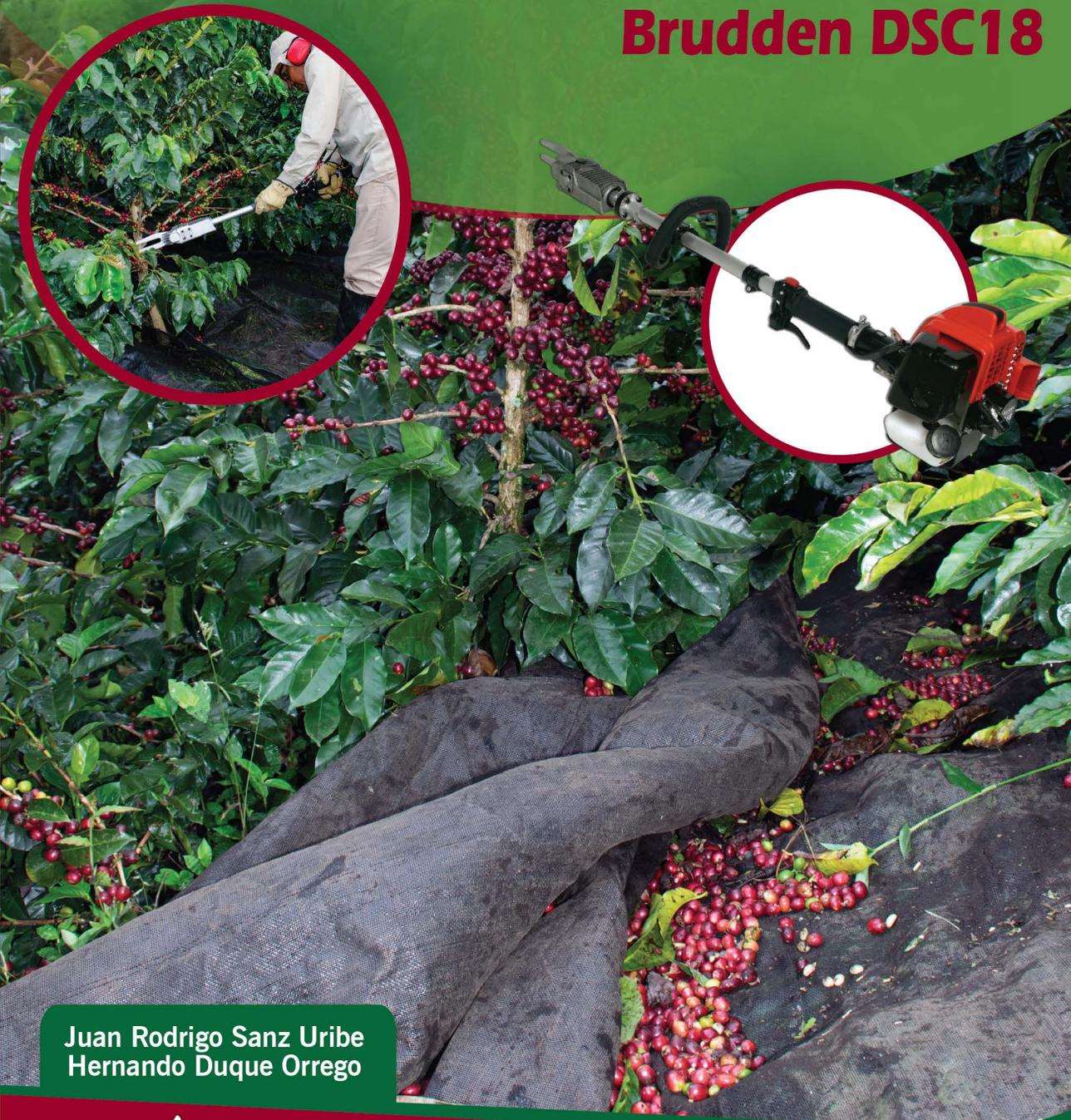
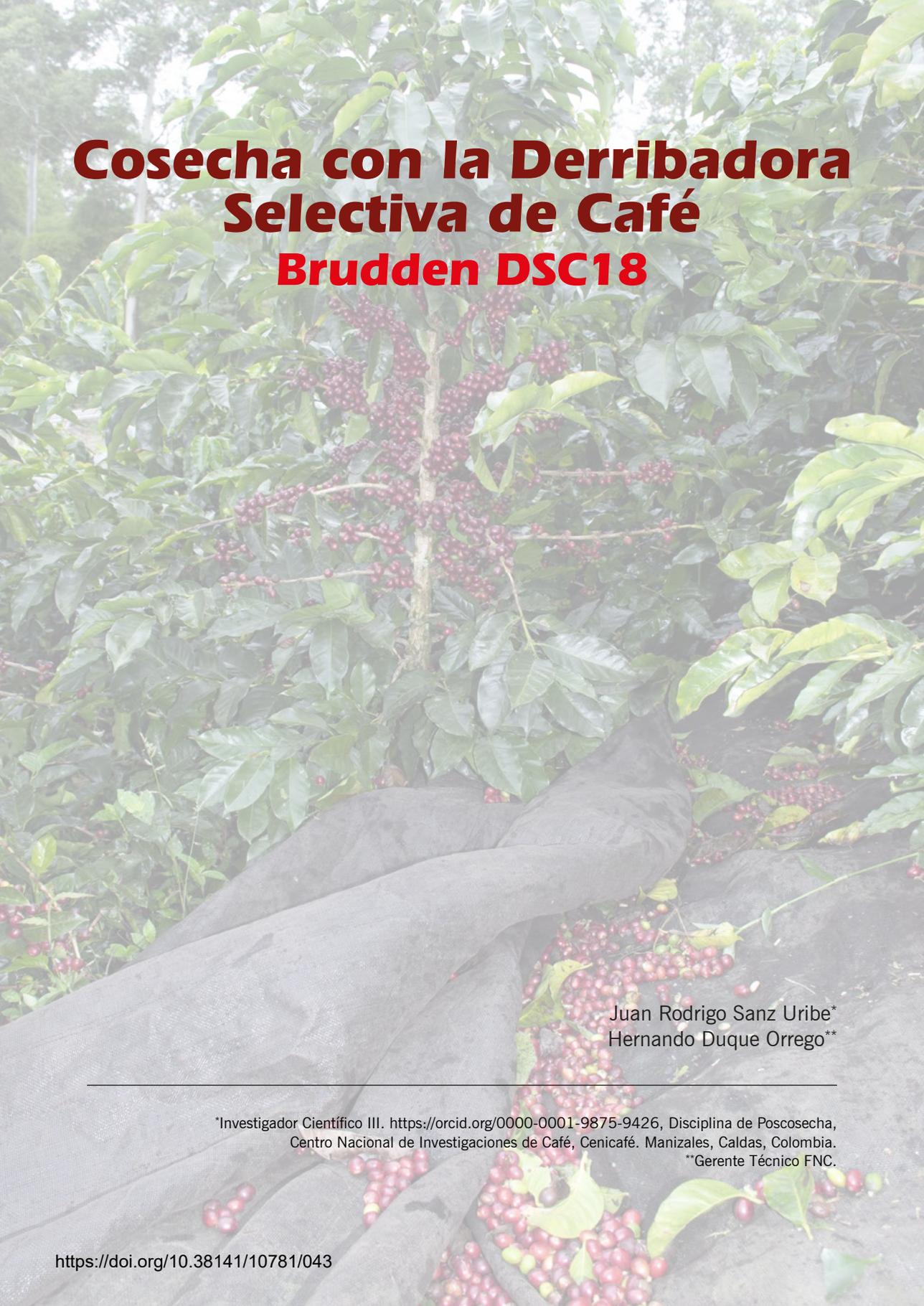


Cosecha con la Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18



Juan Rodrigo Sanz Uribe
Hernando Duque Orrego

A photograph of a coffee plantation. The image shows a dense canopy of green coffee leaves with clusters of ripe, dark red coffee cherries. In the foreground, a large black tarp is spread out on the ground, and a significant amount of harvested coffee cherries is piled on it. The background is slightly blurred, showing more of the plantation.

Cosecha con la Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18

Juan Rodrigo Sanz Uribe*
Hernando Duque Orrego**

*Investigador Científico III. <https://orcid.org/0000-0001-9875-9426>, Disciplina de Poscosecha, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**Gerente Técnico FNC.



COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Alberto Carrasquilla Barrera

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Rodolfo Enrique Zea Navarro

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
José Manuel Restrepo Abondano

Director del Departamento Nacional de Planeación
Luis Alberto Rodríguez Ospino

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros
Nicolás Pérez Marulanda

Período 1° enero/2019 - diciembre 31/2022

José Eliecer Sierra (Antioquia)
José Alirio Barreto (Boyacá)
Eugenio Vélez Uribe (Caldas)
Danilo Reinando Vivas (Cauca)
Juan Camilo Villazón (Cesar-Guajira)
Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)
Ruber Bustos Ramírez (Huila)
Javier Mauricio Tovar (Magdalena)
Jesús Armando Benavides (Nariño)
Armando Amaya Álvarez (Norte de Santander)
Carlos Alberto Cardona (Quindío)
Luis Miguel Ramírez (Risaralda)
Héctor Santos Galvis (Santander)
Olivo Rodríguez Díaz (Tolima)
Camilo Restrepo Osorio (Valle)

GERENTE GENERAL
Roberto Vélez Vallejo

GERENTE ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO
Juan Camilo Becerra Botero

GERENTE COMERCIAL
Juan Camilo Ramos Mejía

GERENTE TÉCNICO
Hernando Duque Orrego

**DIRECTOR INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Y TECNOLÓGICA**
Álvaro León Gaitán Bustamante

ISSN
0120-047X

ISSN
2711-4732 (En línea)





Créditos

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño y diagramación

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Archivo Cenicafé

Impreso por

2020

ISSN

0120-047 X

Comité Editorial Cenicafé

Pablo Benavides M.
Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.
Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.
Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña Z.
Ph.D. Biólogo. Fisiología Vegetal, Cenicafé

Diana María Molina Vinasco
Ph.D. Bacterióloga. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Secretaría Técnica Comité Editorial, revisión de textos y corrección de estilo

Sandra Milena Marín L.
Ing. Agrónoma, Esp. M.Sc.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

El uso de nombres comerciales en esta publicación tiene como propósito facilitar su identificación y en ningún momento su promoción.

Tel. (6) 8500707
A.A.2427 Manizales
Manizales, Caldas, Colombia

www.cenicafe.org

Tabla de CONTENIDO

1.	Introducción	6
2.	Descripción de la máquina	6
	Sistema motriz Transmisión remota de potencia Cabeza de cosecha	
3.	Principios físicos	9
	Propagación de ondas en medio sólido Falla por fatiga	
4.	Cosecha de café con la Derribadora DSC18	10
	Escoger los mejores pases de cosecha Retener los pases de recolección Uso de lonas Trabajo en equipo Aplicación de la vibración Ciclo de cosecha con la derribadora	
5.	Resultados de la cosecha con la derribadora DSC18	15
6.	Aspectos de salud ocupacional	16
	Protección visual Protección auditiva Protección por vibración Superficies calientes Calzado Gases de combustión Trabajo bajo lluvia	
7.	Cuidados de la máquina	17
	Lubricación de la cabeza de cosecha Aceite para motor Ajuste de la máquina	
	Literatura citada	19

1. Introducción

Desde 1997, Cenicafé ha venido trabajando diferentes propuestas para mejorar el rendimiento de los recolectores, con el fin de contribuir a la mejora de los indicadores económicos de los caficultores. Se ha estudiado el comportamiento físico de los diferentes órganos de los árboles para encontrar principios en los cuales puedan determinarse diferencias para la cosecha selectiva de café (Aristizábal et al., 2003; Álvarez et al., 1999; Ciro et al., 1998a; Ciro et al., 1998b; Ciro et al., 1998c), se han desarrollado metodologías o implementos para mejorar la recolección manual del café (Sanz et al., 2018b; Oliveros et al., 2013; López et al., 2008a; López et al., 2008b; Oliveros et al., 2006; Álvarez et al., 2004; Vélez y Montoya, 2003; Vélez et al., 1999), se han hecho desarrollos propios o evaluado tecnologías para la cosecha de café o de frutos similares (Díaz et al., 2009; Ramírez et al., 2006; Cardona, 2006; Álvarez et al., 2006; Araque et al., 2005; Oliveros et al., 2005b; Álvarez et al., 2004; Oliveros et al., 2004; Aristizábal et al., 2003; Granja et al., 2003), se ha trabajado en el desarrollo de vehículos para la cosecha

masiva de café en las condiciones colombianas (Álvarez et al., 2013; Sanz-Uribe, 2008) y se han hecho desarrollos que aplican automatización avanzada o robótica para la cosecha de café (Oliveros, 2014).

Fue durante el desarrollo de investigaciones en cosecha con máquinas portátiles motorizadas cuando Cardona (2006) descubrió que, con la aplicación de movimientos repetidos los frutos de café se desprenden por acumulación de ciclos en el pedúnculo (fatiga) en lugar de resonancia mecánica y que, el pedúnculo de los frutos maduros necesita para fallar una apreciable menor cantidad de ciclos que el pedúnculo de los frutos verdes. No obstante, para que el desprendimiento ocurra en tiempos menores a un segundo, se necesitan vibraciones con frecuencias mayores de 200 Hz, lo cual resulta ser un gran desafío mecánico.

Fue hasta el año de 2016, cuando en una visita a la fábrica de equipos agrícolas portátiles motorizados Brudden, empresa brasileña con sede en Pompeia-Sao Paulo, se motivaron a hacer una máquina para cosecha de

café, adecuada para las condiciones colombianas, la cual implicaba selectividad, y se escogió trabajar a alta frecuencia y baja amplitud, con el fin de utilizar el principio físico del colapso del pedúnculo por fatiga. Desde ese momento empezó un trabajo conjunto de dos años entre la empresa Brudden y Cenicafé, resaltando una gran capacidad y velocidad de prototipaje de la empresa brasileña.

Se hicieron pruebas con prototipos en diferentes regiones y momentos de cosecha, se hizo el lanzamiento de la máquina Derribadora Selectiva de Café- DSC18 en noviembre de 2018 (Portafolio, 2018) y se iniciaron las ventas del equipo en junio de 2019.

2. Descripción de la máquina

La Derribadora Selectiva de Café- DSC18 tiene tres partes principales (Figura 1): Sistema motriz, transmisión remota de potencia y cabeza de cosecha.

Sistema motriz

Consiste en un motor de combustión interna de dos tiempos, con 25,4 cm³ de volumen de cámara de combustión, con el



Figura 1. Partes de la máquina derribadora DSC18.

cual se obtienen 0,95 kW (1,3 hp) a 9.000 rpm. Es importante que el motor pueda desarrollar esta velocidad de giro máxima, porque la máquina debe trabajar a 9.000 ± 500 rpm para lograr el efecto deseado sobre los frutos. No obstante, hay que tener en cuenta que la velocidad máxima de giro, y, en general, el desempeño del motor se ven afectados por la altitud del lugar¹. Por eso recomienda hacer el ajuste necesario para que el motor desarrolle la velocidad de giro deseada antes de empezar la cosecha de café con la máquina (Figura 2).

Transmisión remota de potencia

Se hace a través de un tubo de aluminio, dentro del cual hay un eje delgado y muy resistente, que transmite el movimiento giratorio desde el motor hasta la cabeza de cosecha. Dentro del tubo se encuentran dos bujes que sirven de apoyos intermedios para que el eje no se desplace mientras gira.

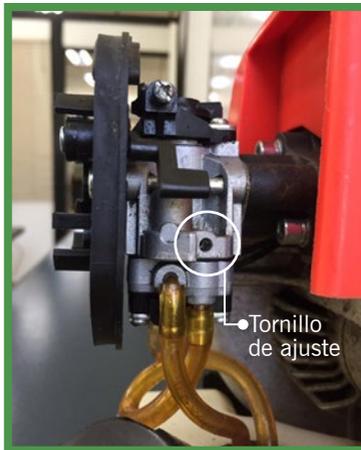
El eje es de acero de alto contenido de carbono, con tratamiento térmico para mejorar sus características de dureza. En los extremos,

el eje tiene terminaciones dentadas, que deben ajustar bien en el motor y en la cabeza de cosecha, para transmitir la potencia.

Cabeza de cosecha

Este dispositivo mecánico tiene dos funciones principales, la primera consiste en aumentar la velocidad de giro desde 9.000 rpm hasta 13.500 rpm (equivalente a 220 Hz), y la segunda consiste en convertir el movimiento giratorio en movimiento oscilatorio de $1,1^\circ$ de amplitud, con el fin de tener

¹A medida que la altitud aumenta disminuyen la presión atmosférica y la temperatura, por lo tanto, se afecta la densidad del aire y su composición, esto hace que se tenga menos oxígeno y exceso de combustible.



El motor de la derribadora cuenta con un carburador de diafragma Walbro WYK 389, el cual es el dispositivo encargado de preparar la mezcla de aire-combustible antes de entrar en la cámara de combustión. Con el fin de que el motor obtenga el mayor rendimiento de salida, la mezcla de aire-combustible debe estar en las proporciones óptimas. Por esa razón, el carburador tiene un tornillo de ajuste de manera manual con atornillador, hasta que se alcance la velocidad de giro mencionada.

Figura 2. Carburador del motor de la derribadora DSC18.

la horquilla oscilando con una amplitud de 3 mm en el extremo, a una frecuencia de 220 Hz.

El aumento de velocidad de giro se realiza internamente, con una transmisión de 1,0:1,5 conformada por dos piñones cónicos de alto ajuste. Por otro lado, el cambio de movimiento se realiza a través de un mecanismo excéntrico.

Dadas las altas velocidades de giro, las características de los mecanismos internos y la alta frecuencia de las vibraciones, en la cabeza de cosecha se disipa energía en forma de calor, lo que hace que las piezas que la conforman, aumenten su temperatura. Por esa razón, se requiere

de lubricación interna con aceite de alta viscosidad e intercambio de calor con el ambiente a través de aletas.

El aparato posee piezas que balancean los mecanismos que hay al interior de la cabeza de cosecha, sin embargo, dada las características de la oscilación generada, todavía hay vibraciones que son transmitidas a la estructura de la máquina. Así mismo, cuando los operarios tocan las ramas, en toda la estructura también se sienten, en forma de vibración, las reacciones propias de la fuerza que se ejerce. Para disipar las vibraciones que llegan al operario a través de la estructura cuando utiliza la derribadora, el equipo

posee un amortiguador conformado por un acople con un elastómero de características especiales.

La horquilla es en forma de U y es el elemento principal de la cabeza (Figura 3), el cual está sometido a grandes esfuerzos mecánicos por las altas vibraciones y por las reacciones mencionadas. Por esta razón, esta pieza requirió un material de construcción liviano pero muy resistente (aleación de aluminio de alta resistencia), especialmente a la fatiga, lo mismo que mayor dedicación de diseño y pruebas antes de volverla una pieza comercial.

El toque sobre las ramas se hace solamente con

las caras externas de la horquilla, como se muestra en la Figura 3. La parte interior de la U de la horquilla es para hacer repase de los frutos que no hayan sido desprendidos con el toque de cosecha.

3. Principios físicos

La cosecha de café con la derribadora DSC18 está gobernada fundamentalmente por dos principios físicos: La propagación de ondas en medio sólido y la falla de estructuras por fatiga.

Propagación de ondas en medio sólido

Cuando un cuerpo golpea una rama de café, ella sirve de medio de conducción para que una onda se propague hasta el extremo de la misma. Cuando la horquilla de la derribadora DSC18 toca la rama, vibrando a 220 Hz, esa serie de ondas se propaga hasta el extremo a esa alta frecuencia. Este efecto hace que todas las partes de la rama y todos los órganos que están sobre las ramas se muevan a la misma frecuencia.

No obstante, dado que la rama es muy poco rígida por su naturaleza viscoelástica, la vibración se disipa fácilmente. Por esta razón, debe aplicarse la vibración en un punto donde la estructura tenga mayor rigidez, lo

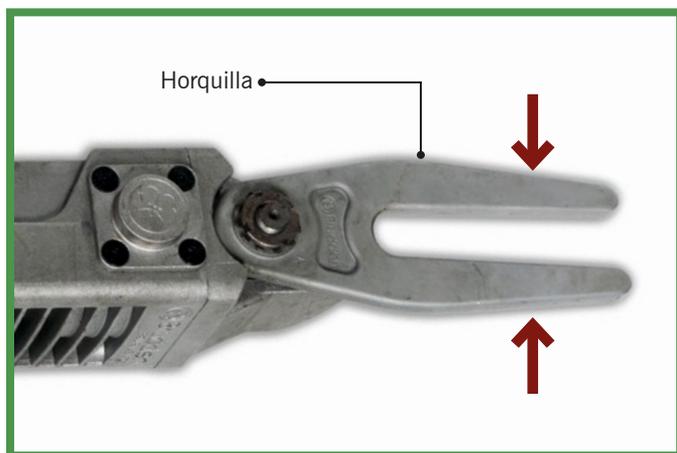


Figura 3. Cabeza de cosecha. Puntos de la horquilla con los que se tocan las ramas.

que sucede cerca de la unión de la rama y el tallo, conocido como punto de inserción. Es así como se recomienda hacer el toque con la horquilla vibrante a 5 o 10 cm del punto de inserción, para que la propagación de la onda sea efectiva.

Las características de la propagación de la onda en la rama hacen que la derribadora sea sólo apta para trabajar bien en ramas primarias. Afortunadamente, todas las variedades que se siembran en Colombia y la mayoría de los métodos de renovación de cafetales, tienen como característica particular que las cosechas están sustentadas principalmente en ramas primarias. No obstante, en árboles de quinta cosecha es común encontrar algunas ramas secundarias en las partes bajas, en las que los frutos maduros no se desprenden por el efecto de la vibración impartida por la derribadora. El uso de la máquina también se limita en plantaciones donde se practican podas, como la poda calavera, el despunte y la zoca pulmón, descritas por Rendón (2016), porque la producción se da en ramas secundarias y terciarias.

Falla por fatiga

Cuando se hacen movimientos repetidos sobre una estructura, esta colapsa si los esfuerzos alcanzan un valor predeterminado por la fatiga; por eso es que cuando a un alambre se le aplican movimientos repetidos, se corta cuando alcanza cierto número de ciclos. Lo mismo sucede con la estructura del pedúnculo, falla cuando alcanza cierto número de ciclos, dependiendo de la frecuencia de vibración.

Cuando las ondas se propagan sobre las ramas, los frutos experimentan movimientos oscilatorios y desplazamientos repetidos que hacen que los pedúnculos fallen por fatiga y los frutos caigan. La clave de la derribadora para que sea selectiva, es que los frutos maduros necesitan mucho menos ciclos para fallar por fatiga que los frutos verdes. Por esta razón, dado que la caída selectiva de los frutos maduros depende del tiempo de aplicación de vibración sobre la rama, la experiencia de los operarios juega un papel muy importante en el uso efectivo de la máquina.

4. Cosecha de café con la Derribadora DSC18

El primer aspecto a considerar para hacer la cosecha de manera efectiva, es que la derribadora hace parte de un concepto integral que se llama **Cosecha Asistida de Café**, el cual tiene varios componentes.

Escoger los mejores pases de cosecha

Hay que considerar que la derribadora sólo debe usarse en los pases de mayor concentración de la cosecha. La máquina debe trabajar en pases de cosecha con cargas mayores o iguales a 1,0 kg/árbol y concentraciones de frutos cosechables por encima del 60%, para tal fin es recomendable llevar los registros de floración y estimar el momento en que van a suceder los pases de mayor flujo (Rendón et al., 2008). Si no se sigue esta recomendación, implica la aparición de un alto contenido de frutos verdes en la masa cosechada y una disminución en la capacidad de recolección de los operarios a causa

de la necesidad de un repase minucioso. Para los pases de cosecha con carga y concentración de frutos cosechables por debajo de los límites mencionados, es mejor considerar recolección manual con lonas, como elemento de cosecha asistida.

Retener los pases de recolección

El concepto de la cosecha asistida de café está conformado por una técnica que consiste en prolongar el tiempo entre pases de cosecha hasta un total de 35 días, con el fin de disponer de mayor oferta de frutos maduros de café en los árboles. En cosecha, los caficultores normalmente contratan trabajadores para que recolecten los lotes de la finca cada 17 días, en promedio. No obstante, estudios realizados por Sanz et al. (2018a) han demostrado que con las variedades de café resistentes a la roya desarrolladas en Cenicafé, es posible retener más tiempo los frutos maduros en los árboles, lo que permite ampliar el tiempo entre pases de cosecha y garantizar mayor oferta de frutos maduros para la recolección. Este

hecho es importante para optimizar la mano de obra en las fincas, dado que los recolectores tienen mayor rendimiento, en términos de kilogramos de café cereza recolectados por hora, bajo esas condiciones. Sin embargo, existe una limitante importante relacionada con la infestación por broca, pues si al inicio de la retención, el lote presenta niveles de infestación superiores al 2,0% se corre el riesgo de aumentar a niveles inmanejables, si se prolonga el tiempo en los árboles (Sanz et al., 2018a). Caso contrario ocurre cuando los niveles están por debajo del 2%, donde la retención es viable.

Uso de lonas

La derribadora siempre tiene que usarse en combinación con las lonas (Figura 4a), que son implementos fabricados con mallas de 70% de sombreado, de 3,0 m x 12,5 m, hechas de fibra de polipropileno y con cierre Velcro® en sus extremos más largos, las cuales son extendidas debajo de los árboles, con el fin de recibir los frutos desprendidos, ya sea manualmente o con máquina (Sanz et al., 2018b).

Trabajo en equipo

Para trabajar con la derribadora efectivamente se recomienda hacerlo en parejas o en equipos. Los recolectores que usen la máquina deben tener buena preparación, extendiendo y recogiendo las lonas en el menor tiempo posible, ya que de esto depende en gran medida la capacidad de recolección con la derribadora.

Aplicación de la vibración

Para obtener mayor transmisibilidad de vibración, el punto de toque debe ser en un lugar donde la rama

es rígida, lo cual ocurre a unos 5 o 10 cm de distancia desde la inserción de la rama al tallo principal. El efecto selectivo de la máquina se logra controlando el tiempo de aplicación de la vibración, con la máquina acelerada al máximo, el cual debe ser menor a 1,0 s. Un aspecto adicional que se debe considerar en la aplicación de la vibración sobre la rama es que, para evitar daños sobre la corteza, el toque de la horquilla debe hacerse sin desplazamiento lateral. En resumen, **el toque de la horquilla sobre la rama debe ser en el lugar recomendado, corto, firme y puntual** (Figura 4b).



Figura 4. a. Lonas para la recolección de café. b. Punto de toque para la aplicación de la vibración.

Ciclo de cosecha con la derribadora

En el diagrama de flujo que se presenta en la Figura 5 se muestran las actividades que se deben realizar durante la cosecha de café con la derribadora DSC18, y en

la Tabla 1 se definen las actividades.

El diagrama de flujo de la Figura 5 tiene dos condicionales, el primero está relacionado con el peso del café que hay en las lonas. Cuando se usan las lonas para cosecha manual,

se tiene que ellas pueden ser movidas hasta con 40 o 50 kg sobre ellas, sin que haya daños (Sanz et al., 2018b), lo cual aplica también para la recolección de café con derribadora DSC18. El segundo condicional está relacionado con evaluar si la jornada ha terminado.

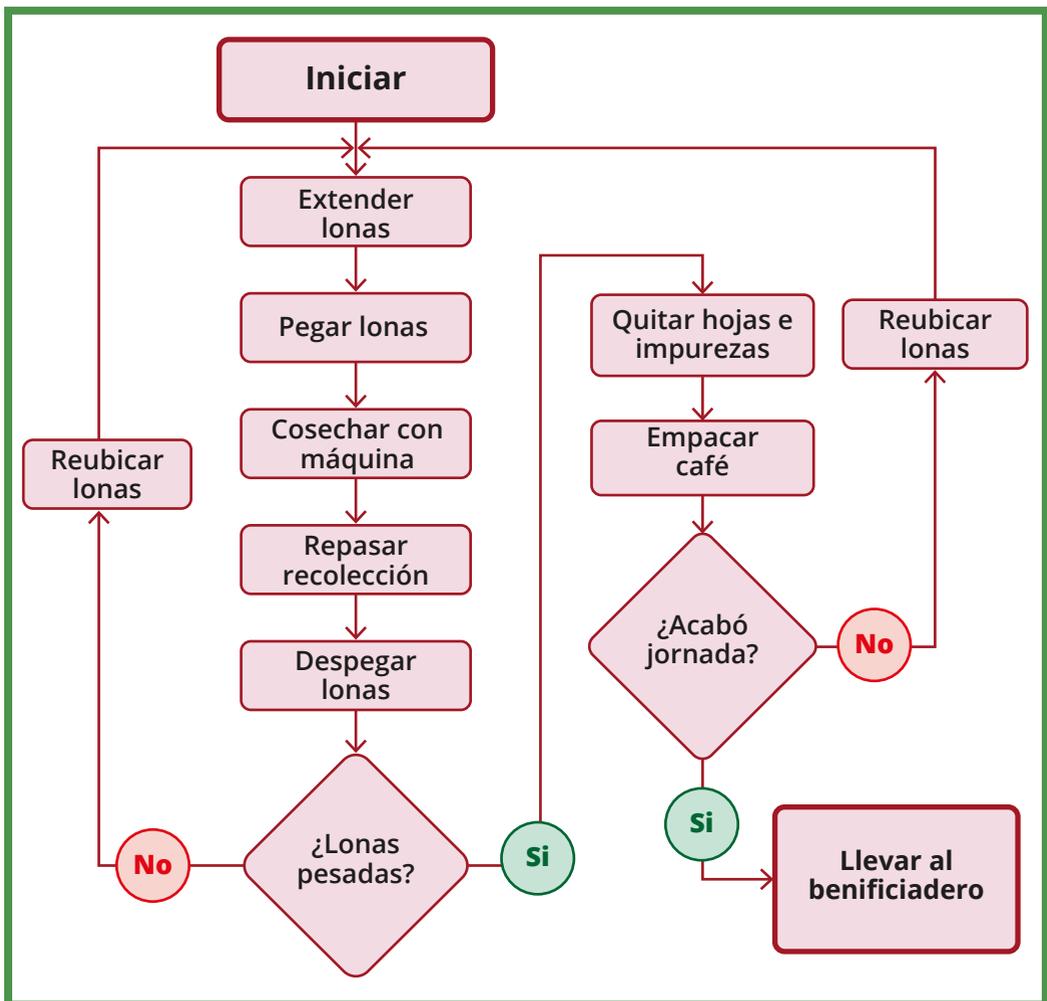


Figura 5. Diagrama de flujo de la cosecha de café con derribadora DSC18.

Tabla 1. Actividades que se realizan durante la cosecha de café con la derribadora DSC18.

Actividad	Definición
<p>Iniciar</p> 	<p>En esta actividad deben tenerse listos todos los elementos, implementos y equipos necesarios para empezar la cosecha de café con la derribadora. Ellos son: máquinas, combustible, lonas, empaques, dispositivo separador de hojas, elementos de protección para los operarios y atuendo para la protección de la lluvia. También es importante tener definido el lote y los surcos que se van a cosechar durante la jornada.</p>
<p>Extender lonas</p> 	<p>Consiste en desplegar las lonas y ubicarlas en las calles, debajo de los árboles, con los extremos macho y hembra del Velcro® coincidiendo. Deben dejarse sobrantes de lona en los extremos del conjunto de árboles que se está cosechando, para que no haya pérdida de frutos en esos lugares.</p>
<p>Pegar las lonas</p> 	<p>Esta actividad consiste en cerrar el Velcro® de las dos lonas en el centro en el centro del surco para completar la cobertura total debajo de los árboles. Es importante que el cierre se haga formando una cresta en el centro del surco, con el fin de facilitar la posterior recolección de los frutos sobre las lonas.</p>
<p>Cosechar con máquina</p> 	<p>Consiste en utilizar la máquina de la manera descrita anteriormente, ubicándose perpendicular a las ramas que se van a cosechar, con acceso a los puntos donde deben realizarse los toques, derribando los frutos al piso donde los recibe la lona. Hay árboles que tienen las cruces escalonadas en las cuales pueden hacerse varios toques con un solo movimiento. El toque en cada rama puede ser de arriba hacia abajo o al contrario.</p>
<p>Reparar recolección</p> 	<p>Después de la recolección con la máquina, deben desprenderse manualmente los frutos cosechables que aún quedan en los árboles, soltándolos al piso, aprovechando que las lonas todavía están cubriendo el suelo. La tendencia es que a medida que se tiene mayor práctica con la retención de pases y recolectores con mayor experiencia, esta actividad desaparezca del ciclo de cosecha con la derribadora.</p>

Continúa...

...continuación.

Actividad	Definición
Despegar las lonas 	Consiste en despegar cuidadosamente el Velcro® cuidando que los frutos desprendidos queden sobre la lona. Esta actividad también incluye el movimiento de los frutos hacia el centro longitudinal de la lona, si se va a seguir con la cosecha en otra parte del surco, o hacia un extremo de la lona si se va a limpiar y empacar el café recolectado.
Reubicar las lonas 	Esta etapa consiste en mover las lonas, vacías o con café en su interior, hasta el lugar donde se va a realizar la cosecha nuevamente.
Quitar hojas e impurezas 	Consiste en remover las hojas y otras impurezas que hay en las lonas con el café recolectado. La remoción manual de las hojas es demorada, por esta razón se recomienda tener un sistema de separación por tamaño, con agujeros de 25 x 25 mm, en el que las hojas son fácilmente removidas.
Empacar café 	Cuando el café está limpio debe empacarse en las estopas, sin sobrepasar las recomendaciones de salud ocupacional relacionadas con pesos máximos a ser cargados por operarios (Icontec, 2014).
Llevar al beneficiadero 	Consiste en transportar la masa de frutos de café recolectada durante la toda la jornada, hasta el lugar en donde va a ser pesado.

5. Resultados de la cosecha con la derribadora DSC18

La derribadora DSC18 fue evaluada en varios lotes, con diferentes condiciones de arreglo espacial (distancias de siembra), edades de los árboles y ubicación (región y altitud). Los lotes tuvieron variaciones en la pendiente, casi todas muy altas, una de las principales características de la caficultura colombiana.

En la Tabla 2 se muestran los promedios y las desviaciones estándar de las variables rendimiento, expresado en función de los kilogramos de café cereza recolectados por hora, contenido de frutos verdes en la masa cosechada, frutos maduros dejados en los árboles y pérdidas de frutos al suelo. El promedio general del rendimiento con la máquina fue de 28,53 kg h⁻¹, que es 2,8 veces mayor que la cosecha con el método manual tradicional reportado por Duque y Dussán (2004). Si en los estudios previos pudo establecerse que un recolector promedio, en la zona central cafetera, puede recolectar un poco más de 10 kg h⁻¹, con la derribadora la eficiencia equivale al 282%. Este logro en eficiencia debe orientarse en dos sentidos: estar en capacidad de cubrir la inversión en la máquina y poder ofrecer condiciones de negociación entre los caficultores y los recolectores, para reducir el costo de recolección por kilogramo de café cereza. La alta eficiencia debería conducir la cosecha asistida en los dos sentidos mencionados. El promedio de los frutos verdes en la masa cosechada de 6,07% es un valor aceptable para la cosecha semi-mecanizada de café, lo que hace resaltar el carácter selectivo de la máquina, pues se

Tabla 2. Desempeño obtenido con la cosecha de café utilizando la derribadora DSC18.

Variable	Promedio	Desviación estándar
Rendimiento (kg h ⁻¹)	28,53	10,50
Frutos verdes en la masa cosechada (%)	6,07	3,08
Frutos maduros en los árboles (unidades/sitio)	6,67	6,44
Frutos en el suelo (unidades/sitio)	12,77	15,89

encuentra muy cerca del contenido de frutos verdes en la masa cosechada manualmente, ya que no hay cuantificación de los frutos verdes que dejan los recolectores en los lotes para cumplir con los estándares de la recolección en las fincas. El promedio de 6,67 unidades/sitio de frutos cosechables dejados en los árboles está ligeramente por encima del límite de 5,0 unidades/sitio para control de broca (Bustillo et al., 1998), mientras que las pérdidas promedio de 12,77 frutos/sitio es susceptible de mejorar, ya que hubo unas pruebas que estuvieron por encima de los 40 frutos/sitio, que subieron el promedio, atribuible al uso inadecuado de las lonas.

Durante y posterior a las pruebas se han hecho seguimientos a los árboles que fueron cosechados con la máquina, con el fin de observar posibles efectos adversos sobre las plantas. Se tienen plantaciones que han sido cosechadas en segunda oportunidad con la derribadora DSC18 y no se observaron plantas afectadas por enfermedades que puedan entrar por los sitios en los cuales se hizo el contacto, ni disminuciones en la producción.

También se han hecho evaluaciones del desprendimiento de otros órganos como hojas, botones florales y frutos verdes pequeños. Las hojas que se caen por el efecto de la vibración son aquellas que ya cumplieron su ciclo. Las hojas sanas, flores, botones florales y frutos de café pequeños no se caen porque tienen una masa muy pequeña que hace que vibren en menor medida y que no se afecten sus estructuras.

Por todas las características descritas, el aumento en el rendimiento de los recolectores en más del 100%, la selectividad de la máquina, la facilidad de uso, y el bajo impacto sobre las ramas y demás órganos de las plantas como flores y hojas, la derribadora selectiva de café Brudden DSC18, complementada con la retención de pases y el uso de lonas para recibir los frutos desprendidos, se convierte en un componente clave de la cosecha asistida de café para recolectar los pases de cosecha de mayor flujo.

6. Aspectos de seguridad y salud en el trabajo

Siempre que hay interacción entre un hombre y una máquina existe algún riesgo

que la persona pueda salir lastimada, ya sea de manera inmediata o acumulativa con el tiempo de uso. Por esa razón, se describen los cuidados para disminuir al mínimo los riesgos cuando se realice la cosecha con la derribadora DSC18.

Protección visual

Cualquier persona que ingrese dentro de un lote de café está expuesta a que una rama le haga daño en los ojos. Por esta razón, los operarios deben tener protección visual para evitar estos accidentes.

Protección auditiva

El motor de la derribadora cuando trabaja a 9.000 rpm genera una presión sonora de 88,7 dB, lo que hace que sea considerada de riesgo alto para daño auditivo. Esto hace que los operarios deban tener puesta su protección auditiva, tipo orejera, siempre que estén trabajando con la máquina (ARL Suramericana, 2019). No es suficiente la protección auditiva de inserción.

Protección por vibración

Las vibraciones transmitidas por los elementos internos y las

reacciones cuando se tocan las ramas con la horquilla, son transferidas a la estructura de la máquina. Por esta razón la derribadora cuenta con un acople en el cual tiene un aditamento de un elastómero de características especiales, el cual absorbe parte de las vibraciones. No obstante, algunos recolectores han manifestado que tienen mayor comodidad en el trabajo cuando usan guantes antideslizantes y con resistencia a alta temperatura.

Superficies calientes

La cabeza de cosecha puede subir, en jornadas arduas y continuas, hasta 60°C y este calor no lo disipan las aletas rápidamente. Por esta razón debe evitarse el contacto directo de la piel con la superficie de la cabeza de cosecha. Además, es conveniente complementar el uso de los guantes mencionados con camisa de manga larga.

Calzado

Es importante que los recolectores que operen la máquina usen calzado con suela de caucho, para evitar el deslizamiento

cuando están parados sobre las lonas. También es conveniente evitar pliegues superpuestos de las lonas, porque el roce de estas dos superficies tiene bajo coeficiente de fricción y resulta ser muy resbaloso.

Gases de combustión

La máquina tiene un motor de combustión interna que emite gases, siempre que está funcionando. Es conveniente que los operarios eviten respirar los humos que salen del motor. El motor de la derribadora DSC18 tiene un exhosto que dirige el humo hacia atrás, lejos del operario, no obstante, debe evitar que el humo se dirija hacia otros trabajadores que estén en el lote. Es conveniente considerar el uso de aceites para motor que generen menor cantidad de humo.

Trabajo bajo lluvia

No hay limitaciones de la máquina para trabajar bajo lluvia moderada, siempre y cuando no se presenten descargas eléctricas. En caso de tormenta eléctrica, los operarios deben salir inmediatamente del lote y buscar un lugar seguro. Los operarios deben tener atuendo impermeable para realizar el trabajo.

7. Cuidados de la máquina

La parte motriz, de transmisión de potencia y las partes móviles de la máquina, deben tener ciertos cuidados con para que la inversión que hacen los caficultores tenga la mayor durabilidad posible.

Lubricación de la cabeza de cosecha

El aceite que se pone dentro de la cabeza de cosecha no solamente cumple funciones de lubricación, sino también de refrigeración, es decir, disipa parte del calor que se produce por el rozamiento de las piezas internas; para tal fin, se utilizan 25 mL de aceite de alta viscosidad (SAE, 2006).

Los aceites que se han probado con la máquina son: aceite monogrado referencia SAE 90 API GL5 y el aceite multigrado SAE 85W140. Cualquiera de los dos puede usarse.

El aceite debe cambiarse la primera vez a las ocho horas de trabajo, con el fin de retirar algunas limallas propias del desgaste interno de las piezas cuando trabajan por primera vez. Después de ese primer cambio siguen cambios cada 40 horas de trabajo.

Para estimar el momento para cambiarle el aceite a la cabeza de cosecha puede suponerse que se trabajan en promedio tres horas por jornada, si se sigue la metodología propuesta, es decir, el aceite de la cabeza de cosecha debe cambiarse cada 13 o 14 jornadas de trabajo con la máquina.

Para vaciar el aceite se quita el tapón roscado y se espera, con el agujero de salida hacia abajo, hasta que deje de gotear. Por la alta viscosidad del aceite, esta descarga toma entre 30 minutos y una hora. Posteriormente, se agrega el aceite con una jeringa. Es conveniente tener dentro de las herramientas de la máquina una jeringa de 25 mL de capacidad. Se recomienda recubrir la rosca con cinta teflón para evitar fugas de aceite en este dispositivo.

Aceite para motor

La especificación que certifica los aceites para motor de combustión interna de dos tiempos es la especificación JASO (JASO, 2019).

Los aceites con especificación JASO FB son de origen mineral, los cuales lubrican menos, por lo que hay que poner mayor concentración de aceite. Para un aceite JASO FB se recomienda una relación combustible/aceite de 25/1. Adicionalmente, es recomendable remover el hollín de las partes internas del motor (descarbonar) cada 150 o 200 horas.

Los aceites de motor de dos tiempos con especificación JASO FC y FD son semi-sintéticos y sintéticos,

respectivamente, los cuales lubrican mejor y producen menos humo. Con aceites de especificaciones JASO FC y JASO FD se recomienda una relación gasolina/aceite de 40/1. Se recomienda descarbonar el motor cada 400 a 500 horas.

Después de cada jornada debe extraerse la mezcla de combustible sobrante del tanque del motor y dejar el motor encendido hasta que este se consuma totalmente, para una mayor durabilidad, al igual que en las guadañas con motor de dos tiempos.

Ajuste de la máquina

Dado que la horquilla de la máquina oscila a alta frecuencia, y que esta no tiene una masa despreciable, se producen grandes esfuerzos en el lugar de sujeción de la horquilla. Por esta razón, en cada cambio de aceite debe revisarse en la cabeza de cosecha que la horquilla esté bien ajustada y sin juego axial y radial. Si hay juego, debe ajustarse.

Señor Caficultor:

Con la derribadora selectiva de café Brudden DSC18 se obtienen aumentos de más del 100% de la capacidad de recolección, con lo cual puede obtenerse la reducción del costo de recolección y la racionalización de la mano de obra en la finca.



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos especiales a la empresa Brudden de Brasil, por la colaboración en este proyecto y por trabajar en bien de la caficultura colombiana, particularmente a los señores Takashi Nishimura, Dueño y Gerente, a Evair Rojo, Director de la Unidad de Negocios, a Marcelo Bissoli, Ingeniero de Proyectos, y a Jose Luiz Burgueti, Asesor. También expresan gratitud al Líder de la Disciplina de Experimentación, Carlos Gonzalo Mejía M. y a los Coordinadores de las Estaciones Experimentales en los que se llevaron a cabo las pruebas: Myriam Cañón H., Carlos Julio Ramírez, José Enrique Baute B., Henán Darío Menza F., Carlos Mario Ospina P. y Carlos Roberto Ariza O. Así mismo, reconocen el compromiso de Andrés Felipe Henao G. y José Miguel Jaramillo G., quienes trabajaron como auxiliares de investigación en este proyecto y el de todos aquellos trabajadores agrícolas de las Estaciones Experimentales que hicieron parte de esta investigación.

Literatura citada

- Administradora de Riesgos
Laborales Suramericana
S.A. (2019). Informe de
evaluación ocupacional de
niveles de presión sonora:
sonometrías y dosimetrías.
Empresa Federación Nacional
de Cafeteros de Colombia.
37p.
- Álvarez V., J. A., Oliveros T., C.
E., Ramírez G., C. A. Sanz
U., J. R., Moreno C., E. L.
(2006) *Evaluación técnico-
económica de un sistema
de cosecha manual asistida
de café*. En: X Congreso
Nacional de Ingeniería
Agrícola. Neiva (Colombia).
- Álvarez V., J. A.; Oliveros T. C. E.;
Ramírez G., C. A. (2004)
*Evaluación de dos sistemas
para el manejo de mallas en
la cosecha manual del café*.
Cenicafé 55(2):130-135.
- Álvarez T., E.; Álvarez M., F.;
Oliveros T., C. E.; Montoya
R., E. C. (1999) *Propiedades
físico-mecánicas del fruto
de café y del sistema fruto-
pedúnculo del café variedad
Colombia*. Facultad Nacional
de Agronomía. Medellín.
52(2): 701-732.
- Araque S., H.; Oliveros T., C. E.;
Sanz U., J. R.; Ramírez G.,
C. A. (2005) *Desempeño
de vibradores portátiles del
tallo en la cosecha del café*.
Cenicafé 56(4): 339-347.
- Aristizábal T., I. D.; Oliveros T., C.
E.; Álvarez M., F. (2003)
*Physical and mechanical
properties of the coffee
tree related to harvest
mechanization*. Transactions
of the ASAE. Vol 46 (2):
197-204.
- Bustillo P., A. E.; Cárdenas M., R.;
Villalba G., D. A.; Benavides
M., P.; Orozco H., J.; Posada
F., F. J. (1998). *Manejo
integrado de la broca del
café Hypothenemus hampei
(Ferrari) en Colombia*. Centro
Nacional de Investigaciones
del Café Cenicafé. Chinchiná
(Colombia). 134 p.
- Cardona D., J. A. (2006). *Diseño
de una máquina portátil
para la cosecha asistida
de Café* (Tesis de grado
en Ingeniería Mecánica)
Universidad Tecnológica de
Pereira, Pereira, Risaralda,
Colombia. 147 p.
- Ciro V., J. H.; Álvarez M., F.;
Oliveros T., C. E. (1998a)
*Estudio experimental
de la dinámica de las
vibraciones longitudinales
y transversales aplicadas a
las ramas de café*. Facultad
Nacional de Agronomía.
Medellín. 51(2): 245-275.
- Ciro V., J. H.; Oliveros T., C. E.;
Álvarez M., F. (1998b)
*Estudio dinámico bajo
oscilación forzada del
sistema fruto-pedúnculo
(S.F.P.) del café variedad
Colombia*. Facultad Nacional
de Agronomía. Medellín.
51(1): 63-90.
- Ciro V., J. H.; Oliveros T., C. E.;
Álvarez M., F.; Montoya R.,
E. C. (1998c) *Respuesta
dinámica de la rama del
cafeto a la aplicación de
vibraciones unidireccionales*.
Cenicafé. 49(2):151-161.
- Díaz G., D.; Ramírez G., C. A.;
Oliveros T., C. E.; Moreno
C., E. L. (2009). *Cosecha
de café con el equipo
STIHL SP-81 de actuadores
oscilantes*. Cenicafé
(Colombia) 60(1): 41-57.
- Duque O., H.; Dussan L., C.
(2004). *Productividad de la
mano de obra en la cosecha
de café en cuatro municipios
de la región cafetera central
de Caldas*. Cenicafé 55(3):
246-258.
- Granja F., J. J.; Oliveros T., C. E.
(2003) *Diseño, construcción
y evaluación de un vibrador
multidireccional de tallos
para la cosecha mecánica
de café en Colombia
(2)*. Scientia et Technica,
Universidad Tecnológica de
Pereira, 21: 58-64.
- Instituto Colombiano de Normas
Técnicas – Icontec (2014).
*Ergonomía, definiciones y
conceptos ergonómicos*. NTC
3955. 15p.
- Japanese Automotive Standards
Organization – JASO (2019).
*Two cycle gasoline engine oil
performance classification*.
JASO M345:2018. 29p.
- Londoño H., D.; Oliveros T.,
C. E.; Moreno S., M. A.
(2002) *Desarrollo de una
herramienta manual para
asistir la recolección de
café en Colombia*. Cenicafé
53(2): 93-105.
- López F., H. A.; Ramírez G., C. A.;
Oliveros T., C. E.; Sanz U.,
J. R. (2008) *Aroandes, una
tecnología para la cosecha
manual de café con alta
calidad*. Cenicafé 59(4):
283-294.
- López F., H. A.; Oliveros T., C.
E.; Ramírez G., C. A.;

- Álvarez V., J. A.; Sanz U., J. R. (2008) *Manga para la recolección manual de café: Experiencia de investigación participativa*. Avances Técnicos Cenicafé. 374:1-8.
- Oliveros T., C. E. (2014). Desarrollo de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva de café. Proyecto Colciencias. Informe Técnico Final. 100 p.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R. (2013) Cosecha del café. En: Cenicafé. *Manual del Cafetero Colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura, Tomo 2*. Chinchiná: FNC: Cenicafé.
- Oliveros T., C. E.; Álvarez V., J. A.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R.; Moreno C., E. L.; Peñuela M., A. E. (2006) *Cosecha manual de café utilizando mallas plásticas*. Avances Técnicos Cenicafé. 354:1-8.
- Oliveros T., C. E.; Benítez M., R.; Álvarez M., F.; Aristizábal T., I. D.; Ramírez G., C. A.; Sanz U., J. R. (2005a) *Cosecha del café con vibradores portátiles del tallo*. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 58(1): 2697 – 2708.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Buenaventura A., J. D.; Sanz U., J. R. (2005b) *Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café*. Cenicafé 56(1):37-49.
- Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A.; Acosta A., R. (2005c) *Equipo portátil para asistir la cosecha manual de café*. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 58(2): 3003 – 3013.
- Portafolio. (Noviembre 22 de 2018) Así funciona la máquina para recolectar 360 kilos de café por jornal. *Portafolio*. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/asi-funciona-la-maquina-para-recolectar-360-kilos-de-cafe-por-jornal-523645>.
- Ramírez G., C. A., Oliveros T., C. E., Sanz U., J. R.; Acosta A., R.; Buenaventura A., J. D. (2006) *Desgranador mecánico portátil para la cosecha del café – Descafé*. Cenicafé 57(2):122-131.
- Rendón S., J. R. (2016) *Sistemas de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 463: 1-8.
- Rendón S., J. R.; Arcila P., J.; Montoya R., E. C. (2008) *Estimación de la producción de café con base en los registros de floración*. Cenicafé 59 (3): 238-259.
- Sanz U., J. R.; Oliveros T., C. E.; Duque O., H.; Mejía M., C. G.; Benavides M., P.; Rivera M., R. D. (2018) *Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 488:1-8.
- Sanz U., J. R.; Duque O., H.; Menza F., H. D.; Zamudio C., G. E.; Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A. (2018) *Lonas para asistir la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 487:1-8.
- Sanz U., J. R.; Oliveros T., C. E.; Duque O., H.; Mejía M., C. G.; Benavides M., P.; Rivera M., R. D. (2018a) *Retención de pases: Una opción para mejorar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 488:1-8.
- Sanz U., J. R.; Duque O., H.; Menza F., H. D.; Zamudio C., G. E.; Oliveros T., C. E.; Ramírez G., C. A. (2018b) *Lonas para asistir la cosecha de café*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 487:1-8.
- Sanz-Uribe., J. R. (2008) *Mobile device for mechanical harvesting of coffee in steep terrain*. Saarbrucken (Alemania), VDM Verlag. 152 p.
- Society of Automotive Engineers – SAE (2006). *SAE new and revised standards*. SAE oil viscosity standards. 28p.
- Vélez Z., J. C.; Montoya R., E. C. (2003) *Mejore la recolección de café adoptando el método mejorado*. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) 310:1-8.
- Vélez Z., J. C.; Montoya R., E. C.; Oliveros T., C. E. (1999) *Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café*. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. Boletín Técnico N° 21. 91p.



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana