Buenas prácticas de procesamiento en plantas de beneficio: estudio de caso

Good palm oil milling practices: case study

Autor

Carlos Mario Peláez
Gerente general BioAgroindustrial de Colombia Ltda.
pelaez.carlosmario@gmail.com

Palabras clave

María La Baja, plantas de beneficio, facturador de racimos, pérdida de aceite.

Palm oil mills, bunchs fractionation, oil leak, María La Baja

Resumen

En el marco del mejoramiento del proceso de extracción de aceite de palma, Cenipalma, en conjunto con los comités técnicos de plantas de beneficio, ha venido desarrollado tecnologías y prácticas de procesamiento para aumentar la eficiencia de procesamiento de racimos de fruta fresca (rff). En esta línea, las extractoras María La Baja y Frupalma, con una capacidad de procesamiento de 15 y 20 toneladas de racimos de fruta fresca por hora, han implementado técnicas que les han permitido demostrar beneficios en cuanto a sus rendimientos de extracción y disminución de costos de procesamiento. Estas mejoras se han debido principalmente a avances en la reducción del consumo energético, menor requerimiento de vapor y ciclos ajustados en la esterilización, uso del fracturador de racimo, optimización del proceso de clarificación y mantenimiento en centrífugas deslodadoras, entre otras. En este artículo se presenta una revisión de la implementación de mejores prácticas de operación en planta de beneficio, resaltando las mejoras en la productividad y en la reducción de costos de procesamiento.

Abstract

In the framework of palm oil extraction process improvement, Cenipalma, jointly with the technical committees of the oil mills, has been developing new processing technologies and practices aimed at improving efficiencies in fresh fruit bunch (ffb) processing. To this end, the mills of María La Baja and Frupalma, with processing capacity of 15 and 20 t ffb /hour, have implemented technologies that have provided improved extraction yields as well as lower processing costs. These improvements were mainly due to progress in reducing energy consumption, less steam requirement and adjusted sterilization cycles, use of bunch crushers, optimization of the clarification process and maintenance of sludge centrifuges, among others. This article presents an overview of the implementation of best operating practices in oil mills, highlighting the improvements in productivity and lower processing costs.

Introducción

Maria La Baja es un municipio situado al norte del departamento de Bolívar, cercano a la ciudad de Cartagena de Indias, en donde comenzó a sembrarse palma de aceite mediante un proyecto de alianzas estratégicas liderado por Promotora Hacienda Las Flores (específicamente Oleoflores), que en principio contempla entre 15.000 y 20.000 hectáreas.

Las tierras que se escogieron en el distrito de riego de la población son en realidad especiales, al igual que su microclima. La materia orgánica presente en el suelo oscila entre 3,5 y 4,5, y las precipitaciones entre 1.500 y 3.500 milímetros. El agua de los afluentes se almacena en dos represas con un área de 4.000-5.000 hectáreas, lo que significa que el riego es suficiente para unas 10.000 hectáreas. A hoy hay sembradas 5.000, de las cuales 4.200 pertenecen a pequeños productores (que poseen entre 2 y 10 ha), 600 a Oleoflores y el resto a propietarios de entre 50 y 100 hectáreas.

La planta de beneficio (María La Baja) inició operaciones el 19 de marzo de 2007, con una capacidad de 15 t/hora de racimos de fruta fresca (rff), capacidad que se amplió en marzo de 2009 a 30 t/hora en prensas; también cuenta con algunos equipos para 45 t/hora de rff.

De las inversiones en la planta los pequeños productores palmeros participan con el 49% y Oleoflores con el 51%.

Recepción del fruto

El 10% del fruto llega directamente a la tolva de la planta por cable vía, y el 90% por diferentes medios: camiones, góndolas, moto tráiler, búfalos, mulos, etc.

Por supuesto el cable vía es la mejor opción, pues representa un medio de transporte directo del cultivo a la planta, barato y eficaz. El hecho de no usar carreteras, por ejemplo, permite ahorros importantes de 6-10% del área de la tierra en la que se construyen vías que luego deben someterse a mantenimiento. Esto sin contar los ahorros en los combustibles, en el tiempo de desplazamiento, etc.

El tema principal en una extractora es la buena calidad de los racimos de fruta fresca sumada a menor costo de transporte. Con el cable vía, el único pequeño golpe que sufre el fruto es cuando cae al suelo, de donde pasa a la góndola y luego a las canastas del cable vía que lo lleva pesado directamente a la planta.

Fracturador

El fracturador (Figura 1) es un aparato nuevo en Colombia, cuyo objetivo es modificar físicamente los racimos que entran a la planta.

En la planta de beneficio María La Baja se instaló el año pasado y hacerlo fue relativamente fácil, pues ya se contaba con un sistema de rieles. El objetivo es que el 100% de los racimos pase por él, lo que tiene las siguientes ventajas:

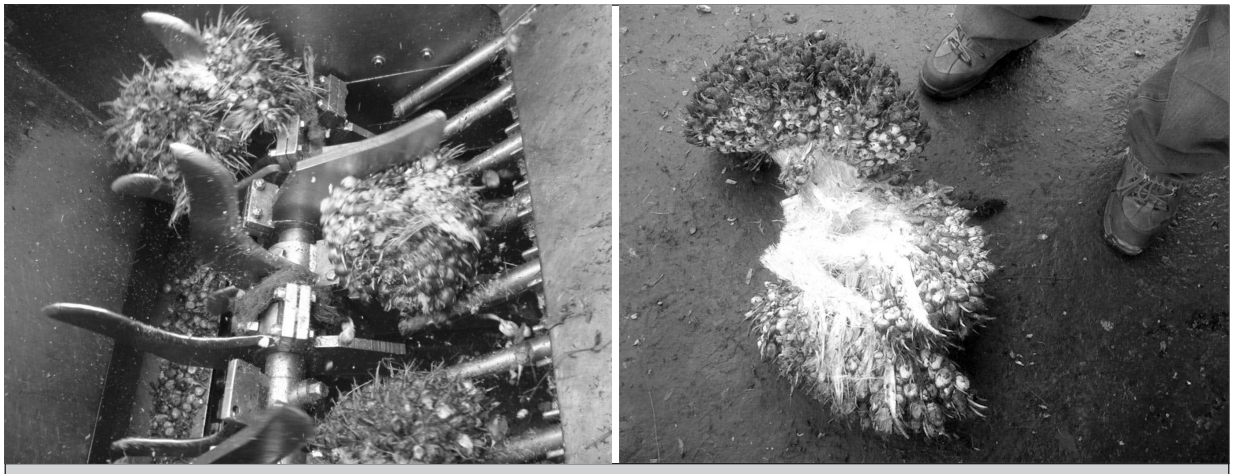
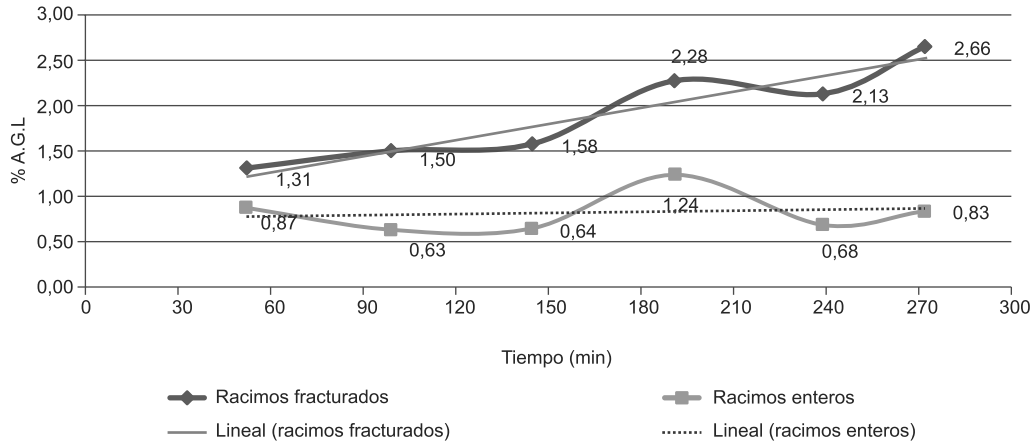


Figura 1. Fracturador. Tiene como objetivo modificar físicamente los racimos que entran a la planta.



El fracturado de rff se inicia 35 minutos antes de ingresar a las autoclaves, debido a que el tiempo de fracturar una vagoneta es de aproximadamente 5 minutos.
Fuente: Proyecto Cenipalma, Las Brisas S.A.

Figura 2. Fracturador. Tiene como objetivo modificar físicamente los racimos que entran a la planta.

- Se reduce el tiempo necesario para una buena esterilización.
- Se reducen la presión y consumo de vapor.
- Aumenta la capacidad de esterilización.
- Se reduce a 0% el fruto adherido en el raquis.

Entre las variables que necesitan controlarse, y eventualmente podrían considerarse como desventajas, se pueden mencionar:

- Dependiendo de las condiciones de la materia prima, se puede ver afectado el porcentaje de ácidos grasos libres (%agl) del aceite extraído.
- Tamaño de fracturación
- Coordinación entre el tiempo que transcurre entre la fracturación y la esterilización del racimo.

En la Figura 2 se observa cómo de 0 a 50-60 minutos, el racimo que no se ha sometido a ningún proceso tiene una acidez de 0,87 y el fracturado, de 1,31; y, si no se esteriliza inmediatamente, en 210 minutos su porcentaje de agl sube a 2,66. Por eso es clave que una vez se fracture, el racimo debe cocinarse inmediatamente.

Esterilización

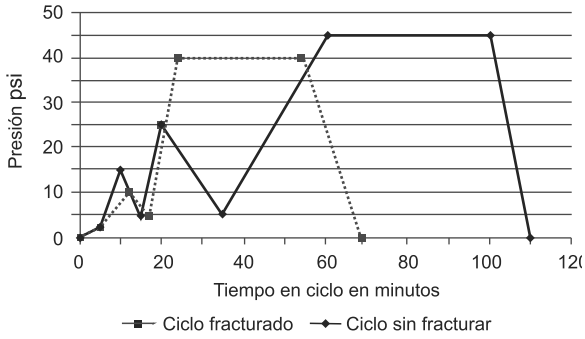
El fracturado de rff se inicia 35 minutos antes de ingresar a las autoclaves, debido a que el tiempo de fracturar una vagoneta es de unos 5 minutos. Así, abriendo las dos tapas del autoclave, con las mismas vagonetas se empujan las que estaban en éste, y es el menor tiempo que hay para colocar los racimos o las vagonetas en el esterilizador e inmediatamente someterlas a presión, algo fundamental para regular la acidez.

Los beneficios de llevar a cabo el proceso de esterilización por modificación física de los racimos se pueden ver en la Figura 3.

El primero es que solamente se hace un pico pequeño de desairado, y el pico de sostenimiento a 35 psi; el ciclo total dura 65 minutos contra el anterior, que duraba 110.

Cuando se implantó en María La Baja este sistema, se pasó de 15 a 30 toneladas con el mismo autoclave. Es importante decir que justo entonces se estaba pensando en comprar otro autoclave, con la idea de ampliar la capacidad del esterilizador. Pero una vez puesto en marcha el fracturador, ello se logró sin necesidad de nuevas inversiones, debido al ahorro del 40% en el tiempo de esterilización.

Para llegar a ese punto, se hicieron más o menos unos 15 ensayos a diferentes presiones, tiempo de desaireado y tiempo de sostenimiento. El que arrojó los mejores resultados fue el mismo realizado en la planta de Las Brisas, con 30 a 35 libras de presión y 45 a 50 minutos de tiempo con un desaireado de 10 minutos, máximo con diez libras de presión.



Reducción tiempo de esterilización		
Ciclo	**Tiempo (min)**	**Reducción**
Fracturado	65	40%G
Sin fracturar	110	0

Figura 3. Beneficios en la esterilización por modificación física de los racimos. Reducción del ciclo a un solo pico.

Así, por la diferencial de presión y por el tiempo, hay un ahorro en vapor de 29,68%; de manera que se están ahorrando 100 kilogramos de vapor por tonelada esterilizada (Tabla 1). En la planta extractora, donde normalmente son 450 kilogramos por tonelada de fruto procesado, se bajó a 350; esto es, se redujo 22% el promedio de vapor de toda la planta.

En esta planta, la caldera (de 20 t), estaba diseñada para 40 toneladas de fruta por hora máximo; ahora tiene un potencial de 50 toneladas, o sea que hay ganancias también en capacidad y en caldera 11 toneladas más de racimos, de fruto procesado.

En la planta, con un solo autoclave al tiempo original se podían procesar 23 toneladas con las dos prensas de 15, o sea que se debían regular a 23 toneladas. En la actualidad se está trabajando con el fracturador a 30 toneladas.

La capacidad en la canasta también aumentó. En efecto, con los racimos completos se tenía una capacidad de 4,6-4,7 toneladas por canasta, que ahora, con la fracturación de los racimos, es de 5 toneladas. Además, como en estos momentos se empujan las canastas, se ganan 1,5 metros, lo que posibilita meter al autoclave ocho de ellas (en vez de siete del diseño original).

Por su parte, la capacidad de esterilización pasó de 20 a 36,9 toneladas, con lo que se obtiene un

Tabla 1. Reducción consumo de vapor por tonelada de rff esterilizada

Consumo de vapor. Datos Las Brisas		
Ciclo	**Kg vapor/t rff**	**Reducción (%)**
D10P30T50	189,01	29,68
D10P35T40	197,46	26,53
Convencional	268,78	0

Ahorro de vapor María La Baja 22%		
	Kg vapor/t rff	**Capacidad planta t rff/hora**
rff entero	450	40
rff fracturado	350	51,4
Diferencia	100	11,4

Aumento en la capacidad de fruto esterilizado			
	rff normal	**rff fracturado**	
Capacidad de la planta (t/hora)	23	30	
Capacidad de canasta (t)	4,7	5	
No. de canastas/esterilizador	7	8	
Tiempo de ciclo (minutos)	110	65	40,9%
Capacidad de esterilización (t/hora)	20,5	36,9	44,5%
Factor de esterilización	0,9	1,2	

aumento del 44,5% y el tiempo, como se dijo, se redujo casi 41%.

Asimismo, como la caldera consume menos vapor, igualmente lo hace todo el proceso, lo que se traduce en un ahorro sustancial en tiempo, recursos, inversión, agua tratada, etc., de cerca de $9 millones al año (Tabla 2).

Pero lo más importante es que si se genera energía, el diferencial de presión que se gana a la salida de las turbinas son 20 libras. Inicialmente esto se hacía a 70 psi y ahora se hace a 50 psi. Tal cosa equivale a unos $119 millones adicionales.

Mesa de volteo

La mesa de volteo es el único equipo automatizado en la planta de beneficio de María La Baja, con ciclo para 30 toneladas (Figura 4). Lo interesante es que se hacen 35 pequeñas paradas con el fin de evitar o reducir la impregnación de los racimos e ir alimentando la desgranadora de manera homogénea.

Desfrutador

Anteriormente los racimos se repartían y los frutos se recuperaban como se muestra en la Figura 5. En la actualidad, el 59% de la fruta sale por la rejilla antes de entrar a la desgranadora, el 36% lo hace en el primer tercio de la misma y el 2% en el segundo tercio. De manera que en la última área (2 m) no hay fruto en los racimos (Figura 6).

Las buenas prácticas

Lo relacionado con este aparte no tiene que ver con el fracturador. Se trata de un caso trabajado por Frupalma y el programa de Plantas de beneficio (de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite [Cenipalma]), que demostró la efectividad de las buenas prácticas de operación para evitar las pérdidas de aceite.

La idea es lograr separar los frutos sobremaduros de los verdes y de los maduros, con lo que es posible bajar al máximo las pérdidas que hay sobre todo en los condensados de esterilización.

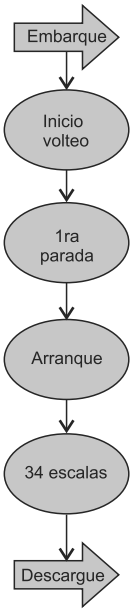
Tabla 2. En la caldera hay menor consumo de energía en bombeo (hp), menor consumo de agua tratada (cto tto/m^3), menor consumo de energía en ventiladores

	Amp	kw-h	Costo $/año. Fruto normal	Costo $/ año. Fruto fracturado	Ahorro $/año
Motor de agua caldera	54	39,0	3.238.926	2.526.362	712.563
Vent. primario	6,8	4,9	407.864	318.134	89.730
Vent. secundario	36	26,0	2.159.284	1.684.241	475.042
Tratamiento de agua para calderas (100 t rff/ año)			38.442.857	29.985.428	8.457.428
Optimización en generación de energía			1.091.494.845	1.227.931.701	119.072.165
TOTAL			1.135.743.776	1.262.445.866	128.094.365

Con una reducción del 22% de vapor en planta, se pueden ahorrar hasta $9.734.765 al año

	rff normal	rff fracturado	Diferencia
m^3/ton rff Calderas	0,24	0,19	0,1
$/t rff	384,43	299,85	84,57

PSI	Kg Vapor/kW	kW/hora	kW/año	$/año
70	27,7	793,8	4365979,4	1.091.494.845
55	24,6	893,0	4911726,8	1.227.931.701
Diferencia	-3,1	99,2	545747,4	136.436.856



- Automatismo para tres tiempos de volteo, (Alta-arranque media-30 t-hora y baja 15 t-hora)
- Mejorar la dosificación de rff al desfrutador.
- Reducir impregnación de aceite en tusas.

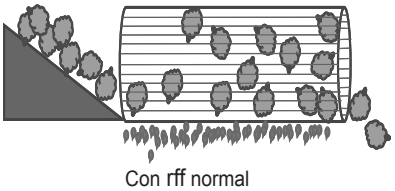
Vagonetas	8
Capacidad de vagonetas (t)	5
Capacidad De Panta (t/hora)	30
Tiempo vagoneta (min)	10

Ciclo 30 ton/h

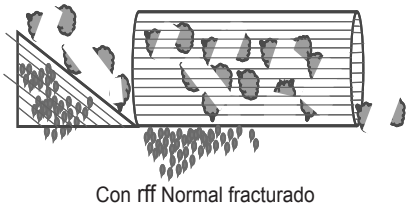
Descripcion	Tiempo (min)
Cargue vagoneta	0
Inicio de volteo	1,54
1ra parada	1,96
Escala 35 paradas	0,21
Ciclo	9,22
Descargue	10

Sistema de volteo de racimos

Figura 4. Sistema de volteo de racimos.



Con rff normal



Con rff Normal fracturado

Figura 5. Cuando no se fracturaban los racimos, era necesario revisarlos a la salida de la desgranadora, porque quedaban con gran cantidad de frutos adheridos, lo que suponía una alta pérdida de aceite. En la foto, el Dr. John Lowe y Carlos Mario Peláez, cerciorándose de que, en efecto, ya no quedan frutos adheridos a los racimos.

Como lo muestra la Figura 7, las pérdidas de aceite en las tusas y las pérdidas totales se han reducido de manera sustancial. En la planta del ejemplo se procesan 105.000 toneladas de fruta, y se logró recuperar 200 toneladas de aceite adicionales, sin invertir un solo peso en nueva maquinaria; solamente en capacitación.

Preclarificador

El preclarificador (Figura 8) tiene unos cinco o seis años de estar dando excelentes resultados en plantas de beneficio colombianas. Su gran ventaja es que, inmediatamente después de la digestión, el prensado y el tamiz, en él se puede separar, en 35-40 minutos (en el caso de María La Baja), entre 70 y 75% del aceite, que luego se seca independientemente del que se recupera en el clarificador.

Invertir en un preclarificador evita tener que hacerlo en gran medida en los clarificadores normales (de 60 toneladas), y los resultados son halagüeños.

De hecho, el 70% del aceite que sale del preclarificador lo hace con una acidez aproximada del 2%, cuya

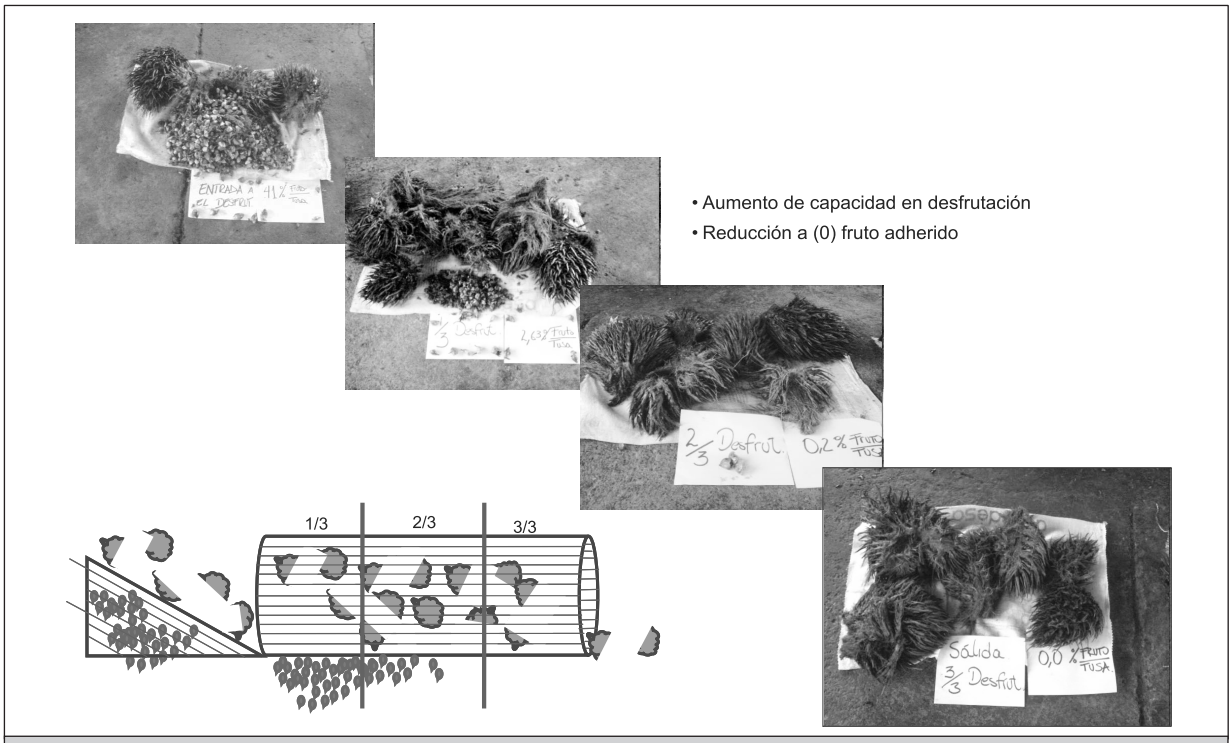
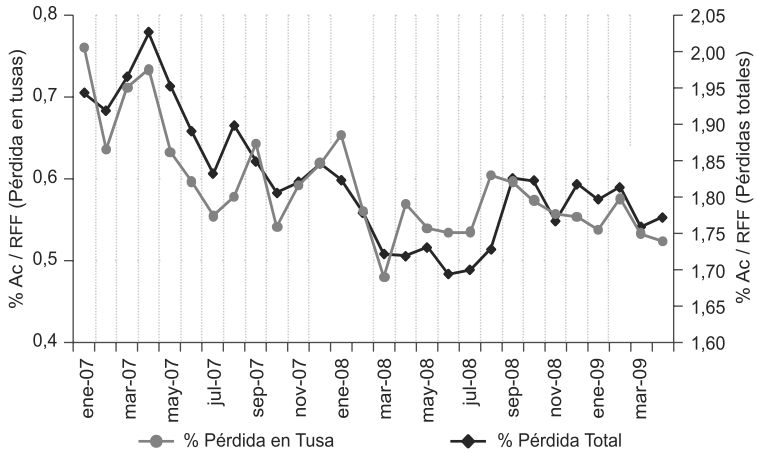
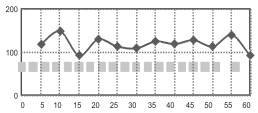


Figura 6. La secuencia fotográfica muestra la cantidad de fruto que tenían los racimos al momento de entrar a la desfrutadora y cómo salen, sin ninguno.

Item	Tradicional (%aceite/rff)	BPO (% Aceite/rff)
Condensados esterilización	0,24	0,18
Impregnación en tusa	0,49	0,36
% Fruto adherido/ tusa	6,87	2,48
Fruto adherido	0,002	0,001
Total	0,73	0,54
Fruto procesado (t/ año)	105.000	
Aceite recuperado (t/ año)	200	
Ingreso adicional /año	$ 300.825.000.oo	





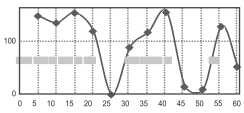


Figura 7. Las buenas prácticas permiten reducir sustancialmente las pérdidas de aceite. Un tema importante para disminuir la impregnación de racimos y el fruto adherido es la automatización del tambor de volteo, pues de esta forma el proceso es bastante lineal.

bonificación es de 6%. El 30% sigue su curso y con el recuperado de esterilización de lodos, llega hasta acidez de 3%, para bonificación de 4% (Tabla 3).

Ahora bien. Inicialmente en María La Baja se tenía un aceite en lodos en la salida del clarificador entre 7 y 9%, guarismo que hoy es de 3-4%. Esto es así, porque

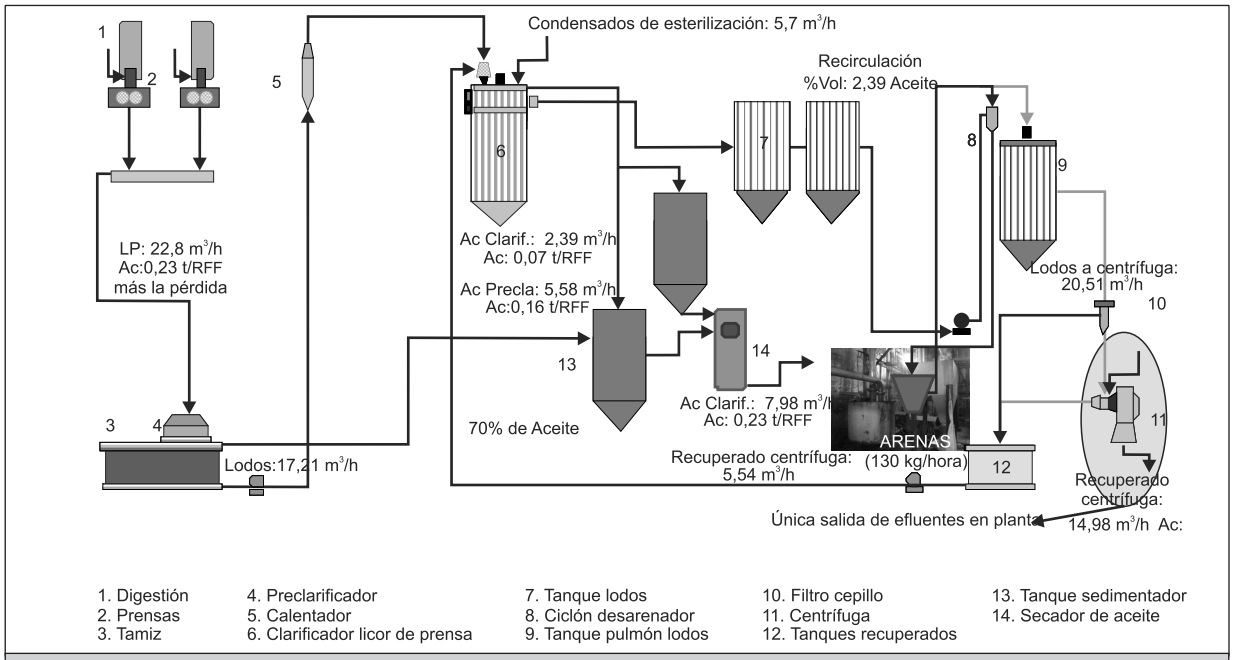


Figura 8. Preclarificador.

Tabla 3. Bonificación en pesos por calidad de aceite de palma por uso del preclarificador

	t aceite	% acidez	% bonificación	t aceite bonificadas	Ingreso x aceite bonificado	Diferencias ($)
100.000 t rff/año	23.000	2,4	5,20	1.196	1.794.000.000	1.794.000.000
70% del preclarificador	16.100	2	6	966	1.499.000.000	
30% clarificador convencional	6.900	3	4	276	414.000.000	1.863.000.000
Caso 1. Diferencia en pesos para 100.000 t rff/año						69.000.000
Caso 2. Diferencia en pesos para 150.000 t rff/año						103.500.000
Caso 3. Diferencia en pesos para 200.000 t rff/año						138.000.000

Nota: Eficiencia del 70 al 75% con una relación en el diseño largo/ancho = 5. Se logra una diferencia hasta de 0,4% de acidez a favor del aceite obtenido en el preclarificador, en comparación con el aceite de los separadores primarios.

se está bajando más del 50% la carga del clarificador, y se está recuperando el 100% de los condensados y los aceites en lodos.

De manera que se está independizando el aceite. Primero se traen los lodos de recuperación del autoclave (recuérdese que ya se bajó 40% el tiempo y 30% el vapor), entonces se da el 30% de recuperación también en el condensado de esterilización. Además, en Las Brisas se están recuperando todos los desfogues que hay en el filtro cepillo, en el filtro desarenador (se retiran 130 kilogramos de arena en carretilla por hora).

Centrífuga

En María La Baja no va nada al florentino antes de que pase por la centrífuga, hasta el lavado de la planta. En ocasiones se riega un poco de aceite porque se daña un sello mecánico y el mismo se recoge por completo.

Por lo general las centrífugas tienen el sello con prensa estopa y con agua. En María La Baja se le pone mecánico –de un solo resorte o de múltiple resorte–, resultado de un estudio realizado hace muchos años en Aceites S.A. De esa manera se aumenta al máximo la capacidad de las centrífugas (Figura 9).

Asimismo, se bajan las boquillas de 1,9 a 1,7 mm, lo que también se traduce en ahorros (Tabla 4). A muchos no les gusta hacerlo, pues se tapan muy rápido las centrifugas. (Habrá que inventarse otro sistema de filtro, porque es mucha la plata que se ahorra por la merma en las pérdidas de aceite).

Al cambiar la prensa estopa por sello mecánico se reduce el consumo de energía de 20 a 17 amperios, que significan 0,37 kW/t rff procesada y, si se toma en cuenta que el precio del kw por hora es de $265, se puede apreciar un ahorro significativo, al que se suman el costo por mantenimiento y otros (Tabla 5).

Sistema de bombeo

Los tipos de equipos de bombeo presentaban los siguientes inconvenientes:

- Variación en su potencia de 4 a 12 hp.
- Fallas repetitivas y aleatorias con un tiempo entre fallas de dos a tres meses.
- Rupturas de ejes en operación.
- Fallas de sellos mecánicos y rodamientos.
- Agitación excesiva en el clarificador, lo que implicaba la pérdida de tiempo en la separación.
- Bombas trabajando en vacío y sin regulación.

En la actualidad, se trata que la bomba trabaje el 99% del tiempo, que durante el ciclo de proceso de 10 horas prenda dos o tres veces máximo, cosa que se logra con un regulador de velocidad, un aparato muy sencillo de maniobrar (Tabla 6).

Figura 9. Uso de sello mecánico en centrífuga.

Tabla 4. Uso de sello mecánico y boquillas en centrífuga, en una planta que procesa 100.000 toneladas de fruto

	C1 (boquilla 1,9 mm)	C3 (boquilla 1,9 mm) Sello	C2 (boquilla 1,7 mm)
	Descarga lodos	Descarga lodos	Descarga lodos
Flujo m^3/hora	11,12	10,52	7,56
m^3/t rff	0,37	0,35	0,25
Aceite g/l	11,68	10,78	7,48
Flujo aceite kg/hora	129,94	113,43	56,59
% aceite/ rff	0,43	0,38	0,19
Pérdidas (t aceite)	430	380	190

Tabla 5. Reducción de costos por operación de centrífugas con sello mecánico

Detalle	Reducción en centrífuga ($)
Costo de mantenimiento	5.045.000
Costo de energía	5.838.944
Costo por capacidad	4.009.633
Ganancia por centrífuga	14.892.577

María La Baja trabajaba antes con una bomba de 6 caballos y ahora lo hace con una de 3, que significó un ahorro del 40% en energía. Los beneficios de un óptimo sistema de bombeo se pueden resumir en:

- No hay agitación en el clarificador y su eficacia aumenta.
- Se reduce el consumo de potencias (ahorro de energía).
- Optimización en instalaciones de los equipos y diseño de tuberías.
- Las bombas trabajan de manera continua y sin torques por arranque.

Tabla 6. Ahorro energético con variador de frecuencia

Ahorro energético con variador de frecuencia				
Fre-cuencia	Velocidad motor	Potencia	% de ahorro	
60 HZ	1800 rpm	3 HP	0,00	← 30 t rff/hora
55 HZ	1650 rpm	2,75 HP	8,33	
50 HZ	1500 rpm	2,5 HP	16,67	
45 HZ	1350 rpm	2,25 HP	25,00	
40 HZ	1200 rpm	2 HP	33,33	← 15 t rff/hora
35 HZ	1050 rpm	1,75 HP	41,67	

- Rodamientos tienen menor desgaste
- Se prolonga la vida de los sellos.

Por último, es válido anotar que la cantidad de aceite se produce en el campo, la calidad se comparte entre el campo y la planta de beneficio, y ésta, a su vez, tiene la obligación de extraer el aceite con eficiencia para convertir en dinero el esfuerzo que se hace en el campo.