



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Pasantías

Afectaciones físicas ocasionadas por la cosecha
mecanizada de caña azúcar (*Saccharum officinarum* L.),
frente de corte número 1, Ingenio Montelimar, San
Rafael del Sur, Managua 2018-2019

Autor

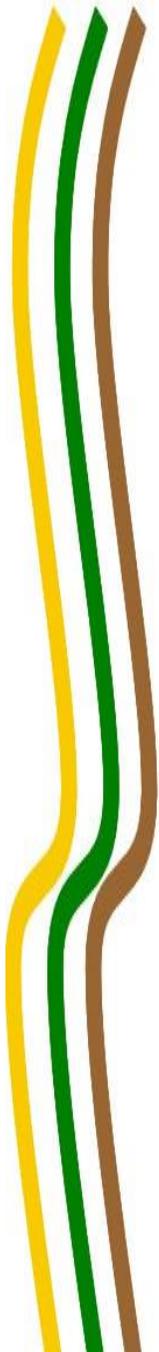
Br. Edwin Antonio Gutiérrez Hernández

Asesores

Ing. MSc. Rebeca del Carmen González Godínez
Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. Aldrin Jair Picado Rivera

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2020





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Pasantías

Afectaciones físicas ocasionadas por la cosecha
mecanizada de caña azúcar (*Saccharum officinarum* L.),
frente de corte número 1, Ingenio Montelimar, San
Rafael del Sur, Managua 2018-2019

Autor

Br. Edwin Antonio Gutiérrez Hernández

Asesores

Ing. MSc. Rebeca del Carmen González Godínez

Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Ing. Aldrin Jair Picado Rivera

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrícola

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2020

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola

Miembros del Tribunal Examinador

MSc. José Adolfo González
Presidente

Ing. Norland Méndez Zelaya
Secretario

Ing. Kevin Barberena Ruiz
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna FAGRO, 01 de diciembre 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, primeramente, a Dios todo poderoso por haberme regalado la fortaleza para lograr mis objetivos, además de su infinito amor y misericordia.

A mis padres Cesar Gutiérrez Flores y Marisol Hernández García por su apoyo y confianza en todo momento.

A mi gran amigo John Luck Carroll por ser ejemplo de perseverancia, dedicación y constante motivación.

Br. Edwin Antonio Gutiérrez Hernández.

AGRADECIMIENTO

A Dios creador de los cielos y la tierra, por haberme permitido finalizar mi trabajo de graduación.

A mi familia por todo su apoyo, esfuerzo y motivación a lo largo de mi vida.

A mis asesores, Ing. Henry Duarte, MSc. Rebeca del Carmen González Godínez, e Ing. Aldrin Jair Picado Rivera por brindar parte de su tiempo y apoyo en la realización del informe.

Agradezco a los maestros de la Universidad Nacional Agraria (UNA) por darme la oportunidad de formarme como profesional.

Agradezco a Ingenio Montelimar, por brindarme la oportunidad de realizar mis pasantías en su organización, por los valiosos conocimientos obtenidos que pondré en práctica en futuros trabajos.

Expreso mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron y contribuyeron durante el tiempo que duro mi estudio.

Br. Edwin Antonio Gutiérrez Hernández.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN		PÁGINA
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	ii
	ÍNDICE DE CUADROS	iii
	ÍNDICE DE FIGURAS	iv
	ÍNDICE DE ANEXOS	v
	RESUMEN	vi
	ABSTRACT EXECUTIVE	vii
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo general	3
	2.2 Objetivos específicos	3
III	CARACTERIZACIÓN DEL INGENIO MONTELIMAR	4
	3.1 Ubicación de la Pasantía	4
	3.2 Descripción de la Empresa	4
IV	FUNCIONES DEL ÁREA DE TRABAJO	5
	4.1 Gerencia de Agrícola	5
	4.2 Control de calidad y Oportunidad Agrícola (C.C.O.A)	5
	4.3 Producción	5
	4.4 Cosecha	5
V	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO	7
	5.1 Plan de trabajo	7
	5.2 Descripción de las actividades	7
	5.3 El cultivo de caña de azúcar	9
	5.4 Cosecha de Caña de Azúcar	9
	5.5 Planificación de la cosecha	10
	5.6 Cosecha mecanizada del Ingenio Montelimar	11
	5.7 Proceso de corte en la cosechadora de caña	12
	5.8 Partes de la cosechadora John 3520	13
	5.9 Eficiencia de las Cosechadoras	17
	5.10 Factores que disminuyen la eficiencia	18
	5.11 Variedad más Utilizada en el ingenio	19
	5.12 Velocidades usadas en el proceso en el corte	19
	5.13 Daño físico provocados en la cosecha	20
	5.14 Determinación del daño físico	22
	5.15 Correcciones del Daño físico	23
VI	RESULTADOS OBTENIDOS	25
	6.1 Evaluación de las cosechadoras del frente mecanizado uno	25
	6.2 Daños físicos en fincas Cosechadas	26
	6.3 Velocidades de corte permisible	27
	6.4 Deterioro de cuchillas para corte de caña de azúcar	28
VII	CONCLUSIONES	31
VIII	LECCIONES APRENDIDAS	32
IX	RECOMENDACIONES	33
X	LITERATURAS CITADAS	34

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO		PÁGINA
1	Programa de las actividades realizadas durante las pasantías	7
2	Porcentajes de daños provocados por cuchilla, apretamiento y corte chaflán.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Organigrama de Gerencia Agrícola de Montelimar	6
2	Esquema de Cosecha	11
3	Porcentajes de los tipos de cosecha usados en Ingenio Montelimar	11
4	Vistas Vertical y de Fondo del despuntador	13
5	Vista vertical de los divisores	13
6	Guías de los rodillos volteadores	14
7	Movimiento de corte de las cuchillas base	14
8	Posición del rodillo en la cosechadora	15
9	Sistema de Rodillos	15
10	Ubicación de las cuchillas picadoras y sentido de filo	16
11	Vista general del Extractor	16
12	Sistema de Elevador	16
13	Extractor de Cosechadora con el código 77002 marca John Deere modelo 3520	17
14	Estructura de caña afectada por golpe de cuchillas	20
15	Caña cortada verde y quemada afectada por los rodillos	21
16	Trozos de caña fibra dañada	21
17	Esquema de corte y camellones en surcos sencillos del cultivo	22
18	Mantenimiento General de la cosechadora con el código 77002, marca John Deere modelo 3520, esmerilado de cuchilla picadora y reparación de manguera hidráulica	24
19	Porcentajes de daños provocados por las cosechadoras 77002 y 77004	27
20	Daños común en las cuchillas trozadoras	29

ÍNDICES DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Toma de muestra cosechadora 77004	36
2	Muestra de Caña 30.33 kg	36
3	Separación y Pesado de los daños.	37
4	Boleta de Evaluación para daño físico en cosecha mecanizada	37
5	Cosechadora John Deere de código 77004. Se le realiza cambio de aceite hidráulico	38
6	Cosecha finca San Pablo	38
7	Cosecha de finca Montelimar	39
8	Especificaciones técnicas de la cosechadora	40

RESUMEN EJECUTIVO

Las Pasantía son una opción del estudiante donde pone en práctica las competencias desarrolladas durante su proceso formativo, mediante el desempeño de funciones relacionadas con su área disciplinar. El presente trabajo de pasantía se realizó en el Ingenio Montelimar, con la coordinación de los departamentos de control de calidad y cosecha. Con el objetivo de analizar las afectaciones provocadas por la cosecha mecanizada en la caña de azúcar, (*Saccharum officinarum* L.), las cuales son provocadas por los diferentes componentes de las cosechadoras, tales como el daño inducido por cuchillas, apretamiento y corte chaflán. Los daños se obtuvieron mediante muestras de caña cosechada en campo porcentaje de caña con daños y sin daños, estas afectaciones se evaluaron en tres fincas: Loma Alegre, Montelimar y San Pablo. Donde se consideró la velocidad de trabajo a 4 km por hora, 1200 rpm del extractor primario, 900 rpm del extractor secundario y un Angulo de 15° para el cortador base en el modelo de cosechadora John Deere 3520 de códigos 77002 y 77004. Los mayores daños provocados ocurren por cuchilla trozadoras esto se debe al desgaste del filo entre un 3.07 % a 10.41 %, seguido del daño por apretamiento entre el 2.54 % a 8.59 % y con menor afectación el corte chaflán entre 0.00 % a 6.36 %. Las fincas con mayores afectaciones fueron Loma Alegre con un 21.08 % con la cosechadora 77004 y 21.42 % en la cosechadora 77002 en finca San Pablo esto se debe a las condiciones del terreno como es la pendiente y pedregosidad.

Palabras claves: frente mecanizado, daños físicos, corte, alza y transporte, velocidad de trabajo

ABSTRACT EXECUTIVE

Internships are a student option where they put into practice the skills developed during their training process, through the performance of functions related to their disciplinary area. This internship work was carried out at the Montelimar Mill, with the coordination of the quality control and harvest departments. In order to analyze the effects caused by mechanized harvesting in sugarcane (*Saccharum officinarum L.*), which are caused by the different components of the harvesters, such as damage induced by blades, squeezing and chamfer cutting. Damages were obtained through samples of cane harvested in the field, percentage of cane with damage and without damage, these damages were evaluated in three farms: Loma Alleger, Montelimar and San Pablo. Where the working speed was considered at 4 km per hour, 1200 rpm of the primary extractor, 900 rpm of the secondary extractor and an Angle of 15 ° for the base cutter in the John Deere 3520 combine model of codes 77002 and 77004. The biggest Damage caused by chopping blades is due to cutting edge wear between 3.07% to 10.41%, followed by squeezing damage between 2.54% to 8.59% and with less damage the chamfer cut between 0.00% to 6.36%. The farms with the greatest damage were Loma Alegre with 21.08% with the 77004 combine and 21.42% with the 77002 combine at the San Pablo farm, this is due to the conditions of the land such as the slope and rockiness.

Keywords: machined front, physical damage, cutting, lifting and transport, working speed

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), es un cultivo de alta productividad y demanda en el mundo, esta requiere de un sistema de cosecha eficiente que permita abastecer la fábrica de materia prima de alta calidad en el menor tiempo posible. Una alternativa viable para esto es la cosecha mecanizada. El desarrollo de esta tecnología la ha llevado a ser reconocida como una de las más eficientes, sin embargo, ha sido de debate a diversos problemas por la operación que esta requiere condiciones del clima, topografía del terreno, daño a los trozos de caña cosechados, y velocidad de corte, siendo las dos últimas cuestionada. En la medida que se logre una buena integración de las variables anotadas se puede alcanzar el éxito de la cosecha (Mantilla, 2010, p, 24).

El ingenio Montelimar S. A. para la cosecha 2018-2019 cuenta con dos sistemas de cosecha, una es el corte manual combinado con maquinaria para trasportar la caña y el otro es el corte mecanizado este último cuenta con tres grupos conocidos como frentes de cosecha numerados en frente uno, frente dos y frente tres; el frente de corte mecanizado uno cuenta con dos cosechadoras marcas John Deere 3520 de código 77004 y 77002 estas son evaluadas por el departamento de control de calidad para la determinación del daño físico ocasionado a los trozos de caña, estas son documentadas por el departamento y comprobar la calidad de la cosecha.

El porte del cañal con referencia a su desarrollo al momento de la cosecha se identifica como un factor de mucho peso, en cuanto a afectaciones por tipos de daños se refiere en específico por corte chaflán y al incremento de la basura en la cosecha. Como porte me refiero a tres condiciones del cañal: erecto, acostado y acamado. Las dos últimas inducen a las afectaciones, cabe destacar que para estar presente el daño debe existir una densidad de tallos alta, daño por cuchilla de los rodillos picadores estos son muy frecuentes ya que por exceso de trabajo pierden su filo y cortan por golpe, lo que causa daño a los trozos de caña drenando el jugo, las correcciones inmediatas conlleva a reducir las pérdidas de jugo.

Debido a la necesidad de corregir los daños ocasionados por las cosechadoras en el proceso de corte se realizó este estudio con el objetivo de aportar al mejoramiento e información de eficiencia. Brindando la información a los jefes de cosecha para la toma de decisiones es importante mencionar que la principal función de la cosecha mecanizada es reducir desperdicios de materia prima cumpliendo con el momento oportuno de corte en cuanto a la edad de los campos, la calidad en el corte de la caña garantizara un excelente rendimiento en fábrica caso contrario si el corte induce a muchos afectaciones por tal razón es importante mantener un corte de caña ajustados a las condiciones de campo, siguiendo las recomendaciones brindadas por el departamento de cosecha y de control de calidad.

Fue decisión del departamento de cosecha atreves de los jefes de frente estandarizar la velocidad de 4 km por hora en la cosecha de las fincas Loma Alegre, Montelimar y San Pablo, para comprobar las afectaciones inducidas por las cosechadoras es importante mencionar que cada finca presenta condiciones de relieve diferentes la más incidente es la finca San Pablo y Loma Alegre con pendientes de 4 a 6 % en lotes específicos como el SP-10 esto afecta a la cosecha.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar las afectaciones físicas, ocasionada por la cosecha mecanizada en la caña de azúcar, (*Saccharum officinarum* L.) en el frente de corte uno en el ciclo de producción 2018-2019 del Ingenio Montelimar.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los daños físicos ocasionados por los elementos del mecanismo de corte de las máquinas cosechadoras de caña.
- Determinar el porcentaje de daño provocado a una velocidad de 4 km por hora para la cosecha de las fincas Loma Alegre, Montelimar y San Pablo.
- Evaluar la eficiencia de la cosecha mecanizada mediante muestras de caña cortada en las cosechadoras con el código 77002 y 77004 marca John Deere modelo 3520.

III. CARACTERIZACIÓN DEL INGENIO MONTELIMAR

3.1 Ubicación de la Pasantía

Ingenio Montelimar antes Consorcio Naviero Nicaragüense S.A (NAVINIC), ubicado en el km 61.5 carretera a Masachapa es una empresa dedicada al cultivo la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) bajo riego por goteo, mini aspersión e inundación ubicada en el municipio de San Rafael de Sur, departamento de Managua con coordenadas 11° 49' 3.26" latitud norte y 86° 30' 51 10" longitud oeste. Con una altitud de 20 msnm, con temperaturas que oscilan 27 °C y 38 °C anual y precipitaciones de 1100 a 1 500 mm. Cuenta con un área cultivable de 5,493 hectáreas. El 19 de noviembre del 2018 inicio la cosecha o como se le conoce la zafra realizándose la tradicional bendición ecuménica contando con la presencia del principal funcionario de la empresa, y colaboradores. Las palabras de apertura de la zafra estuvieron a cargo del Ing. Oscar Montealegre Reinoso, Gerente General.

3.2 Descripción de la Empresa

En la actualidad ingenio Montelimar es una de las empresas que pertenece a corporación Montelimar la cual se encarga de producir Azúcar blanca estándar con vitamina "A", azúcar crudo, melaza y energía eléctrica a partir del bagazo de caña que procede de los campos cosechados siendo el aporte de 38 megavatios/hora, a la matriz energética de Nicaragua. El ingenio trabaja con 6 zonas de producción las cuales están distribuidas en los departamentos de Rivas, Carazo, Managua, Masaya, Granada y León generando actividades agrícolas y económicas en todos los sectores.

IV. FUNCIONES DEL ÁREA DE TRABAJO

4.1 Gerencia de Agrícola

Destinada a la producción, manejo agronómico, preparación, mantenimiento de la soca (caña de más de un corte), hasta su cosecha, dividida a su vez en departamentos como Ingeniería agrícola, Agronomía, departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola, Diseño de campo y zonas de producción.

4.2 Control de Calidad y Oportunidad Agrícola (C.C.O.A)

Se encarga de evaluar las actividades de campo y la cosecha del cultivo de esta manera asegura el cumplimiento de las políticas de Gerencia Agrícola; la calidad y oportunidad (tiempo adecuado de las actividades) además vela por el cumplimiento e implementación de las certificaciones, ISO 9001 y Buenas Prácticas Agrícolas que son sistemas de gestión enfocados en la calidad e inocuidad para la producción, primera certificación es internacional, la segunda es una certificación nacional; siendo así un ingenio con estándares de producción en el mercado internacional por lo que garantiza un proceso de higiene, seguridad ocupacional de los trabajadores, y la protección al medio ambiente.

4.3 Producción

Conformada por las jefaturas de Ingeniería Agrícola, Agronomía; y Zonas de Producción las cuales se encargan de administrar, coordinar, monitorear, ejecutar y reportar los avances de las actividades realizadas tanto para las renovaciones como el mantenimiento de lotes de caña en producción.

4.4 Cosecha

Encargada de traer la caña de los campos hasta fábrica a través de los cortes semi-mecanizada y corte mecanizado en conjunto con transporte y talleres lo que conlleva un análisis, planificación cuidadosa y exhaustiva para la organización de la cosecha en cada ciclo productivo.

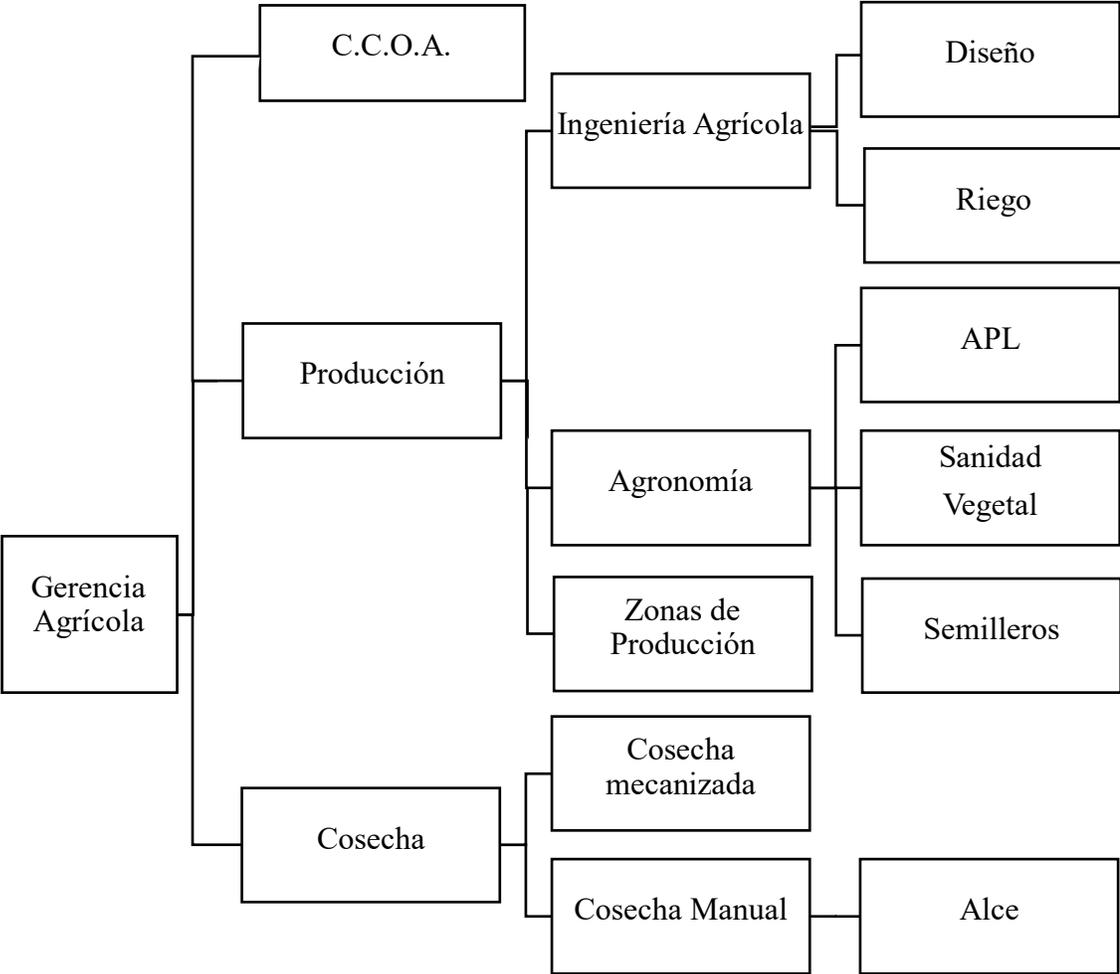


Figura 1. Organigrama de Gerencia Agrícola de Montelimar

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

5.1. Plan de trabajo

Durante el periodo de trabajo que inicio el 17 de septiembre 2018 y culmino el 04 abril 2019, se estableció un plan de trabajo en el que se indican las siguientes actividades a realizar.

Cuadro 1. Programa de las actividades realizadas durante las pasantías

Número	Actividad	Meses	Responsable
1	Apoyo en actividades de campo: Inducción de evaluaciones de campo del departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola.	septiembre	Ing. Aldrin Picado.
2	Ejecución de diagnósticos de fincas en la zona 5 del ingenio (Finca San Pablo)	septiembre- octubre.	Ing. Aldrin Picado.
3	Tabulación de datos recolectados en campo por los supervisores.	octubre.	Ing. Camilo Aragón Castro.
4	Elaboración de plan de trabajo para la cosecha/zafra 2018-2019.	octubre- noviembre.	Ing. Aldrin Picado.
5	Inducción a capacitaciones de uso y manejo de los Equipo de Protección Personal (EPP) y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	noviembre- diciembre	Ing. Aldrin Picado.
6	Evaluación de cosecha a los frentes de corte/cosecha mecanizado y manual.	diciembre.	Ing. Gerald Hernández.
7	Evaluación de las actividades sobre cultivo de la caña de azúcar	enero	Ing. Gerald Hernández.

5.2. Descripción de las actividades

- Apoyo en capacitaciones del personal de actividades de supervisión de campo previo a la cosecha, inspeccionada por el departamento de Control de Calidad y Oportunidad, mediante evaluaciones que proveen información a la Gerencia Agrícola para mejoras del cultivo.
- Se realizó una evaluación diagnóstica de finca para el levantamiento de datos sobre el potencial productivo de cosecha en los campos del cultivo de caña, principalmente en la finca San Pablo ubicado en el departamento de Granada con sesenta y ocho hectáreas en producción; la edad necesaria del cultivo es de 5 a 6 meses, se evalúa la biometría midiendo la longitud y diámetro de tallos para calcular el tonelaje que tiene cada lote.

- Tabulación de los datos recopilados en una hoja Excel que lleva por nombre diagnóstico de finca de 2018-2019. En esta se lleva la trazabilidad de los campos, tales como código de la finca, código de lote, la variedad de caña, tipo de suelo, hectárea del lote, la distancia de surco, el tipo de riego, fuente de riego, la cobertura de maleza, tipo de cosecha que se realizó en el ciclo 2017-2018, despoblación del campo, las longitudes, diámetros de los tallos y número de tallos por metro.
- Elaboración del plan de trabajo para la cosecha 2018-2019, del frente de corte uno, que incluye determinación del porcentaje de daño físico durante la cosecha, con el objetivo evaluar la efectividad del corte mecanizado.
- Se efectuaron capacitaciones al personal de cosecha sobre: El uso de los equipos de protección personal (EPP) que son todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños, que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Y el segundo tema impartido fue sobre las certificaciones que posee el Ingenio Montelimar para comercializar sus productos al mercado internacional, con el fin de contribuir al conocimiento técnico de cada uno de los empleados.
- Se realizó evaluaciones a las actividades pos-cosecha en los lotes en mantenimiento o como se le conoce lotes de caña soca, como lo es la resiembra una práctica cultural para corregir el daño ocasionado por la cosecha garantizando la producción y aplicaciones de herbicida para controlar la maleza en el campo entre otras actividades.

5. 3. El cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una gramínea tropical, pasto gigante. El tallo es la parte esencial para la producción de azúcar, dividido en nudos y entrenudos donde se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en la fábrica se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista azucarero, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander, 1985, p.35).

5.4 Cosecha de Caña de Azúcar

Una de las actividades más importantes que ocupa gran cantidad de mano de obra, maquinaria y otros recursos. Se le conoce como zafra la que se realiza entre los meses de noviembre a inicios de mayo del siguiente año. Su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, garantizando el suministro de caña, en tiempo oportuno y cantidades suficiente a la fábrica, con bajos niveles de materia extraña (especialmente de hojas, maleza raíces, tierra y cepa de caña) conocida como basura en español y trash en inglés, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad.

Larrahondo (1995), consideran que:

la calidad de la caña de azúcar depende de diversos factores como son: la variedad, el grado de maduración, la época de corte, el sistema de cosecha empleado, el contenido de materia extraña presente y el tiempo transcurrido entre el corte y la molienda de la caña en la fábrica (p.50).

El proceso de la cosecha se vincula con la labor agrícola y la industrial, ya que existe una relación entre la molienda y la capacidad de la fábrica, las dos como un conjunto procesan y transforman la materia prima dando valor agregado, por eso es importante que al realizar

la planificación de la cosecha se considere la cantidad de caña disponible en lotes y el balance de recursos a utilizar para que no existan tiempos perdidos que afecten a la fábrica en la elaboración del azúcar (Larrahondo 1995, p. 30)

5.5 Planificación de la cosecha

Según Solares, (2012) explica que la cosecha:

Es una actividad que se realiza con objetivos de cumplir las metas productivas, lo cual requiere agrupar las áreas de producción y logística buscando priorizar y balancear todos los aspectos de maquinaria disponible el transporte de la materia prima. Elaborar el plan de cosecha tomando en cuenta todos los recursos a utilizar para ser precisos en el momento justo. En la planificación de la cosecha se debe contar con un plan de producción contemplando un periodo a mediano plazo(p,31).

La supervisión es vital dentro de los recursos humanos, entre los cuales se pueden mencionar personal del alce con su supervisor y maquinaria para levantar la caña para la cosecha manual. En el caso de los frentes de cosecha mecanizados tienen sus supervisores por turno, operadores de cosechadora, tractoristas de movimiento interno, enganchadores, apuntadores y señalitas (también llamados banderas). Cada una de estas personas cumple una labor específica (Solares, 2012, p.23).

Solares, (2012) explica que:

La cosecha de la caña de azúcar es realizada por diferentes métodos, el sistema de cosecha en una región va a depender de una serie de factores como la topografía, características climáticas, nivel tecnológico, disponibilidad económica y la mano de obra entre otros. A nivel nacional se implementan dos tipos de cosecha en la caña de azúcar, los cuales se clasifica en:

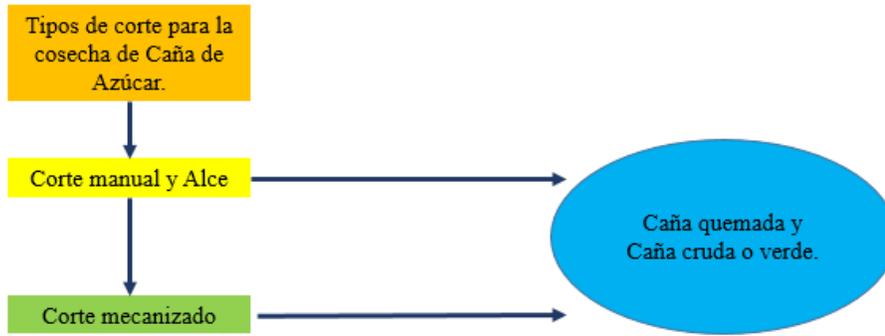


Figura 2. Esquema de Cosecha

5.6 Cosecha mecanizada del Ingenio Montelimar

Es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar es la extracción de la materia prima. El Ingenio Montelimar cuenta con dos sistemas de cosechas una semi-mecanizada (primera etapa el corte de caña atreves del esfuerzo la segunda etapa el alce de la caña cortada) equivalente al 16 % y el sistema mecanizado equivalente al 84 %, de las áreas en producción este último es conocido por frente de corte mecanizados, figura 3.

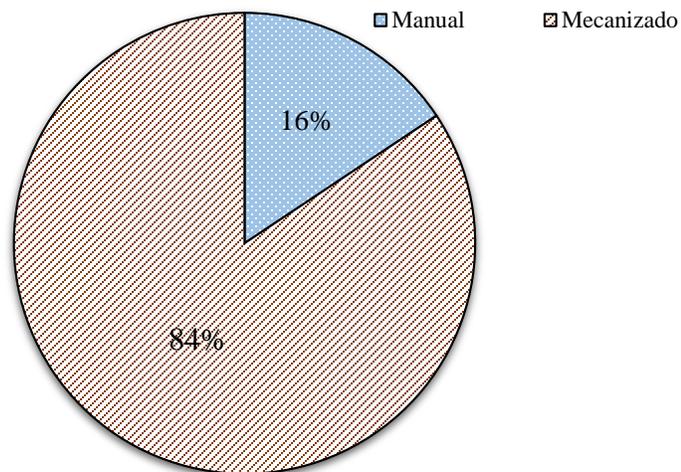


Figura 3. Porcentajes de los tipos de cosecha usados en Ingenio Montelimar

Estos se subdividen en tres grupos, equipados con dos máquinas cosechadoras marca John Deere modelo 3520 y 3522, cinco autos volteos, cuatro tractores de la misma marca y un taller móvil. El taller móvil es un vehículo equipado para realizar mantenimiento y reparaciones a la flota de maquinaria de cada frente.

El frente de corte mecanizado uno realiza su trabajo en tres zonas de producción, la zona uno actividad corte en la finca Loma Alegre con un área de caña de 444.6 ha de las cuales 120 ha son cosechadas, la zona dos en la finca Montelimar con un área de 563.50 ha cosechado un área de 135 ha y la zona 5 en actividad de cosecha en la finca San Pablo con un área de 68.46 ha.

5.7 Proceso de corte en la cosechadora de caña

(Comemo, Industries, Inc, 2000) describe que:

El proceso de circulación de la caña en la cosechadora donde los tambores colectores del despuntador inducen la caña hacia el disco cortador de puntas localizado entre los dos tambores colectores. Los divisores de cosecha se encargan de apartar la caña que se va a cortar de la línea contigua no importa si la caña está erecta o caída. El rodillo tumbador empuja la caña hacia adelante y abajo pasándola al rodillo de aletas, el cual la alinea y la induce a los discos cortadores de base(p,15).

El rodillo pateador, que es el siguiente en pasar la caña, impulsa la caña hacia los rodillos alimentadores los cuales regulan la velocidad de la caña dentro de la máquina, regulando así el largo del trozo al cortarse en los trozadoras. Los rodillos trozadoras dan un corte limpio y uniforme de la caña, utilizando cuchillas opuestas para el corte y lanzando los canutos a la canasta del elevador.

Durante el proceso de picado y lanzado de los canutos a la canasta del elevador, ocurre un paso más: el extractor primario le extrae todas las hojas y tierra de la caña que salió del trozador, arrojándolas fuera de la máquina, antes de que caiga a la canasta del elevador. La caña picada y limpia es transportada por el elevador para ser depositada en el transporte que la espera al otro extremo. Mientras la caña es lanzada al transporte, hay un último paso de limpieza que es el extractor secundario; este le extrae lo poco que queda de hojas y tierra.

5.8. Partes de la cosechadora John Deere 3520

Especificaciones técnicas de la cosechadora, Anexo 9.

➤ **Despuntador**

Corta la paja de la punta conocida como cogollo en el tallo. Posee cuchillas con filo tipo tierra para realizar corte.



Figura 4. Vistas verticales y de fondo del despuntador

➤ **Divisores de Líneas**

Son dos tubos de forma cónica que poseen en su periferia una espiral y que al rotar semejan un tornillo sinfín. Se encarga de arpillar los tallos erectos o acamados que están sobre el surco para conducirlos hacia las cuchillas bases.



Figura 5. Vista vertical de los divisores.

➤ **Rodillo Tumbador (Volteador)**

Empuja la caña hacia adelante para guiarla a los rodillos alimentadores se ajustan desde la cabina.



Figura 6. Guías de los rodillos volteadores

➤ **Cuchillas cortadoras de Base**

Se compone de dos discos con segmentos de cortes, que giran alrededor el uno del otro. Corta el haz de los tallos al nivel del suelo, conduciendo la punta inferior al rodillo levantado son ajustados desde la cabina.

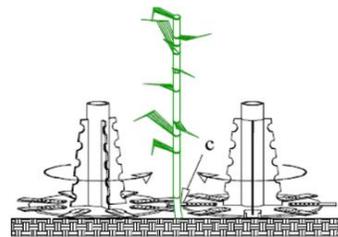


Figura 7. Movimiento de corte de las cuchillas base.

➤ **Rodillo Levantador**

Levanta el haz de caña cortado por las cuchillas base, dirigiéndolo hacia el interior de la máquina hasta los rodillos alimentadores. Tiene aletas huecas para permitir retirar la tierra presente en los tallos.



Figura 8. Posición del rodillo en la cosechadora.

➤ **Tren de Rodillos Alimentadores**

Transportan y distribuyen horizontalmente los tallos hasta los rodillos picadores, son fundamentales en la limpieza de la tierra.



Figura 9. Sistema de Rodillos

➤ **Rodillos picadores**

Es el que efectúa el corte de las cañas en trozos de 35 a 40 cm, consta de dos ejes en cada uno de los cuales se ensamblan y que se atornillan las cuchillas.



Figura 10. Ubicación de las cuchillas picadoras y sentido de filo.

➤ **Extractor primario**

Realiza la limpieza de los tallos, retirando la paja y otras impurezas como: raíces, cogollos, tierra, rocas y hojas, trabaja a una velocidad de 1200 rpm.



Figura 11. Vista general del Extractor

➤ **Elevador giratorio**

Conduce los trozos por medio de la oruga hasta el extractor secundario. Tiene base perforada para permitir la salida de la suciedad que entra en el momento del corte.



Figura 12. Sistema de Elevador

➤ **Extractor Secundario**

Hace una segunda limpieza, retirando la suciedad restante y asegurando tallos más limpios. Trabaja a una velocidad de 900 rpm, Anexo 9.



Figura 13. Extractor de Cosechadora con el código 77002 marca John Deere modelo 3520

5.9 Eficiencia de las Cosechadoras

Los trabajos agrícolas mecanizados crean las condiciones para el desarrollo incesante de la elaboración de los productos, además facilita el trabajo y lo hace más rentable. La explotación se hace más efectiva cuando las cualidades técnicas de la maquinaria responden a las condiciones de su empleo en una empresa. La amplia mecanización e intensificación de la producción constituye un camino fundamental para el desarrollo de la agricultura y la satisfacción de las necesidades crecientes en productos agrícolas (Gutiérrez, 1990, p.51).

Por consiguiente, esta depende de las condiciones en las que se encuentra la producción es importante mencionar que se consideran tres cosas para lograr eficiencia de la cosechadora el tipo de corte realizado, la cantidad de caña cortada en una hora y el consumo de combustible.

5.10 Factores que disminuyen la eficiencia.

- **Líneas eléctricas, árboles, zanjas y agujero dentro del lote:** Esto no permite la maniobrabilidad de las cosechadoras y el trasbordo de la caña, ya que se refleja en el tiempo perdido sin cosechar.
- **Acequias de infiltración y drenaje:** Dificultan el tránsito normal de los equipos durante el corte.
- **Diseños de lotes subdivido:** Uno de los factores que influye en el bajo rendimiento de las cosechadoras son lotes con pocos números de surcos y longitudes menores de 10 m.
- **Ángulo de Corte en las cuchillas Base:** La altura y el ángulo del corte son cruciales. El cortador de base es un juego de discos giratorios con cuchillas reemplazables que está diseñado para cortar limpiamente la caña al nivel del suelo, sin dañar su estructura dirige la cantidad de caña hacia los rodillos alimentadores con ayuda del rodillo pateador. Por lo que estos se deben ajustar a condiciones de la caña en campo (caña acamada 25° y caña erecta 15°).

Estos factores están presentes en algunas de las fincas cosechadas por el ingenio; cabe destacar que el jefe de frente se encarga de evaluar el campo antes de iniciar el corte y orientar a cada operador el cuidado y la altura del corte necesario para cada lote.

Es importante mencionar que estudios realizados en Australia (Sugar Research and Development Corporation, 2004) han podido determinar que:

Las cosechadoras de caña generan desperdicios minuciosos por los múltiples cortes que el tallo sufre dentro de la máquina, y que luego son expulsados como materia extraña (ME) por el extractor primario. Estas pérdidas son invisibles porque están compuestas por jugo y tallos pulverizados, motivo por el cual no se les encuentra en el campo después de la cosecha. Además, los mismos estudios demuestran que a mayor velocidad del extractor primario, más graves son estas pérdidas. Un buen manejo de la velocidad del extractor primario es indispensable para una cosecha mecanizada exitosa.

5.11 Variedad cultivadas en el ingenio

Dentro de las zonas de producción administradas por el ingenio, existen variedades de caña que por sus características de rendimiento tanto agrícola (tonelaje) como industrial (acumulación de azúcar) cubren la mayor parte del área como lo es CP72-2086 con 1957.4 hectáreas, CP88-1165, con 683.83 hectáreas y CP89-2143 con 377.98. Las características agronómicas y morfológicas de cada variedad como el tamaño del cogollo, el hábito de crecimiento, tipo de hoja y la cantidad de tallos por metro influyen directa y de manera determinante sobre la calidad de la cosecha.

La distribución óptima de las fincas en cuanto al tipo de cosecha permite a las cosechadoras operar en los rangos de corte recomendados por el mismo departamento 3 km por hora para caña acamada y 5 Km por hora para caña erecta, las cuales minimizan el daño del corte y reduce la pérdida.

5.12 Velocidades usadas en el proceso en el corte.

Para operar las cosechadoras no solamente se debe considerar la densidad de tallos en el lote, sino también el depósito de la caña sobre los auto volteos dirigidos por el tractor al avanzar en paralelo, con una velocidad de 3 km por hora para caña acamada y 5 km por hora para caña erecta o según las condiciones del lote. Es importante maniobrar de manera segura a la velocidad apropiada, operar muy despacio incrementa el costo de la cosecha. El operador debe estar pendiente de las señales lumínicas y sonoras durante el llenado del auto volteo para que no existan desperdicios de caña sobre el lote.

Es decisión del departamento de cosecha a través de los jefes de frente estandarizar la velocidad de 4 km por hora en la cosecha de las fincas Loma Alegre, Montelimar y San Pablo. Para comprobar las afectaciones inducidas por las cosechadoras cada finca presenta condiciones de relieve diferentes el más incidente es la finca San Pablo con pendientes de 4 a 6 % en lotes como el SP-10 esto disminuye la velocidad de 5 km por hora. El departamento de cosecha de ingenio Montelimar no tiene un estándar de velocidades ya que estas se ajustan de acuerdo a las condiciones de caña presente, sin embargo, se recomienda el rango de 4 km por hora de manera específica para cosechar las fincas.

Las velocidades juegan un rol importante, ya que a mayores velocidades incrementa el daño físico y el porcentaje de materia extraña (hojas, raíces, rocas, tierra y malezas). EL ingenio de Montelimar a través del departamento de control de calidad monitorea el proceso de corte mecanizado, con evaluaciones para calcular el porcentaje de daño, basura presente, arranques de cepas de caña, altura de corte y la caña dejada en el campo.

Cuando existen condiciones favorables para el desempeño de las cosechadoras se facilita la operación realizando un adecuado despunte, corte a ras del suelo y eficiente en la extracción de basura caso contrario sucede con suelos sueltos, con caña volcada y en condiciones ambientales húmedas, los niveles de tierra aumentan conforme aumenta la velocidad de la cosechadora induciendo a las afectaciones Rozeff (2001, p. 42).

5.13 Daño físico provocado por la cosechadora

Es todo trozo de caña defectuoso en su estructura, el cual no puede contener el jugo provocando pérdidas de este, se consideran tres tipos de daños provocados por las cosechadoras en el corte.

➤ Daño por cuchilla

Durante el proceso de corte las cuchillas picadoras pierden el filo a causa de las horas trabajadas lo que provoca un corte por golpe esto provoca que el jugo se evapore.



Figura 14. Estructura de caña afectada por golpe de cuchillas

➤ **Daño por apretamiento**

Ocasionado por el sistema de rodillos alimentadores, existen tres causas por las cuales induce al daño cuando transporta gran cantidad de tallos, la caña tiene muchas hojas y los rodillos son desajustados por rocas.



Figura 15. Caña cortada verde y quemada afectada por los rodillos.

➤ **Daño por corte chaflán**

Provocado por las cuchillas del cortador base, cuando el ángulo de corte base no está calibrado, antes del corte si el cañaveral esta acamado se usa 25° y caña erecta 15° recomendado por el departamento de cosecha.

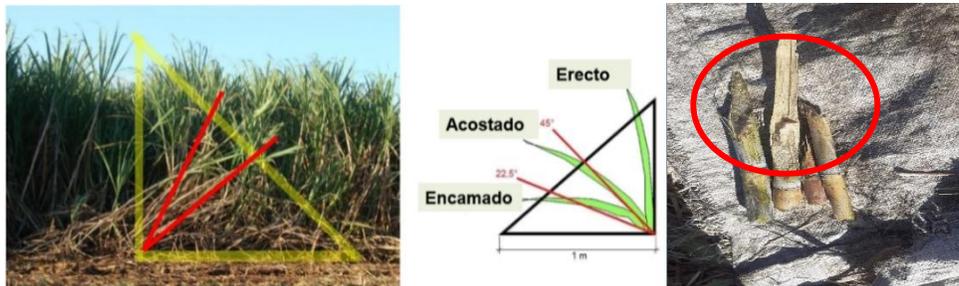


Figura 16. Condiciones de caña en campo y ángulos en que se encuentra la caña induce al corte chaflán.

Los diseños de campo influyen en el cortador base de la cosechadora figura 17, la conformación de los surcos no favorece a un buen corte. Número uno provoca desgaste en el filo y en el ángulo de 15° recomendado por cosecha, este cambia a 35°, número dos las irregularidades en la forma de los surcos provocan desgaste en las cuchillas consecuencia del impacto con el suelo, número tres en camellones con suave geometría y altura uniforme no superior a 15 cm, reduce las pérdidas

de caña de 5 cm de altura por efecto tocón (son los 5 cm de caña que queda del tallo en la cepa después de la cosecha) y no sobrepasa 1.5 ton ha⁻¹.

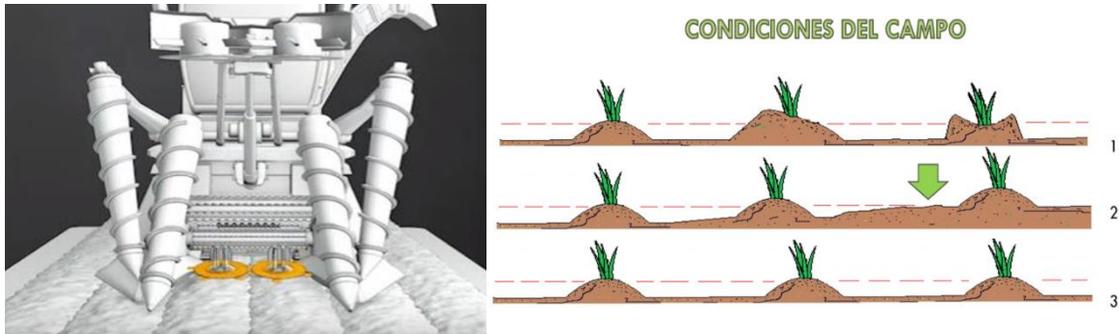


Figura 17. Esquema de corte y camellones en surcos sencillos del cultivo.

5.14 Determinación del daño físico

El frente de corte mecanizado uno posee dos cosechadoras con códigos 77002 y 77004 marca John Deere modelo 3520 de la determinación del daño consiste en muestrear un mínimo de 18 kg de caña, esta muestra se repite tres veces por cosechadora para posteriormente clasificar, separar y pesar los trozos por cada tipo de daño, las herramientas utilizadas durante el proceso son: pesa digital, carpa, sacos, hoja de evaluación, lapicero y calculadora. Para calcular cada uno de los daños mencionados anteriormente se pesa la cantidad referida al tipo de daño entre el total de muestra multiplicado por cien, obteniendo la afectación por cada tipo de daño. Si lo que deseamos es obtener el daño físico general de la cosechadora pesamos la cantidad de caña dañada entre el total de caña cosechada por cien.

Es importante una vez realizada la evaluación que el jefe de frente firme la boleta para la aprobación de la misma y la toma de decisión respecto a la afectación; los indicadores de calidad son valores numéricos definidos en conjunto por gerencia con el departamento de cosecha y el departamento de control de calidad, en función de las características deseables para un producto final de calidad, para el caso particular la caña de azúcar y su cosecha se considera como óptimo que el mínimo de daño debe ser un veinte por ciento durante el proceso de corte, el cual se debe ser medido cada día, durante la semana y en el mes. Cuando el valor mínimo permisible es mayor, las medidas a ejecutar son:

5.15 Correcciones del Daño físico.

El mantenimiento técnico de todo tipo de máquina es uno de los puntos fundamentales para lograr una explotación adecuada, es importante tener en cuenta que no lubricar las piezas en tiempo y forma implica desgastes o deterioros, causando que la maquinaria se encuentre períodos largos sin trabajar lo que traería como consecuencia retraso en la cosecha. El punto más importante para elevar la productividad es la pertinencia con que se ejecute el mantenimiento diario y periódico Minaz, (1998, p. 13).

- 1. Realizar el debido mantenimiento:** Las cosechadoras después de 8 horas trabajadas, se les da una revisión general para determinar algún desperfecto mecánico. Los mantenimientos rutinarios son basados en calibración, cambios, medición, soldadura, lubricación, ajustes y relleno de cada una de las sustancias usadas por las cosechadoras: combustible, refrigerante, aceite de motor, aceite hidráulico y nivel de líquido de la batería, por todas las actividades mencionadas un mantenimiento dura alrededor de 2.5 horas como mínimo.
- 2. Cambio y corrección de filos de cuchillas base y picadoras:** Si después de evaluar la cosechadora, existe un daño físico alto se ordena detener el corte y realizar cambio de cuchillas o esmerilar la hoja del filo (ver figura 18) en caso que no exista cuchillas picadoras de repuestos, se ha encontrado que las cuchillas picadoras tienen una deformación en la hoja que en vez de cortar los tallos, cortan rocas que accidentalmente se introducen a la cosechadora por esta razón los jefe y supervisores de cosecha en pre-zafra se toman la tarea de recorrer los campos a cosechar con los objetivos de estimar caña y verificar las condiciones del suelo.
- 3. Ajustes del sistema de rodillos:** Lo mismo ocurre al registrar un exceso de daño por apretamiento, los rodillos alimentadores sufren desajuste por exceso de tallos, maleza y rocas que se filtran cuando la caña esta acamada, sin embargo, se ha registrado que por un exceso de 12 a 16 horas trabajadas los rodillos tienden a un desajuste. Por esta razón pasado este tiempo debe ejecutarse una revisión.



Figura 18. Mantenimiento General de la cosechadora cosechadora marca John Deere de código 77002, modelo 3520, esmerilado de cuchilla picadora y reparación de manguera hidráulica

4. Cálculo de porcentaje de daños

Se estimó el daño ocasionado por cuchillas, apretamiento y corte chaflán por medio de las siguientes ecuaciones:

La zona cinco de producción, finca San Pablo se cosecha toda la finca con un área de 68.46 hectáreas, variedad CP88-1165 presupuestada con 107.62 ton ha⁻¹. La cosechadora 77002 con una muestra total de 23.16 kg, se procedió a la limpieza, separación y peso de la caña, obteniendo los siguientes datos: 2.98 kg de caña dañada por cuchilla, 0.63 kg caña dañada por apretamiento y 1.35 kg de caña dañada por corte chaflán.

$$\% \text{ Daño por cuchillas} = \frac{2.98 \text{ kg}}{23.16 \text{ kg}} * 100 = 12.87 \%$$

$$\% \text{ Daño por apretamiento} = \frac{0.63 \text{ kg}}{23.16 \text{ kg}} * 100 = 2.72\%$$

$$\% \text{ Daño por chaflán} = \frac{1.35 \text{ kg}}{23.16 \text{ kg}} * 100 = 5.83\%$$

$$\% \text{ Daño físico de la muestra} = \frac{(2.98 \text{ kg} + 0.63 \text{ kg} + 1.35 \text{ Kg})}{23.16 \text{ kg}} * 100 = 21.42 \%$$

VI. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 Evaluación de las cosechadoras del frente mecanizado uno.

En el cuadro 2 se observa que la cosechadora 77002 en la finca Loma alegre el daño por cuchilla es el más alto con 7.25 % seguido del daño por apretamiento con 4.78 % y con menor daño de 4.12 % por corte chaflán para un total de afectación del 16.15 % lo cual no excede el mínimo permitido. Con la cosechadora 77004 cortando en la finca Loma alegre el daño por cuchilla es el más alto con 10.42 % seguido del daño por corte chaflán con 6.36 % y un 4.31 % de daño por apretamiento para un total de afectación de 21.08 % lo cual excede el mínimo.

En la finca Montelimar con la cosechadora 77002 se registró un daño de 15.22 % los que dividen en 7.11 % de daño por cuchilla, un 3.92 % de daño por apretamiento y un 4.19 % de daño por corte chaflán los daños más altos reportados fueron la afectación por cuchilla y la afectación por corte chaflán

Caso contrario al cosechar con el modelo John Deere de código 77004 en la finca Montelimar en la zona dos, donde el total es de 14.35 % de afectación los que se divide en 3.07 % de daño por cuchilla, 8.59 % de daño por apretamiento y un 2.69 % de daño por corte chaflán lo que destaca que la afectación más incidente es por apretamiento, pero no excede el parámetro de calidad para el corte. Es importante mencionar que, durante la toma de las muestras de las cosechadoras, operaban en las recomendaciones de corte como es un ángulo de cortador base de 15° y 4 km por hora, revoluciones por minutos de 1200 el extractor primario y 900 del extractor secundario.

En la finca San Pablo reflejan un 12.87 % de daño por cuchillas seguido de 2.72 % de daño por apretamiento y 5.83 % de daño por corte chaflán para un total de 21.42 % de afectación para la muestra analizada por lo que excede el mínimo permitido con la cosechadora 77002; es evidente que el porcentaje mayor de los tipos de daños es donde se origina la afectación siendo en este caso el daño por cuchillas picadoras y de cortador base. Esto se comprueba que la cosechadora con 12 horas de trabajo continuas sin mantenimiento, los daños son altos sumados a esto las pendientes de 4 % de la finca inducen al corte por chaflán, Cuadro 2.

Con la cosechadora 77002 se observa que en San Pablo un 7.90 % de daño por cuchillas seguido de 2.54 % de daño por apretamiento y 0 % de daño por corte chaflán para un total de 10.44 % de afectación por lo que no excede el mínimo permitido; caso contrario a la cosechadora 77004 que los daños más representativos son daño por cuchilla y daño por corte chaflán. Existe evidencia que las pérdidas de jugo en el proceso de corte son de 3 a 8 % (B.W. Lam, 2009. p, 31), cifras de consideración en la industria a gran escala.

Cuadro 2. Porcentajes de daños provocados por cuchilla, apretamiento y corte chaflán.

Finca	Tipo de daño	77002		77004	
		Kg	%	Kg	%
Loma Alegre lote B-02	Daño por cuchilla	2.2	7.25	3.19	10.41
	Daño por apretamiento	1.45	4.78	1.32	4.31
	Daño por corte chaflán	1.25	4.12	1.95	6.36
	Total, de muestra en kg	30.33		30.65	
	Total, de daño	4.9	16.15	6.46	21.08
Montelimar lote E-17	Daño por cuchilla	1.83	7.11	1.04	3.07
	Daño por apretamiento	1.01	3.92	2.91	8.59
	Daño por corte chaflán	1.08	4.19	0.91	2.69
	Total, de muestra en kg	25.75		33.87	
	Total, de daño	3.92	15.22	4.86	14.35
Finca San Pablo	Daño por cuchilla	2.98	12.87	1.71	7.90
	Daño por apretamiento	0.63	2.72	0.55	2.54
	Daño por corte chaflán	1.35	5.83	0.00	0.00
	Total, de muestra en kg	23.16		21.64	
	Total, de daño	4.96	21.42	2.26	10.44

6.2. Daños físicos en fincas Cosechadas

En la figura 19 observamos las afectaciones de las cosechadoras, la 77002 al cortar en la finca Loma Alegre se reporta un 83.84 % de caña buena y 16.15 % de daño; lo que un 80 % de caña sin afectación es considerado como una cosecha buena y un corte eficiente, en la cosecha de la finca Montelimar se reporta el 84.68 % de caña buena y 15.22 % de caña dañada realizando el corte eficiente, sin embargo en la finca San Pablo el 78.58 % es de caña buena y 21.42 % es de caña dañada lo que hace que el corte sea ineficiente generando pérdidas de jugo en la caña. La cosechadora 77004 al cortar en la finca Loma Alegre induce a la afectación con un total de

21.08 % de daño físico y 78.33 % caña sin daños, con estos datos obtenidos se considera alta la afectación y un mal corte.

Caso contrario durante la cosecha en la finca Montelimar se reporta el 85.65 % de caña sin daño y 14.35 % de caña dañada lo que se considera un buen corte y la cosecha en la Finca San Pablo se reporta un 89.56 % de caña buena contra un 10.44 % de caña dañada por consiguiente observamos que el corte en la finca Loma Alegre es la que reporta un corte ineficiente, al cosechar la finca Montelimar y la finca San Pablo se realiza una buena cosecha obteniendo un corte de calidad.

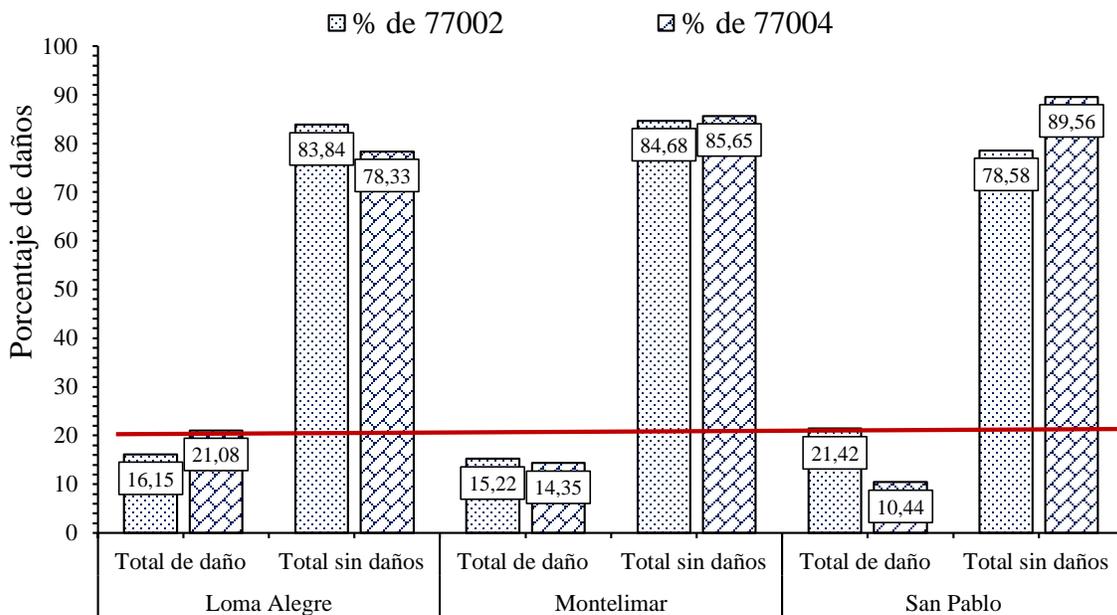


Figura 19. Porcentajes de daños provocados por las cosechadoras 77002 y 77004.

6.3 Velocidades de corte permisible

A nivel de ingenio, el departamento de cosecha recomienda, las velocidades para cortar más caña en poco tiempo (producción), considerando que el corte de caña debe ser de calidad. Las cosechadoras tienen un rendimiento de 35 a 40 toneladas de caña por hora siempre y cuando cumpla con tres condiciones de campo:

1. Densidad de tallos en el lote.
2. Surcos del cultivo con longitudes máximas de 250 m
3. Que no exista obstáculos en el lote.

La longitud de surco está determinada por la forma y topografía del campo. Para evitar que un equipo cargado en medio de un surco compacte el lote, debe avanzar hasta el anal del mismo para poder salir, se recomienda construir callejones de ‘escape’ a distancias iguales, (5 m) que deben estar relacionadas con la producción y la distancia media con que se llenan los vagones.

Las velocidades usadas al momento de ser evaluadas las cosechadoras fueron de 4 km por hora y el porcentaje de afectación en el corte fue ligeramente mayor para la cosechadora 77002 con 21.42 % cuando trabajo en la finca San Pablo, 1.42 % superior, excediendo el mínimo permitido 20 %, mientras que las otras dos fincas Loma Alegre y Montelimar trabajando con velocidades de 4 km por hora, no excedieron el daño permitido, considerando así un buen corte y una excelente cosecha.

En la cosechadora 77004 trabajando a 4 km por hora en la finca Loma Alegre se obtuvo 21.08 % excediendo el mínimo permitido con un 1.08 % más de afectación y durante la cosecha en la finca Montelimar y San pablo no se registraron exceso de daño. Es importante mencionar que se hacen dos turnos de corte en frente mecanizado, uno de día y otro por la noche, cada turno cambia su horario de trabajo semanalmente lo que conlleva a obtener resultados distintos de cada cosechadora, cada una registra sus propias afectaciones en cada turno y en cada finca cosechada.

6.4 Deterioro de cuchillas para corte de caña de azúcar

El desempeño de las cuchillas picadoras depende directamente del material seleccionado y de los procesos de manufactura utilizados en su fabricación. Resistencia al impacto y resistencia al desgaste.

González (2006), en su estudio observó que:

Una tendencia a presentarse mayor requerimiento de energía específica al corte en los entrenudos que en los nudos. Lo anterior se puede explicar por la distribución microestructural de los tallos, donde los nudos son regiones de discontinuidad de las fibras y por tanto allí hay más posibilidad de rotura frente a la acción de un impacto, a diferencia de los entrenudos donde la cuchilla entra en contacto con un conjunto de fibras continuo que se comporta como refuerzo del tallo, de manera que el proceso de corte sólo avanza en la medida en que estas fibras sean dobladas y/o cortadas, (p,26)

Lo que podemos deducir que el filo de las cuchillas picadoras tiende a sufrir mayor desgaste por cortar propiamente en el entrenudo donde existe mayor resistencia, claro está que la resistencia al corte varia con respecto a la variedad del cultivo la CP88-1165 es una variedad que sus entrenudos sufren rajaduras lo cual indica que la fibra es más susceptible a cortes, por eso vemos que en la finca San Pablo el daño por cuchilla de 7.90 % en la cosechadora 77004 es menor que el de la cosechadora 77002 la cual presenta un 12.87 % , este daño radica en las horas trabajadas sin mantenimiento de la cosechadora.

Según Silveira (1975), menciona que:

Las cuchillas trozadoras donde considero dos grandes aspectos: la influencia de los parámetros geométricos de la cuchilla en el proceso de corte de los tallos de caña de azúcar, y la influencia de los parámetros cinemáticos en el proceso de corte de los tallos de caña.

Estos factores a su vez involucran una serie de variables, a saber (p, 26):

- Espesor del filo de corte de las cuchillas
- Ángulo de afilado de las cuchillas.
- Doble ángulo de afilado de las cuchillas.
- Ángulo de posición de las cuchillas.
- Ángulo de inclinación del filo de la cuchilla
- Separación entre cuchillas.
- Velocidad de corte (v).
- Espesor de la capa de caña a cortar.

Las cuchillas trozadoras sufren dos tipos de deterioro o desgaste, uno a nivel macroscópico y otro a nivel microscópico. A nivel macroscópico el deterioro de las cuchillas se da por deformación plástica o fractura producto del contacto con rocas que llegan hasta los tambores de corte; a nivel microscópico, el deterioro se concentra en el filo y se caracteriza por deformación plástica que redondea el filo y por desprendimiento de material, figura 20.



Figura 20. Daños comunes en las cuchillas trozadoras

En campo se verifico el estado físico de las cuchillas para determinar la efectividad de trabajo en el corte de las cosechadoras del frente uno, si esta desgastada se reporta para realizar cambio de cuchilla. Sin embargo, se usan criterios prácticos para tomar decisiones sobre la reposición de cuchillas, los cuales están asociados a labores de mantenimiento y/o a indicadores de productividad como son la fractura total de la cuchilla por impacto con rocas, altas deformaciones plásticas que limitan o incluso impiden el correcto corte, debe ser considerado por el taller móvil ya que por la situación sociopolítica del país las cuchillas no fueron compradas, solamente fueron rectificadas en el taller.

Las cuchillas degradadas permiten mayores pérdidas de jugo durante la acción de corte, así como cortes irregulares en los tallos, esto deja expuesta la fibra de la caña favoreciendo la degradación del jugo contenido en esta, existe evidencia que las pérdidas de jugo en el proceso de corte son de 3 % a 8 %, cifras de consideración en la industria a gran escala. (Lam, B.W. 2009, p. 40.).

VII. CONCLUSIONES

Se identificaron tres tipos de daños al cosechar la caña de forma mecanizada, el tipo de mayor incidencia es el daño por cuchilla picadora, seguido del daño por corte chaflán inducido por las cuchillas de cortador base y por último el daño por apretamiento, esto durante la cosecha en cada una de las fincas estudiadas.

Se determinaron los porcentajes de daño con las cosechadoras de código 77002 y 77004 de los cuales solo en algunas se presentaron ligero incremento de afectación al 20 % permitido. En relación al daño total para las dos cosechadoras estudiadas, en Loma Alegre la suma de los porcentajes de afectación es de 37.23 %, Montelimar 29.57 %, en San Pablo 31.86 %; Montelimar presenta los menores valores, esto podría atribuirse a las características favorables de la misma: cercana a las instalaciones del ingenio (cualquier desperfecto mecánico u otro se ve a lo inmediato), topografía regular, suelos franco arenosos y sin pedregosidad.

Al evaluar ambas cosechadoras con velocidad de 4 km por hora, 1200 rpm del extractor primario y 900 rpm del extractor secundario, con ángulo de 15° en el cortador base, se obtuvieron resultados satisfactorios, los porcentajes de daños calculados para las dos cosechadoras en las tres fincas fueron muy cercanos a los valores permitidos; lo que garantiza mayor control de las afectaciones en el corte de caña. A diferencia de las cosechadoras que trabajan en el ingenio con otros parámetros los cuales generan más pérdidas de materia prima, deterioro de las máquinas, tiempo perdido e incumplimiento al plan de cosecha.

VIII. LECCIONES APRENDIDAS

Al realizar evaluaciones de corte mecanizado se comprobó que no solo la cuchilla es responsable en el daño de la caña al momento del corte sino los diferentes mecanismos de la cosechadora relacionados con el proceso del corte de caña.

La comunicación entre los supervisores del frente mecanizado y taller de mantenimiento es crucial para contribuir a la eficiente operación de las cosechadoras.

Las buenas relaciones laborales con los compañeros de cosecha generan un ambiente de aprendizaje significativo en aspectos técnicos y de manejo de la maquinaria cosechadora de caña.

Participar en el ejercicio cuidadoso y exhaustivo de la planificación de unas de las actividades de mayor importancia en la agroindustria azucarera como es la cosecha, fue de mucho provecho en la formación del perfil como ingeniero agrícola para el desarrollo sostenible.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar siempre una inspección general sobre el lote a cosechar, seguir las recomendaciones de calibración del ángulo de 15 ° para las cuchillas de cortador base en dependencia de las condiciones de lote para reducir los daños por cuchilla, chaflán y apretamiento en la cosecha mecanizada.

Llevar un registro del historial de los porcentajes de daño físico, al evaluar el trabajo de las cosechadoras para evitar que estos valores sobre pasen el límite permitido, que generan pérdidas de materia prima, deterioro de las máquinas, tiempo perdido e incumplimiento al plan de cosecha.

Ejecutar este mismo ensayo en los demás frente de corte mecanizados que trabajan con otros parámetros, obteniendo una representatividad de la cosecha mecanizada en cada una de las fincas administradas por el ingenio y tomar decisiones acertadas que garanticen la reducción de pérdidas y aumento de la productividad.

X. LITERATURA CITADA

ALEXANDER, A. 1985 The energy alternative (Sugar Serie, 6). Universidad Rio Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, The Netherlands 509 p.

Comemo, Industries, Inc, 2000/ CASE IH, Cosechadora de caña case, manual del productor.

Gonzales H. (2006). Análisis del corte de caña de azúcar con cuchillas metálicas Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia Facultad de minas 199p

Gutiérrez, R. (1990). Explotación del parque de tractores y máquinas. La Habana, Cuba. Edit. Pueblo y Educación.

Larrahondo J. 1995, Calidad de la caña de azúcar. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, CENICAÑA, Cali. P. 337-354.

LAM, BW et al, 2009. Laboratory experiments on billeting sugarcane. En línea p, consultado junio 2020. Disponible en <http://.srdc.gov.au/userImages/File/Project%20pages/ASSCT%2020098%20%20Paper%20Paper%20%20Billenting%20-20%20Appendix%206.pdf>

Minaz. (1998). Manual para jefes de pelotones de combinadas KTP – 2M.

Rozeff, N. 2001 Evaluando cosechadora combinadas. Sugar Journal 63. (2). 9

Solares J. (2012). *Proceso de implementación del corte verde en un frente de cosecha mecanizada de caña de azúcar, Ingenio Concepción*, Escuintla, Guatemala. Tesis de ingeniero agrónomo, Guatemala, Universidad Rafael Landívar.

Sugar Research and Development Corporation, 2004 Thechnical publication MN14001 Sugar Australia. ISBN 978-0949678-32-4.

SILVEIRA, J. (1972). *Physic -mechanical properties of sugarcane and the geometric and kinetic parameters that influence sugarcane cutting*. In *Agricultural Engineers*. p. 1047-1087

SILVEIRA, J. (1975). Parámetros en el proceso tecnológico del corte de caña. En: *ATAC*. Año 34, No. 1. No 1 (ene – feb); p. 50 –59.

XI ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra cosechadora 77004



Anexo 2. Muestra de caña 30.33 kg



Anexo 3. Separación y pesado de los daños



Anexo 4. Boleta de Evaluación para daño físico en cosecha mecanizada

	BOLETA DE EVALUACION DE CORTE MECANIZADO CCOA - R029
CONTROL DE CALIDAD Y OPORTUNIDAD AGRICOLA	

Finca: _____ Fecha: _____

Código lote: _____ Frente N°: _____

Lote: _____

Fuga de combustible y aceite del tractor o cosechadora Verde Quemado

SI NO

Parámetro de evaluación	EVALUACION DE DAÑO FISICO						\bar{x}	Conformidad
	1		2		3			
	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
Cód. cosechadora								
Cambio de cuchilla	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		
Horas Trabajadas (Hr)								
Caña buena (Kg)								
Daño físico por cuchilla (Kg)								
Daño por apretamiento (Kg)								
Daño por corte chaflan								
Total de Daño								
Total de muestra								
% Caña dañada:								
Nota Alcanzada								

Evaluación	Minima	Evaluación	Máximo	Puntuación	Calificación	Calificación Conformidad
Daño físico (%)			20	20		
Conformidad Mínima Requerida: 100				Nota Alcanzada:		

Anexo 5. Cosechadora John Deere de código 77004. Se le realiza cambio de aceite hidráulico



Anexo 6. Cosecha finca San Pablo



Anexo 7. Cosecha de Finca Montelimar.



Anexo 8. Especificaciones técnicas de la cosechadora



Especificaciones Cosechadora 3520 de John Deere

Marca	John Deere
Modelo	Cosechadora 3520
Motor	
Fabricante	John Deere
Aspiración	PowerTech [®] 6090H
Cilindros	6
Cilindrada	118.4 mm x 136mm
Potencia nominal (ECE-R24), CV/kW	337 / 251
Potencia máxima, 2100 rpm, CV/kW	375 / 280
Régimen nominal	2100 rpm
Rango de Operación	1900 – 2100 rpm
Depósito de Combustible	568 l
Transmisión	
Tipo	Hidrostática
Sistema Hidráulico	
Bombas de desplazamiento	Hidrostática
Capacidad	435 l
Dirección	
Tipo	Hidrostática
Frenos	
Tipo de resorte	Con desconexión hidráulica
Cabina	
Tipo	Volcable
Parabrisas	De seguridad cóncavo
Espejos laterales	Incluidos
Limpiaparabrisas	Incluidos
Asiento para el instructor	Incluido
Sistema Satelital	
Cosechadoras de Orugas	Estándar
Cosechadoras de llantas	Opcional
Pantalla especializada para guiar el conductor	Estándar en AMS
RTK sistema con radio frecuencia a 32 km	Opcional
Despuntador	
Tipo	Reversible
Mando	Hidráulico
Tipo Desmenuzador	Opcional
Separador de Cosecha	
Sinfín separador	Individual
Tipo	Reversible
Mando	Hidráulico
Revestimiento	Antiabrasivo
Cortador de base	
Tipo	Reversible
Mando	Hidráulico
Disco porta cuchillas	22", 24" (opcional)
Ángulo de Corte	Ajustable
Rodillos Alimentadores	
Tipo	Reversible
Mando	Hidráulico

Sistema Trozador	
Tipo	Reversible
Mando	Hidráulico
Navajas	6, 8 (opcional)
Extractor Primario	
Montaje	Vertical
Control de velocidad	Variable
Cubierta	Plástico
Aspas	4
Elevador	
Piso	Perforado
Control de carga	Hacia ambos lados
Ajuste de cadena	Mediante cilindro de grasa
Tipo	Alta capacidad
Extractor Secundario	
Control de velocidad	Fija
Control de descarga	Direccional
Cubierta	Plástico
Misceláneos	
Horómetro del elevador	Opcional
Separador de agua	Estándar
Mailla rotativa con autolimpieza	Estándar
Extintidor sencillo de incendios	Estándar
Alarma visible de alta temperatura	Estándar
Nuevas pantallas de datos	Estándar
Rodillo pateador abierto	Opcional
Enganche de tiro central	Opcional
Radio AM/FM	Opcional
Indicador de velocidad	Opcional
Extensión del elevador	Opcional
Cuchillas cortadoras de maleza del divisor de cosecha	Opcional
Divisores de cosecha exteriores	Opcional
Espaciador de ruedas traseras de 25.4 mm	Opcional
Protector de eje cortador de base	Opcional
Cubierta del extractor primario de plástico wearliner	Regular
Juego de herramienta complementario	Regular
Juego de herramienta de lujo	Opcional
Terminales de baterías remotas	Opcional
Dimensiones	
Altura de la cabina	4.04 m
Altura de transporte	4.09 m
Altura del extractor secundario (máxima)	6.22 m
Altura mínima del despuntador	1.75 m
Altura máxima del despuntador	5.16 m
Longitud total (máxima)	15.95 m

* Algunos detalles y características pueden ser opcionales, las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. Consulte a su distribuidor John Deere para más detalles.