

**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
**Sede “Oscar Lucero Moya”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA APLICADA**

**Trabajo de Diploma**

**DETERMINACIÓN DE LOS INDICES TECNOLÓGICOS-EXPLOTATIVOS  
DE LA COSECHADORA DE CAÑA CCA-5000 EN LA EMPRESA  
AGROINDUSTRIAL “UEB MAJIBACOA” DE LA PROVINCIA DE LAS  
TUNAS.**

**AUTOR: Oscar Luis López Virelles.**

**TUTORES: M.Sc. Ing. José Martínez Grave de Peralta.  
Ing. Eduardo Ricardo Cardona Martell.**



**Holguín**  
**2017**

## *Dedicatoria*

*A mi Madre, por su dedicación y exigencia.*

*A mi hermano, por ser fuente de inspiración.*

*A mis amigos, por ser cómplices de buenos y malos ratos.*

*A mis abuelos, por inculcarme la necesidad de superarse.*

*A toda mi familia, por estar siempre unidos.*

*A mis tutores.*

*A todos aquellos que de una forma u otra han colaborado en mi formación.*



## *Agradecimientos*

*A mi Madre y Hermano, por darme todo su apoyo en mi educación*

*A toda mi familia, por estar siempre a mi lado*

*A mis amigos, con los que siempre he podido contar*

*A mis tutores por su dedicación y asesoramiento*

*A los profesores del departamento de Mecánica Aplicada*

*A los ingenieros y personal del Centro de Desarrollo de la Maquinaria que nos ayudaron y acogieron durante la etapa de pruebas y luego de estas.*

*A todos los profesores que a lo largo de la carrera contribuyeron de una forma u otra a la realización de este trabajo de diploma.*



## RESUMEN

En el presente trabajo de diploma se exponen los resultados de los índices de rendimiento productivo obtenidos de forma experimental en condiciones de explotación durante el desarrollo de las pruebas realizadas a la cosechadora de caña CCA-5000 en el municipio de Majibacoa, ubicado en la provincia de Las Tunas, en las cooperativas pertenecientes a la UEB (Unidad Empresarial de Base) Majibacoa, dedicadas principalmente a la producción de caña de azúcar. Los campos cultivados se caracterizaron por tener un rendimiento agrícola que oscilaba entre 20 y 85 t/h con cañas encamadas, la distancia entre hileras de 1.6 m y entre plantones de 500 mm como promedio; con variedades de caña: C86503, C89176, C8656, Barbado 80250, Barbado 8612, sin existencia de acamellonamiento y generalmente las cañas están plantadas por debajo del nivel del suelo. Durante el período de prueba se recopilaron los datos mediante el cronometraje, aplicando la metodología utilizada para la obtención de un balance de tiempo de la jornada de trabajo, realizando posteriormente el análisis y procesamiento de la información experimental con el objetivo de determinar los índices de rendimiento productivo de la cosechadora de caña CCA-5000. Las observaciones fueron realizadas en el período comprendido desde el 19 de enero hasta el 26 de marzo del 2017 durante las jornadas diurnas.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. +53 24 48 2501 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

In the present work of diploma the results of the indices of productive yield obtained experimentally in conditions of exploitation during the development of the tests realized to the harvester of cane CCA-5000 in the municipality of Majibacoa, located in the province of Las Tunas, in cooperatives belonging to the UEB (Base Business Unit) Majibacoa, mainly engaged in the production of sugar cane. Cultivated fields were characterized by having an agricultural yield ranging from 20 to 85 t / h with bedded reeds, the distance between rows of 1.6 m and between seedlings of 500 mm on average; With varieties of cane: C86503, C89176, C8656, Barbado 80250, Barbado 8612, without existence of caramelization and generally the canes are planted below ground level. During the test period, the data were collected using timing, applying the methodology used to obtain a time balance of the working day, then performing the analysis and processing of the experimental information in order to determine the performance indexes Production of the CCA-5000 cane harvester. Observations were made in the period from January 19 to March 26, 2017 during daytime.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA.</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Generalidades del cultivo de la caña de azúcar</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 Composición de la caña de azúcar [3]. .....	5
1.1.2 Composición nutricional del jugo de la caña de azúcar [3]. .....	5
<b>1.2 Requerimientos del cultivo y la cosecha</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 Cultivo.....	6
1.2.2 Variedades de caña de azúcar existentes en nuestro país. ....	6
1.2.3 Rendimiento agrícola de la caña en Cuba. ....	9
1.2.4 Cosecha .....	11
<b>1.3 Evolución de las cosechadoras de caña en Cuba</b> .....	<b>12</b>
<b>1.4 Proceso tecnológico de la cosechadora de caña CCA-5000 en la zafra 2016/2017 en Majibacoa</b> .....	<b>16</b>
1.4.1 Descripción del proceso tecnológico.....	16
1.4.2 Metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico explotativa de las máquinas agropecuarias sometidas a pruebas. ....	18
1.4.3 Metodologías existentes dirigidas a la evaluación de combinadas cosechadoras de caña de azúcar. ....	18
<b>1.5 Metodología para la obtención de los índices productivos y tecnológicos explotativos.</b> .....	<b>20</b>
1.5.1 Conceptos, definiciones y términos. ....	20
1.5.2 Generalidades.....	21
1.5.3 Peritaje técnico de las máquinas cosechadoras de caña. ....	23
1.5.4 Clasificación de los tiempos del modelo de cronometraje.....	23
1.5.5 Indicadores de calidad tecnológicos-explotativos. ....	25
1.5.6 Coeficientes de explotación. ....	26
<b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>



<b>2.1 Obtención de los índices tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en el municipio de Majibacoa provincia Las Tunas. ....</b>	<b>28</b>
2.1.1 Ubicación de la localidad donde se desarrollaron las pruebas .....	29
2.1.2 Condiciones del terreno y de la zona del desarrollo de las pruebas (5). ....	29
2.1.3 Estructura del pelotón donde se desarrollaron las pruebas. ....	29
2.1.4 Medios del pelotón donde se desarrollaron las pruebas.....	30
2.2 Ejecución del cronometraje.....	30
2.2.1 Evaluación del peritaje técnico.....	32
2.2.2 Mejoras y modificaciones introducidas a la cosechadora de caña CCA-5000 en Majibacoa. ....	33
2.2.3 Deficiencias que continúan en la cosechadora de caña CCA-5000 puesta en prueba en Majibacoa con respecto a las anteriores.....	35
2.2.4 Cálculo de los tiempos de operación de la máquina. ....	36
2.2.5 Cálculo de los indicadores de explotación de la cosechadora de caña CCA5000 en Majibacoa. ....	41
2.2.6 Cálculo de los indicadores técnicos de la cosechadora de caña CCA5000 en Majibacoa. ....	42
2.3 Análisis de los resultados obtenidos. ....	44
2.4 Comparación de los resultados obtenidos en las zafras 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017. ....	48
2.5 IMPACTO AMBIENTAL.....	51
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	2



## INTRODUCCIÓN

La cosecha mecanizada de la caña de azúcar, continúa siendo un eslabón importante en la economía de Cuba, por lo que se le presta gran atención al desarrollo y perfeccionamiento de la maquinaria involucrada en la agricultura cañera. Antes del triunfo de la Revolución, a pesar de que el país dependía fundamentalmente de la agricultura cañera, no se contaba con ningún tipo de mecanización, para sustituir la falta de la misma se empleaban miles de hombres para realizar el corte y alza de la caña, lo que implicaba una baja productividad de azúcar y sus derivados.

Después de 1959, se impulsa el desarrollo e investigación de la mecanización en la agricultura cañera, su principal inspirador fue el Comandante Ernesto Guevara de la Serna (Che), cuando ocupaba el cargo de Ministro de Industrias, para ello se creó un grupo de investigación y desarrollo, los resultados originaron el surgimiento de los primeros prototipos de máquinas cosechadoras, que no dieron buenos resultados, pero permitió iniciar la investigación en este campo. En la actualidad se ha continuado desarrollando el programa de investigaciones dedicado al sistema de cosecha de la caña de azúcar en Cuba. Las máquinas cosechadoras de caña han sido un tema principal, el cual ha estado dirigido principalmente al desarrollo de nuevos prototipos y al perfeccionamiento de las existentes, a pesar de las dificultades económicas que afronta el país. La agricultura cañera cubana sigue necesitada de una máquina cosechadora que cumpla con todos los requisitos y exigencias agrotécnicas, técnico-explotativos y económicas, que logre altos índices productivos y de calidad del material cosechado, así como un aceptable grado de fiabilidad, los cuales garanticen un alto nivel de competitividad, tanto en el mercado cubano, como internacional.

El país está inmerso en un proceso de sustituir importaciones por eso es necesario desarrollar productos propios que permitan el avance de nuestra economía, es por esto que el Centro de Desarrollo de la Maquinaria (CEDEMA) junto a la fábrica “60 Aniversario de la Revolución de Octubre” se han propuesto el diseño de una cosechadora de caña autopropulsada con el nombre CCA-5000. Esta máquina está en período de prueba y perfeccionamiento. Para las pruebas de campo realizadas a esta cosechadora se contó con la participación de estudiantes y profesores de la Universidad de Holguín

pertenecientes a la Facultad de Ingeniería específicamente a la carrera de Ingeniería Mecánica.

La misma ha estado de prueba en dos provincias de nuestro país, las Tunas y Matanzas. Para el desarrollo de este proyecto se contará con los datos obtenidos en la provincia de Las Tunas, municipio Majibacoa donde le prestó servicio al UBE “Majibacoa”. La máquina cosechó en las siguientes cooperativas: UBPC Santa María 14, UBPC Santa María 11, UBPC Manduley, UBPC Teresita, UBPC El Canistel, UBPC Santa Isabel, UBPC Moliné, UBPC René Guzmán, UBPC Félix Guerra; pertenecientes al central “Majibacoa”.

### **Situación problemática.**

Se hace necesario **determinar los indicadores tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000** en las pruebas de campo realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas.

### **Problema de Investigación.**

El desconocimiento de los indicadores tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en las pruebas realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas.

### **Objeto de estudio.**

Cosechadora de caña CCA-5000.

### **Campo de acción.**

Los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en las pruebas realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas.

### **Hipótesis.**

El procesamiento y análisis de los datos obtenidos en el cronometraje, permitirá la determinación de los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en las pruebas de campo realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas, con lo cual los especialistas contarán con la información necesaria para mejorar el diseño de dichas cosechadoras en aras de elevar su eficiencia y productividad.

### **Objetivo general.**

Determinar los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en las pruebas realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas.

**Objetivos específicos:**

- Realizar la revisión bibliográfica del tema y de las normas existentes para realizar pruebas de explotación a las cosechadoras de caña.
- Realizar pruebas de campo a la CCA-5000.
- Aplicar las metodologías para determinar los índices tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000.
- Comparar los valores obtenidos de los índices tecnológicos explotativos con los de las zafas anteriores.

**Tareas de investigación.**

1. Búsqueda bibliográfica.
2. Procesamiento de los datos.
3. Obtención de los resultados.
4. Análisis de los resultados obtenidos.
5. Comparar los resultados con los obtenidos en las pruebas realizadas anteriormente en la provincia de Las Tunas y Matanzas.
6. Realizar el informe técnico de la investigación.

**Métodos de investigación:**

**Métodos teóricos:**

**Análisis y Síntesis:** Se realiza una búsqueda y recopilación de los principales aspectos referidos a los indicadores en los procesos explotativos de la cosechadora cañera CCA-5000 en la zafra 2016-2017.

**Históricos y lógicos:** Permite comprender el objeto de estudio en su desarrollo, su historia y su lógica mediante el conocimiento de las distintas etapas del objeto en su sucesión cronológica; su evolución y desarrollo; las etapas principales de su desenvolvimiento y las conexiones históricas fundamentales.



### **Métodos Empíricos:**

**La entrevista:** Se realizaron con diferentes informantes claves (diseñadores, mecánicos, y operadores), los que por sus características pudieron aportar información relevante para la investigación.

### **Resultados esperados.**

Con la determinación de los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en Majibacoa, se podrá realizar una valoración de sus principales funciones, lo que permitirá cometer acciones en base al perfeccionamiento de la misma, buscando una mayor productividad y eficiencia.

## CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA.

### 1.1 Generalidades del cultivo de la caña de azúcar.

Caña de azúcar es el nombre común de estas especies de herbáceas, vivaces, de tallo leñoso de un género de la familia de las gramíneas (Gramineae), originaria de la **Melanesia** y cuya especie fundamental es *Saccharum officinarum*. Fue introducida en Cuba por el año 1535 desde Santo Domingo. La caña de azúcar se cultiva mucho en países tropicales y subtropicales de todo el mundo por el azúcar que contiene en los tallos, formados por numerosos nudos [3].

**Melanesia:** La Melanesia es una de las divisiones tradicionales de Oceanía. Se extiende desde el occidente del océano Pacífico al mar de Aradura y tiene al sur a Australia, su límite oeste es la línea de Weber (en Indonesia), al norte Micronesia y al este Polinesia. Este término fue propuesto para denominar a un grupo de islas que se consideraba étnica y geográficamente distintas de las de Polinesia y Micronesia [3].

#### 1.1.1 Composición de la caña de azúcar [3].

Tabla 1.1. Composición de la caña de azúcar.

Agua	73 – 76 %
Sacarosa	8 – 15 %
Fibra	11– 16 %

Fuente: propia

Estos datos pueden variar según el cultivo y la variedad de la caña. Sin embargo, la importancia nutricional de la caña recae en el jugo de su tallo de donde se extrae el azúcar. El jugo de la caña supone del 70 al 80 % del peso del tallo, y el 15 al 30 % restante el bagazo.

#### 1.1.2 Composición nutricional del jugo de la caña de azúcar [3].

- Carbohidratos simples: Sacarosa (40 – 60 %), glucosa (6 – 9 %), fructosa (5 – 10 %)
- Fibra
- Vitaminas: Tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico
- Minerales: Potasio, calcio, hierro

- Ácido aconítico, ácidos málicos, ácido nítrico

## 1.2 Requerimientos del cultivo y la cosecha.

### 1.2.1 Cultivo.

La caña de azúcar se propaga a partir de cortes o 'trozos' de hasta 1 m de largo, que se plantan en surcos. Los brotes salen a partir de yemas en estas secciones del tallo. La 'planta caña' es el nuevo cultivo que se cosecha a aproximadamente un año después de la plantación, luego de cortar, se planta un cultivo de 'caña soca' a partir de nuevos brotes que crecen de tocones de las plantas cosechadas.

Las hojas de la caña nacen en los entrenudos del tronco. A medida que crece la caña las hojas más bajas se secan, caen y son reemplazadas por las que aparecen en los entrenudos superiores. También nacen en los entrenudos las yemas que bajo ciertas condiciones pueden llegar a dar lugar al nacimiento de otra planta. El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado. La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar, la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra, para formar sacarosa que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra, dióxido de carbono + agua = sacarosa + oxígeno.  $12\text{CO}_2 + 11\text{H}_2\text{O} = \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 12\text{O}_2$ .

La caña de azúcar se encuentra dentro del grupo más eficiente de convertidores de la energía solar que existen.

La aplicación cuidadosa de fertilizante nitrogenado resulta crítica para los altos rendimientos del azúcar. Demasiado fertilizante fomenta el crecimiento de las hojas en lugar del almacenamiento de azúcar. La maduración se da naturalmente en los períodos secos más fríos. De lo contrario, se la acelera reteniendo el nitrógeno y el riego y aplicando un madurador químico como por ejemplo trinexapac, sulfometuron o glifosato.

### 1.2.2 Variedades de caña de azúcar existentes en nuestro país.

Según González, R. M. otros [2010], fueron censadas 568 905,09 ha destinadas al cultivo, y fueron registradas 107 variedades, convenientemente identificadas. De ellas, 91 han sido

obtenidas por el programa nacional de mejoramiento genético, las cuales ocupan 482 477,09 ha (84,81 %), y 16 introducidas desde centros de mejoramiento de otros países, presentes en 83 194,31 ha (14,62 %). Existen unas 3 233,69 ha de caña (0,57 %), en las que no se identificaron con seguridad las variedades, a las cuales se les asignó la denominación de “otras”.

De las variedades nacionales, 78 han sido obtenidas por el Departamento de Mejoramiento Genético del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), mediante trabajos de hibridación, 3 son somaclones derivados del empleo de técnicas de cultivo de tejidos, a partir de variedades nacionales o extranjeras: C87-51(105), CP52-43(27) y POj2878(112). También son obtenciones nacionales los cultivares ja (jaronú), My (Mayarí) y Ty (Tayabito).

Entre los 16 genotipos extranjeros censados, se encuentran 6 B (Barbados, Islas Barbados), 1 CB (Campos, Brasil), 1 Co (Coimbatore, India), 1 CP (Canal Point, EEUU), 1 PR (Puerto Rico), 1 Q (Queensland, Australia), 2 RB (República de Brasil) y 3 SP (São Paulo, Brasil).

Las 10 variedades que cubren mayor superficie nacional son: C86-12, C323-68, C86-503, C90-469, C87-51, C1051-73, CP52-43, C90-530, C90-317 y Co997, ellos ocupan el 62,41 % del área cañera. Reportaron un incremento en cuanto a su participación en 2010: C90 469, CP52 43, C90 530 y C90 317.

La situación de las cinco primeras variedades nacionales por provincias se muestra en la tabla 1.1, la variedad más cultivada sigue siendo C86-12, que mantiene esta posición desde 2006, aunque reduce ligeramente su participación en 0,05 %. Las provincias de Ciego de Ávila, Guantánamo, Pinar del Río, Granma, Matanzas, Sancti Spíritus, Villa Clara y Camagüey, por ese orden, reportan los mayores porcentajes. Especialmente, en ellas, debe trabajarse con vistas a que las recomendaciones de variedades actualizadas por el SERVAS contribuyan a que sus empresas proyecten su máxima participación hasta 20 %, según lo expuesto en la Resolución No. 154-2002 del Ministerio del Azúcar.

Tabla 1.2. Porcentaje por provincias del área ocupada por las 5 variedades principales nacionales.

Provincias	Variedades				
	C86-12	C323-68	C86-503	C90-469	C87-51
Pinar del Río	25,42	14,17	4,91	0	7,23
La Habana	15,89	25,91	0,06	0	3,08
Matanzas	24,22	20,62	0	0,08	4,92
Cienfuegos	22,85	15,23	0,73	0,28	0,87
Villa Clara	15,83	10,97	4,29	0,04	1,82
Sancti Spíritus	23,88	5,69	3,72	0	8,07
Ciego de Ávila	30,20	3,30	3,96	0,02	7,84
Camagüey	22,46	4,39	0,70	0,11	2,51
Las Tunas	8,89	11,58	18,72	8,68	3,48
Holguín	19,04	2,78	16,68	17,74	1,27
Granma	24,66	5,08	7,99	13,55	8,17
Santiago de Cuba	15,83	7,70	1,88	6,06	5,59
Guantánamo	25,50	5,92	1,36	0,03	14,11
Nación	19,99	10,03	6,13	4,25	4,23

Fuente: Tomado de González, R. M. otros [2010], Censo de variedades de Caña de azúcar Cultivadas en Cuba al Cierre del 2010.

En el año 2002, se pone en vigor la Resolución No. 154 del MINAZ, que regula la generalización del cultivo de las variedades de caña de azúcar en Cuba, y precisa que la misma responda a planes de desarrollo estratégicos, y que variedades nuevas y mejores se introduzcan de manera rápida y eficiente, garantizando su influencia positiva en la obtención de mayores rendimientos productivos.

La mencionada Resolución dispone que en todas las Unidades Productoras de caña del Sistema MINAZ, se aplique el SERVAS, con el objetivo de realizar la ubicación de las variedades, sobre la base de criterios científicamente fundamentados. Así mismo, expone que en los proyectos de variedades originados por este Servicio se garantice que, al nivel de las

Empresas, ninguna variedad se recomienda para más del 20% del área destinada al cultivo de la caña de azúcar, lo que significa el fin del monovarietalismo.

La nueva estrategia permite encontrar en la práctica, respuestas específicas para los disímiles ambientes productivos, y una mayor protección fitosanitaria del cultivo, la que garantizará mantener una posición competitiva, aún en condiciones de bajos insumos.

### 1.2.3 Rendimiento agrícola de la caña en Cuba.

La estructura vegetativa de la caña de azúcar se puede decir que está relacionada con diversos aspectos de relevante importancia como un buen cultivo, variedad, y condiciones de los terrenos utilizados. Si se logra una correcta unión de lo antes expuesto se logrará obtener una planta con buenas propiedades y aparejado con una buena cosecha, con máquinas eficientes y de buena calidad con la tecnología necesaria se logrará un excelente rendimiento agrícola en nuestros campos. En la tabla 1.2 se muestra como se manifiesta la composición de la estructura vegetativa (%) en función del rendimiento agrícola. García Cuba, Y. [2011].

Tabla 1.3. Composición de la estructura vegetativa (%) en función del rendimiento agrícola.

Rendimiento agrícola (t/ha)	Caña limpia (%)	Materia extraña (%)	Hojas seca (%)	Hoja verde (%)	Tallo verde (%)
25 a 35	70	30	9	12	9
35 a 45	73	27	8,5	10,5	8
45 a 50	78	22	7	8,5	6,5
50 a 60	80	20	6	8	6
60 a 70	82	18	5,5	7	5,3
70 a 80	85	15	4	6	5

Fuente: Tomado de García Cuba, Y. [2011]. Valoración tecnológico explotativa de las máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar utilizadas en Cuba.

Aunque estos índices no tienen un valor absoluto son indicativos y lo interesante es que en función del rendimiento agrícola de las cañas es el porcentaje de materia extraña que la fábrica

está dispuesta a aceptar, y de esta depende el porcentaje de eficiencia que se le debe exigir a los órganos de limpieza empleados.

Las afectaciones que provocan los componentes de la materia extraña no es la misma para cada uno de ellos, un ejemplo de las afectaciones se muestra en la tabla 1.3, donde se realiza una comparación entre la caña y el cogollo.

Tabla 1.4. Cuadro comparativo entre los jugos del cogollo y de la caña.

	Pureza	Reductores (%)	Color (%)	Sustancias nitrogenadas (%)	Ceniza materia seca (%)
Jugo cogollo	55	2,11	0,253	1,05	9,43
Jugo caña	85	0,30	0,144	0,583	3,54

Fuente: Tomado de García Cuba, Y. [2011]. Valoración tecnológico explotativa de las máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar utilizadas en Cuba.

Otro de los factores que afecta el rendimiento de la caña es el desfase, se entiende por desfase a la cosecha de caña que no se encuentra en el momento óptimo de corte, es decir que no ha llegado a su madurez o se ha sobrepasado el momento de su madurez óptima.

Los desfases más comunes son de tres tipos: por edades, por cepas y por variedades.

El desfase por cepas se puede considerar un caso especial del desfase por edades. Otro ejemplo de afectación por fases es cosechar caña durante la floración esta situación incide de forma negativa en los rendimientos industriales pues disminuye la calidad de los jugos, se eleva el contenido de ceniza y hay un incremento de la fibra en caña.

Una programación de corte erróneo implica desfase, lo que significa la pérdida de potencia de la caña, es decir, que llevará menos sacarosa. Es aquí donde juega un papel importante la madurez de la caña como elemento de calidad.

Al tratar las condiciones óptimas para la cosecha de la caña lo primero que se debe de tomar en cuenta es su grado de madurez, la caña es un fruto y como tal se comporta pasando de la fase de tierno, verde, maduro y deteriorado durante el desarrollo de la planta.

Se sabe que una caña está madura cuando el contenido de azúcar en los canutos superiores es muy similar a los canutos inferiores, o sea, cuando el azúcar está repartida uniformemente a lo largo de la caña.

Por razones prácticas y organizativas de la cosecha admite moler la caña entre 0.85 y 1.00 de índice de madures (Brix superior/ Brix inferior = 1). Cuando la caña se muele madura, tiene el máximo de azúcar y el mínimo de impureza y tendrá un efecto favorable en la eficiencia industrial y la calidad del azúcar.

#### **1.2.4 Cosecha**

Se cosecha a principios de la estación lluviosa – septiembre a noviembre o más comúnmente a los 18 meses de plantar en el período seco – julio, agosto. Los cultivos de caña soca se cosechan a intervalos anuales principalmente en las estaciones secas.

La cosecha se realiza entre los 11 y los 16 meses de la plantación, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y la corteza de la capa se vuelve quebradiza. La caña se puede cosechar a mano o con máquina, el instrumento usado para el corte manual suele ser un machete grande de acero con hoja de unos 50 cm de longitud y 13 cm de anchura, un pequeño gancho en la parte posterior y empuñadura de madera. La Caña se abate cerca del suelo y se corta por el extremo superior, cerca del último nudo maduro, generalmente después de quemada la planta para hacer más eficiente la labor, ya cortadas se apilan a lo largo del campo donde se recogen a mano o con máquina, una persona puede cosechar entre cinco y siete toneladas por día de caña quemada y 40% menos de caña sin quemar.

La cosecha mecanizada se hace con cosechadoras que cortan la planta en pequeños trocitos y separa la caña de las materias extrañas con la ayuda de dos extractores primario y secundario ubicado a la salida de los rodillos trozadores y elevador de tablillas respectivamente logrando una mayor limpieza. Una máquina puede cosechar 30 toneladas por hora y coloca la caña cortada en el medio de transporte agilizando el proceso de transportación hacia el central para evitar su deterioro por levaduras y microbios. El traslado se realiza en camiones y tractores.

En el caso de la materia prima (caña) la calidad de la misma depende en gran parte del proceso de producción agrícola, cosecha y transporte. La introducción de la mecanización en

todas las labores cultivo y cosecha de la caña, si bien ha representado un notable incremento de la productividad y ha contribuido a humanizar el trabajo de las actividades la zafra también ha traído aparejado un incremento en los niveles de las materias extrañas y una mayor posibilidad de que se produzca el deterioro de la caña.

Al analizar el contenido de materias extrañas se debe tener en cuenta el esquema de cosecha empleado, si es caña verde o quemada, si es de corte manual o mecanizado, si fue procesada por centro de limpieza o acopio, así como todas las combinaciones posibles, de manera que se pueda determinar cuál eslabón de la cadena se cumple de forma adecuada con los índices de calidad.

La programación de corte es una tarea técnico- organizativa fundamental para optimizar el rendimiento azucarero. En el proceso de elaboración de la misma se requieren valorar integralmente la incidencia de un conjunto de factores agrotécnicos, como variedades, cepas, edades y suelo que determinan en un momento dado un nivel de calidad de la materia prima.

### **1.3 Evolución de las cosechadoras de caña en Cuba.**

En el año 1961 se comenzaron a probar las primeras cosechadoras cañeras, que no arrojaron los resultados esperados, en el año 1963 se fabricaron los prototipos ECEA-MC-1 diseñadas sobre la base de las cosechadoras INCA, THORTON modelo F, las mismas eran de nacionalidad sudafricana, fabricadas por la INTERNATIONAL HARVESTER Y THOMSON modelos HURRY-CANE, estas máquinas cortaban a ras del suelo, descollaban y hacían los bultos de caña y eran alzados posteriormente. Después del triunfo de la Revolución en el año 1964 fue fabricada la primera combinada cubana con la ayuda de técnicos de la extinta Checoslovaquia, la máquina fue la MCCL-1 que no cumplió con las expectativas. Al año siguiente entraron por primera vez al país combinadas procedentes de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas con modelos KT-1 así como otros modelos autopropulsados como las CTK-1, KCC-1 y KCC-1A.

En el año 1967 fueron adquiridas por el país las máquinas KCI-1, que además de cortar y limpiar la caña las depositaba en el medio de transporte, como resultado de las mismas dio origen al surgimiento de las KCT-1A.

En el año 1968 se importó la cosechadora frontal HENDERSON, que estaba montada en un tractor C-100, tampoco cumplió con los parámetros que se necesitaban. Ese mismo año se

fabricaron las máquinas CCE-1 y CCE-2, las primeras montadas sobre semiesteras y las segundas sobre ruedas, éstas fueron llamadas Libertadoras [ver anexo A], posteriormente Alemania adquirió la patente cubana y las denominaron CLAAS.

Al siguiente año se fabricaron varios modelos de este tipo de máquina, entre ellos la L-800, L-1400 y L-1600, presentaban varios anchos de cortes y se utilizaban fundamentalmente en campos de altos rendimientos, la última recibida de la unión soviética fue la CCAT-910, que se convirtió en la KTP-1 [ver anexo B].

En 1980 se inicia el perfeccionamiento de las cosechadoras KTP-1. Debido a una serie de problemas que debía enfrentar, no fueron concebidas en el proyecto inicial. Los grandes esfuerzos a los que se sometían a la hora de cosechar caña verde fueron determinantes para perfeccionar las mismas, además el rendimiento alcanzado en los campos no era el mejor, como resultado de un grupo de modificaciones y mejoras técnicas a estas máquinas surgen las KTP-1M.

A finales de 1984 y principios de 1985 se fabrican las primeras máquinas KTP-3, a ellas le agregaron gran cantidad de mecanismos con un alto nivel de hidraulización, realizaron una serie de modificaciones y correcciones con respecto a las KTP-1M, y el resultado fue el mejor, pues cosecharon más del millón de arrobas durante las etapas de pruebas.

En 1986 se comienza la producción en serie de la KTP-1M, finalmente es llamada KTP-2 [ver anexo C]. Entre las mejoras con respecto a la KTP-1 tenemos los siguientes.

- Nuevo mecanismo tronzador con engranajes en baños de aceite.
- Transmisión hidrostática en el puente motriz.
- Empleo de hidromotores para accionar los transportadores helicoidales, así como para accionar las esteras de los transportadores de descarga.
- Motor CMD-72 de mayor potencia (214 hp), que sustituyó al CMD-64 de la KTP-1.

Durante la zafra de 1986-1987, en pruebas realizadas, se introdujo un nuevo modelo, el prototipo corregido de la KTP-3, tenía un mayor porcentaje de hidraulización con respecto a la KTP-2, incluso se llegó a comparar con máquinas similares de otras firmas, pero presentó serios problemas técnicos, fundamentalmente en la caja de las bombas.

El programa de mejoramiento y perfeccionamiento de las cosechadoras de caña tomó auge durante el año 1988, en este período se le hicieron importantes cambios a las KTP-2 y surgen

nuevos prototipos entre ellos las KTP-23, las cuales tomaron elementos de las KTP-2 y KTP-3, entre los cambios más significativos tenemos los siguientes.

- Eliminación de un reductor lateral.
- Montaje de una segunda cámara de limpieza y reforzamiento de las cámaras de limpieza que ya existían.
- La longitud de la máquina se disminuyó.

Durante la zafra de 1987-1988 se probaron los tres prototipos de estas máquinas KTP-23 en áreas del CAI “Urbano Noris” del municipio del mismo nombre, posteriormente se crea una nueva variante de este prototipo la KTP-23II, la cual presentó problemas en el sistema de limpieza.

Un modelo en desarrollo, la CCA -3 surgió en el año 1990. Se le realizaron varios cambios, entre ellos el motor (TAINO), no contaba con transportes longitudinales y la alimentación de la masa vegetal hasta el mecanismo trozador era mediante tambores, se le adicionó un extractor en las cámaras de limpieza, esta máquina al igual que la KTP-23II tuvo sus principales problemas técnicos en el sistema de limpieza por lo que se desarrolló durante dos años y posteriormente fue desechada.

En este mismo año fueron adquiridas cuatro máquinas CLAAS-2000 con la sección receptora regulable para la mejora de los rendimientos agrícolas. Se adquirieron con el objetivo de compararlas con las de producción nacional.

Durante los años 1995-1996 surgen dos modelos de las KTP-2M [ver anexo D], a partir de mejoras realizadas a las KTP-2, se fabricaron 20 máquinas de este tipo y rindieron por las 40 que tenía en ese momento el CAI “Antonio Maceo” durante la zafra de 1994-1995, es a partir de este último año que comienza la producción seriada de estas máquinas.

En este año surgen dos prototipos de las KTP-3S [ver anexo E], a partir de las KTP-2M y en 1997 se fabricaron 15 máquinas que lograron un rendimiento superior a las de la KTP-2M.

Durante el año 1999 se proyectó y diseñó un prototipo de cosechadora denominada CCA-4000, estas máquinas tienen su sistema totalmente hidráulico (con transportador giratorio).

A diferencia de las anteriores las KTP-2M y las KTP-3S se explotan a nivel nacional y en algunos países de Latinoamérica, presentan su tracción en la parte trasera y la dirección en la

parte delantera, los cilindros hidráulicos establecen la altura del corte que se va a realizar, esta operación es observada desde la cabina de la máquina.

La política de AZCUBA dirigida a la adquisición de máquinas foráneas en detrimento de los modelos nacionales, no ha sido un impedimento para que los técnicos y diseñadores continúen desarrollando y perfeccionando los modelos y prototipos existentes, es así como en la Fábrica de Combinadas se concibió el modelo KORTEP [ver anexo F]. García Cuba, Y. [2011].

La necesidad que tiene el país de tener máquinas resistentes y duraderas capaces de soportar el rigor de las zafras azucareras cubanas, trajo consigo el desarrollo de una cosechadora con tecnología actualizada y que fuera capaz de competir en el mercado, esta tarea fue tomada por el Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA), luego de años de diseño y estudio, en el 2014 se potencia la fabricación del nuevo prototipo CCA – 5000 ver figura 1.1, en la República Popular China.

Hasta los primeros años del presente siglo se ejecutó un programa para el desarrollo y perfeccionamiento de las cosechadoras cañeras modelo KTP. Este modelo de máquina ha sido objeto de numerosas modificaciones, lo que ha dado lugar a los distintos modelos proyectados, a partir de las investigaciones realizadas. En cada caso el nuevo modelo CCA-5000 ha sido tecnológicamente superior a su antecesor, garantizando una mayor fiabilidad técnica y tecnológica, (parámetros que garantizan un mayor tiempo de servicio), así como un mayor rendimiento productivo. Santiesteban Almarales, L. [2015].

Esta nueva cosechadora representa un salto vanguardista en la mecanización de la caña de azúcar, esta máquina es capaz de cosechar un surco o hilera (sin dañar los plantones) en cañaverales con marcos de siembras desde 1.4 m a 1.6 m lo cual significa mejor calidad de corte y aumento de productividad con un mínimo de pérdidas de materia prima.



Figura 1.1. Máquina cosechadora cañera modelo  
CCA-5000.

Fuente: Elaboración propia

## **1.4 Proceso tecnológico de la cosechadora de caña CCA-5000 en la zafra 2016/2017 en Majibacoa.**

### **1.4.1 Descripción del proceso tecnológico.**

#### **Órganos de trabajo de la cosechadora de caña CCA-5000:**

1. Corta cogollo desfibrador.
2. Transportadores helicoidales doble.
3. Mecanismo de cuchillas laterales (izquierda y derecha).
4. Cortador base.
5. Tren de rodillos alimentadores.
6. Mecanismo trozador de tres paletas.
7. Primer extractor.
8. Transportador de descarga.
9. Segundo extractor.

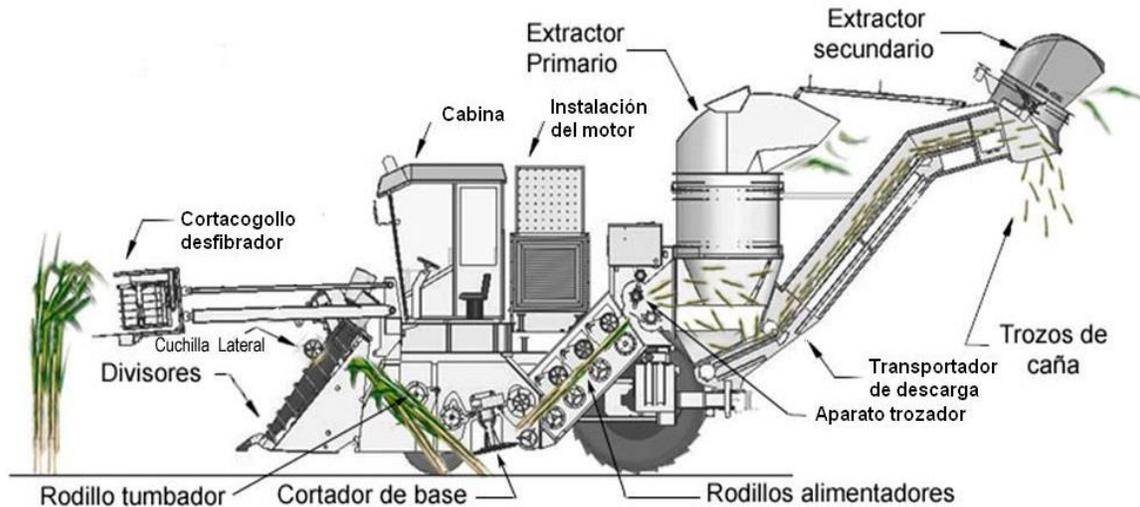


Figura 1.2. Esquema tecnológico de las cosechadoras de caña CCA-5000.

Fuente: Tomado de CEDEMA

Una vez ocupada la posición de trabajo y fijada la altura de corte comienza el avance por la hilera a cosechar enfrentándose a la masa vegetal. El primero en hacer contacto es el mecanismo corta cogollos cuya función es desmenuzar el cogollo y las hojas verdes de la caña esparciéndolos de forma uniforme sobre el terreno, el resto de la masa vegetal penetra en el canal de alimentación organizada por los transportadores helicoidales que además levantan y separan las cañas del surco que se está cosechando del surco contiguo, simultáneamente el mecanismo de cuchillas laterales elimina las cañas que no se pueden organizar por los transportadores, todo ello permite una mejor asimilación de la masa vegetal y evita el arranque de las sepas.

La masa en su trayecto pasa por el rodillo tumbador y el gallego (tambor), encargados de inclinar y acomodar la caña para que sea cortada en su base por el mecanismo de corte inferior o cortador base, el mismo está dotado de dos discos con segmentos cortantes y dos brazos activos que una vez cortada la caña la entregan a un tren de rodillos alimentadores que la transportan hasta el mecanismo trozador, donde es cortada en porciones (trozos) que van cayendo en la tolva del transportador de descarga, en ese momento los trozos y el resto de la maza es lanzada hacia la cámara de limpieza del primer extractor donde se separa parte de la materia extraña de los trozos de caña que caen en la tolva del transportador de descarga, con un piso perforado para permitir la salida de tierra y otras impurezas, la estera del mismo se

encarga de lanzar los trozos hacia el medio de transporte, en ese momento pasan por la cámara de limpieza del segundo extractor encargado de realizar la segunda y última limpieza de la caña antes de caer en el medio de transporte que traslada el material cosechado hasta la Industria o al centro de beneficio.

En caso de ocurrir un embotamiento, se puede invertir el sentido de giro de los órganos de trabajo (reversible), lo cual permite reducir el tiempo de eliminación de los fallos tecnológicos. Por otra parte, tiene dos ruedas motrices en la parte trasera y dos direccionales en la parte delantera y un sistema de suspensión hidráulico que permite pasar de la posición de transporte a la de trabajo, a la vez que permite la regulación de la altura de corte durante el proceso de cosecha. CEDEMA [2015].

#### **1.4.2 Metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico explotativa de las máquinas agropecuarias sometidas a pruebas.**

#### **1.4.3 Metodologías existentes dirigidas a la evaluación de combinadas cosechadoras de caña de azúcar.**

Entre las principales metodologías conocidas en el mundo científico dirigidas a la evaluación de Máquinas y/o equipos agrícolas se encuentran las siguientes:

- Norma Cubana: NC 34-37 [2003]: Metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico-explotativa de las máquinas agropecuarias y forestales, sometidas a pruebas estatales.
- Norma: Equipment for harvesting -- Combine harvesters – Test procedure.
- Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas [1 de 2].

Norma Cubana 34-37[2003]: Esta norma establece la metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico-explotativa de las máquinas agropecuarias y forestales, sometidas a pruebas estatales, la cual se divide en dos partes fundamentales:

- La evaluación de la nueva máquina durante todo el volumen de trabajo según el programa de pruebas

- La evaluación comparativa de la nueva máquina con la máquina en explotación que se lleva a cabo mediante turnos de control.

Esta metodología, como se establece en la misma norma: "se basa principalmente en la cronografía, es decir, toma de los tiempos en diferentes condiciones y operaciones de la máquina, que tiene lugar en las diferentes actividades que se realizan durante las operaciones para la cual fue diseñada la misma."

Norma ISO 8210 [2005]: Equipment for harvesting - Combine harvesters - Test procedure: Esta norma internacional, cuyo título en español es: Equipo para la cosecha, Cosechadoras, Procedimiento de Pruebas, especifica un procedimiento de ensayo para cosechadoras, aplicable a todos los tipos de cosechadoras.

El procedimiento de prueba especificado en la norma se refiere a la medición y pruebas de combinadas cosechadoras, para su uso en varios cultivos. La norma indica la terminología y métodos que se utilizarán para medir características importantes de las combinadas incluyendo pruebas funcionales: realizadas durante un largo período en que la facilidad de operación, la facilidad de ajuste, la tasa de trabajo y las características generales de funcionamiento puede ser evaluado y, las de pruebas de capacidad: ejecutadas en ciertas ocasiones para la determinación de las pérdidas de cosecha y las características de capacidad. Esta norma contiene disposiciones referenciadas con base en otras normas internacional actualmente en vigencia.

Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas. La FAO, tal como se expresa en el prólogo de este mismo boletín, decidió que un panel de sus expertos en Ingeniería Agrícola, discutiera sobre los aspectos asociados a las pruebas y evaluaciones de maquinaria agrícolas, con el fin de generar dos boletines: uno dirigido a las estaciones de prueba y evaluación, y otro, dirigido a los gobiernos, planificadores, empresarios y administradores de centros de prueba y evaluación.

El manual se divide en dos secciones: a) Principios y Prácticas y b) Procedimientos de Prueba, y está dirigido a enfocar los procedimientos desarrollados para probar y evaluar maquinaria agrícola y los criterios para probar tecnología orientada a pequeños agricultores, mediante

una guía de los aspectos del desempeño de una máquina que pueda ser evaluado y los procedimientos para un rango de equipos.

### **1.5 Metodología para la obtención de los índices productivos y tecnológicos explotativos.**

Para evaluar de forma general una máquina son muchos los índices que se toman en consideración, muchos de los cuales se encuentran referidos en la norma ISO 8210 [1989]: Equipo para la cosecha–Cosechadoras–Procedimiento de Pruebas y en la norma NC 92-10:78 "Control de la calidad. Fiabilidad. Términos y definiciones".

#### **1.5.1 Conceptos, definiciones y términos.**

**Defecto:** es el estado de la máquina, del agregado o de la pieza en un momento de tiempo determinado, en el cual estas no cumplen alguna de las exigencias de la documentación técnica, las condiciones técnicas, o las normas nacionales.

**Capacidad de trabajo:** es el estado del artículo o de la máquina, en el cual éstos son capaces de realizar funciones dentro de los parámetros establecidos.

**Fallo:** es el suceso, en el cual ocurre la pérdida total o parcial de la capacidad de trabajo del artículo.

**Aprovechamiento:** es la duración del trabajo, o el volumen de trabajo de un artículo medido en horas, kilómetros recorridos, metros cúbicos u otras unidades establecidas para cada máquina.

**Recurso:** es el aprovechamiento total del artículo, hasta un extremo fijado en la documentación técnica.

**Vida útil:** es la duración calendaria de la explotación de la máquina y sus elementos hasta el momento del surgimiento de un estado extremo, fijado en la documentación técnica o hasta su baja.

**Aptitud para las reparaciones:** es la propiedad del artículo para la detección y eliminación de los defectos y fallos, mediante la realización de servicios técnicos y reparaciones.

**Capacidad de conservación:** Es la propiedad del artículo de mantener los indicadores de explotación establecidos a lo largo de todo el período de almacenamiento y transportación, fijado en la documentación técnica.

**Fiabilidad:** Es la importante propiedad que tienen las máquinas de desempeñar las funciones dadas, manteniendo sus indicadores de explotación en los límites establecidos y con el rendimiento exigido en determinadas condiciones de explotación.

La fiabilidad del artículo es una propiedad generalizada, que incluye conceptos como: trabajo sin fallos, durabilidad, capacidad de conservación y aptitud para las reparaciones.

**Trabajo sin fallos:** es la propiedad del artículo de mantener la capacidad de trabajo a lo largo de un período de tiempo determinado, con un rendimiento dado.

**Durabilidad:** Es la propiedad del artículo de mantener la capacidad de trabajo hasta un estado extremo, con los recursos necesarios para los servicios técnicos y reparaciones, es decir a lo largo de todo el período de explotación.

**Máquina de uso específico:** Es aquella que está destinada a la realización de una labor o trabajo específico

**Período agrotécnico:** período calendario de realización del proceso tecnológico o de trabajo, determinado a partir de las condiciones naturales.

**Trabajo principal:** El que corresponde al uso para el cual ha sido concebida la máquina.

**Trabajo complementario:** Es aquel que se realiza con la máquina independientemente del trabajo principal, para cuya ejecución es necesario una transformación complementaria de la misma o colocarle algún dispositivo.

**Turno de control:** Turno donde se controla rigurosamente el trabajo de la máquina en el transcurso de un día de trabajo, bajo un régimen determinado, una organización óptima de sus servicios, con una cronología de los procesos de trabajo y la determinación de los índices técnicos y agrotécnicos fundamentales.

Los turnos de control se consideran similares (de la misma condición) para una máquina si la productividad por hora de tiempo limpio calculada por separado para los distintos días de pruebas, no tendrá una desviación entre sí mayor de  $\pm 10$  s.

### 1.5.2 Generalidades.

Una de las actividades más complejas en la agricultura cañera es la referida a la cosecha de caña y las combinadas. Para evaluar de forma general una máquina son muchos los índices que se toman en consideración, muchos de los cuales se encuentran referidos en la norma ISO 8210 [2005]: Equipo para la cosecha–Cosechadoras–Procedimiento de Pruebas y en la norma NC 92-10:78 "Control de la calidad. Fiabilidad. Términos y definiciones" y NC 92-31:81 "Control de la calidad. Fiabilidad. Cálculo de los índices de fiabilidad de los artículos industriales. En este caso por estar dentro del mismo árbol de tiempo los datos que se obtienen del fotocronometraje para la evaluación técnico-explotativa, de fiabilidad y de productividad se tuvieron en cuenta los índices de calidad que intervienen en la evaluación tecnológico-explotativa y de fiabilidad como una sola metodología.

La evaluación tecnológico explotativa comprende dos partes fundamentales:

- Evaluación de la nueva máquina durante todo el volumen de trabajo según el programa de pruebas. Este volumen será el correspondiente al de un periodo agrotécnico completo en condiciones normales.
- Evaluación comparativa de la nueva máquina con las máquinas en explotación que se lleva a cabo mediante turnos de control para realizar la labor considerada como base.

La evaluación tecnológica explotativa de la máquina en pruebas se realiza en todos los trabajos principales y complementarios para los cuales ha sido diseñada la misma.

Durante la explotación comparativa en el tiempo de trabajo principal se realizan no menos de tres turnos de control y la evaluación del tiempo limpio de trabajo no será menor de 15 h. En cada tipo de trabajo complementario se realizará no menos de dos turnos de control con una duración del tiempo limpio no menor de 10 h.

El personal de servicio que trabaja en la máquina que se somete a pruebas poseerá una adecuada calificación y destreza, conocerá bien la máquina y los métodos existentes para realizar la labor con la calidad requerida.

Los mantenimientos técnicos y servicios tecnológicos de las máquinas comparadas serán perfectamente organizados y realizados acorde con los métodos más avanzados y con los medios técnicos adecuados.

Las operaciones del mantenimiento técnico y del servicio tecnológico diario serán realizadas por el personal que trabaja en cada máquina.

Para la eliminación de las roturas graves y también para la realización de los mantenimientos técnicos periódicos se utilizarán los mecanismos de reparación y mantenimientos especializados.

Las máquinas que no satisfagan las exigencias técnicas ni las normas de protección e higiene del trabajo se rechazan y se levanta un acta. Antes de las pruebas, en cada condición de trabajo las máquinas serán reguladas por los técnicos para obtener un régimen de funcionamiento óptimo y garantizar las exigencias de las condiciones agrotécnicas establecidas. Las máquinas energéticas que participan en las pruebas poseen los parámetros técnicos requeridos (potencia, revoluciones, gasto de combustibles, grasas y otros) que se contemplen en las exigencias técnicas de las mismas.

### **1.5.3 Peritaje técnico de las máquinas cosechadoras de caña.**

Esta evaluación se realiza según la norma ISO 8210 [2005]; en este documento se especifica que la misma deberá realizarse en una superficie que cumpla con las condiciones preestablecidas. Se realiza uno antes de comenzar las pruebas para verificar que los órganos de trabajo se encuentren trabajando dentro de los parámetros establecidos y eliminar posibles fallos e incorrecciones. Se realizan otros dos durante y después de la cosecha, con el objetivo de conocer aquellos conjuntos y accesorios de las máquinas que de una manera u otra han presentado dificultades.

Para la realización del peritaje técnico debe tenerse en cuenta, sobre todo, los siguientes aspectos:

- Documentación técnica de la máquina.
- Instrumentos y medios de medición verificados.
- Inspección técnica a la máquina
- Regulaciones de la máquina
- Características de los campos a cosechar
- Experiencia del operador

### **1.5.4 Clasificación de los tiempos del modelo de cronometraje.**

La clasificación de los tiempos del modelo de cronometraje para la determinación de los índices tecnológicos-explotativos es:

$T_1$ : Tiempo limpio de trabajo (h): Es el tiempo transcurrido en la cual la máquina según la tarea elabora (conserva), dosifica y cambia el objeto de trabajo.

$T_2$ : Tiempo auxiliar (h).

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} \quad (1.1)$$

$T_{21}$ : Tiempo de viraje (h): Es el gasto de tiempo al final de cada pasada cuando se interrumpe el proceso tecnológico y la máquina realiza la maniobra viraje para cambiar el trabajo.

$T_{22}$ : Tiempo de traslado en vacío en el lugar de trabajo (h).

$T_{23}$ : Tiempo de regulaciones tecnológicas (h).

$T_{02}$ : Tiempo operativo (h).

$$T_{02} = T_1 + T_2 \quad (1.2)$$

$T_{021}$ : Tiempo efectivo (h)

$$T_{021} = T_1 + T_{21} \quad (1.3)$$

$T_3$ : Tiempo de operaciones técnicas de la máquina en prueba (h).

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33} \quad (1.4)$$

$T_{31}$ : Tiempo de mantenimiento técnico (h).

$T_{32}$ : Tiempo de regulación de los órganos de trabajo (h).

$T_{33}$ : Tiempo para preparar la máquina (h).

$T_4$ : Tiempo para la eliminación de fallos (h).

$$T_4 = T_{41} + T_{42} \quad (1.5)$$

$T_{41}$ : Tiempo para la eliminación de los fallos tecnológicos (funcionales) (h).

$T_{42}$ : Tiempo para eliminar los fallos técnicos (h).

$T_{04}$ : Tiempo productivo (h).

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (1.6)$$

$T_5$ : Tiempo de descanso y necesidades del personal de servicio de la máquina en prueba (h).

$T_6$ : Tiempo de traslado no operativo (h).

$$T_6 = T_{61} + T_{62} \quad (1.7)$$

$T_{61}$ : Tiempo de traslado para eliminar fallos (h).

$T_{62}$ : Tiempo de traslado entre campos o al parqueo (h).

T<sub>7</sub>: Tiempo de mantenimiento o reparación de los medios de transporte (h).

Tiempo de turno sin fallos T<sub>t</sub> (h).

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7 \quad (1.8)$$

T<sub>07</sub>: Tiempo explotativo (h).

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \quad (1.9)$$

T<sub>8</sub>: Tiempo de interrupciones de la máquina en prueba (h).

$$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83} + T_{84} + T_{85} \quad (1.10)$$

T<sub>81</sub>: Tiempo de paradas por causas organizativas (h).

T<sub>82</sub>: Tiempo de paradas por causas meteorológicas como fuertes lluvias. Alta o bajas temperaturas, alta humedad de los campos o cultivos (h).

T<sub>83</sub>: Tiempo de interrupciones del proceso industrial (h).

T<sub>84</sub>: Tiempo de parada por fallos provocados por obstáculos o vegetación (h).

T<sub>85</sub>: Tiempo de parada debido a otras causas (h).

T<sub>g</sub>: Tiempo general de observación (h).

$$T_g = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 \quad (1.11)$$

T<sub>i</sub>: Tiempo imputable a la máquina (h).

$$T_i = T_4 + T_{61} \quad (1.12)$$

T<sub>ni</sub>: Tiempo no imputable a la máquina (h).

$$T_{ni} = T_3 + T_5 + T_{62} + T_7 + T_8 \quad (1.13)$$

### 1.5.5 Indicadores de calidad tecnológicos-explotativos.

Productividad por hora de tiempo limpio W<sub>1</sub> (t/h).

a) De utilización.

$$W_{01} = Q/T_1 \quad (1.14)$$

Donde:

Q: volumen de trabajo realizado en la máquina en toneladas (t).

Productividad por hora de tiempo efectivo W<sub>021</sub> (t/h).

$$W_{021} = Q/T_{021} \quad (1.15)$$

Productividad por hora de tiempo operativo W<sub>02</sub> (t/h).

$$W_{02} = Q/T_{02} \quad (1.16)$$

Productividad por hora de tiempo productivo  $W_{04}$  (t/h).

$$W_{04} = Q/T_{04} \quad (1.17)$$

Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos  $W_t$  (t/h).

$$W_t = Q/T_t \quad (1.18)$$

Productividad por hora de tiempo de explotación.  $W_{07}$  (t/h).

$$W_{07} = Q/T_{07} \quad (1.19)$$

Productividad por jornada  $W_g$  (t/h).

$$W_g = Q/T_g \quad (1.20)$$

Consumo de combustible por toneladas cosechadas  $C_e$  (L/t).

$$C_e = (C/Q) \quad (1.21)$$

### 1.5.6 Coeficientes de explotación.

Coeficiente de pases de trabajo  $K_{21}$ .

$$K_{21} = T_1 / (T_1 + T_{21}) \quad (1.22)$$

Coeficiente de traslado  $K_{22}$ .

$$K_{22} = T_1 / (T_1 + T_{22}) \quad (1.23)$$

Coeficiente de pases de servicio tecnológico  $K_{23}$ .

$$K_{23} = T_1 / (T_1 + T_{23}) \quad (1.24)$$

Coeficiente de utilización del tiempo productivo  $K_{04}$ .

$$K_{04} = T_1 / T_{04} \quad (1.25)$$

Coeficiente de mantenimiento técnico  $K_{31}$ .

$$K_{31} = T_1 / (T_1 + T_{31}) \quad (1.26)$$

Coeficiente de seguridad técnica  $K_{42}$ .

$$K_{42} = T_1 / (T_1 + T_{42}) \quad (1.27)$$

Coeficiente de seguridad tecnológica  $K_{41}$ .

$$K_{41} = T_1 / (T_1 + T_{41}) \quad (1.28)$$

## **CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

El prototipo de máquina cosechadora de caña modelo CCA-5000, estuvo en una fase previa de investigación durante la Zafra 2014/2015, en áreas de la UBEAPA “Jesús Rabí” ubicado en el municipio Calimete, de la provincia de Matanzas, abarcando desde el 6 de enero hasta el 26 de marzo del 2015. El año siguiente se continuó desarrollando la investigación con la serie cero, la observación se realizó desde el 2 de febrero hasta el 29 de marzo del 2016 durante las jornadas diurnas en áreas de la UBEAPA “Jesús Rabí” ubicado en el municipio Calimete, provincia de Matanzas. Durante la investigación fueron recopilados datos técnicos e indicadores de calidad, con los cuales se confeccionó un informe con valoraciones y todas las

insuficiencias detectadas, lo que proporcionó una herramienta para realizar las modificaciones en las máquinas en fase de fabricación en la República de China.

Se decidió continuar la investigación en la zafra del 2016/2017 en Majibacoa, en esta ocasión se realizó el ensayo tecnológico explotativo bajo un cronometraje por turnos de control, la observación abarcó desde el 19 de enero hasta el 24 de marzo del 2017 durante las jornadas diurnas en áreas de la UBE “Majibacoa” ubicado en el municipio de Majibacoa, provincia de Las Tunas. En esta zona se destacan los campos con bajos rendimientos agrícolas, alto enyerbamiento y presencia de obstáculos entre los que predominaron las piedras, no contando con los requerimientos óptimos para este tipo de investigación.

## 2.1 Obtención de los índices tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en el municipio de Majibacoa provincia Las Tunas.

Para el desarrollo de una buena contienda azucarera es necesario conocer los índices productivos de las máquinas a utilizar, así como la de los campos a cosechar, para esto debemos comprobar a través del peritaje técnico, parámetros constructivos y funcionales, dados en la tarea técnica.

Tabla 2.1. Indicadores de la Tarea Técnica.

Parámetros establecidos en la tarea técnica aprobada	
Cosechar en campos con rendimiento agrícola	Entre 35 y 180 t/ha
Cosechar con máxima eficiencia en un rango de rendimiento agrícola	Entre 50 y 130 t/ha
Rendimiento productivo principal	50 t/h
Consumo específico de combustible	No mayor de 1.2 l/t
Duración del mantenimiento técnico diario	No mayor de 1h
Porcentaje de pérdidas en cosecha	Entre 3 y 5 %
Porcentaje de materias extrañas	No mayor del 7 %
Coefficiente de seguridad tecnológica	0.98
Coefficiente de seguridad técnica	0.95
Longitud de los trozos	Entre 180 y 280mm

Fuente: Tomado de CEDEMA

### 2.1.1 Ubicación de la localidad donde se desarrollaron las pruebas

Las investigaciones fueron desarrolladas en la provincia Las Tunas, municipio Majibacoa en las cooperativas UBPC Santa María 14, UBPC Santa María 11, UBPC Manduley, UBPC Teresita, UBPC El Canistel, UBPC Santa Isabel, UBPC Moliné, UBPC René Guzmán, UBPC Félix Guerra; pertenecientes al central “Majibacoa”.

### 2.1.2 Condiciones del terreno y de la zona del desarrollo de las pruebas (5).

#### Clima

La temperatura promedio mensual del aire en esta etapa es alta máximas de hasta 35 °C y mínimas promedios de 21,0°C, y no se registraron precipitaciones durante la captura de datos.

#### Relieve

Predomina el relieve conocido por llanos ondulados, con una variación de altura en el terreno, entre 3 y 10 m por cada km<sup>2</sup>.

#### Suelos

El suelo es negro con presencia de piedras en muchas zonas que provocaron frecuentes roturas en las máquinas.

### 2.1.3 Estructura del pelotón donde se desarrollaron las pruebas.

Para el correcto desarrollo de la zafra es necesario contar con pelotones bien organizados que permitan la correcta explotación de los medios de trabajo cumpliendo así con normas y requisitos para el éxito de la contienda cañera. El encargado de velar por la disciplina, cuidado de la maquinaria y poner en práctica las medidas de seguridad es el Jefe de Pelotón.

Tabla 2.2. Estructura Pelotón.

Personal	Cantidad
Operador Combinada	9
Operador Tractor	4
Mecánico	2
Noviero	1
Pipero	2
Computador	3

Cocinero	2
Jefe de Brigada	2
Jefe de Pelotón	1

Fuente: Propia

#### 2.1.4 Medios del pelotón donde se desarrollaron las pruebas.

Para una exitosa contienda cañera el pelotón tiene que estar equipado por diferentes medios que permitirán una eficaz cosecha de la caña, así como instrumentos necesarios para resolver averías.

Tabla 2.3. Medios del Pelotón.

Medios	Cantidad
Cosechadora CCA 5000	3
Tractor YTO 1604	3
Pipa de agua con motobomba	1
Novia	1
Carreta cocina - comedor	1
Planta	1

Fuente: Propia

#### 2.2 Ejecución del cronometraje.

**Cronometraje:** Es la medición y anotación del tiempo de duración de cada operación durante el período de trabajo de la máquina, su preparación antes y después de cada jornada, el control de la labor y el personal de servicio con las consideraciones de los resultados del trabajo diario del agregado.

En el modelo 1 de cronometraje [Anexo F] se anotan en un orden cronológico todas las operaciones y los elementos del tiempo de trabajo de la máquina y se especifican los datos sobre la organización de las pruebas, las condiciones existentes durante su ejecución, el régimen de trabajo de la máquina, las características de la caña, gasto de combustible, gastos de aceite y grasa, la cantidad de personal de servicio y otros tipos de datos vinculados con las pruebas de las cosechadoras.

Los datos de las condiciones meteorológicas que podrán incidir en los resultados tecnológico-explotativos de las máquinas se determinarán por los técnicos y se reflejarán en el modelo de cronometraje, aunque se podrá tomar la información de las estaciones meteorológicas siempre que las mismas reflejen las condiciones del lugar donde se realiza la prueba.

Los datos del modelo de cronometraje donde se aclara "subrayar" se refieren a criterios aproximadamente de los especialistas que realizan la prueba y por tanto tienen carácter apreciativo; por lo que esos mismos elementos serán precisados en las evaluaciones agrotécnicas.

Los elementos del tiempo de trabajo de la máquina se obtendrán con un error máximo de  $\pm 1,0\%$ .

El volumen de trabajo se mide en la cantidad de trabajo realizado (t), mediante la utilización de instrumentos que garanticen una precisión de  $1,0\%$  en el caso de unidades de superficie y de un  $0,5\%$  en el caso de unidades de masa.

El gasto de combustible se determina con un medidor de combustible. Si no existe éste, el gasto de combustible se determina mediante la diferencia en el pesaje del combustible antes y después del trabajo. El gasto de combustibles en traslados o en paradas organizativas se analiza por separado del gastado en el tiempo de trabajo. El gasto de combustible se determina con una precisión de  $\pm 3\%$ .

El cronometraje del día de trabajo se realiza ininterrumpidamente durante todo el turno. La observación se lleva desde el momento del comienzo del trabajo del personal de servicio. Si se produce un cambio en el frente de corte hacia otro se abrirá una nueva cronocarta.

Cuando se realicen en la máquina una serie de operaciones simultáneas (sólo en casos inevitables) en la hoja de cronometraje se reflejan todas las operaciones por separado (el tiempo se refleja en observaciones), indicándose el comienzo y el final de la que dio lugar a la parada.

Los días que la máquina no trabaja, en el modelo de cronometraje se explican las causas de las paradas.

La codificación y revisión de los modelos de cronometraje la realiza y firma el técnico probador conjuntamente con el cronometrista.

La cantidad de caña cosechada por la combinada se toma del centro de recepción en el modelo 4 y se pasa luego al modelo 1 [Anexo F]. Las carretas estarán enumeradas consecutivamente y cada vez que la combinada llene una en el campo se anotará el número en la cronocarta (cambio de carreta), los consumos de piezas, combustibles, lubricantes y otros materiales se anotan en el modelo 5.

Los resultados de los muestreos de pérdidas y materias extrañas se anotan en el modelo 6. Durante el procedimiento y análisis de la información se excluirán aquellos turnos con errores evidentes y los que no posean los elementos mínimos de la información, (producción, tiempos y área cosechada).

El tiempo  $T_5$  será controlado para que no se produzca el uso inadecuado del mismo, comprobándose y ajustándose los resultados, si fuese necesario, de acuerdo a lo establecido.

### **2.2.1 Evaluación del peritaje técnico.**

Durante el proceso de evaluación tecnológica explotativa realizada bajo explotación controlada, se efectuó el peritaje técnico corriente, a través de este se fueron corrigiendo algunos fallos técnicos, relacionados con el proyecto, la fabricación y explotación de la máquina. Dentro de las principales insuficiencias detectadas durante la realización del Peritaje Técnico Corriente están:

- Rotura del pasador de unión de la viga de giro con el cilindro.
- Pérdida de fuerza del motor de combustión interna.
- Calentamiento del motor de combustión interna.
- Parte de las materias extrañas que se eliminan por la segunda cámara de limpieza caen al medio de transporte.
- Deformación del vástago y rotura del cilindro de giro del transportador de descarga.
- Ponches frecuentes.
- Roturas en el cubo de alojamiento del hidromotor del tambor flotante.
- Rotura del hidromotor del 3<sup>er</sup> tambor flotante.
- Rotura del eje de la punta del sinfín.
- Pérdidas de caña al caer la masa desde el picador a la tolva del transportador.

- Dificultad para sacar los filtros para el mantenimiento.

### **2.2.2 Mejoras y modificaciones introducidas a la cosechadora de caña CCA-5000 en Majibacoa.**

Durante la investigación realizada a las anteriores máquinas cosechadoras de caña CCA-5000, se recopilaron datos técnicos e indicadores de calidad, con los cuales se hicieron valoraciones y se analizaron todas las insuficiencias detectadas, lo que proporcionó una herramienta para realizar las modificaciones en las restantes máquinas en fase de fabricación en la República de China.

Con respecto a las insuficiencias detectadas a las anteriores máquinas cosechadoras de caña CCA-5000, se les realizaron las siguientes modificaciones a las nuevas máquinas dentro de 4 campos (Mecánica, Hidráulica, Eléctrica, Ergonomía).

#### **Hidráulica:**

1. Se incrementan las r.p.m del tambor tumbador de 90 hasta 150 para mejorar su eficiencia.
2. Se utiliza el picador de cuatro (4) paletas, con la regulación de 195-215 r.p.m.
3. Se limitan las revoluciones del 1er extractor en un rango de 800 a 1350 r.p.m, las nominales son 1060 r.p.m.
4. Se sustituyen los motores coaxiales triples de la caja de corte base por motores de la marca Commercial (Parkers).
5. Incorporar indicador de bajo nivel del líquido refrigerante del sistema de enfriamiento del motor, y la parada por seguridad del mismo.
6. Modificaciones asociadas a la introducción del motor diésel YUCHAI electrónico YC6MK-360-T301.

#### **Cabina del operado**

7. Se montan 4 espejos retrovisores, dos a cada lado, para mejorar la visibilidad hacia atrás y hacia los laterales de la máquina.
8. Se instaló una cortina interior (parasol) en el parabrisas delantero para evitar los rayos del sol.
9. Se utilizó en la construcción de la cabina vidrios polarizados.

10. En la estructura de la cabina, se modificaron los esquineros de la parte trasera para mejorar la visibilidad hacia atrás y se incorporó una protección para el parabrisas en la pared delantera.
11. Se agregaron dos focos de trabajo en la parte frontal del techo para mejorar la iluminación para el trabajo nocturno.
12. Se logró una mejor distribución de los mandos.
13. Se incorporó un asiento más confortable.
14. Se mejoró la hermeticidad de la cabina con elementos a prueba de agua y polvo.

### **Construcción mecánica**

15. Se modifica el ángulo de inclinación de la caja de corte base de 12 a 17 grados.
16. Se modifican las paredes flotantes CCA-5.02.200 y CCA-5.02.210 para mejorar la recolección.
17. Se modifican las bisagras superiores de los bastidores de sinfines CCA-5.02.190.
18. Se modifica el divisor izquierdo (sinfines) CCA-5.02.240 para lograr un mejor funcionamiento.
19. Se modifica el divisor derecho (sinfines) CCA-5.02.250 para lograr un mejor funcionamiento.
20. Se modifica la longitud de los tambores alimentadores según el cambio en las dimensiones de los motores hidráulicos.
21. Se modifica el tambor alimentador 1ro inferior CCA-5.02.040 (se hace esquelético), para mejorar la recolección.
22. Se modifica el 3er tambor superior CCA-5.02.060A, para incrementar su fiabilidad y mejorar la recolección.
23. Se introduce oficialmente el picador de 4 paletas CCA-5.03.000
24. Se modifica el conducto de salida del extractor primario CCA-5.05.030, para dirigir mejor la salida de la paja hacia el área cosechada.
25. Se introduce el rotor del extractor primario CCA-5.05.120C, para mejorar la eficiencia en la limpieza y la fiabilidad de la construcción soldada.
26. Se introduce nueva aspa del extractor primario CCA-5.05.435C, para incrementar la eficiencia en la limpieza.

27. Se modifica la cámara y el capuz del extractor secundario CCA-5.07.000, para mejorar la eficiencia en la limpieza y dirigir mejor la salida de la paja hacia en área cosechada.
28. Se modifica la tolva del transportador de descarga CCA-5.08.000, permitiendo mayor entrada de aire para alimentar al extractor primario y mejorar su eficiencia.
29. Se introduce una nueva bandeja de protección en la parte inferior del transportador de descarga CCA-5-08-000.
30. Se modifica el chasis principal CCA-5.10.000, para lograr la nueva ubicación de la caja de corte base y las mejoras de la canasta, permitiendo mayor entrada de aire para el extractor principal.
31. Se modifican la pared trasera de la cabina CCA-5.13.020, mejorando la visibilidad hacia atrás.
32. Se modifica la estructura soporte de la torre de discos del cortacogollos CCA-5.16.000, para mejorar su eficiencia.
33. Se modifican los aparta cañas CCA-5.18.000, incorporando soportes para una plataforma de seguridad en el lateral derecho de la máquina, donde se encuentra el gollete de llenado del depósito de aceite hidráulico y se cambió la posición del escalón adicional para facilitar el acceso a la cabina del operador.
34. Se modifican totalmente las cuchillas laterales CCA-5.21.000 y 22.000 para incrementar su eficiencia.
35. Mejora la calidad de la soldadura, la pintura y el ajuste de todas las uniones atornilladas.

### **Instalación del Motor Diésel**

36. Se sustituyó el motor Yuchai mecánico YC6MK-340 por el motor inteligente YC6MK-360-T301. Con esto se logra un incremento en la potencia nominal, una entrega de potencia estable a partir de la demanda de la máquina, mejorar la eficiencia energética del motor, mejoras en el sistema de enfriamiento, etc.

Todas estas modificaciones realizadas mejoran considerablemente la productividad y eficiencia de la máquina, pero hay que seguir trabajando e investigando para lograr obtener la máquina ideal, que realice eficazmente la cosecha de caña en nuestro país.

### **2.2.3 Deficiencias que continúan en la cosechadora de caña CCA-5000 puesta en prueba en Majibacoa con respecto a las anteriores.**

- ✚ La guardera de cadenas que están ubicadas a la salida del picador no caen dentro de la tolva del transportador de descarga, se producen pérdidas.
- ✚ No se modificó la sección receptora por lo que la maquina va a continuar arrastrando paja con la parte inferior de la estructura que está situada detrás de los sinfines.
- ✚ Hay que modificar la parte trasera de la pared flotante de la sección receptora.
- ✚ Se colocó la misma guardera de recubrimiento interior de la cámara de limpieza principal que se deterioró prematuramente.
- ✚ No se definió la causa de la rotura del pasador que une la viga de giro del transportador de descarga con el cilindro hidráulico y se colocó el mismo.
- ✚ Falta empujador de caña.
- ✚ Modificar el piso de la cabina para que quede al mismo nivel del tranque inferior o hacer una salida que garantice evacuar la basura.

## 2.2.4 Cálculo de los tiempos de operación de la máquina.

Para la realización de los cálculos y la obtención de los índices tecnológicos-explotativos de la cosechadora de caña CCA5000 se utilizó el software Sistema Integral de Prueba (SIP) creado por profesores de la universidad Oscar Lucero Moya del departamento de Mecánica Aplicada y especialistas del CEDEMA, para el procesamiento estadístico experimental se escogen los días más representativos de la prueba, ya que en la segunda quincena de enero comenzó el cronometraje, en este período de control se desecharon cronocartas porque se muestreo en campos que no reunían las condiciones agrotécnicas para realizar una evaluación de este tipo. Los 16 días escogidos para realizar la evaluación fueron: 30/01/2017, 06/02/2017, 10/02/2017, 11/02/2017, 17/02/2017, 19/02/2017, 20/02/2017, 22/02/2017, 23/02/2017, 25/02/2017, 27/02/2017, 02/03/2017, 04/03/2017, 05/03/2017, 07/03/2017 y 14/03/2017.

### Tiempo limpio de trabajo $T_1$ (h).

$$T_1 = 44,690 \text{ h}$$

### Tiempo efectivo $T_{021}$ (h).

$$T_{021} = T_1 + T_{21}$$

$$T_1 = 44,690 \text{ h}$$

$$T_{21} = 11,907 \text{ h}$$

$$T_{021} = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h}$$

$$T_{021} = 56,597 \text{ h}$$

**Tiempo auxiliar  $T_2$  (h).**

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23}$$

$$T_{21} = 11,907 \text{ h}$$

$$T_{22} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{23} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_2 = 11,907 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_2 = 11,907 \text{ h}$$

**Tiempo operativo  $T_{02}$  (h).**

$$T_{02} = T_1 + T_2$$

$$T_{02} = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h}$$

$$T_{02} = 56,597 \text{ h}$$

**Tiempo de operaciones técnicas  $T_3$  (h).**

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33}$$

$$T_{31} = 11,916 \text{ h}$$

$$T_{32} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{33} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_3 = 11,916 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_3 = 11,916 \text{ h}$$

**Tiempo de eliminación de fallos  $T_4$  (h).**

$$T_4 = T_{41} + T_{42} + T_{43}$$

**Tiempo de eliminación de fallos tecnológicos  $T_{41}$  (h).**

$$T_{41} = T_{411} + T_{412} + T_{413} + T_{414} + T_{415} + T_{416} + T_{417} + T_{418} + T_{419} + T_{4110}$$

$$T_{411} = 0,000 \text{ h} \quad T_{412} = 0,000 \text{ h} \quad T_{413} = 0,422 \text{ h} \quad T_{414} = 0,397 \text{ h}$$

$$T_{415} = 0,000 \text{ h} \quad T_{416} = 0,000 \text{ h} \quad T_{417} = 0,271 \text{ h} \quad T_{418} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{419} = 0,639 \text{ h} \quad T_{4110} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{41} = 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,422 \text{ h} + 0,397 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,271 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,639 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_{41} = 1,729 \text{ h}$$

**Tiempo de eliminación de fallos técnicos  $T_{42}$  (h).**

$$T_{42} = T_{421} + T_{422} + T_{423} + T_{424} + T_{425} + T_{426} + T_{427} + T_{428} + T_{429} + T_{4210} + T_{4211} + T_{4212} + T_{4213} + T_{4214} + T_{4215} + T_{4216} + T_{4217} + T_{4218} + T_{4219} + T_{4220} + T_{4221} + T_{4222} + T_{4223} + T_{4224} + T_{4225} + T_{4226} + T_{4227} + T_{4228} + T_{4229}$$

$$T_{421} = 0,000 \text{ h} \quad T_{422} = 0,000 \text{ h} \quad T_{423} = 0,630 \text{ h} \quad T_{424} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{425} = 0,000 \text{ h} \quad T_{426} = 0,000 \text{ h} \quad T_{427} = 0,000 \text{ h} \quad T_{428} = 0,281 \text{ h}$$

$$T_{429} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4210} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4211} = 0,525 \text{ h} \quad T_{4212} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{4213} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4214} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4215} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4216} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{4217} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4218} = 0,194 \text{ h} \quad T_{4219} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4220} = 0,093 \text{ h}$$

$$T_{4221} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4222} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4223} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4224} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{4225} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4226} = 0,000 \text{ h} \quad T_{4227} = 1,492 \text{ h} \quad T_{4228} = 3,080 \text{ h}$$

$$T_{4229} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{42} = 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,630 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,281 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,525 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,194 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,093 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 1,492 \text{ h} + 3,080 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_{42} = 6,295 \text{ h}$$

**Tiempo de empleado en buscar, hallar y solucionar fallos técnicos  $T_{43}$  (h).**

$$T_{43} = T_{431} + T_{432} + T_{433}$$

$$T_{431} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{432} = 0,572 \text{ h}$$

$$T_{433} = 2,467 \text{ h}$$

$$T_{43} = 0,000 \text{ h} + 0,572 \text{ h} + 2,467 \text{ h}$$

$$T_{43} = 3,039 \text{ h}$$

$$T_4 = 1,729 \text{ h} + 6,295 \text{ h} + 3,039 \text{ h}$$

$$T_4 = 11,063 \text{ h}$$

**Tiempo productivo  $T_{04}$  (h).**

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$T_{04} = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h} + 11,916 \text{ h} + 11,063 \text{ h}$$

$$T_{04} = 79,576 \text{ h}$$

**Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina en prueba  $T_5$  (h).**

$$T_5 = 1,822 \text{ h}$$

**Tiempo de traslados no operativos  $T_6$  (h).**

$$T_6 = T_{61} + T_{62}$$

$$T_{61} = 0,437 \text{ h}$$

$$T_{62} = 6,641 \text{ h}$$

$$T_6 = 0,437 \text{ h} + 6,641 \text{ h}$$

$$T_6 = 7,078 \text{ h}$$

**Mantenimiento o reparación de los medios de transporte  $T_7$  (h).**

$$T_7 = 0,000 \text{ h}$$

**Tiempo de turno sin fallos  $T_t$  (h).**

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7$$

$$T_t = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h} + 11,916 \text{ h} + 1,822 \text{ h} + 7,078 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_t = 77,413 \text{ h}$$

**Tiempo explotativo  $T_{07}$  (h)**

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

$$T_{07} = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h} + 11,916 \text{ h} + 11,063 \text{ h} + 1,822 \text{ h} + 7,078 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_{07} = 88,476 \text{ h}$$

**Tiempo de paradas por causas ajenas de la máquina en prueba  $T_8$  (h).**

$$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83} + T_{84} + T_{85}$$

**Tiempo de parada por causas organizativas  $T_{81}$  (h).**

$$T_{81} = T_{811} + T_{812} + T_{813} + T_{814} + T_{815} + T_{816} + T_{817}$$

$$T_{811} = 5,731 \text{ h}$$

$$T_{812} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{813} = 38,969 \text{ h}$$

$$T_{814} = 0,031 \text{ h}$$

$$T_{815} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{816} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{817} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{81} = 5,731 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 38,969 \text{ h} + 0,031 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_{81} = 44,731 \text{ h}$$

**Tiempo de parada por causas meteorológicas  $T_{82}$  (h).**

$$T_{82} = 0,242 \text{ h}$$

**Tiempo de parada por otras interrupciones  $T_{83}$  (h).**

$$T_{83} = T_{831} + T_{832}$$

$$T_{831} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{832} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{83} = 0,000 \text{ h}$$

**Tiempo de parada debido a malas condiciones agrotécnicas  $T_{84}$  (h).**

$$T_{84} = T_{841} + T_{842} + T_{843}$$

$$T_{841} = 0,006 \text{ h}$$

$$T_{842} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{843} = 0,000 \text{ h}$$

$$T_{84} = 0,006 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$T_{84} = 0,006 \text{ h}$$

**Tiempo de parada debido a otras causas  $T_{85}$  (h).**

$$T_{85} = 7,155 \text{ h}$$

$$T_8 = 44,731 \text{ h} + 0,242 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 0,006 \text{ h} + 7,155 \text{ h}$$

$$T_8 = 52,134 \text{ h}$$

**Tiempo general de observación  $T_g$  (h).**

$$T_g = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$$

$$T_g = 44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h} + 11,916 \text{ h} + 11,063 \text{ h} + 1,822 \text{ h} + 7,078 \text{ h} + 0,000 \text{ h}$$

$$+ 52,134 \text{ h}$$

$$T_g = 140,610 \text{ h}$$

**Tiempo imputable a la máquina  $T_i$  (h).**

$$T_i = T_4 + T_{61}$$

$$T_i = 11,063 \text{ h} + 0,437 \text{ h}$$

$$T_i = 11,500 \text{ h}$$

### **Tiempo no imputable a la máquina $T_{ni}$ (h).**

$$T_{ni} = T_3 + T_5 + T_{62} + T_7 + T_8$$

$$T_{ni} = 11,916 \text{ h} + 1,822 \text{ h} + 6,641 \text{ h} + 0,000 \text{ h} + 52,134 \text{ h}$$

$$T_{ni} = 72,513 \text{ h}$$

### **Volumen de producción en (t)**

Los datos de la producción acumulada por la máquina fueron obtenidos de la empresa agroindustrial "Majibacoa".

Producción acumulada: 2312,610 t

Días observados: 16 días

Promedio diario cosechado: 144,538 t

### **2.2.5 Cálculo de los indicadores de explotación de la cosechadora de caña CCA5000 en Majibacoa.**

Productividad por hora de tiempo limpio  $W_{01}$  (t/h).

$$W_{01} = Q/T_1$$

$$Q = 2312,610 \text{ t}$$

$$W_{01} = 2312,610 \text{ t}/44,690 \text{ h}$$

$$W_{01} = 51,748 \text{ t/h}$$

Productividad por hora de tiempo efectivo  $W_{021}$  (t/h).

$$W_{021} = Q/T_{021}$$

$$W_{021} = 2312,610 \text{ t}/56,597 \text{ h}$$

$$W_{021} = 40,861 \text{ t/h}$$

Productividad por hora de tiempo operativo  $W_{02}$  (t/h).

$$W_{02} = Q/T_{02}$$

$$W_{02} = 2312,610 \text{ t}/56,597 \text{ h}$$

$$W_{02} = 40,861 \text{ t/h}$$

Productividad por hora de tiempo productivo  $W_{04}$  (t/h).

$$W_{04} = Q/T_{04}$$

$$W_{04} = 2312,610 \text{ t}/79,576 \text{ h}$$

$$W_{04} = 29,062 \text{ t/h}$$

Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos  $W_t$  (t/h).

$$W_t = Q/T_t$$

$$W_t = 2312,610 \text{ t}/77,413 \text{ h}$$

$$W_t = 29,874 \text{ t/h}$$

Productividad por hora de tiempo de explotación.  $W_{07}$  (t/h)

$$W_{07} = Q/T_{07}$$

$$W_{07} = 2312,610 \text{ t}/88,476 \text{ h}$$

$$W_{07} = 26,138 \text{ t/h}$$

Productividad por jornada  $W_g$  (t/h)

$$W_g = Q/T_g$$

$$W_g = 2312,610 \text{ t}/140,610 \text{ h}$$

$$W_g = 16,447 \text{ t/h}$$

Consumo de combustible  $G_t$  (Litros). Se obtiene según se explica en el cronometraje. En este caso se determinó por la medición de la cantidad del mismo.

Consumo de combustible en la jornada: 3382.250 L

$$\text{Consumo de Diésel x toneladas / bultos} \quad 1,462 \text{ L/t} \times 2312,610 \text{ t} / 128 \text{ Bultos} = 26,41 \text{ L/bultos}$$

$$\text{Consumo de Combustible x tiempo productivo} \quad 1,462 \text{ L/t} \times 29,062 \text{ t/h} = 42,488 \text{ L/h}$$

**Consumo de combustible por toneladas cosechadas  $C_e$  (L /t).**

$$C_e = (C/Q)$$

$$C = 3382,250 \text{ L.}$$

$$C_e = (3382,250 \text{ L}/2312,610 \text{ t})$$

$$C_e = 1,462 \text{ L/t}$$

Consumo de aceite hidráulico (Litros). Se obtiene de la misma forma que para el consumo de combustibles.

Consumo de Aceite Hidráulico: 85,000 L.

## 2.2.6 Cálculo de los indicadores técnicos de la cosechadora de caña CCA5000 en Majibacoa.

Coefficiente de pases de trabajo  $K_{21}$ .

$$K_{21} = T_1 / (T_1 + T_{21})$$

$$K_{21} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 11,907 \text{ h})$$

$$K_{21} = 0,789$$

Coeficiente de traslado  $K_{22}$ .

$$K_{22} = T_1 / (T_1 + T_{22})$$

$$K_{22} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 0,000 \text{ h})$$

$$K_{22} = 1,000$$

Coeficiente de pases de servicios tecnológico  $K_{23}$ .

$$K_{23} = T_1 / (T_1 + T_{23})$$

$$K_{23} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 0,000 \text{ h})$$

$$K_{23} = 1,000$$

Coeficiente de mantenimiento técnico  $K_{31}$ .

$$K_{31} = T_1 / (T_1 + T_{31})$$

$$K_{31} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 11,916 \text{ h})$$

$$K_{31} = 0,789$$

Coeficiente de utilización del tiempo productivo  $K_{04}$ .

$$K_{04} = T_1 / T_{04}$$

$$K_{04} = 44,690 \text{ h} / 79,576 \text{ h}$$

$$K_{04} = 0,562$$

Coeficiente de seguridad tecnológica  $K_{41}$ .

$$K_{41} = T_1 / (T_1 + T_{41})$$

$$K_{41} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 1,729 \text{ h})$$

$$K_{41} = 0,963$$

Coeficiente de seguridad técnica  $K_{42}$ .

$$K_{42} = T_1 / (T_1 + T_{42})$$

$$K_{42} = 44,690 \text{ h} / (44,690 \text{ h} + 6,295 \text{ h})$$

$$K_{42} = 0,877$$

Coeficiente de utilización del tiempo explotativo  $K_{07}$

$$K_{07} = T_1 / T_{07}$$

$$K_{07} = 44,690 \text{ h} / 88,476 \text{ h}$$

$K_{07} = 0,505$ 

### 2.3 Análisis de los resultados obtenidos.

Tabla 2.4. Tiempos obtenidos en el cronometraje

Tiempo	Símbolo	Valor (h)	%
Principal o limpio	T1	44,690	31,78
Auxiliar	T2	11,907	8,47
De operaciones técnicas	T3	11,916	8,47
De fallos	T4	11,063	7,87
De necesidades personales	T5	1,822	1,29
De traslados	T6	7,078	5,03
Mant. técnico de los medios de transporte	T7	0,000	0,00
De paradas por causas ajenas a la máquina	T8	52,134	37,08
Tiempo Perdido Imputable a la máquina	TI	11,500	8,18
Tiempo Perdido No Imputable a la máquina	TNI	72,513	51,57
Tiempo general de observación	Tg	140,610	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.4 se desglosan todos los tiempos cronometrados durante el período evaluativo, en ella se puede observar como el tiempo limpio de trabajo (T1) representó el 31,78% del total observado con un promedio de 44,690 h, valor que, aunque aumentó con respecto al de la zafra anterior, continúa siendo bajo producto a la falta de transporte, eliminación de fallos técnicos, entre otros, a causa de los problemas organizativos existentes.

El tiempo auxiliar (T2) representó el 8,47% valor que pudo ser más bajo teniendo en cuenta que algunos de campos no eran rectangulares y tenían pequeñas carreras a los lados lo que trajo consigo que la máquina tuviera que realizar más virajes.

El tiempo de realización de operaciones técnicas (T3) representó el 8,47%, debido a que se incumple con las normas del mantenimiento técnico diario en tiempo y en operaciones, el tiempo empleado en los mantenimientos técnicos diarios fue de 46 min, por debajo de los 60 min establecidos en la tarea técnica como tiempo mínimo, se violaron pasos (engrase, ajustes,

regulaciones, etc.), acelerando el desgaste de partes y piezas que reducen la vida útil de la máquina, aumentan los costos y disminuye la capacidad productiva.

El tiempo de fallos (T4) representó el 7,87%, resaltando en este los fallos técnicos por el tiempo invertido en eliminarlos en el área, así como la espera de piezas a reparar en el taller.

El Tiempo de descanso y necesidades del personal de servicio de la máquina en prueba (T5) representó el 1,29%.

El tiempo de traslado en vacío (T6) representó el 5,03%, ya que fueron pocas las veces que se tuvo que trasladar la máquina hacia el taller para eliminar los fallos.

El tiempo de mantenimiento o reparación de los medios de transporte (T7), representó el 0.00%.

El tiempo de paradas por causas ajenas a la máquina (T8) representó el 37,08% a causa de las paradas por problemas organizativo, reflejado en la falta de transporte de carga, roturas por obstáculos dentro del campo, interrupciones en la industria, espera para cambiar de medio de transporte durante el proceso de cosecha, falta de combustible y de aceite hidráulico.

Tiempo perdido no imputable a la máquina (TNI) representando el 51,57% fue el mayor producto a la falta de organización, tiempos de operaciones técnicas, falta de transporte, falta de piezas de repuesto, entre otros.

Tabla 2.5. Resultados de los indicadores de explotación de la cosechadora de caña CCA-5000 en Majibacoa.

<b>Coeficientes</b>	<b>Código</b>	<b>Productividad (t/h)</b>
Productividad por hora de tiempo limpio	W <sub>01</sub>	51,748
Productividad por hora de tiempo efectivo	W <sub>021</sub>	40,861
Productividad por hora de tiempo operativo	W <sub>02</sub>	40,861
Productividad por hora de tiempo productivo	W <sub>04</sub>	29,062
Productividad por hora de tiempo de explotación	W <sub>07</sub>	26,138
Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos	W <sub>t</sub>	29,874
Productividad por jornada	W <sub>g</sub>	16,447

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.5 se puede observar el comportamiento de los indicadores de explotación de la máquina. Como se aprecia en la actual contienda la máquina que se cronometró tuvo el indicador de rendimiento por hora de tiempo limpio (tiempo en que la máquina se mantiene cosechando) de 51.748 t/h inferior a la máquina anterior puesta en prueba en Matanzas en la zafra 2015/2016, que alcanzó 55.71 t/h, debido a los bajos rendimientos agrícolas de los campos donde se desempeñó la evaluación, a la incidencia de los fallos técnicos y la falta de recursos para su solución inmediata obligaron a permanecer inactiva la máquina. Aunque el resultado obtenido fue superior al establecido en la tarea técnica que es de 50 t/h.

El indicador de rendimiento por hora de tiempo efectivo que incluye el tiempo limpio más el viraje fue de 40.861 t/h contra 45.65 t/h en la zafra anterior, debido a que el tiempo efectivo de la prueba precedente fue mayor al de la prueba anterior.

La productividad por hora de tiempo productivo que incluye el tiempo limpio, el tiempo auxiliar, el tiempo de operaciones técnicas y el tiempo para eliminar fallos fue de 29,062 t/h, el resultado obtenido es bajo comparado con el de la zafra anterior de 29.34 t/h, ya que se producen muchas interrupciones que afectan la permanencia de la máquina en la cosecha.

Para lograr el buen desempeño de una máquina, además de asegurar las condiciones óptimas de los campos de caña se debe garantizar toda la logística necesaria para garantizar la cosecha continua y ejecutar un mantenimiento adecuado para asegurar las condiciones técnicas de la cosechadora dentro de los parámetros establecidos, además de poder reducir el tiempo de eliminación de fallos e incorrecciones.

Tabla 2.6. Consumo de combustible y aceite hidráulico.

Denominación	Valor
Consumo de aceite hidráulico	85,000 L
Consumo de combustible	3382,250 L
Consumo de Diésel por bultos	26,41 L/bultos
Consumo de combustible por tiempo productivo	42,488 L/h
Consumo de Diésel por toneladas cosechadas	1,462 L/t

Fuente: Elaboración propia

El consumo de combustible establecido en la tarea técnica es de 1.2 l/t, bajo cronometraje en condiciones de explotación la máquina alcanzó 1.462 l/t. Los aspectos que incidieron

negativamente en el comportamiento de este indicador fueron el bajo rendimiento de los campos, la lejanía entre los campos en proceso de cosecha, el mal estado de las guardarrayas, el área dispuesta para el mantenimiento y el parqueo está relativamente lejos a lo dispuesto por la reglamentación y la mala sincronización de las revoluciones de trabajo.

Tabla 2.7. Resultados de los indicadores técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000 en la zafra 2016/2017 en Majibacoa.

Coeficientes	Código	Valor
Coeficiente de pases de trabajo	K <sub>21</sub>	0,789
Coeficiente de traslado	K <sub>22</sub>	1,000
Coeficiente de pases de servicios tecnológico	K <sub>23</sub>	1,000
Coeficiente de mantenimiento técnico	K <sub>31</sub>	0,789
Coeficiente de utilización del tiempo productivo	K <sub>04</sub>	0,562
Coeficiente de seguridad tecnológica	K <sub>41</sub>	0,963
Coeficiente de seguridad técnica	K <sub>42</sub>	0,877
Coeficiente de utilización del tiempo explotativo	K <sub>07</sub>	0,505

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.7 se pueden observar los indicadores técnicos obtenidos en la zafra 2016/2017, donde el Coeficiente de pases de Trabajo resultó bajo dado que se cosechó en campos no rectangulares donde el tiempo de trabajo principal se reduce porque las hileras de caña se van acortando, con virajes en tramos más cortos. También influyó el mal estado de las cabeceras de los campos, que aumentaron el tiempo de viraje

El Coeficiente de Servicios Tecnológicos satisface las expectativas ya que se minimizaron las operaciones de regulación de los órganos de trabajo durante la cosecha.

El Coeficiente de Utilización del Tiempo Productivo es bajo debido a la pérdida de tiempo empleados en solucionar los fallos.

El coeficiente de seguridad técnica fue de 0.877 aunque quedo por debajo de la tarea técnica, fue superior al prototipo que llegó a 0.72 y a la primera generación de la serie cero que fue de 0.84 que fue probada en la zafra anterior, las causas fundamentales que incidieron estuvieron centradas en los fallos por mala calidad de los neumáticos, calidad de los aceros utilizados en

la fabricación, instalación hidráulica deficiente en el hidromotor del cortador base, piedras y objetos en los campos que provocaron roturas imprevistas.

El coeficiente de seguridad tecnológica obtenido fue 0.963 por debajo del fijado en la tarea técnica (0.98), afectado en la primera etapa por los atoros del picador al disminuir las revoluciones del motor de combustión interna por deficiencias en la alimentación de combustible.

## 2.4 Comparación de los resultados obtenidos en las zafas 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

Tabla 2.8. Resultados de los indicadores de explotación de la cosechadora de caña de azúcar CCA-5000 en las zafas 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

Denominación	Símbolo	Productividad (t/h)			
		2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Productividad por hora de tiempo limpio	W <sub>01</sub>	34,13	58,32	55,711	51,748
Productividad por hora de tiempo efectivo	W <sub>021</sub>	28,55	50,02	45,649	40,861
Productividad por hora de tiempo operativo	W <sub>02</sub>	27,49	49,21	45,337	40,861
Productividad por hora de tiempo productivo	W <sub>04</sub>	14,91	29,48	29,337	29,062
Productividad por hora de tiempo de explotación	W <sub>07</sub>	12,61	26,88	26,881	26,138
Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos	W <sub>t</sub>	15,95	34,46	32,097	29,874
Productividad por jornada	W <sub>g</sub>	9,11	17,38	18,471	16,447

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.8 se puede observar el comportamiento de los indicadores de explotación de la máquina en las zafas notándose una diferencia significativa, a causa de que las condiciones agrotécnicas y explotativas fueron diferentes, en la zafra 2016/2017 la productividad por hora de tiempo limpio aumento con respecto a la tarea técnica, solamente fue mayor que el obtenido en la zafra del 2013/2014, comparado con las del 2014/2015 y 2015/2016 obtuvo un resultado

menor, esto por el bajo rendimiento de los campos de caña y no se previó garantizar toda la logística necesaria para garantizar la cosecha continua. La productividad por hora de tiempo efectivo que incluye el tiempo limpio más el viraje fue de 40,861 t/h siendo mayor que 28,55 t/h obtenido en la zafra 2013/2014 y siendo menor que los obtenidos en las dos zafras anteriores.

La productividad por hora de tiempo operativo que incluye el tiempo limpio más el auxiliar, en la zafra 2016/2017 el resultado quedo por debajo de los obtenidos en las dos zafras anteriores. La productividad por hora de tiempo productivo que incluye el tiempo limpio, el tiempo auxiliar, el tiempo de operaciones técnicas y el tiempo para eliminar fallos fue de 29,062 t/h a pesar de la considerable mejora que tuvo, no fue lo esperado, al producirse muchas interrupciones que afectaron la permanencia de la máquina en la cosecha.

La productividad por hora de tiempo de turno sin fallos, por hora de tiempo de explotación y por jornada, no fueron los ideales, esto debido a las condiciones no mecanizables de los campos, a la falta de organización y demás fallos técnicos de la máquina.

Tabla 2.9. Resultado consumo de combustible y aceite hidráulico en las zafras 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

Denominación	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Consumo de aceite hidráulico	91,000 L	150,000 L	120,000 L	85,000 L
Consumo de combustible	8615,000 L	9377,000 L	3523.000 L	3382,250 L
Consumo de Diésel por bultos	14,439 L/bultos	14,058 L/bultos	33,875 L/bultos	26,41 L/bultos
Consumo de combustible por tiempo productivo	34,518 L/h	40,783 L/h	49,579 L/h	42,488 L/h
Consumo de Diésel por toneladas cosechadas	2,315 L/t	1,383 L/t	1,690 L/t	1,462 L/t

Fuente: Elaboración propia

El consumo de combustible establecido en la tarea técnica es de 1.2 l/t, bajo cronometraje en condiciones de explotación la máquina alcanzó 1.462 l/t, inferior al valor alcanzado en las pruebas realizadas en la zafra anterior en Matanzas que alcanzó 1.69 l/t. En estas pruebas

desarrolladas en diferentes provincias y condiciones se comprobó que la máquina objeto de investigación alcanza los mejores resultados en rendimientos agrícolas por encima de 50 t/ha, ya que en ambos casos el índice estuvo próximo al fijado, comprobándose que en rendimientos agrícolas de menos de 50 t/h la cosechadora de caña CCA5000 no alcanza su máxima eficiencia, como se establece en la tarea técnica.

Tabla 2.10. Resultados de los indicadores técnicos de la cosechadora de caña de azúcar CCA-5000 en las zafras 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

Denominación	Símbolo	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Coeficiente de pases de trabajo	K <sub>21</sub>	0,836	0,857	0,819	0,789
Coeficiente de traslado	K <sub>22</sub>	0,988	0,989	0,991	1,000
Coeficiente de pases de servicios tecnológicos	K <sub>23</sub>	0,966	0,99	1,000	1,000
Coeficiente de mantenimiento técnico	K <sub>31</sub>	0,73	0,782	0,749	0,789
Coeficiente de utilización del tiempo productivo	K <sub>04</sub>	0,436	0,505	0,527	0,562
Coeficiente de seguridad tecnológica	K <sub>41</sub>	0,964	0,97	0,989	0,963
Coeficiente de seguridad técnica	K <sub>42</sub>	0,806	0,717	0,839	0,876
Coeficiente de utilización del tiempo explotativo	K <sub>07</sub>	0,369	0,461	0,483	0,505

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.10 se pueden observar los indicadores técnicos obtenidos en las zafras. El coeficiente de seguridad tecnológica fue en aumento de 0,964 a 0,989, aunque el de la zafra presente todavía no llega al fijado en la tarea técnica que es de 0,98, a causa de lo referido en la tabla 2.7.

El coeficiente de seguridad técnica fue otro comportamiento negativo, aunque quedo por debajo de la tarea técnica (0,95), fue superior al prototipo que al llegar a 0,806 decreció a 0.72

y a la primera generación de la serie cero que fue de 0.84. Como se puede apreciar los demás coeficientes tuvieron un comportamiento positivo.

## **2.5 IMPACTO AMBIENTAL**

Uno de los daños que provocaría el uso de la cosechadora sería la compactación de los suelos a causa del peso de la misma, dificultando la fertilidad y el crecimiento de las raíces de las plantas de caña. Los ruidos, vibraciones, gases contaminantes, el derrame de combustible y lubricantes en los capos producto de la reparación y mantenimientos realizados en estos, son otros de los efectos perjudiciales sobre el medio. El derrame de aceite trae efectos perjudiciales sobre el medio ambiente se debe trabajar por garantizar la estanqueidad y protección de los elementos del sistema hidráulico, esta situación mejoró extraordinariamente con relación al prototipo al utilizar mangueras más resistentes y cambiarse un número considerable por tuberías rígidas. También se debe lograr un correcto ajuste de las uniones atornilladas para evitar la caída de los elementos mecánico en los campos, no solo por ser contaminantes sino por los propios perjuicios que les acarrearán a los órganos de trabajo de las máquinas cuando realizan su labor en el campo. La calidad de los componentes empleados en la fabricación de esta influye en la disminución del derrame de aceites y lubricantes, así como se deben adoptar todas las medidas durante la explotación, ya que la mayor cantidad de aceite que se derrama ocurre por falta de exigencia y cuidado.

## CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se lograron determinar los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en Majibacoa, arribando a las siguientes conclusiones:

1. Se determinan los valores de los indicadores tecnológicos explotativos de la cosechadora de caña CCA-5000 en las pruebas realizadas en el municipio Majibacoa de la provincia de Las Tunas.
2. El tiempo principal de cosecha  $T_1 = 44,690$  h, representando el 31,78 % constituye un valor bajo para este tipo de tecnología, el 59,75% corresponde al tiempo perdido y al tiempo operativo corresponde el 40,25%. Los tiempos perdidos no imputables a la máquina (TNI) representaron el 51,57% a causa de operaciones técnicas, la falta de transporte y la falta de piezas de repuesto, todo esto producto falta de organización.
3. Se obtuvieron los valores de los Indicadores de explotación que, aunque no fueron los deseados dado a las malas condiciones de los campos y la falta de organización en la cosecha, se observa como resultados más importantes, la productividad por hora de tiempo limpio que supera al especificado en la tarea técnica (50 t/h), con un valor de 51,748 t/h.

4. El coeficiente de seguridad técnica de la cosechadora de caña CCA-5000 puesta en prueba en Majibacoa, con un valor de 0,877 fue el mayor obtenido en las zafras evaluadas sigue por debajo del especificado en la tarea técnica (0,95), continúa siendo un valor negativo, centrado principalmente en los fallos por mala calidad de los neumáticos, calidad de los aceros utilizados en la fabricación, instalación hidráulica deficiente en el hidromotor del cortador base, piedras y objetos en los campos que provocaron roturas imprevistas.
5. El coeficiente de seguridad tecnológica obtenido fue 0,963 por debajo del fijado en la tarea técnica (0,98), afectado en la primera etapa por los atoros del picador al disminuir las revoluciones del motor de combustión interna por deficiencias en la alimentación de combustible, el gasto de combustible que pasó de 2,315 L/t a 1,46 L/t, todavía continúa por encima de la tarea técnica (1,2 L/t), se comprobó mediante la prueba del litro que en rendimientos agrícolas de menos de 50 t/h la cosechadora de caña CCA-5000 no alcanza su máxima eficiencia.
6. Los indicadores tecnológicos explotativos obtenidos en la provincia de Matanzas fueron mejores que los obtenidos en la provincia de Las Tunas debido a que los campos cumplían con el rendimiento especificado en la tarea técnica (50 y 130 t/ha), y los campos cosechados en la UEB Majibacoa no cumplían con el rendimiento especificado, no se contó con la logística necesaria para la cosecha, la falta de organización y la inexperiencia de los operadores fueron otros factores que incidieron en los bajos resultados de productividad de la máquina.

## RECOMENDACIONES

1. Dando continuidad al desarrollo de la cosechadora de caña cubana CCA 5000 y partiendo de los resultados obtenidos hacer modificaciones al proyecto que garanticen la solución de los problemas presentados para que se ejecuten en las máquinas que se fabricarán y pondrán en explotación en la próxima zafra.
2. El fabricante del motor YUCHAI debe lograr que este entregue de forma estable la potencia exigida en el proyecto con un consumo mínimo de combustible. Si no es posible cambiarlo por otro que garantice el cumplimiento del proceso tecnológico.
3. Seleccionar una máquina de las que se fabricarán este año para ser sometida a explotación bajo cronometraje con todas las condiciones que se requieren para la cosecha mecanizada y poder determinar las potencialidades de la cosechadora.
4. Garantizar recursos materiales, humanos y otros aseguramientos necesarios que permitan el desarrollo satisfactorio de los ensayos que se efectuaran en la próxima etapa.
5. Garantizar campos mecanizables con rendimientos agrícolas entre 50 y 130 ton como se establece en la tarea técnica para realizar las evaluaciones a la máquina bajo control.
6. Cumplir las estrategias ambientales vigentes para proteger los suelos y los cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Sánchez, V. [2014]. "Optimización de la producción, cosecha y transporte de la caña de azúcar".
2. Alejandro Jiménez, S. [2016]. "Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Mecánico. "
3. Caña de azúcar, disponible en <http://www.botanical-online.com/medicinalscanadeazucar.htm>. Consultado en 2017.
4. CEDEMA [2016]. "Cosechadora de caña autopropulsada CCA- 5000."
5. CEDEMA [2017]. "Programa de pruebas a la serie cero de la cosechadora CCA-5000."
6. CEDEMA [2017]. Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000.
7. CEDEMA [2017]. Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000.
8. CEDEMA [2017]. Tarea técnica de la cosechadora de caña CCA-5000.
9. Colás Romero, V. [2002]. Evaluación tecnológica explotativa del prototipo de cosechadora cañera KTP-4000., Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".
10. Colón Zaldívar, I. A. [2011]. Evaluación de algunos indicadores tecnológico - explotativos del tractor YUMZ – 6AM y el surcador SA – 2 en la labor de surcado, para el acanterado en semilleros de cultivos hortícolas. Departamento de Mecanización Universidad de Granma.
11. "Cosechadoras de cañas". From [http://www.ecured.cu/index.php/Cosechadoras\\_de\\_ca%C3%B1a](http://www.ecured.cu/index.php/Cosechadoras_de_ca%C3%B1a).
12. De las Cuevas Milán, H. R. o. [2014]. "Evaluación tecnológica y de explotación de la combinada de caña CAMECO".
13. Eduardo Cardona, M. [2016]. "Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Mecánico ".

14. García Cuba, Y. [2011]. Valoración tecnológica explotativa de las máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar utilizadas en Cuba.
15. González, M. o. [2010]. "Principales variedades de caña propagadas en Cuba al cierre del 2008".
16. González, R. M. o. [2010]. "Censo de variedades de Caña de azúcar Cultivadas en Cuba al Cierre del 2010".
17. Gutiérrez Rodríguez, F. o. [2004]. "Evaluación tecnológico-explotativa del conjunto multirrado-tractor J. D. modelo 4235, en la labor de preparación primaria de un suelo vertisol".
18. Iani Pacheco, G. "Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar para las condiciones explotativas de Venezuela".
19. Ibis, j. O. [2010]. Conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. La Habana, Cuba.
20. INICA, I. N. D. I. D. L. C. D. A. "azúcar." from file:///G:/azucar.htm.
21. Johann, M. [2014]. "Sistema informático para la evaluación de máquinas cosechadoras de caña de azúcar".
22. Lebeque Simón, F. O. [1997]. Tesis presentada para optar por el Grado Científico de Master en Ingeniería de Máquinas Agrícolas. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".
23. Lebeque Simón, F. o. [1997]. "Metodología para la evaluación tecnológica-explotativa y de fiabilidad".
24. Linnaeus, C. v. [1753]. "Caña de azúcar." from [http://www.ecured.cu/index.php/Caña de azúcar.](http://www.ecured.cu/index.php/Caña%20de%20azúcar)
25. Marquetti Nodarse, H. [2001]. "Los retos de la recuperación de la industria azucarera cubana".
26. Matos Ramírez, N. o. [2014]. "Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha – transporte – recepción de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera Argentina." Revista de Ciencia y Técnica Agrícola vol.23 no.2 San José de las Lajas abr.-jun. 2014.

27. Matos Ramírez, N. [2010]. "Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000." Revista de Ciencia y Técnica Agrícola v.19 n.4 San José de las Lajas oct.-dic. 2010.
28. MINAZ [2009]. "Tarea Técnica. Requisitos que debe cumplir la Cosechadora de Caña de Azúcar de Nuevo Tipo." Ciudad de la Habana, 12 de Agosto del 2009.
29. Miranda López, R. [2009]. Validación experimental a la cosechadora KTP 3S por un sistema autopropulsado., Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya.
30. "Mecanización agrícola azucarera en Cuba." from [http://www.ecured.cu/index.php/Mecanización agrícola azucarera](http://www.ecured.cu/index.php/Mecanización_agrícola_azucarera).
31. NC ISO 8210: 2005. Metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de efectividad tecnológico explotativo de las máquinas agropecuarias y forestales, sometidas a pruebas estatales.
32. Pérez Torres, Y. [2013]. Proyecto para establecer una estación de ensayos experimentales para Máquinas Agrícolas., Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya.
33. Pino, J. [2009]. "Sistema integral de pruebas para cosechadoras de caña de azúcar." Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya" Facultad de Ingeniería 2009.
34. Pino, J. C. "Metodología para la evaluación de cosechadoras de caña de azúcar".
35. Rodríguez Espinosa, F. L. [2009]. "Impacto de las cosechadoras KTP-2M y su incidencia en los rendimientos productivos del pelotón de corte mecanizado en la unidad básica de producción cooperativa (UBPC) "EL NOVILLO" de la empresa azucarera "30 de noviembre". " Revista de ciencia Avances, CIGET Pinar del Rio Vol.11No.3 Julio-Septiembre 2009.
36. Santiago Hernández, M. [2013]. "Ficha Técnica: Caña de Azúcar ".
37. Santiesteban Almarales, L. (2015). "Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Mecánico ".
38. Simón, L. o. [1997]. "Sistema Integral de Pruebas.". Santiago Hernández, M. [2013]. "Ficha Técnica: Caña de Azúcar ".
39. Tuero, S. o. [2010]. "Censo de variedades de Caña de azúcar Cultivadas en Cuba al Cierre del 2010".
40. Uttaro Nardone, F. o. [2015]. "Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora



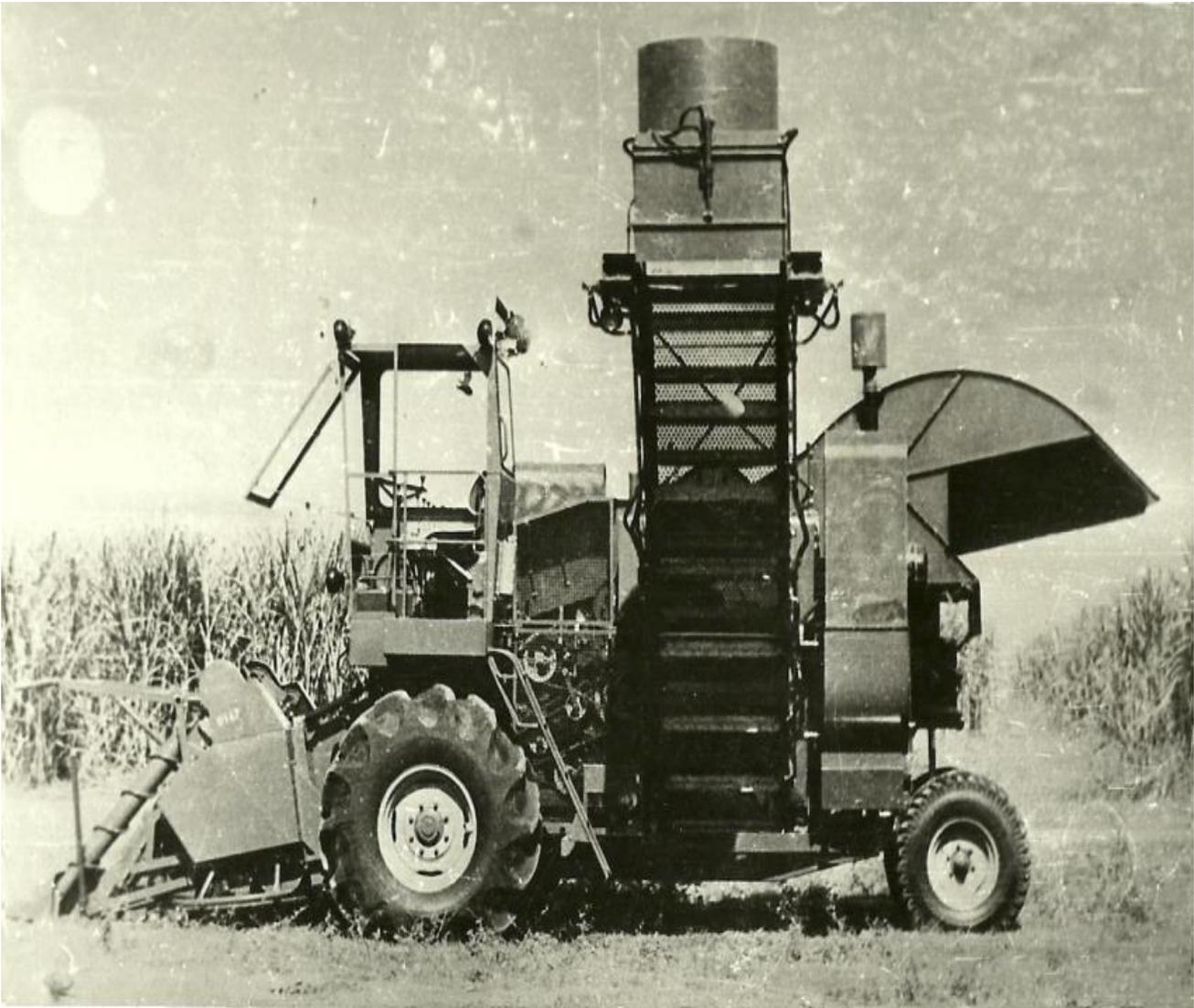
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. +53 24 48 2501 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)  
Case 7000 en el Estado Trujillo, Venezuela".

## ANEXOS

### ANEXO A. MÁQUINA LIBERTADORA





UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. +53 24 48 2501 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

## ANEXO B. MÁQUINA KTP-1

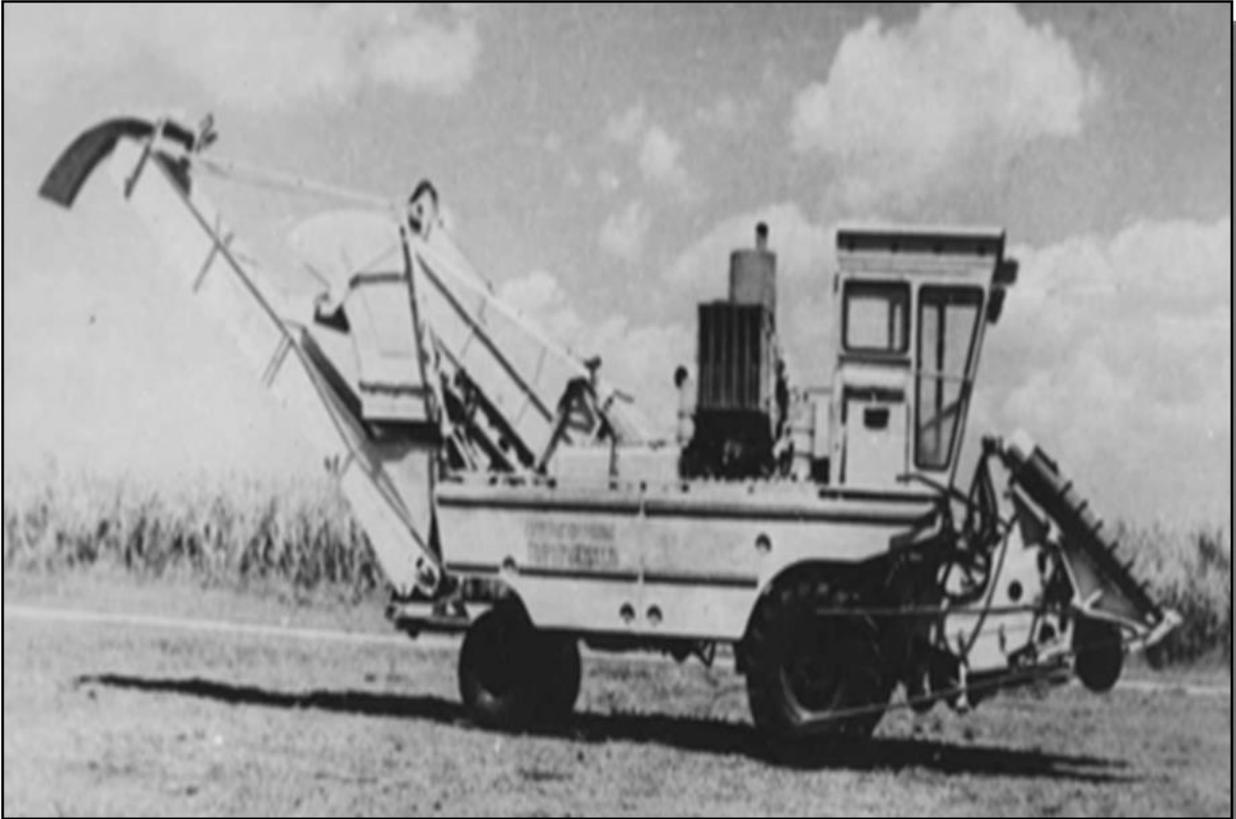




UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. +53 24 48 2501 [www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

**ANEXO C. MÁQUINA KTP-2**



## ANEXO D. MÁQUINA KTP-2M



## ANEXO E. MÁQUINA KTP – 3S.

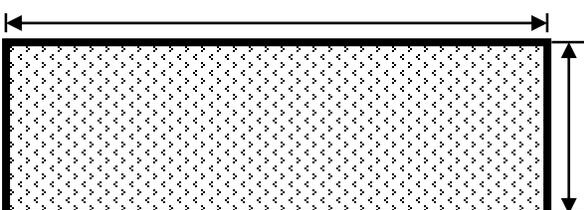


**ANEXO F. PROTOTIPO DE MÁQUINA COSECHADORA DE CAÑA MODELO KORTEP.**



## **Anexo G. Modelo 1**



<b>CRONOCARTA</b>				<b>No</b>		
<b>Tipo de máquina u equipo</b>		<b>Número de serie o modelo</b>		<b>Fecha:</b>		
				<b>D</b>	<b>M</b>	<b>A</b>
<b>Nombre del operador</b>		<b>Nombre del cronometrista</b>				
<b>UAPA</b>		<b>UBPC - CPA</b>		<b>Bloque</b>		<b>Campo</b>
<b>Labor</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Variedad</b>		<b>Observación</b>		
<b>Volumen de producción</b>		<b>Rendimiento agrícola</b>		<b>Observación</b>		
<b>Datos para determinar la velocidad de trabajo</b>						
<b>Distancia establecida (m)</b>						
<b>Tiempo de recorrido (seg)</b>						
<b>Control de los consumos de combustible diesel</b>						
<b>Había</b>	<b>Agregado</b>	<b>Quedaron</b>	<b>Trabajando</b>	<b>Traslados</b>		
<b>Control de los consumos de aceite hidráulico</b>						
<b>Había</b>	<b>Agregado</b>	<b>Quedaron</b>	<b>Trabajando</b>	<b>Traslados</b>		
<b>Control de la parcela</b>						
<b>Indique las dimensiones del campo y la trayectoria seguida por la máquina.</b>			<b>Surcos</b>			
			<b>Largo</b>			
			<b>Distancia</b>			
			<b>Cantidad</b>			
			<b>Medios de transporte</b>			
			<b>Tipo</b>			

