Eficiencia de recuperación del aceite en función de la configuración geométrica y del tiempo de residencia en equipos preclarificadores

Oil Recuperation Efficiency Depending on Geometric Configuration and of Time Spent In Preclarifying Equipment

AUTORES

Jesús Alberto García
Msc, Director División de Procesos y Usos de Cenipalma.
Diego Ignacio Nieto
Ingeniero agroindustrial
Auxiliar de investigación del Área de Planta de Beneficio
Sandra Milena Rincón
Ingeniera química, M.Ing.
Investigador asociado
Líder del Área de Usos Alternativos del Aceite de Palma y Palmsite
srincon@cenipalma.org

Palabras CLAVE

Preclarificador, Clarificación, Acidez, Tiempo de residencia, Centrífuga deslodadora.

Pre-clarifier, Clarification, Free Fatty Acids, Palm Oil Mill.

Recibido: 2 marzo 2009
Aceptado: 6 mayo 2009

Resumen

Este artículo muestra los resultados de la eficiencia de separación del aceite crudo de palma en equipos tipo preclarificadores, mediante una separación por decantación estática en dos equipos piloto con un volumen de separación de 3 m^3 cada uno y con diferente área transversal, operados a tiempos de residencia (TR) del licor de prensa de 17, 24, 40 y 60 minutos instalados en la planta de beneficio de Aceites Manuelita S.A. (San Carlos de Guaroa - Meta). Los resultados del estudio permiten concluir que en el intervalo de TR estudiado se logra recuperar desde el 55 hasta el 80% en aceite y se incrementa la calidad del producto final obtenido con una disminución de 0,4 puntos en ácidos grasos libres (AGL). Las diferencias encontradas al comparar los dos equipos piloto, con distinta relación geométrica en las dimensiones largo (L) y ancho (a), para todos los tiempos de residencia evaluados, indican que el equipo preclarificador con una relación L:a igual a 5:1 presentó diferencias significativamente superiores en la eficiencia en recuperación de aceite, para todos los tiempos de residencia evaluados. A pesar de que el tamaño de estos equipos piloto no fue diseñado para la capacidad de procesamiento de la planta de Manuelita, se encontró en el experimento una optimización en el proceso de beneficio del fruto al ampliarse la capacidad de la planta de 2,40 a 2,57 m^3 en volumen/t RFF-hora (racimos de fruta fresca por hora) y reducirse en 18% el tiempo de operación de las centrífugas deslodadoras. Estos resultados demuestran que el uso de los preclarificadores son una alternativa para optimizar la recuperación del aceite, mejorar su calidad y disminuir los costos de operación. Además, son eficientes cuando se trata de aumentar la capacidad de la etapa de clarificación en las plantas de beneficio.

Summary

This study, carried out in the palm oil mill of Aceites Manuelita S.A. (San Carlos de Guaroa – Meta, Colombia) shows the results of the efficiency of diluted crude palm oil separation in two pilot static clarifier tanks (named pre-clarifier). Each tank had the same total volume of 3 m^3, but different length: wide ratio (L:w) of 5:1 and 2:1. The pre-clarifiers were tested by using four residence time of the diluted crude palm oil of 17, 24, 40 and 60 minutes. The results showed that by using the pre-clarifiers was possible to recover oil from 55 to 80% and to improve the oil quality due to the decreasing of 0.4 percentages on free fatty acids. For all the residence time evaluated, the efficiency of the oil recovering was better in the pre-clarifier which had a L:w ratio of 5:1 compared with the one that had a L:w of 2:1. Instead of the fact that the two pilot pre-clarifiers were not designed for the size of the palm oil mill, it was found an increasing of the oil palm extraction capacity from 2.40 to 2.57 m^3 in volume / t FFB (fresh fruit bunches)-hours. There was also a reduction in operating time of 18% of the sludge separator. These results shows that the use of pre-clarifier tanks in a palm oil mill is a good alternative to optimize the oil recovering, to reduce operation costs, and to increase the oil extraction capacity.

Introducción

Debido a la expansión acelerada de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia durante la presente década, las plantas de beneficio se enfrentan al reto de incrementar la productividad en la extracción de aceite mediante mejoras en los procesos y aumentos en el uso de la capacidad instalada. En consecuencia, algunas plantas del país han implementado equipos para la recuperación del aceite tipo preclarificadores, los cuales se disponen posterior a la sección de digestión y prensado, diseñados con un menor volumen de separación que los clarificadores convencionales.

Algunas de las plantas de beneficio que han incorporado estos equipo son la Empresa Alamosa S.A., en la cual se obtuvo una recuperación de aceite del 52,5% v/v en el preclarificador de 7,2 m^3, y una diferencia promedio en los ácidos grasos libres de 0,47 unidades porcentuales de AGL por debajo del proceso convencional de clarificación (Cadena, 2004). La empresa Entrepalmas S.A, que recupera el 56% v/v del aceite en el preclarificador instalado de capacidad 6,73 m^3, y Extractora La Paz S.A., que dispone de dos tanques preclarificadores de 6,7 m^3 cada uno instalados en serie, con los cuales alcanzan una recuperación superior al 80% v/v del aceite (Rueda, 2007). Tradicionalmente el uso de estos equipos preclarificadores se ha dado sin ninguna investigación específica tanto para el diseño como para el estudio de los parámetros de operación.

Por su parte, el Programa de Plantas de Beneficio de Cenipalma desarrolló un trabajo de investigación enfocado a definir los criterios de diseño para los equipos preclarificadores utilizando los métodos de Coe-Clevenguer y Talmagde & Fitch, que definen el área transversal, y por el método gráfico de Sulaiman Al-Suhair, que establece la altura de la zona de compresión en los equipos de separación estática. A partir de ellos se construyeron dos prototipos rectangulares con un mismo volumen de separación de 3m^3, variando la proporción en el área transversal de 2:1 largo: ancho (L/a) y 5:1 L/a, para una capacidad de prensado de diseño de 6 toneladas RFF/hora cada uno (Rueda, 2007).

Utilizando los mismos equipos preclarificadores del trabajo anterior, se diseñó un segundo grupo de experimentos que son el objeto de este artículo, mediante los cuales se evaluó la configuración geométrica de los equipos piloto construidos, y la incidencia de diferentes tiempos de residencia en la eficiencia de recuperación del aceite cuando se somete al efecto de tamizado y bombeado.

En las plantas de beneficio se utilizan tamices convencionales circulares o rectangulares, para separar el

material vegetal y otras impurezas del licor de prensas antes de ser bombeado a la sección de clarificación. El tamiz reduce el tamaño de las partículas sólidas de la fase dispersa (lodos), ocasionando reducciones considerables en la velocidad de sedimentación (Rincón, S. *et al*., 2007). Las bombas centrífugas, por su parte, causan turbulencias en el líquido emulsionando el aceite, afectando negativamente su posterior recuperación en clarificación. Por ello se plantearon ensayos a escala de laboratorio y a escala piloto que permitieran identificar la incidencia de la utilización del tamiz y la bomba en la eficiencia de separación del aceite.

El trabajo se desarrolló en la planta de beneficio Yaguarito, de Aceites Manuelita S.A., que tiene una capacidad de prensado de 35 t/h de RFF, y procesa 21 m^3/h de licor crudo de prensa (LCP) en la etapa de clarificación, la cual está provista de dos separadores horizontales –que sumados tienen una capacidad de 87,72 m^3–, y cuatro centrífugas deslodadoras de una capacidad de 6.000 l/h cada una para la separación dinámica del aceite.

Los dos preclarificadores piloto se instalaron directamente debajo de la etapa de digestión y prensado donde el LCP es conducido por la fuerza de la gravedad. A la entrada de los prototipos se acondicionó un tanque de vertimiento, con la finalidad de minimizar la perturbación que causa la fluctuación del caudal de alimentación, y a la salida se instalaron dos tanques provistos con vertederos para medición de aceite y lodos, respectivamente.

El aceite recuperado se bombea al tanque sedimentador y los lodos que salen de los preclarificadores se llevan por la misma línea del proceso convencional en la planta de beneficio. En la Figura 1 se muestran las líneas de instalación para los equipos preclarificadores pilotos en la planta de Aceites Manuelita. Nótese que el LCP evaluado no pasa por el tamiz ni es bombeado como se hace convencionalmente en la planta de beneficio.

La configuración interna de los preclarificadores es igual para ambos prototipos, consta de dos bafles deflectores y una campana colectora de aceite (Figura 2).

Para fines de identificación, se denomina el preclarificador 1 (P1) el de relación en el área transversal largo: ancho L:a = 2:1 y preclarificador 2 (P2) el de la relación L:a = 5:1

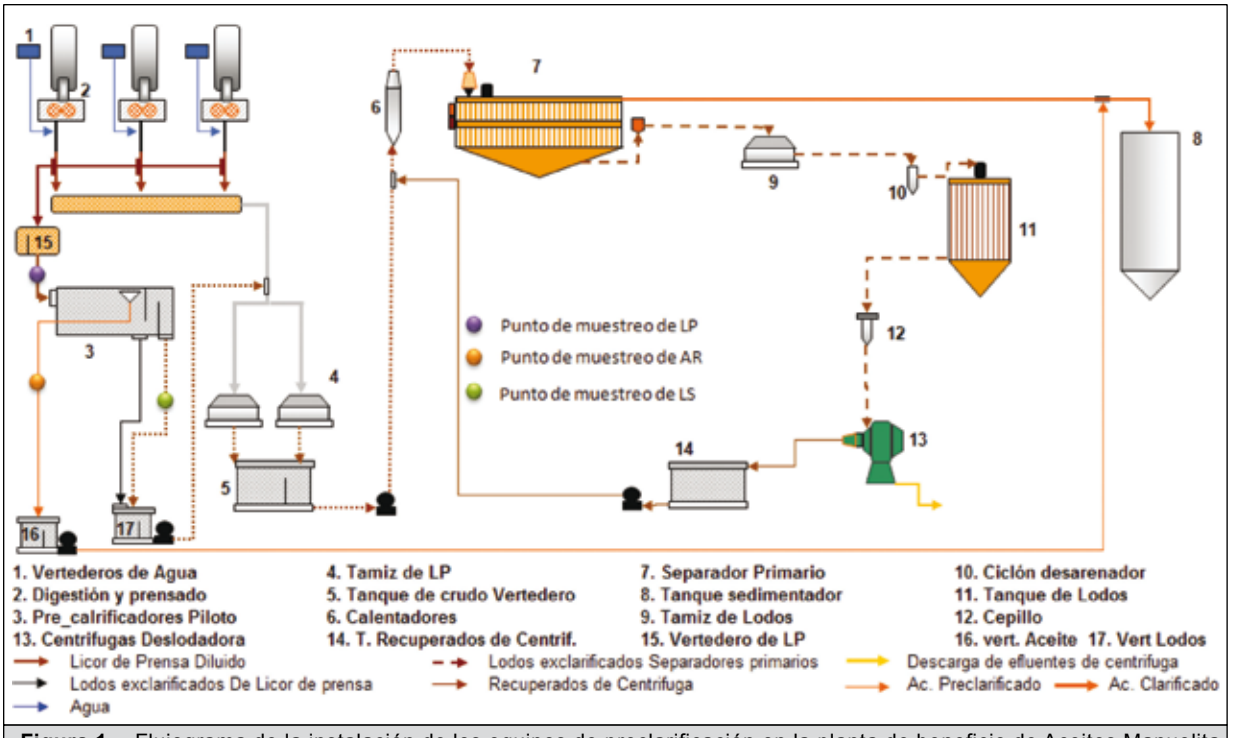

Figura 1. Flujograma de la instalación de los equipos de preclarificación en la planta de beneficio de Aceites Manuelita S.A.

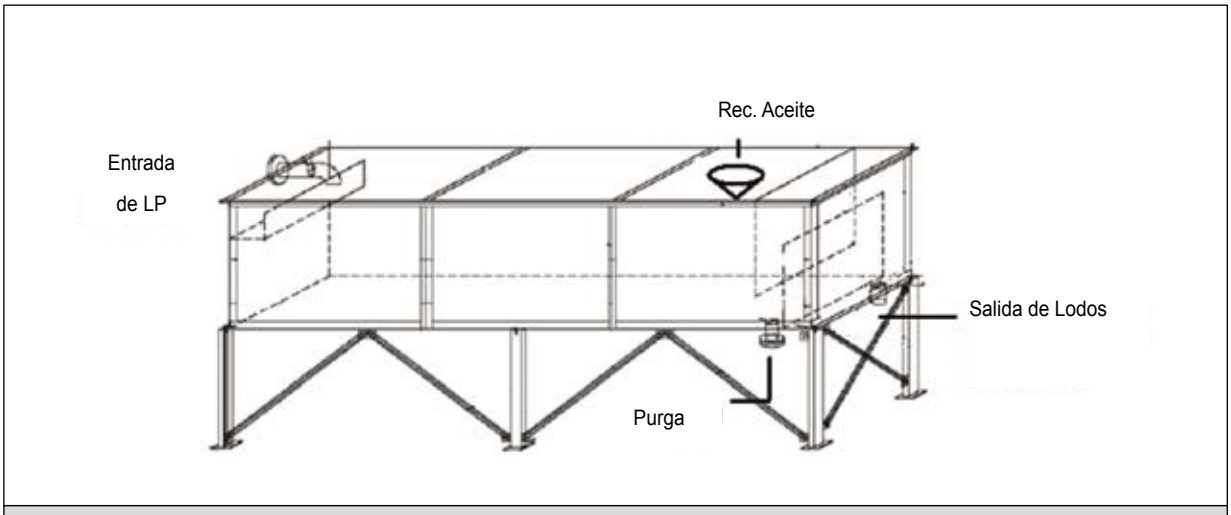

Figura 2. Estructura interna de equipos preclarificadores piloto.

Metodología

La eficiencia de recuperación de aceite en los equipos preclarificadores se realizó mediante el siguiente procedimiento:

Una vez iniciado el proceso de extracción de aceite en la planta y verificado que se encontraba bajo condiciones de operación estacionarias, a la temperatura adecuada en el licor crudo de prensa y con una relación de dilución aceite/agua 1.4:1 %vol aceite/%vol agua, se ajustaba el flujo de entrada en los equipos preclarificadores de acuerdo con el tiempo de residencia que se evaluaba, y se realizaba el proceso de clarificación del aceite y separación de lodos.

Antes de la toma de datos en ambos prototipos, se estableció un tiempo de estabilización de tres veces el TR determinado para cada tratamiento. Una vez transcurrido este tiempo y logrado el estado estacionario en cuanto a caudal y nivel de dilución, se hicieron las mediciones de altura en los vertederos y toma de muestra durante 6 TR para cada ensayo en los siguientes puntos (Figura 1): (i) Flujo de licor de prensa en la entrada a los equipos (LP) y composición de aceite. (ii) Flujo de aceite recuperado (AR) y (iii) Flujo de lodos a la salida de los preclarificadores (LS) y composición de aceite.

Las mediciones de flujos en las descargas de aceite y de lodo se llevaron a cabo por medio del registro de la altura en los niveles de vertederos, y por la técnica de centrifugación en laboratorio se determinó el porcentaje de los componentes presentes en la corriente. Para las mediciones de caudal en cada uno de los cuatro vertederos fue necesario, como práctica preliminar, construir una curva de calibración, calculando el caudal de estas corrientes cuando está a una altura determinada (Escandón *et al.*, 2006).

Después se desarrollaron los balances de conservación de masa para el sistema global de preclarificación y el balance para el aceite en particular, los cuales se muestran en las ecuaciones (1) y (2), y que se aplicaron para cada prototipo de preclarificador.

Balance másico general del sistema de preclarificación.

$$LP = AR + LS \qquad (1)$$

Balance másico de aceite

$$LP(\%AC_{LPE}) = AR + LS(\%AC_{LPS}) \qquad (2)$$

Donde:

$(\%AC_{LPE})$ = Concentración de aceite en licor de prensa

$(\%AC_{LPS})$ = Concentración de aceite en lodos a la salida de los preclarificadores

Para establecer la eficiencia de recuperación de aceite en cada uno de los tratamientos evaluados, se tomaron muestras de los flujos a la entrada y a la salida del sistema, y con los datos obtenidos de composición de aceite y caudal se utilizó la ecuación (3).

Tabla 1. Flujo de licor de prensa evaluados y tiempos de residencia del aceite en los preclarificadores

Combinación de prensas	Ton RFF/h	Flujo de LP (m^3/hora)	Flujo de LP (Preclarificador) (m^3/hora)	Tiempo de residencia (Minutos)
1	10	6	3	60
2	15	9	4,5	40
1 y 2	25	15	7,5	24
1, 2 y 3	35	21	10,5	17

$$Eficiencia = \frac{AR}{LP\ (\%AC_{LPE})} * 100 \quad (3)$$

Los dos ensayos evaluados a nivel piloto fueron:

Incidencia de la configuración geométrica largo:ancho (L:a) en el área transversal y tiempo de residencia del aceite en equipos tipo preclarificador a escala piloto

Para el primer ensayo a nivel piloto los tratamientos correspondieron a cuatro tiempos de residencia del licor de prensa por cada uno de los preclarificadores, establecidos con base en las combinaciones de prensado de la planta de beneficio de Aceites Manuelita S.A. (Tabla 1). La variable de evaluación fue la eficiencia de recuperación de aceite. Se usó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones en el tiempo. La unidad experimental de los ensayos de la Tabla 1 fue el licor de prensa sin efectos de tamizado y bombeo (LP) a un nivel de dilución aproximado de 1,4:1,0 %vol aceite/%vol agua. Se realizó un análisis de variancia (Anava) y comparación de medias.

Incidencia de la relación largo:ancho (L:a) en el área transversal y del efecto tamiz-bomba en el licor crudo de prensas a escala piloto

Con el segundo ensayo piloto se evaluó la eficiencia de recuperación del aceite en el máximo tiempo de residencia. Se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos y cinco repeticiones. La unidad experimental de los ensayos fue licor de prensa tamizado y bombeado (LPTB) y el licor de prensas sin efectos de los equipos tamiz bomba (LP) a un nivel de dilución aproximado de 1,4:1,0 %vol aceite/%vol agua. Se realizó un análisis de variancia (Anava) y comparación de medias.

Previo a la evaluación a escala piloto, se realizaron ensayos en el laboratorio utilizando la metodología de pruebas de sedimentación (Rincón, S. *et al.*, 2007) para estimar si se presentaban diferencias significativas en la eficiencia de recuperación del aceite, evaluando dos tratamientos correspondientes al licor de prensas tamizado y bombeado, y muestras de licor de prensa crudo como testigo, ambos a un nivel de dilución 1,4:1.0 %vol aceite/%vol agua, con cuatro repeticiones. Al completar las evaluaciones del diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se realizó un análisis de varianza para identificar las diferencias entre los tratamientos.

Evaluación del uso de preclarificadores en la etapa global de clarificación del aceite de palma en Aceites Manuelita S.A.

Para la identificación de la incidencia de los equipos preclarificadores piloto dentro del proceso global de extracción del aceite, específicamente lo relacionado con las variables del proceso de clarificación, se hizo un seguimiento al proceso durante trece días cuando la planta extractora se encontraba operando a su máxima capacidad de prensado (35 t RFF/h). La evaluación consistió en tomar muestras del aceite clarificado y lodos en ambos prototipos y en el clarificador industrial, cada hora del proceso durante 24 horas del turno, y registrando la altura de la capa de aceite respectiva. En el laboratorio se cuantificó el contenido de ácidos grasos libres (Método NTC 218). El promedio de los datos de un turno corresponde al resultado del tratamiento evaluado. Adicional a esto se recopiló información de las temperaturas del proceso, tiempo de operación de las centrífugas deslodadoras, flujo volumétrico de aceite y lodos, así como cuantificación de las pérdidas de aceite del proceso. Es de aclarar que los equipos preclarificadores piloto no fueron diseñados para la máxima capacidad de procesamiento de la planta; por tanto, el tiempo de residencia en el conjunto de los preclarificadores fue de 17 minutos para este grupo de ensayos.

Resultados y discusión

Tiempo de residencia

El análisis de varianza para el porcentaje de eficiencia de recuperación de aceite y el porcentaje de aceite en lodos resultó ser significativo a un nivel de significancia del 95% (SAS 9.1.3 service pack 4). Como era de esperarse, la eficiencia en la recuperación de aceite es inversamente proporcional al contenido de aceite en lodos a la salida de los equipos y es función directamente proporcional al tiempo de residencia en un sistema que opera en estado estacionario (Figura 3).

La prueba de comparación de medias de LSM muestra que se forman tres grupos, el primero con las mediciones promedio de eficiencia de recuperación de aceite más altas, correspondiente al 79,25%, que fue el de la operación a mayor tiempo de residencia (60 minutos). El segundo grupo de homogeneidad, con las pruebas realizadas con el licor de prensa de 15 y 25 t RFF/h (40 y 24 minutos de tiempo de residencia respectivamente), con un porcentaje de recuperación de 63,11 y 66,36% respectivamente, y el tercer grupo con las mediciones promedio más bajas, que fue del orden de 55,28% que se presentaron con el mayor flujo de alimentación de licor de prensa a los equipos preclarificadores.

La tendencia de la eficiencia de recuperación de aceite en los ensayos se vio ligeramente perturbada entre el TR de 24 minutos y el TR de 40 minutos, con una diferencia de 3% en eficiencia a favor de los 24 minutos. Este comportamiento se debe a que la recuperación de aceite a este tiempo muestra una relación de dilución aceite:agua en el LP de 1,7:1,0 %vol aceite/%vol agua, a pesar del control del agua que se hacía en la dilución, mientras para 17, 40 y 60 minutos estuvieron más cercanos a la relación esperada de 1.4:1 aceite:agua en el LP (Figura 4).

Relación geométrica en el área transversal (L:a)

La diferencia promedio del P2 (L:a 5:1) fue de 15,17% mejor en recuperación de aceite con respecto al P1 (L:a 2:1), lo cual se debe a que este preclarificador, con mayor relación largo:ancho en el área transversal, presentó una capa de aceite más regular que el P1. Este comportamiento visible es consecuencia de los siguientes dos fenómenos de transporte: (i) En el P2 hay un mayor flujo de sólidos que sedimentan, porque al presentarse un menor desplazamiento sobre el eje axial (L) del área transversal se genera una sedimentación obstaculizada, en la que estos sólidos caen a una velocidad constante (Rincón, S. *et al.*,2008) (ii) Hay un mayor flujo de transporte de sólidos por unidad de área, que es el caudal constante de evacuación de lodos espesos por la salida inferior de los equipos. Por otro lado, el preclarificador más largo tiene un comportamiento que tiende a ser más de flujo pistón que de uno completamente mezclado.

La Figura 5 muestra que al variar los tiempos de residencia en el sistema de preclarificación se presenta

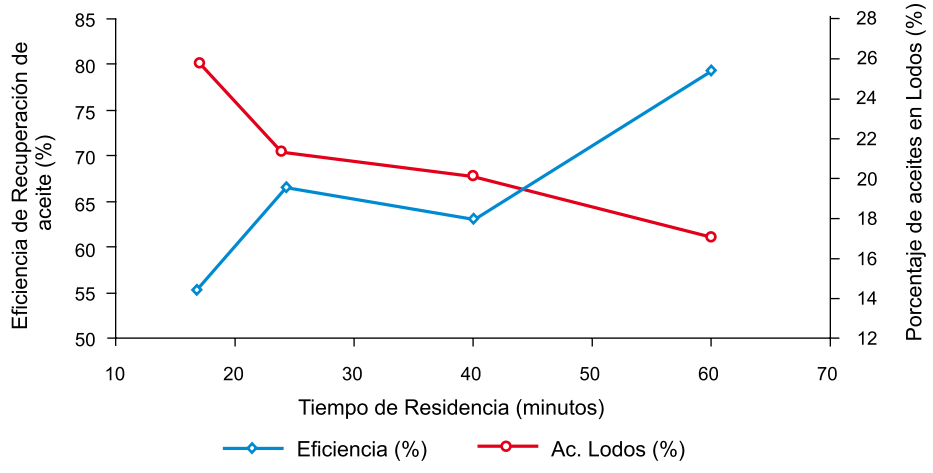

Figura 3. Eficiencias de recuperación de aceite por tiempo de residencia del aceite en preclarificadores y contenido de aceite en lodos de salida.

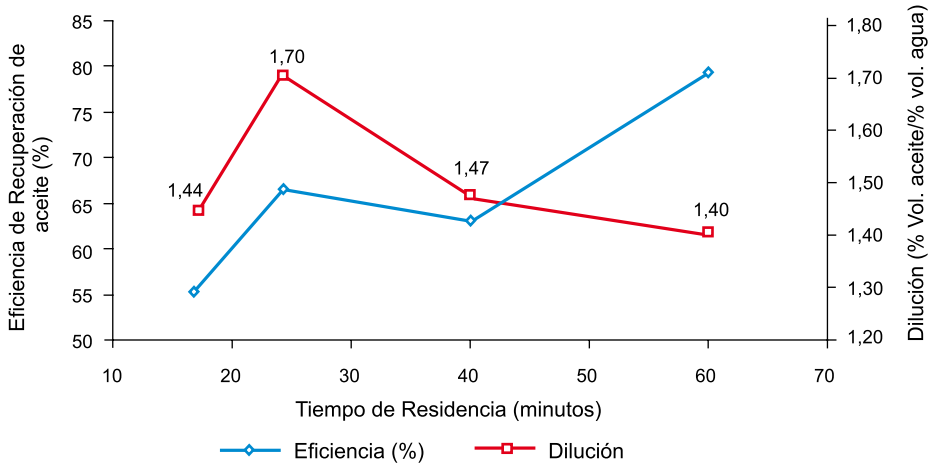

Figura 4. Variabilidad de la dilución volumétrica aceite/agua del licor de prensas en pruebas a escala piloto.

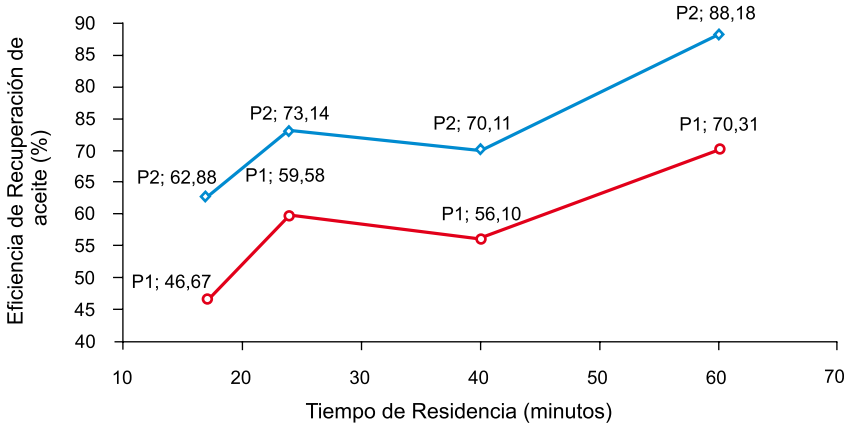

Figura 5. Comparación de medias. Eficiencias de recuperación de aceite en preclarificador P1 y P2 por tiempos de residencia evaluados.

la misma tendencia tanto para el P1 como para el P2. Las diferencias encontradas al comparar los equipos piloto indican que el equipo preclarificador con la mayor relación geométrica en el área transversal L:a (5:1) fue superior al preclarificador con la menor relación geométrica L:a (2:1) a 17, 24, 40 y 60 minutos, con diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% (SAS 9.1.3 service pack 4).

Se observa también, que el P2 a un TR de 17 minutos obtuvo una mayor eficiencia que la alcanzada a los TR de 17, 24 y 40 minutos para la separación de aceite en el P1 (relación L:a=2:1) y que a 24 minutos el P2 presentó mejor eficiencia de separación que cualquiera de los tiempos aplicados para el P1. En este punto cabe destacar que la relación largo:ancho del área transversal en el P1 es similar a la usada en los clarificadores horizontales convencionales, lo cual puede servir como punto de mejora en el diseño de estos equipos.

Efecto del equipo tamiz bomba sobre el licor de prensas

El análisis de varianza mostró que efectivamente hay diferencias significativas entre los dos tratamientos evaluados, cuando el LPTB y LP se encontraban a una relación de dilución 1,4:1.0 %vol aceite/%vol agua, tanto en el laboratorio como en las pruebas a escala piloto (SAS 9.1.3 service pack 4). En el laboratorio, las mediciones de eficiencia de recuperación de aceite con ausencia del tamiz y la bomba fueron 10,1 puntos

porcentuales promedio más altas que los tratamientos del segundo grupo, que son las mediciones de aceite sometido a los equipos tamiz-bomba (Tabla 2).

A escala industrial, el licor de prensa sin el efecto de los equipos tamiz-bomba presentó mejores resultados, logrando recuperar en promedio de los dos preclarificadores el 56,2% del aceite al tiempo de residencia de 17 minutos, y con una diferencia entre tratamientos de 5,15 puntos porcentuales. Si se analiza el comportamiento de los preclarificadores por separado, se encuentran diferencias estadísticamente significativas para el P1 (L:a 2:1), con 6,3 puntos de eficiencia a favor del primer tratamiento (LP) y una diferencia a favor de 4,1 punto porcentuales en el P2.

En síntesis, se valida que el preclarificador P2 muestra mejores eficiencias de recuperación de aceite para diferentes condiciones de operación, y adicional a esto, los resultados en el laboratorio y en la planta muestran que se obtienen beneficios de recuperación de aceite, cuando el aceite es recuperado antes de someter el licor crudo de prensa al tamiz y a la bomba.

Evaluación del uso de preclarificadores en la etapa global de clarificación del aceite de palma

La Figura 6 muestra los promedios del porcentaje de ácidos grasos libres del aceite recuperado en el preclarificador y clarificador, de trece días de seguimiento al proceso.

Las mediciones promedio más altas fueron las del clarificador, con 3,03% de AGL, y las más bajas fueron con el preclarificador, con 2,65% de AGL. Este resulta-

Tabla 2. Eficiencia de separación de aceite para dos tratamientos del licor de prensa en pruebas de sedimentación en el laboratorio

Tratamiento	Eficiencia recuperación de aceite (%)
Licor de prensa con tamiz-bomba (LPTB) (Testigo)	68,3
Licor de prensa sin tamiz-bomba (LP)	78,2

Tabla 3. Eficiencias de separación de aceite para dos tratamientos de licor de prensa en los dos preclarificadores piloto a un tiempo de residencia de 17 minutos

	Eficiencia de recuperación de aceite (%)		
Tratamiento	P1 L:a (2:1)	P2 L:a (5:1)	Promedio
Licor de prensa sin tamizado y bombeado (LP)	55,2	63,2	59,2
Licor de prensa tamizado y bombeado (LPTB)	48,9	59,1	54,05

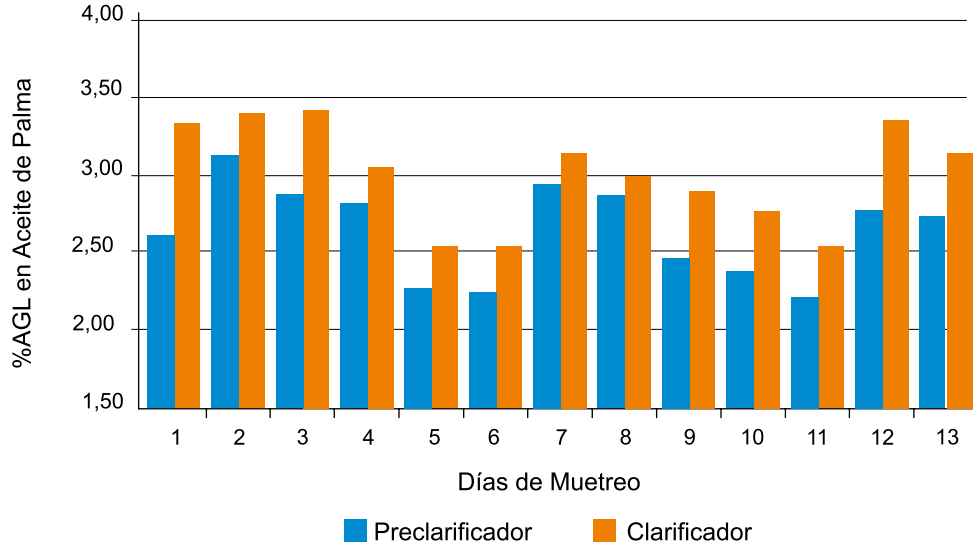

Figura 6. Promedio del contenido de ácidos grasos libres en el aceite (Primer semestre de 2008).

do demuestra que con el preclarificador se obtienen mejores características de su calidad, con 0,4 puntos porcentuales menos de ácidos grasos libres que el aceite obtenido en el clarificador horizontal.

Con la puesta en marcha de los dos preclarificadores piloto trabajando con un tiempo de residencia de 17 minutos, como parte integral del proceso de clarificación de Aceites Manuelita S.A., se logró reducir la capa de aceite en los clarificadores de 60 a 40 cm y disminuir el porcentaje de aceite en lodos, pasando de 12% ± 1% a un rango de 9% ± 1% vol./vol.

Estos resultados repercutieron sobre el régimen de operación de las centrífugas deslodadoras en los siguientes aspectos:

- Se requirió una mayor estrangulación en la válvula de recuperados de centrífuga (RC) para lograr el rango óptimo de aceite (40-45%) en este flujo recirculado (Nieto, 2007).
- Menor flujo másico de la mezcla LP-RC que entra a los clarificadores horizontales, aumentando el tiempo de residencia de los clarificadores hasta en 48 minutos.
- Reducción del tiempo de operación de centrífugas deslodadoras entre 18 y 33%, pasando de necesitar 3,6 a 2,9 máquinas centrífugas para 35 t RFF/h.

Lo anterior significó aumentar la capacidad de centrifugación hasta en 18%, asociado a un muy buen control del agua de dilución de licor de prensas.

Los resultados expuestos son muy significativos teniendo en cuenta que las mejoras se dieron con unos equipos muy pequeños para el tamaño de procesamiento de la planta extractora de Aceites Manuelita.

Por último, la eficiencia y el bajo costo de fabricación de los equipos preclarificadores ha venido desplazando el interés por los clarificadores (capacidades hasta de 100 m^3) cuando se desea ampliar la capacidad de procesamiento en las plantas de beneficio.

Conclusiones

El uso industrial de los dos preclarificadores piloto en Aceites Manuelita S.A, con un tiempo de residencia del licor de prensa de 17 minutos, permite alcanzar una recuperación del 55%, y disminuir las capas de aceite en los clarificadores horizontales rectangulares, ayudando a la reducción de aceite en el lodo que alimenta las centrífugas deslodadoras.

La implementación y puesta en marcha de los preclarificadores en la etapa industrial arroja un aumento del 6,7% en la capacidad de clarificación, pasando de 2,4 a 2,57 m^3 en volumen/t RFF-hora.

Los parámetros de diseño en los equipos preclarificadores afectan la eficiencia de recuperación de aceite y con base en los resultados a escala piloto, se puede establecer que a mayor relación largo/ancho en el área transversal, mayor recuperación de aceite. Se puede pensar en relaciones de volumen de preclarificación de 0,3 a 0,6 m^3 por tonelada procesada hora.

Se determinó a escala piloto y de laboratorio que el tratamiento para el licor de prensa tamizado y bombeado tiene incidencia negativa en eficiencia de separación del aceite.

Las diferencias en el porcentaje de AGL halladas entre los aceites del preclarificador y clarificador, demuestran que hacerle un tratamiento de sedimentación y secado al aceite preclarificado en una línea independiente, traería beneficios en el aceite producido.

Para optimizar la eficiencia de recuperación del aceite del licor de prensas sin tamizado y bombeado, se recomienda determinar en el laboratorio la mejor relación de dilución aceite/agua.

Agradecimientos

A todo el personal técnico y administrativo de las empresas Entrepalmas S.A. y Aceites Manuelita S.A. por la colaboración y financiación de este trabajo. En especial a los ingenieros Jairo Antonio Prada, Álvaro Moreno y Laubher Álvarez por el apoyo e información útil para el desarrollo de esta investigación. Asimismo se agradece a la Empresa Hemanos Tecnipalma por el apoyo en la construcción de los equipos evaluados. De igual forma, a Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero, que aporta a la financiación de la investigación realizada por Cenipalma.

Glosario

Prueba de sedimentación: Es un ensayo realizado en el laboratorio donde se dispone una probeta graduada dentro de un baño termostatado para observar la sedimentación de partículas y registrar la altura de la capa de aceite formada en función del tiempo

Sedimentación libre: Es cuando existe una baja concentración de partículas sólidas en el medio fluido, que se depositan sin interferir unas con otras.

Sedimentación obstaculizada: También es llamada caída interferida o sedimentación zonal. Se da cuando hay altas concentraciones de partículas sólidas que producen colisiones y ocurre un depósito masivo en lugar de uno individual.

Tiempo de residencia: Es el tiempo requerido para que un volumen de licor de prensas diluido complete su ciclo de ingreso, permanencia y egreso dentro de los equipos preclarificadores. La relación entre el caudal de entrada y el volumen del preclarificador equivale al tiempo de residencia.

Área transversal: Es el cálculo del área que se representa de un corte longitudinal que se le hace al volumen del equipo, que representa el área perpendicular al plano de la aplicación de la fuerza. El área de un tanque sedimentador controla el tiempo que tardan las partículas en precipitarse (tiempo de retención) y determina la capacidad de clarificación del equipo; por tanto, el diseño de la sección transversal de los recipientes se basa en las zonas de concentración y en la velocidad de sedimentación de partículas que tiene una mezcla determinada.

Estado estacionario: Se dice que un sistema físico se encuentra en estado estacionario cuando sus características no varían con el tiempo.

Bibliografía

Bernal, G. 1991. Descripción general del proceso eficiente de clarificación del aceite de palma y de sus condiciones de operación. *Palmas* (Colombia) 12 (Especial): 112-117.

Cadena, F. 2004. Recuperación de aceite previa al proceso de clarificación. Memorias V Reunión anual de comités asesores de investigación de Cenipalma (Colombia). 28, 29 y 30 abril, Bogota D.C.

Cenipalma. 2000. *Manual de laboratorio plantas de beneficio primario para fruto* (Colombia)

Díaz, O. 2005. Estudio del nivel de dilución apropiado para el licor de prensas apoyado en el diseño y evaluación de un sistema de control automático. Trabajo de tesis para optar al título de ingeniero químico. Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga.

Escandón, A; Rincón, S; García, J; Prada, J. 2006. Determinación del potencial de aceite por medio de la medición del licor de prensa en el tanque de aceite crudo. *Ceniavances* (Colombia) 143: 1-4.

Foust, A. 1987. Principios de operaciones unitarias. México: Continental. p. 610-636

Mijares, G. *Tratamiento de Aguas residuales*. Segunda edición. Ediciones Vega.1978. Caracas, Venezuela. Sección 4. Cap II, Cap III. Pág 182-200.

Nieto, D. 2007. Validación de la relación óptima aceite/agua en el licor de prensas y el mejor rango de composición del recuperado de centrífuga en relación con sus procesos de decantación estática. Trabajo de grado (ingeniería agroindustrial). Universidad Popular del Cesar.

Norma Técnica Colombiana (NTC 218), 1999. Grasas y aceites vegetales y animales, determinación del índice de acidez y de la acidez. Editada por Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). Bogotá.

Potter, M; Wiggert, D. 1998. *Mecánica de fluidos*. Segunda Edición. México: Pearson Prentice Hall, p. 523 – 636

Rincón, S; Rueda, L; Edgar, Y; García, J. 2007. Metodología de las pruebas de sedimentación para el estudio del proceso de clarificación del aceite crudo de palma. *Ceniavances* (Colombia) 155: 1-4.

Roa Fuentes, L. *et al.* 2004. Evaluación de la incidencia de los flujos recuperados del proceso de extracción del aceite de palma sobre su calidad y la del aceite refinado. *Palmas* (Colombia) 25 Especial (2): 425 – 437.

Rueda, L. 2007. Determinación de los parámetros básicos de diseño a escala piloto para los sistemas de recuperación de aceite tipo preclarificador en el proceso de extracción de aceite de palma. Trabajo de grado (Ingeniería química). Universidad América. Directora: Sandra Milena Rincón.

Sierra, G; Yánez, E; Cruz, C. 2006. Estudio de la factibilidad técnica sobre la decantación independiente de los recuperados de centrífuga en el proceso de extracción de aceite de palma. *Palmas* (Colombia) 27(2): 23-34.

Sulaiman, Al-Zuhair. 2004. Using liquid-liquid settling model in determining the design parameters of crude palm oil settler. Separation and purification technology, 35: 133-140.

Svarovsky, L. 2000. *Solid-liquid Separation*. Cuarta edición. Oxford: Butterworth- Heinemann.