozos de caña de azúcar.

Para obtener esta característica sólo se deben determinar dos parámetros:

Volumen de carga del medio de transporte.

Para esto es necesario la utilización de la cinta métrica con la cual se medirán cada uno de los lados correspondientes. En el caso de medios de transportes de

configuración irregular, es recomendable, realizar un croquis para en el momento de la medición, ubicar las medidas en los lados correspondientes debido a si fuera imprescindible alguna rectificación.

Masa transportada.

Si la carga transportada es a granel, el valor de la masa se obtendrá en el momento que se pesa. Si la carga se transporta en un determinado embalaje, el valor de la masa será la diferencia de la masa total menos la del embalaje.

Posteriormente a esta medición, la masa volumétrica se determina por la siguiente expresión:

$$\gamma_{vol} = \frac{Q_{rt}}{V_r}, t/m^3 \quad (23)$$

b) Coeficiente de utilización de la capacidad de carga.

Este coeficiente se determinará por la relación entre la capacidad nominal de carga y la carga real transportada como se indica en la siguiente expresión:

$$\gamma_{st} = \frac{Q_{rt}}{Q_{nt}}, t/m^3 \quad (24)$$

Coeficiente de llenado del medio de transporte.

$$\varepsilon = \frac{Q_{rt}}{p_{ca} \cdot V_r} \quad (25)$$

De acuerdo a /117/ la densidad de la caña de azúcar (ρ_{ca}) es $1,050 t/m^3$

Como aspectos complementarios a tener en cuenta al realizar las mediciones de las tres características presentadas están:

Variedad;

Cepa;

Rendimiento agrícola;

Modelo de la combinada;

Modelo del medio de transporte.

3. Metodología para determinar la fiabilidad explotativa de los medios de cosecha y complejos tecnológicos del pelotón.

En el caso de la fiabilidad como indicador generalizador se tomó el coeficiente de disponibilidad técnica, que en este caso presenta la probabilidad de que la máquina va a encontrarse en el estado de capacidad de trabajo en cualquier momento de tiempo seleccionado, entre los períodos de mantenimientos técnicos planificados /168/.

El coeficiente de disponibilidad técnica, que es igual a la probabilidad de trabajo sin fallo, se determina por la fórmula:

$$kd_i = P_i = \frac{t_{ti}}{t_{ti} + t_{ri}}, \quad (26)$$

donde:

P_i - la probabilidad de trabajo sin fallo de la i - esima máquina;

t_{ti} - trabajo útil entre los fallos de la i - esima máquina durante un tiempo dado; h ;

t_{ri} - tiempo de búsqueda y eliminación de los fallos; h .

El coeficiente de disponibilidad técnica de los agregados del complejo tecnológico se calcula por la siguiente ecuación /168/:

$$k_d = \frac{\sum t_{ti}}{\sum t_{ti} + \sum t_{ri}}, \quad (27)$$

La probabilidad de trabajo sin fallo del complejo tecnológico se determina por la fórmula (2.26).

Los datos preliminares para el cálculo de los índices de fiabilidad se obtienen del fotocronometraje del trabajo de las máquinas en el transcurso de la jornada laboral.

4. Fundamentación de los indicadores económicos para la evaluación de la actividad de cosecha transporte.

La dirección planificada de la economía nacional en su conjunto, y el sector agropecuario en particular, se efectúa por medio de la toma consecutiva de determinadas decisiones.

La necesidad de la fundamentación de los criterios de funcionamiento óptimo, en la economía nacional, en sus sectores y ramas, está en que constituye uno de los problemas más importantes, complejos e insuficientemente desarrollados de la teoría de la dirección óptima de la economía.

La dirección óptima presupone que de todas las posibles soluciones, bajo las condiciones existentes, se llegue a elegir la mejor, la que garantice la mejor variante de desarrollo del sistema económico examinado /106/.

Los criterios de optimización de las operaciones de transporte están relacionados, no sólo con las posibilidades técnicas de los medios que se utilizan, sino también, con los índices tecnológicos de las máquinas cosechadoras, forma de organización del trabajo, condiciones naturales y climatológicas /106; 107; 124/.

El análisis de distintas investigaciones sobre efectividad económica de los agregados, así como la optimización de sus parámetros indica, que en ello pueden ser utilizados los siguientes criterios:

Gastos de trabajo;

Gastos directos de explotación;

Costo de la producción;

Inversiones capitales;

Gastos energéticos específicos;

Efecto por el mejoramiento de la calidad de la producción;

Gastos transferidos;

Gastos integrales.

En calidad de indicador generalizador, el cual de una manera integral caracteriza la efectividad técnico económica de la utilización de las máquinas,

se ha tomado el de los gastos transferidos por unidad de trabajo realizado /20; 122; 124; 128/. Este indicador fundamentalmente lo podemos tomar para la evaluación de la efectividad de la manipulación de los agregados y medios en la transportación y beneficio de la caña de azúcar en nuestras condiciones.

Los gastos transferidos, pueden ser expresados de la siguiente forma:

$$C_{tf} = C_e + E.ky, \text{ peso/t} \quad (28)$$

Donde:

C_e - gastos específicos de explotación, peso/t;

E - coeficiente normativo de la efectividad de las inversiones (se puede utilizar como 0,125); Ky - inversiones específicas, peso/t.

Durante la realización de los experimentos, el análisis de las variantes organizativas demuestra a través de sus indicadores económicos, que no se utiliza una cantidad igual de tractores y remolques, y parte de ellos se especializan en atender las demandas de las combinadas, por tal razón es necesario que todos los gastos se relacionen con la productividad sumada de todo el eslabón de transporte, la cual debe estar en correspondencia con la productividad del eslabón de cosecha. Con una condición así las inversiones específicas se pueden determinar como:

$$ky = \frac{1}{W_c} \left[\left(\frac{N_{tr} \cdot C_{tr}}{T_{tr}} \right) + \left(\frac{N_{rm} \cdot C_{rm}}{T_r} \right) \right], \text{ peso/t}; \quad (29)$$

Donde:

N_{rm} - cantidad de remolques en el eslabón de transporte;

C_{tr}, C_{rm} - precio del tractor y del remolque, peso;

T_{tr}, T_r - utilización en el año del tractor y del remolque, h.

Los gastos específicos de explotación por unidad de carga transportada o de trabajo realizado se calculan como:

$$C_e = \frac{C_d}{W_c}, \text{ peso/t} \quad (30)$$

donde:

C_d - gastos directos de explotación, peso/h.

Los gastos directos de explotación en una hora de trabajo, incluyen:

- a) salario de tractoristas y obreros auxiliares (C_s);
- b) gastos por amortización (C_a);
- c) gastos por mantenimiento técnico y reparación (C_{mp});
- d) gastos por combustibles y lubricantes, (C_{comb}).

$$c_d = C_s + C_a + C_{mp} + C_{com}, \text{peso/h} \quad (31)$$

Los gastos por concepto de salario en una hora de trabajo pueden ser calculados como:

$$C_s = \sum C_{si} \cdot N_i, \text{peso/h} \quad (32)$$

donde:

C_{si} - tarifa salarial horaria del trabajador, peso/h;

i - escala salarial;

N_i - cantidad de trabajadores en la escala i .

Los gastos por amortización, reparaciones corrientes y mantenimientos técnicos del tractor y el remolque se pueden determinar por la siguiente expresión:

$$C_a + c_{rp} = \left(N_{tr} \cdot C_{tr} \frac{(P_{at} + P_{rt})}{[100 \cdot T_{tr}]} \right) + \left(N_{rm} \cdot C_{rm} \frac{(P_{ar} + P_{re})}{[100 \cdot T_r]} \right), \text{peso/h} \quad (33)$$

donde:

P_{rt}, P_{re} - porcentaje del descuento anual en reparaciones corrientes y mantenimientos técnicos del tractor y del remolque;

P_{at}, P_{ar} - porcentaje del descuento de amortización con relación al precio del tractor y del remolque, donde influyen los descuentos por reparaciones generales y por recuperación total.

Los gastos por combustibles y lubricantes se pueden determinar como:

$$C_{comb} = C_{eh} \cdot P_c, \text{ pesos} \quad (34)$$

Donde:

C_{eh} - consumo de combustible en una hora de explotación, L/h;

P_c - precio complejo del combustible, peso/L.

Indicaciones para el control y reducción de las pérdidas en cosecha mecanizada con Maquinas KTP.

Prueba rápida para determinar las perdidas en cosecha.

Para conocer el valor real de las pérdidas en cosecha en el campo, hay que medirlas inmediatamente, en fresco y en los surcos más próximo al que está cortando la combinada y antes que pase ningún recogedor, con el objetivo de conocer estos valores reales y hacer enseguida las correcciones pertinentes para reducir las pérdidas. Esta es la principal utilidad de la medición, poder corregir de inmediato, lo contrario dará un número estadístico que sólo dirá lo que pasó.

Nunca debe hacer mediciones o pesaje de pérdidas con caña vieja, exprimida por el paso de los equipos ó sea el tiempo transcurrido desde que se cosechó el campo, estas hay que hacerla en caña fresca, recién cortada en el mismo estado en que debe entregarse al central.

Procedimiento para hacer la prueba rápida para conocer los valores aproximados.

1. La prueba hay que hacerla en caña fresca en los 2 ó 4 surcos cortados inmediatos al que está cortando la combinada en ese momento (**Figura No. 3**)
2. A partir de los 20 metros de la cabeza del campo (pueden ser 20 pasos). Se toma la primera muestra en el surco seleccionado.
3. A partir de los 20 metros (20 pasos) marcamos y se mide 20 metros (20 pasos) más al final se marca de nuevo de esta forma si se tiene el área de la prueba (**Figura No. 4**).
4. El área de prueba será de 20 metros (20 pasos) de largo en sentido del surco con un ancho de centro a centro del surco de 1.50 a 1.60 metros.
5. Se limpia un poco el área de prueba y se va colocando sobre el surco como si fuera una siembra, punta con punta todos los trozos de caña que se encuentran en el surco, las cañas largas y tocones alto (mayores de 2 centímetros) que se cortan con un machete.

6. Si la caña larga recogida, trozos, y tocones cortados en los 20 metros (20 pasos) en una hilera punta con punta , en una hilera completan la longitud, se están quedando aproximadamente 5000 arrobas por caballería; si da para doble hilera estarán perdiéndose 10 mil arrobas por caballería. Si da en una hilera para la mitad de la medida de la prueba se estarán perdiendo 2500 arrobas por caballería (**Figura No. 5**).

7. Si el campo en que se está cosechando tiene un estimado de 50 mil arrobas por caballerías y la pérdida de 5 mil arrobas, equivale al 10% de pérdida en la cosecha.

Si la caña dejada en el campo es 10 mil arrobas entonces las pérdidas en cosecha serán del 20%.

Cuando es 2500 arrobas las pérdidas producto de la mitad de una hilera punta con punta será el 5%.

8. Cuando las pérdidas son menores se puede tomar 15 metros (15 pasos) a una hilera punta con punta la pérdida será 7.5% si tomas 5 metros será 2.5%.Las pruebas se repetirán, cuantas más pruebas se efectúen mayor precisión tendrán los datos que se registrarán por cada combinada.

Los esquemas ilustran como debe tomarse las muestras con lo que se ayuda a entender mejor el procedimiento.

Tomada la muestra y conociendo el estimado del campo, se conocerá el % de pérdidas en cosecha, dividiendo arrobas dejadas en el campo entre estimado por caballería por 100.

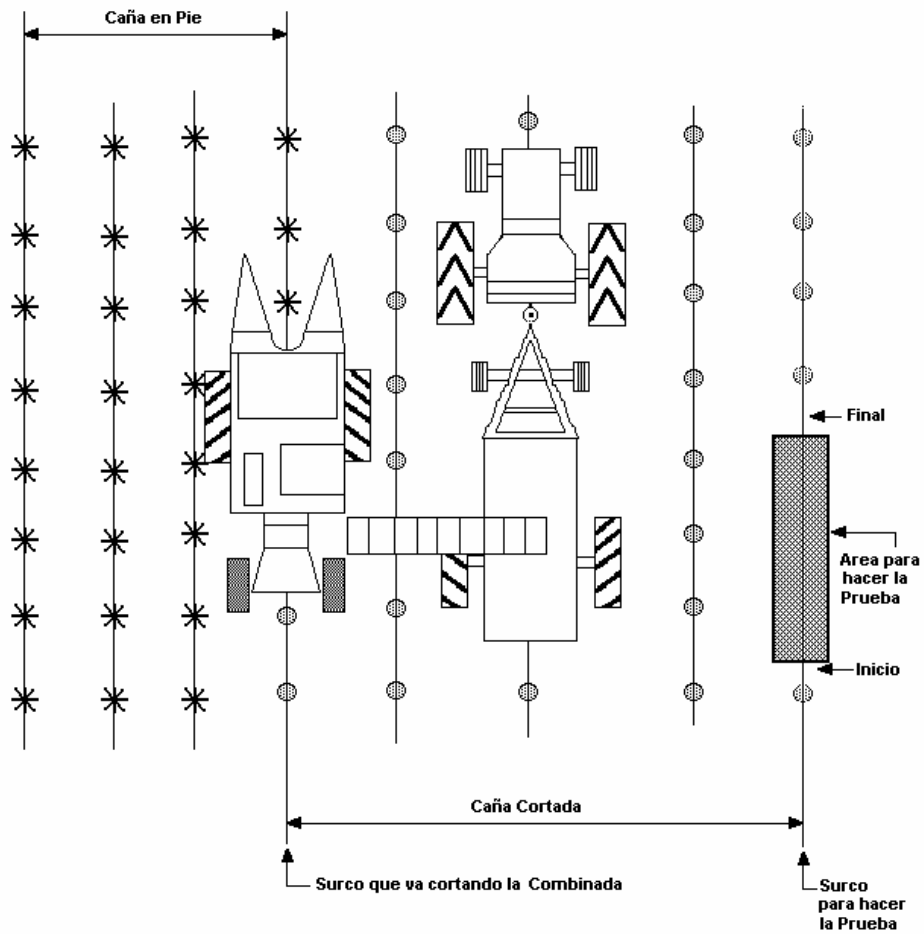


Figura # : Selección del área para la prueba de campo. Se escoge entre el segundo y el cuarto surcos inmediatos al que está cortando la máquina.

Fuente: Manual del Jefe de pelotón de la cosecha mecanizada

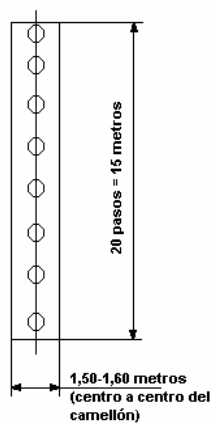


Figura # : Área para realizar la prueba rápida .

Fuente: Manual del Jefe de pelotón de la cosecha mecanizada

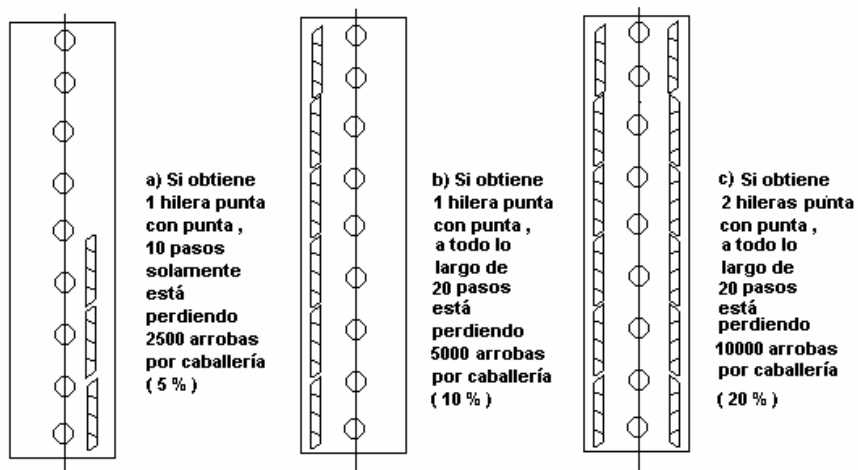


Figura # : Valor aproximado de las pérdidas de cosecha en el campo .

Fuente: Manual del Jefe de pelotón de la cosecha mecanizada

Después de conocer el nivel de pérdidas, se analiza las causas que las motivan y se toman las medidas correspondientes para evitar que estas continúen. Una vez efectuados los ajustes convenientes en la combinada o tomada las medidas necesarias con el operador se repetirá la prueba para comprobar la eficiencia lograda.