

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL COMUNITARIA PARA EL BENEFICIO DE CAFÉ UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA ECOMILL®

Juan Rodrigo Sanz Uribe*, César Augusto Ramírez Gómez*, Carlos Eugenio Oliveros Tascón*

SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación del impacto ambiental de una Central Comunitaria para el beneficio de café, utilizando la tecnología Ecomill®. *Revista Cenicafé* 70(1):18-29. 2019

Se obtuvo información del desempeño técnico y ambiental de una central diseñada para atender el beneficio de café de 123 pequeños productores, localizada en el municipio de Belén de Umbria (Risaralda). En el diseño de la Central se utilizaron las siguientes tecnologías desarrolladas en Cenicafé, para disminuir el consumo de agua en el proceso de beneficio y el impacto ambiental causado por las aguas residuales, principalmente del lavado del café: el clasificador hidráulico de tolva y tornillo sinfin para el café cereza, el despulpado sin agua, la tecnología Ecomill® para el lavado del café con degradación previa del mucilago, por fermentación natural o aplicando enzimas pectinolíticas, y el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café. Se obtuvo un consumo específico de agua global (incluyendo todas las etapas del beneficio y el lavado de los equipos) de 1,19 L kg⁻¹ de café pergamino seco, control de la contaminación de las aguas residuales de 100% y un requerimiento específico de energía de 0,1046 kW h kg⁻¹ de c.p.s. Los resultados obtenidos indican que el diseño evaluado de la central, es una alternativa ecológica, técnicamente viable para atender las necesidades de beneficio del café, sin afectar a los ecosistemas.

Palabras clave: Beneficio ecológico, impacto ambiental, sostenibilidad, clasificador hidráulico, consumo específico de agua.

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A COMMUNITY CENTRAL ON COFFEE PROCESS USING ECOMILL® TECHNOLOGY

Information about the technical and environmental performance of a central, located in the municipality of Belén de Umbria (Risaralda), to assist coffee processing of 123 small-farm producers was obtained. The design of the central included the following technologies developed in Cenicafé to reduce water consumption in coffee processing and the environmental impact caused by waste water, mainly from coffee washing: the hydraulic separator with hopper and screw conveyor for cherry coffee, dry pulping, Ecomill® technology for coffee washing with previous mucilage degradation by natural fermentation or pectinolytic enzymes and waste waters treatment of coffee processing. A specific global water consumption (including all coffee process stages and equipment washing) of 1.19 L kg⁻¹ of dry parchment coffee (dpc) was obtained, with 100% control of waste water pollution and a specific energy requirement of 0.1046 kW h kg⁻¹ of dpc. The results show that the evaluated community central design is a technically viable ecological option to meet the needs of coffee processing to avoid ecosystem damage.

Keywords: Eco-friendly process, environmental impact, sustainability, hydraulic classifier, specific water consumption.

*Investigador Científico III, Investigador Científico I e Investigador Principal, respectivamente. Disciplina de Poscosecha, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Hace más de dos décadas, con el beneficio húmedo del café que se realizaba en Colombia, se utilizaban más de 40 L kg⁻¹ de café pergamino seco (c.p.s.) obtenido y se generaba una contaminación de las fuentes de agua con materia orgánica, proveniente de la pulpa y del mucílago, comparable a la causada anualmente por una ciudad de 800.000 habitantes, en excretas y orina (Roa *et al.*, 1999). Con la tecnología Becolsub, desarrollada en Cenicafé en la década de los 90s, se redujo el consumo de agua a valores entre 0,7 y 1,0 L kg⁻¹ de café seco, permitiendo el control del 90% de la contaminación potencial, al mezclar la pulpa y el mucílago, utilizando un tornillo sinfín (Roa *et al.*, 1999).

Aunque con la tecnología Becolsub se obtuvo un avance importante en la gestión ambiental, no es suficiente para cumplir a cabalidad con el decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010), que establece niveles muy bajos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) para los vertimientos (máximo 400 mg L⁻¹ de DQO). Con la motivación de contribuir al cumplimiento de la legislación ambiental y producir café con fermentación natural, se desarrolló la tecnología Ecomill® (Oliveros *et al.*, 2014); con ella se reduce el consumo de agua en más del 50% con relación al Becolsub, se elimina la contaminación causada por las aguas de lavado del café (ARLs), ya que se retienen totalmente al adicionarlas a la pulpa o se deshidratan en secadores solares. Adicionalmente, se reduce el requerimiento específico de energía eléctrica (W h kg⁻¹ de c.p.s.), con relación a la tecnología Becolsub (Oliveros *et al.*, 2014).

La tecnología Ecomill® está diseñada para lavar desde 500 hasta 3.000 kg h⁻¹ de café, capacidades adecuadas para fincas de medianos y grandes productores en Colombia. También se ha implementado en centrales de beneficio

de café, que se han construido en los últimos años. Para los pequeños productores se ha planteado la instalación de beneficiaderos comunitarios como alternativa para mejorar los indicadores ambientales, económicos y sociales de la sostenibilidad de la caficultura (Tibaduiza *et al.*, 2018).

Entre las ventajas de las centrales de beneficio para el caficultor resaltan:

- Concentración de los esfuerzos por producir mejor calidad de granos de café.
- Mayor tiempo de dedicación a otras labores de la finca cafetera y, en general, a actividades que contribuyan al bienestar de su familia.
- Posibilidad de obtener retribución inmediata y no después de un largo proceso en la finca.
- Menor riesgo de robo, porque el café en cereza es menos atractivo para los ladrones.

Así mismo, se obtienen las siguientes ventajas en el proceso y el producto:

- Menor consumo de agua y menor impacto ambiental causado por las ARLs.
- Aprovechamiento de las ventajas de la economía de escala por disponer de máquinas de alta capacidad y eficiencia.
- Mayor control sobre la calidad del producto final, al contar con procesos estandarizados, clasificaciones rigurosas y equipos eficientes que conducen a la producción de buenas calidades de café de manera consistente.
- Posibilidad de obtener café de calidad diferenciada, de manera consistente y ecológica, en grandes cantidades.

No obstante, hay barreras culturales como la tradición y el arraigo que se oponen a un

proyecto comunitario, barreras técnicas como los mayores fletes que se requieren por un mayor volumen y peso, o del poco tiempo que tiene el café en cereza para llegar al beneficiadero, lo cual hace necesario que los productores habiten cerca de la central y que las vías de acceso estén en buen estado.

En este proyecto se utilizó de manera conjunta parte de los últimos desarrollos de Cenicafé, a gran escala. No obstante, en este artículo se presentan solamente los resultados relacionados con los aspectos ambientales, con énfasis en el cuidado del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La central de beneficio está localizada en el municipio de Belén de Umbria (Risaralda) y pertenece a la Asociación de Productores de Café de Alta Calidad - Cuchilla del San Juan, conformada por 123 caficultores, en su mayoría pequeños productores, con un promedio de área sembrada en café de 2,3 ha. Los cultivos, de variedad Castillo®, se encuentran localizados en un rango altitudinal entre 1.300 y 1.700 m. La central comunitaria fue denominada Central Agroindustrial de Café - Belén de Umbria (CBU).

Descripción del proceso

La Figura 1 muestra el diagrama de procesos para el café, que incluye los procedimientos principales para pasillas y para los subproductos pulpa y mucílago. Antes de iniciar se analizó la calidad siguiendo el método CERPER (Guerrero, 1992; Sanz y Oliveros, 2017), con modificaciones, de acuerdo a las condiciones actuales de valoración de café. Los subprocesos empleados para la obtención de café de mejor calidad son:

- Recibo en seco.
- Separación de frutos de menor densidad que la del agua, denominados flotes, y del material extraño que llega con el café al beneficiadero, como piedras y elementos metálicos, que puede causar daños a las despulpadoras, utilizando el clasificador hidráulico diseñado en Cenicafé (Oliveros *et al.*, 2009).
- División de la masa de café en cereza por tamaño, con el fin de mejorar el uso de las despulpadoras en cuanto a la calidad del despulpado.
- Despulpado sin utilizar agua, con clasificación previa en zaranda circular de varillas, con separación de 12,7 mm, para disminuir daños en los granos, especialmente en los de mayor grosor.
- Degradación del mucílago en el tanque del equipo Ecomill®, por medio de fermentación natural o con aplicación de enzima pectinolítica (Peñuela *et al.*, 2010).
- Lavado en el equipo Ecomill®.
- Separación de flotes presentes en el café lavado.
- Secado.

En la Figura 2 se presenta una vista general de los equipos utilizados para el beneficio del café en la CBU. Se dispone de tres tolvas de recibo, tres tanques de fermentación y un secador con tres cámaras de secado, de tal manera que cada tanda pueda procesarse por completo sin mezclarse con otras. Se utilizó un módulo Ecomill® 3.000, con volumen total de tanques de fermentación de 12 m³ (para 9.600 kg de café despulpado), en tres tanques iguales.

Para transportar el café lavado hasta los tanques de fermentación se empleó una bomba

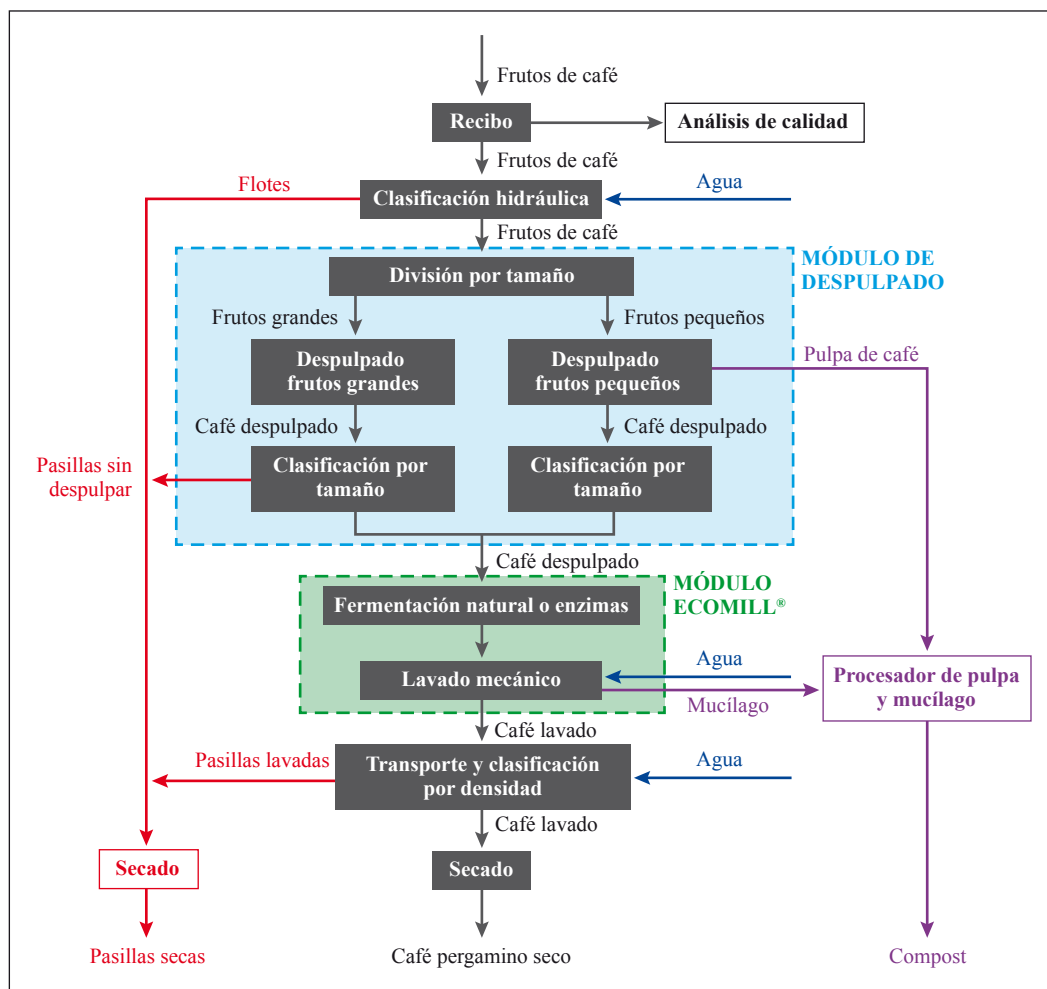


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de la Central Agroindustrial de Café de Belén de Umbría.

sumergible de 1,5 kW (1,5 kW mecánicos y 3,8 kW eléctricos), con recirculación del agua. En ese proceso se remueven los pocos granos flotantes que aún quedan en la masa de café.

La última etapa es el secado mecánico, en el cual se reduce la humedad al café hasta el rango exigido en la comercialización, entre 10,0% y 12,0% base húmeda. El secador tiene un dispositivo electrónico que permite mantener el caudal y la temperatura del aire

de secado en los valores recomendados por Parra *et al.* (2018), sin importar la altura de la capa de granos (González *et al.*, 2010).

En el proceso se recogen tres tipos de pasillas, que son los flotes obtenidos en el separador hidráulico, los granos separados en las zarandas de café despulpado y los flotes obtenidos en el sistema de transporte hidráulico. Por otro lado, se tienen la pulpa del café y el mucílago degradado proveniente del lavador

mecánico, los cuales son mezclados y llevados a un procesador en donde se convierten en compost.

El techo de la edificación tiene un área transversal aproximada de 500 m² y posee canales para recoger el agua llovida y los conductos para llevarla hasta un tanque de almacenamiento de 60 m³, el cual tiene un sistema de bombeo que abastece la central de agua, para ser utilizada en el procesamiento de café (Figura 3).

La Figura 4 muestra el interior del recinto para el procesamiento de pulpa y mucílago. En el tanque cilíndrico se recogen las ARLs que se producen en el equipo Ecomill®. El tanque cuadrado tiene un volumen de 1,5 m³ y en él se recogen todos los lixiviados que se producen durante el proceso de compostaje. Se utiliza una sola bomba para regar el mucílago fresco y los lixiviados, lo cual se obtiene en dos pasadas.

El sistema hidrosanitario recoge todos los líquidos y los conduce a la planta de tratamiento

de las aguas residuales, la cual tiene un reactor hidrolítico y un reactor metanogénico de 5 m³ cada uno, lo que da un tiempo de retención de más de siete días, que permite remover más del 90% de la contaminación.

Metodología

Se realizaron seis pruebas de evaluación de la planta trabajando con café en cereza, llevado a la CBU por diferentes asociados. Las pruebas tuvieron lugar entre los meses de octubre y diciembre de 2016. Con las características de la planta, los datos de los asociados y el café recibido se determinaron diferentes indicadores técnico-ambientales de la CBU.

A partir de los datos de los caficultores que pertenecen a la asociación, los volúmenes de fermentación y de los recibos realizados durante las fechas de evaluación, puede determinarse el día de mayor flujo de café en la planta, la proporción sobre la capacidad total y, por ende, la capacidad anual. Para obtener la distribución y magnitud de la cosecha en las diferentes regiones donde tienen fincas los asociados,



Figura 2. Tecnología empleada para el procesamiento del café en la Central de Beneficio de Belén de Umbría (Risaralda).



Figura 3. Tanque y sistema de bombeo de aguas llovidas.



Figura 4. Tanques para recibo de mucílago concentrado desde la planta y de recolección de lixiviados (izq.) y riego de pulpa descompuesta con mucílago fresco (der.).

se realizaron entrevistas personales, los datos fueron corroborados con los registros de la cooperativa.

A partir del consumo de agua medido se obtienen las ventajas ecológicas de usar el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), y a través de los análisis de muestras antes y después de la labor, se obtienen la eficacia de clasificación de flotes y de objetos

duros presentes en el café en cereza en este dispositivo hidro-mecánico.

Se evaluó el efecto de la división de la masa, para disminuir el daño mecánico causado a los granos en el despulpado por cuenta de las diferencias de tamaño de los frutos.

También se evaluó la capacidad de lavado en el equipo Ecomill® 3.000 (kg h⁻¹ de café lavado),

a partir de muestras tomadas en la descarga del lavador, cada 15 minutos; el requerimiento máximo de energía eléctrica (kW h), con base en registros del contador eléctrico instalado en la CBU, en días de mayor flujo de café o días “pico”; el consumo específico de agua (L kg⁻¹ de c.p.s.), considerando el agua utilizada para el lavado del café, máquinas y edificio; y el control de la contaminación de las aguas residuales (%) mediante la retención en la pulpa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad máxima de la CBU

Se observó que el día pico de producción de las fincas localizadas en diferentes rangos de altitud fue variable, por lo que se obtuvo suministro de café en la central durante mayor tiempo, sin concentración de un solo día o semana. Por lo anterior, la capacidad instalada anual de la Central es de 360.000 kg año⁻¹ de c.p.s. (30.000 @ año⁻¹ de c.p.s.), con un día pico de 1,02%, como proporción del total de café recibido.

Eficacia de clasificación de flotes y de objetos duros presentes en el café en cereza (%)

Durante el procesamiento de las casi 40 toneladas de café en cereza, que fueron seleccionadas en el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín no se observaron incidentes relacionados con el daño de máquinas despulpadoras por objetos duros y densos, lo cual permite concluir que el equipo tuvo una eficacia de separación de este tipo de objetos del 100%. Así mismo, durante las pruebas se observó que el equipo trabajó a la misma capacidad del transportador de banda con paletas (3.000 kg h⁻¹ de café en cereza $\pm$ 50 kg h⁻¹) con una eficacia de separación de material flotante del 100%. El consumo de agua por jornada fue de 240 L día⁻¹.

Calidad del café despulpado

En la Tabla 1 se muestran los resultados para la calidad del café despulpado. Se observa que el daño mecánico promedio causado a los granos fue de 0,2% en los frutos grandes y de 0,4% a los frutos pequeños, el cual es inferior al máximo permitido en la norma NTC2090 ($D_m < 1,0\%$) (ICONTEC, 1985). La mejor calidad se obtuvo en los frutos grandes, explicable porque estos frutos son en su mayoría maduros y sobremaduros, y por una mayor calidad de la labor de despulpado (Tabla 1). Con esos resultados se concluyó que dividir la masa de café de acuerdo al tamaño disminuye pérdidas en el proceso por daño mecánico a los granos.

Capacidad de lavado

En las pruebas realizadas, el equipo Ecomill® 3.000 presentó un rendimiento promedio de 2.860 kg h⁻¹ de café lavado ($S = 11,5$ kg h⁻¹), con una remoción de mucílago superior al 98%, evaluada con el método de la enzima pectinolítica Zymucil. Con la capacidad de lavado obtenida y teniendo en cuenta la máxima capacidad de los tanques de fermentación (10.800 kg de café despulpado, equivalentes a 7.400 kg de café lavado), puede realizarse el lavado de todo el café en 2,5 horas, aproximadamente.

En la Tabla 2 se presentan los resultados correspondientes al efecto neto en la labor de lavado de café; los granos mordidos y trillados corresponden a los daños netos causados en esta labor.

El daño mecánico neto, es decir, los granos trillados y mordidos en la actividad de lavado, ascienden en promedio a 0,53%, lo cual indica un efecto aceptable sobre la calidad física del producto, pues se aceptan contenidos de

hasta 0,5% de granos trillados y hasta 0,5% de granos mordidos.

Requerimiento de energía eléctrica

En la Figura 6 se muestra el requerimiento de energía eléctrica durante la operación en un

día pico. El máximo requerimiento de energía eléctrica se alcanzó trabajando simultáneamente el transportador de banda con paletas, el SHTTS, el banco de despulpado, el elevador de cangilones y el tornillo sinfin distribuidor, lo mismo que el secador y sus accesorios. Así se alcanzó un pico de 33,0 kW h⁻¹ a las

Tabla 1. Calidad física del café despulpado en la Central Agroindustrial de Café de Belén de Umbría.

Tipo de grano	Despulpadora			
	Frutos grandes		Frutos pequeños	
	Promedio	S	Promedio	S
Grano bueno (sano)	92,30%	1,0010%	80,80%	4,3232%
Grano trillado (sano)	0,20%	0,0028%	0,40%	0,0127%
Grano mordido (sano)	0,00%	0,0000%	0,00%	0,0000%
Frutos sin despulpar (bueno)	0,00%	0,0000%	4,20%	0,9200%
Pulpa en el grano	1,50%	0,1000%	1,90%	0,1100%
Grano trillado (verde-pintón)	0,40%	0,0020%	1,50%	0,0120%
Grano mordido (verde-pintón)	0,00%	0,0000%	0,00%	0,0000%
Frutos sin despulpar (verde-pintón)	3,20%	0,3000%	0,50%	0,0900%
Impurezas	0,10%	0,0200%	0,30%	0,8200%
Grano en la pulpa	0,00%	0,0000%	0,30%	0,0000%

Tabla 2. Calidad del café a la salida del lavador Ecomill® 3000.

Tipo de grano	Ecomill®	
	Promedio	S
Grano bueno (sano)	87,70%	1,0010%
Grano trillado (sano)	0,46%	0,0210%
Grano mordido (sano)	0,07%	0,0012%
Frutos sin despulpar (bueno)	0,00%	0,0000%
Pulpa en el grano	3,10%	1,0880%
Grano trillado (verde-pintón)	2,80%	0,0250%
Grano mordido (verde-pintón)	0,00%	0,0000%
Frutos sin despulpar (verde-pintón)	2,90%	0,3000%
Impurezas	0,00%	0,0000%

7:00 p.m. y un total de 376,5 kW h⁻¹ para procesar los 18.000 kg de café en cereza, que al final resultaron en aproximadamente 3.600 kg de c.p.s., es decir, 0,1046 kW h kg⁻¹ de c.p.s. Sin considerar la etapa de secado el consumo específico de energía es 0,0346 kW h kg⁻¹ de c.p.s.

Consumo específico de agua (L kg⁻¹ de c.p.s.) en el beneficio del café

El agua utilizada para procesar el café se divide en dos: la utilizada en la clasificación hidráulica del café cereza y el transporte del café lavado, denominadas aguas remanentes, y el agua utilizada en el lavado del café en el módulo Ecomill®.

Las aguas remanentes fueron 240 L en el SHTTS y 300 L en el tanque de la motobomba sumergible y las tuberías que conforman el sistema de transporte de café lavado al secador. Es decir, en cada proceso que se realice diariamente se consumen 540 L sin importar la cantidad de café. Si se trabaja a capacidad máxima el consumo específico de agua asociado a las aguas remanentes sería de 0,15 L kg⁻¹ de c.p.s. No obstante, cuando se procesan menores cantidades de

café en la planta el consumo específico de agua es mayor.

Consumo específico de agua en el lavado del café

Por otro lado, el consumo específico de agua en el módulo Ecomill® fue determinado al dividir el agua consumida sobre la masa de café pergamino seco obtenida. El promedio fue de 0,49 L kg⁻¹ de c.p.s., con un máximo de 0,52 L kg⁻¹ y un mínimo de 0,46 L kg⁻¹. La desviación estándar fue $S=0,024$ L kg⁻¹ de c.p.s.

La Figura 7 presenta una gráfica del consumo específico de agua durante el procesamiento de café, incluyendo las aguas remanentes y de lavado de café, en función del café en cereza recibido. Se observa que para que el consumo específico de agua esté por debajo de 1,0 L kg⁻¹ de c.p.s. se debe trabajar con cantidades de café en cereza mayores a 5.350 kg.

Dado que en la Central Agroindustrial de Café de Belén de Umbria se procesa un promedio diario de 8.000 kg de café en cereza, el requerimiento de agua durante el proceso tiene un consumo específico de agua promedio de 0,83 L kg⁻¹ de c.p.s.

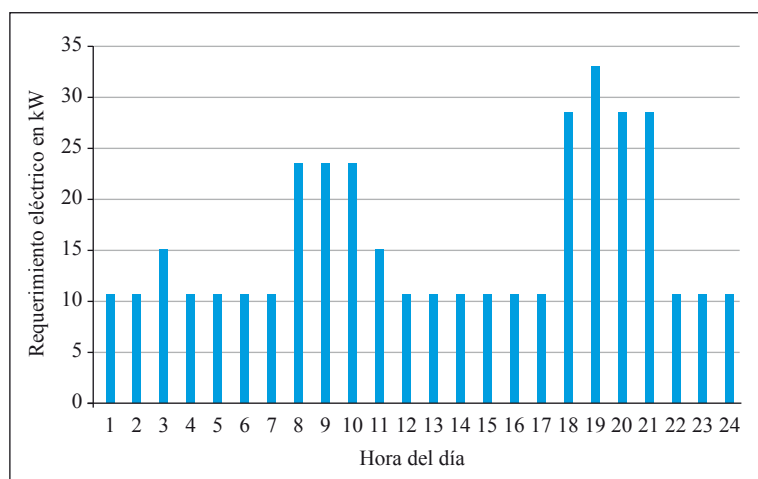


Figura 6. Requerimiento de energía eléctrica en el diápico de la central de beneficio.

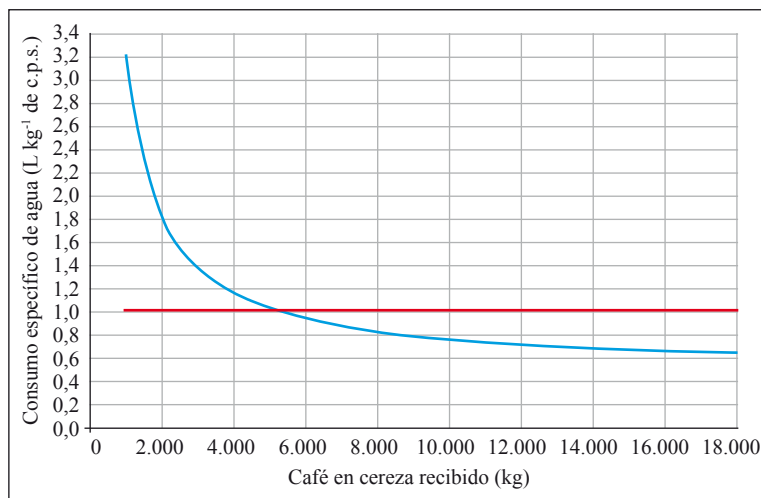


Figura 7. Consumo específico de agua en el proceso en función del café en cereza recibido.

Cabe aclarar que las aguas remanentes y las aguas utilizadas en el módulo Ecomill® tienen destinos diferentes, las primeras van a la planta de tratamiento de aguas residuales y las segundas van al recinto de procesamiento de pulpa y mucílago para ser adicionadas a la pulpa.

Para el aseo de los equipos se utilizó una hidrolavadora de bajo caudal de agua y alta presión (20 MPa). Se tuvo en promedio un caudal de $5,85 \text{ L min}^{-1}$ de agua para el aseo de los equipos y las instalaciones, este caudal fue determinado midiendo el volumen de agua a la salida de la hidrolavadora por unidad de tiempo.

Inicialmente el aseo de los equipos tomaba en total entre 135 y 152 minutos, sin embargo, después de implementar mejoras en el lavado y adquirir mayor experiencia en el manejo de la hidrolavadora, se redujo el tiempo a un promedio de 98 minutos (rango entre 90 y 120 minutos). El consumo de agua ascendió a $573,3 \text{ L}$ en promedio (rango entre $526,5$ y $702,0 \text{ L día}^{-1}$) para el aseo de los equipos e instalaciones. La Figura 8 muestra una gráfica del consumo específico de agua en función del café en cereza que se recibe. Se aprecia, que

los consumos específicos de agua son mayores cuando se procesan cantidades menores de café en cereza.

El agua proveniente del aseo de los equipos va a la planta de tratamiento para su descontaminación antes de ser enviada a las corrientes naturales que pasan cerca de la Central.

La Tabla 3 muestra la carga orgánica de cada una de las aguas mencionadas, el consumo específico de agua y la carga orgánica absoluta por cada kilogramo de café pergamino seco que se obtiene en la Central. La contribución en contaminación por parte del mucílago que se desprende en el módulo Ecomill® es de 95,5%, es decir, que con el tratamiento de riego de las aguas de lavado del café sobre la pulpa se controla el 95,5% de la contaminación de las fuentes naturales de agua. Las otras aguas, 2,4% de aguas remanentes y 2,1% de aguas utilizadas para el aseo de equipos e instalaciones, van a un Sistema Modular de Tratamiento de Aguas (SMTA) residuales, donde tienen una remoción mayor del 80% de la carga orgánica. Se espera que con esa eficiencia las aguas salgan de SMTA con máximo 1.000 mg de DQO por litro.

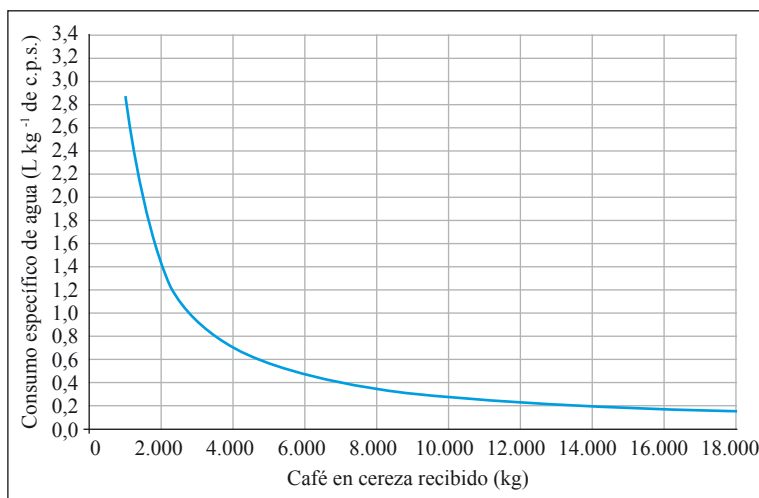


Figura 8. Consumo específico de agua para el aseo de equipos en función del café en cereza recibido.

Tabla 3. Carga orgánica de las aguas residuales de la central de beneficio.

Aguas residuales	Rango carga orgánica	Consumo específico de agua	Carga orgánica absoluta	Tratamiento
	(mg DQO L ⁻¹)	(L kg ⁻¹ c.p.s.)	(mg DQO kg ⁻¹ de c.p.s.)	
Proceso Ecomill®	129.000 -168.000	0,49	82.320	Riego Pulpa
Aguas remanentes	3.800–6.200	0,34	2.108	SMTA
Aguas de aseo	2.800–4.900	0,36	1.764	SMTA

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó una Central Comunitaria para el Beneficio de Café, para una asociación de 123 caficultores, utilizando tecnologías desarrolladas en Cenicafé, sin generar vertimientos, con un bajo consumo específico de agua (1,19 L kg⁻¹ de c.p.s.), bajo requerimiento de energía eléctrica 0,1046 kW h kg⁻¹ de c.p.s., utilizado las aguas lluvias para el procesamiento.

Se encontró que al recibir café de diferentes altitudes aumenta la capacidad de la planta porque se tienen los picos de cosecha en épocas

diferentes. Consecuentemente, el día pico de una central en estas condiciones es menor que el que se ha considerado para construcciones de ese tipo.

El sistema de división de la masa de café en dos partes, para trabajar con despulpadoras dedicadas para los frutos grandes y pequeños, generó una disminución considerable en el daño mecánico causado al producto.

Las tecnologías limpias desarrolladas en Cenicafé funcionaron de la manera especificada en este tipo de construcción a gran escala.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Colciencias, al Comité de Cafeteros de Risaralda, a la Alcaldía de Belén de Umbria, a la Gobernación de Risaralda y muy especialmente a la Asociación de Productores de Café de Alta Calidad - Cuchilla del San Juan, por sus aportes al desarrollo de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- González S., C.A., Sanz U., J.R. y Oliveros T., C.E. (2010). Control de caudal y temperatura de aire en el secado mecánico de café. *Cenicafé*, 61(4), 281-296.
- Guerrero A., J.D. (1992). *Determinación rápida de la calidad del café cereza*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1985). *NTC 2090: Maquinaria Agrícola. Despulpadoras de Café*. Bogotá: Icontec.
- Decreto 3930 (2010). Diario Oficial de la República de Colombia No. 47.873. Bogotá, Colombia, 25 de octubre de 2010.
- Oliveros T., C.E., Sanz U., J.R., Montoya R., E.C. y Moreno C., E.L. (2009). Dispositivo de bajo impacto ambiental para limpieza y clasificación de café en cereza. *Cenicafé*, 60(3), 229-238.
- Oliveros T., C.E., Tibaduiza V., C.A., Montoya R., E.C., Sanz U., J.R. y Ramírez G., C.A. (2014). Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café en proceso con fermentación natural. *Cenicafé*, 65(1), 44-56.
- Parra C., A., Roa M., G., Oliveros T., C.E. y Sanz U., J.R. (2018). *Optimización operacional de secadores mecánicos para café pergamino*. Manizales: Cenicafé.
- Peñuela M., A.E., Pabón U., J.P., Rodríguez V., N. y Oliveros T., C.E. (2010). Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café. *Cenicafé*, 61(3), 241-250.
- Roa M., G., Oliveros T., C.E., Álvarez G., J., Ramírez G., C.A., Sanz U., J.R., Dávila A., M.T., Álvarez H., J.R., Zambrano F., D.A., Puerta Q., G.I. y Rodríguez V., N. (1999). *Beneficio ecológico del café*. Chinchiná: Cenicafé.
- Sanz U., J.R. y Oliveros T., C.E. (2017). *Calidad del café en cereza, Método CERPER-2 para centrales de beneficio y beneficiaderos comunitarios*. (Avance Técnico No. 481). Manizales: Cenicafé.
- Tibaduiza V., C.A., Ramírez G., C.A., Sanz U., J.R. y Oliveros T., C.E. (2018). *Análisis y diseño de beneficiaderos ecológicos comunitarios para café*. Manizales: Cenicafé.