

# Sistemas de control y automatización en plantas de beneficio, caso Palmas del Cesar S.A.

Automation and control systems in mills, case Palmas del Cesar S.A.

## Autores

### Héctor Adrián Rincón

Jefe de Mantenimiento  
Electromecánico,  
Palmas del Cesar S.A.

### Diego Ignacio Nieto

Asistente de Transferencia,  
Centro de Investigación en  
palma de aceite, Cenipalma.

### Silvia Liliana Cala

Asistente de Transferencia,  
Centro de Investigación en  
palma de aceite, Cenipalma.

## Palabras clave

Automatización, extracción aceite  
de palma, control de proceso.  
Automation, palm oil extraction,  
process control.

Recibido: 20 febrero 2012  
Aprobado: 30 marzo 2012

## Resumen



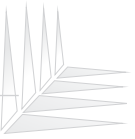
La necesidad de mejorar la eficiencia en la extracción de aceite y almendra en las plantas de beneficio de aceite de palma colombianas, mediante la disminución en los niveles de pérdidas y los costos de procesamiento, hacen que el desarrollo de herramientas para el control y supervisión en áreas sensibles del proceso sea considerado hoy como un elemento imprescindible, tanto para los proyectos de mejora de las plantas existentes, como en el desarrollo de nuevos proyectos.

Ese tipo de herramientas ha surgido de manera gradual, respondiendo a las necesidades más relevantes del proceso, principalmente en las secciones de esterilización, desfrutación, prensado y generación de vapor. En este documento, que es el resultado de la ponencia presentada durante la pasada Conferencia Internacional sobre palma de aceite, se presentan algunos ejemplos de automatismos desarrollados por personal técnico de la Planta Extractora Palmas del Cesar S.A., en la Zona Central, sus aplicaciones, beneficios y costos de aplicación.

## Abstract

The need to improve efficiency in the oil and kernel extraction in the Colombian mills, by reducing levels of losses and processing costs, make the development of tools for control and monitoring in sensitive areas of the process be now considered an essential element for both projects to improve existing mills and in the development of new projects.

That kind of tools has emerged gradually responding to the most relevant needs of the process, mainly in the sections of sterilization, stripping, pressing and steam generation. This paper, that is the result of a lecture presented during last Oil Palm International Conference, presents some examples of automation developed by technical staff of Palmas del Cesar S.A. mill, located in the Central Zone, its applications, benefits and costs.



## Introducción

La tecnología para plantas de beneficio disponible en Colombia no ha sufrido modificaciones significativas durante décadas, y las pocas que se han hecho han sido en realidad adaptaciones de tecnologías provenientes de Malasia. Pero las condiciones locales propias y la participación en un mercado cada vez más exigente, han creado la necesidad de aumentar la eficiencia del proceso y generar un cambio tecnológico en el que la implementación de automatismos juegue un papel relevante.

En general, la automatización industrial es una herramienta importante para optimizar procesos y disminuir costos de operación, haciéndolos más eficientes, simples y controlables. En la actualidad las plantas de beneficio primario de fruto de palma en el país la utilizan como parte de sus buenas prácticas de proceso, con muy buenos resultados.

Si bien el desarrollo de esta herramienta en el proceso palmero es aún incipiente frente a lo que se observa en otros sectores de la agroindustria nacional, es de resaltar su papel en las plantas de beneficio de aceite. Con ella se facilita y simplifica la operación, aprovechando recursos propios y el conocimiento del personal técnico de las mismas. Como un ejemplo de ello, se presentan en este documento algunos automatismos básicos implementados en Palmas del Cesar S.A., sus aplicaciones, beneficios y costos de aplicación.

## Evolución de los automatismos en las plantas de beneficio primario

Para hablar de la evolución de la automatización en las plantas de beneficio primario es necesario abordar sus primeras aplicaciones basadas en la lógica de cableado. Estas constan de temporizadores, contadores, relés y equipos de instrumentación; el control se programa físicamente en la interacción eléctrica de los

dispositivos y en su mayoría son de tipo *on-off*, binarios y carentes de control proporcional. Su manipulación y mantenimiento en ocasiones se dificulta debido a los elementos y cables que requiere para su montaje. Un ejemplo de las primeras automatizaciones realizadas mediante este sistema es el control de dosificación de fruto esterilizado al tambor desfrutador, basado en el nivel de llenado de los digestores.

Más tarde aparecieron los controladores lógicos programables (PLC), los cuales están provistos de mediana capacidad y pueden programarse con un lenguaje hombre-máquina denominado “lenguaje escalera”, que facilita su aplicación. Una ventaja de los sistemas que utilizan PLC es el control analógico, que permite accionar equipos e instrumentos de manera proporcional; un ejemplo de ello es el automatismo aplicado para control de la esterilización con válvulas reguladoras de presión. Los PLC también utilizan instrumentos como contadores y una gran gama de temporizadores con interacción virtual, lo cual ahorra materiales (cable) y facilita el hallazgo de problemas técnicos.

Posteriormente surgieron los controladores con supervisión, control y adquisición de datos (Scada). Se trata de PLC avanzados que permiten visualizar y controlar las variables en paneles de operación o pantallas táctiles; están provistos de gran capacidad e interactúan a través de Internet o Ethernet, con lo que se posibilita la supervisión y el control de los procesos a distancias remotas. Comparados con otros sistemas, los controles Scada tienen la ventaja de facilitar la trazabilidad de cualquier eventualidad en el proceso, gracias a la captura y el almacenamiento de datos que hace en tiempo real.

Por sus características, facilitan la disposición de cuartos de control centralizados y con programación de subsistemas o multisistemas para controlar cada uno de los subprocesos en las plantas de beneficio. En la actualidad algunas plantas del país implementan

este sistema en secciones de proceso importantes, como la generación de vapor y la cogeneración de energía.

### Importancia de la automatización en las plantas de beneficio

Como en todas las industrias, en las plantas extractoras de aceite el desarrollo de automatismos tiene el objeto de mejorar la eficiencia de los procesos, mediante el aumento de la productividad y la disminución de los costos de operación y mantenimiento. Así, con un sencillo análisis de costo beneficio, es posible evaluar la conveniencia de implementar sistemas de control en una determinada sección del proceso.

Por otra parte, la normalización, supervisión y control del proceso en cada una de sus etapas son factores indispensables para asegurar la obtención permanente de buenos resultados, en extracción de aceite y pérdidas de aceite y almendra.

En términos generales, algunas de las mejoras obtenidas al implementar automatismos en la planta de beneficio son:

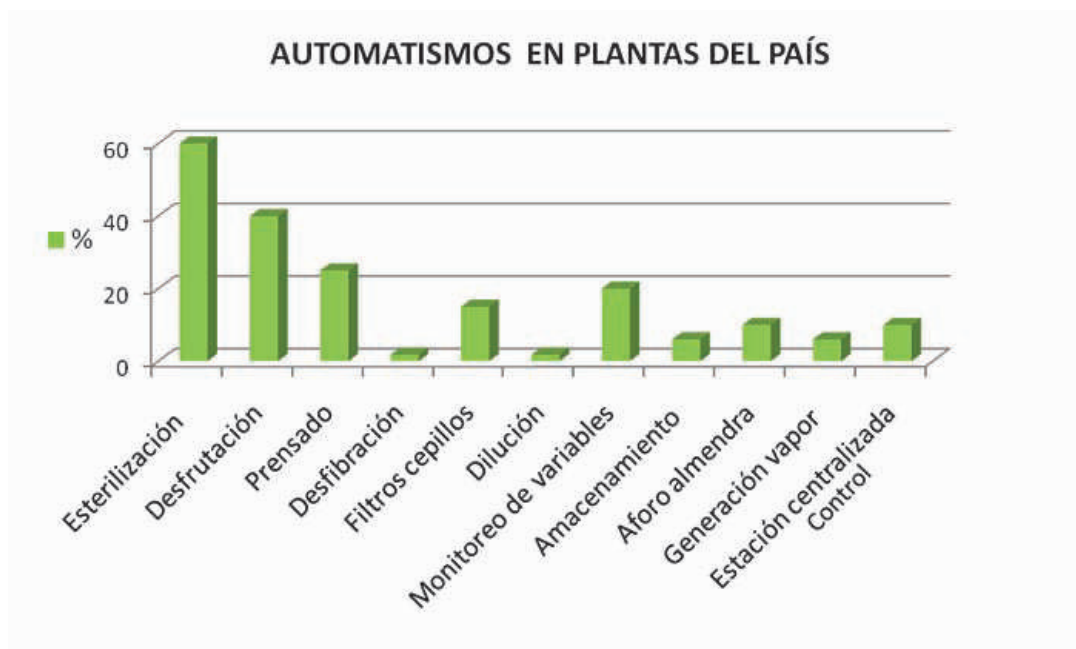
- En el proceso de esterilización: ayudan al cumplimiento de los objetivos de la esterilización al disminuir la variación de la presión aplicada en los ciclos de

esterilización y restringir el tiempo de sostenimiento. Adicionalmente, evitan el aumento de las pérdidas de aceite en tusa ocasionada por la presencia excesiva de condensados en el esterilizador durante el ciclo.

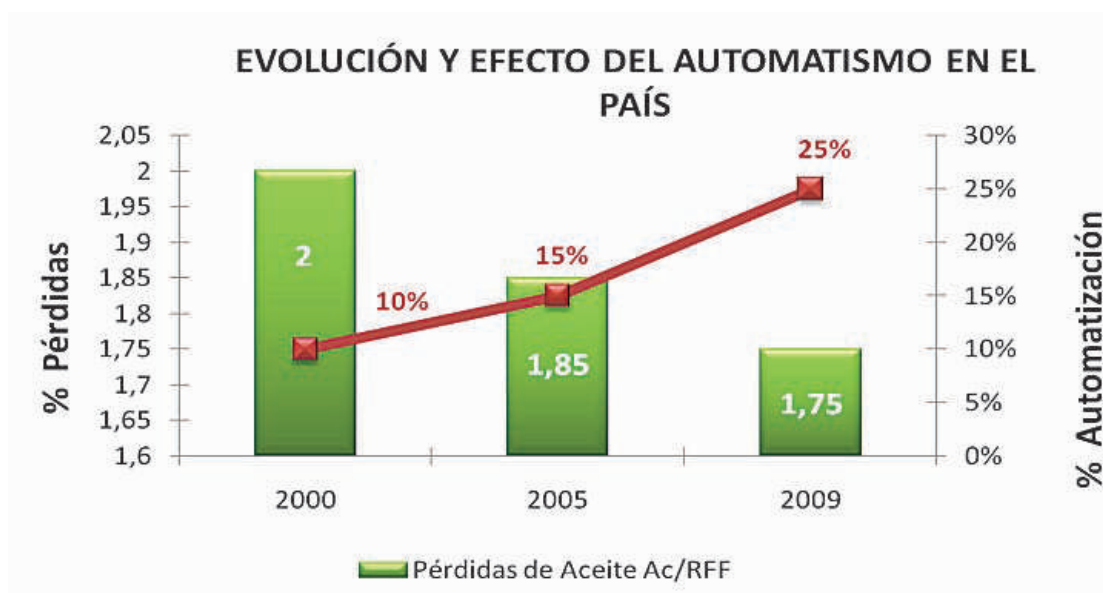
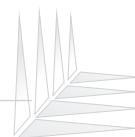
- Simplifican la operación, lo cual disminuye la probabilidad de errores asociados a la operación. El automatismo en la desfrutación permite dosificar de manera constante y controlada la fruta esterilizada, teniendo como parámetro el nivel de llenado de los digestores.

- Disminuyen el tiempo requerido para realizar maniobras repetitivas, lo que se traduce en un ahorro equivalente al aumento de capacidad de procesamiento. El mecanismo de enganche de vagonetas en el puente grúa o monorriel puede ser automatizado mediante enganches electro-neumáticos para izar el vagón en un movimiento transversal. Esta aplicación disminuye el tiempo de maniobra, por lo que se aumenta la capacidad de transporte del equipo.

- Aumentan la eficiencia del proceso. El sistema automático en la sección de prensado facilita el manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra. Este automatismo tiene como variable de control el amperaje de las prensas, el cual se ajusta para extraer el aceite con baja impregnación en fibras, evitando, a su vez, el rompimiento excesivo de las nueces.



**Figura 1.** Automatismos frecuentemente aplicados en plantas de beneficio en Colombia.



**Figura 2.** Comportamiento de las pérdidas de aceite y evolución de automatismos en plantas de beneficio.

- Facilitan la supervisión y el control de las variables de proceso en tiempo real que permite, a su vez, detectar y solucionar de manera oportuna problemas operativos y de mantenimiento en los equipos.

Un sistema de monitoreo en la sección de clarificación posibilita el registro y el seguimiento remoto de temperatura y nivel para el control de dilución de licor de prensa (Yáñez, Díaz 2008).

En algunas plantas de beneficio, el personal del departamento técnico ha logrado desarrollar automatizaciones de mecanismos sencillos, de bajo costo y con buenos resultados, aprovechando el conocimiento que se tiene de los equipos y el proceso.

La capacitación por parte de personal idóneo juega un papel importante en el logro de estos desarrollos. Es, además, una excelente inversión porque este tipo de automatismos solo requieren un conocimiento básico en electricidad y lenguajes de programación, lo que disminuye considerablemente los costos de implementación.

La (Figura 1) muestra que los automatismos en las secciones de esterilización y desfrutación son los más usados por las plantas de beneficio en Colombia, en lo fundamental porque son esas las etapas del proceso con mayor incidencia en las pérdidas de aceite. Las secciones en las que menos desarrollos se han generado son palmistería y clarificación.

Si bien no puede afirmarse que el crecimiento en la implementación de automatismos en el país ha

sido el directo responsable de la disminución en los porcentajes de pérdidas de aceite presentados en los últimos diez años, lo cierto es que la aplicación de buenas prácticas operativas ha sido determinante en este proceso de mejora (Figura 2). El control de la esterilización, la desfrutación, la digestión y el prensado son ejemplos de buenas prácticas basadas en sistemas automáticos.

### Automatismos más frecuentes

A continuación se describen los automatismos aplicados con mayor frecuencia en las plantas extractoras, con sus beneficios y costos. Vale aclarar que estos últimos son estimados con base en la experiencia propia de Palmas del Cesar S.A., por lo que debe tenerse en cuenta que el desarrollo y la programación del automatismo son realizados por el personal técnico de la planta, y en él se incluyen el valor de la instrumentación y de los equipos de control. Cuando este tipo de trabajos se contratan con firmas externas, la ingeniería y el conocimiento representan aproximadamente el 40% del costo total de la aplicación del automatismo.

### Automatización en la etapa de esterilización

El sistema ilustrado por la Figura 3 está compuesto por:

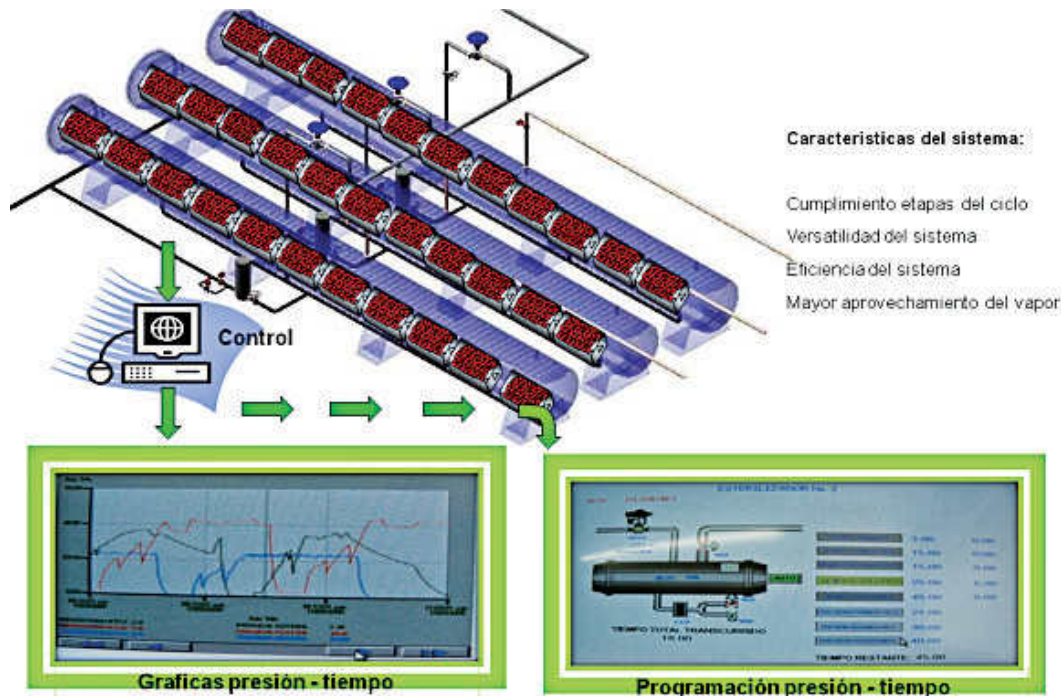


Figura 3. Ilustración del sistema de control automático en esterilización.

- Válvulas de admisión de vapor: son válvulas reguladoras proporcionales que operan en el rango de 0 a 60 psi, de tipo globo, de accionamiento electro-neumático y controladas con señal de corriente de 4 a 20 miliamperios. Su objetivo es regular y controlar la presión en los esterilizadores.

- Válvulas de evacuación de vapor y condensados: son de tipo *on-off*, de accionamiento electro-neumático, comandadas con electro válvulas (4/2), con solenoides de 24 v, 110 v o 220 v.

Este automatismo requiere además un controlador lógico programable con tarjetas digitales y analógicas de entradas y salidas. Las salidas analógicas o proporcionales facilitan el control de la presión en el esterilizador por medio de las válvulas reguladoras de presión (admisión de vapor), las cuales son gobernadas en su mayoría por una señal de corriente de 4 a 20 miliamperios. Las entradas analógicas, mediante los transductores de presión, facilitan la obtención de un registro gráfico de la presión en el esterilizador durante todo el ciclo; también permiten programar las alarmas de sobrepresión o caída de presión en línea.

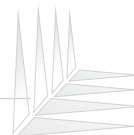
El sistema cuenta con tarjetas de salidas digitales, las cuales comandan las válvulas *on-off* de evacuación de condensados y vapor por la parte inferior de los

esterilizadores, lo que permite su despresurización. Las tarjetas de entradas digitales registran el estado (abierta o cerrada), tanto de las válvulas como de la puerta del esterilizador. La apertura de las válvulas se realiza con microrruptores, mientras que la de las puertas de los esterilizadores se hace mediante una señal enviada al sistema, la cual verifica su condición y permite iniciar nuevamente el proceso de presurización.

El sistema cuenta con un control de nivel de condensados, en buena parte realizado mediante electrodos de acero inoxidable. Al alcanzar cierto nivel de condensados, especialmente durante los picos de presión, las válvulas *on-off* se accionan para evacuar el líquido y evitar que se inunden los racimos. Estudios previos llevados a cabo por Cenipalma muestran que en esta etapa del proceso de esterilización es donde mayor masa de vapor se condensa; de esta manera se minimizan las pérdidas de aceite en condensados de esterilización.

### Beneficios del automatismo

- Asegura el cumplimiento de los requerimientos de presión y tiempo en el ciclo de esterilización.
- Facilita la supervisión de la operación y el control



de las variables de presión, tiempo y nivel de condensados a lo largo de varios ciclos.

- Permite reprogramar las variables presión y tiempo desde el panel de control, con el fin de ajustar los ciclos de esterilización a la calidad de la fruta que se ha de procesar (madurez).

- Contribuye a la disminución de pérdidas de aceite en condensados.

**Costo:** El costo aproximado del sistema es de US\$30.000.

### Automatización en puente grúa

Es una automatización de bajo costo, creada con elementos eléctricos de fácil manejo (Figura 4). Puede operar en modo automático o manual; en la opción automática todas las maniobras dependen del sistema: ascenso, traslado, volteo, retroceso y descenso. El enganche y desenganche del vagón se comanda desde un pulsador y es realizado por un sistema electro-neumático adherido al yugo del puente grúa (con cuatro cilindros neumáticos de doble efecto). Estando el yugo del puente grúa abajo, permite al operario enganchar el vagón pulsando un botón que

comanda dos válvulas electro-neumáticas 4/2, las cuales gobiernan neumáticamente los cilindros, que a su vez actúan sobre los pines o ejes de enganche.

El sistema neumático solo permite su manipulación cuando el yugo del puente grúa está abajo, con el fin de evitar que se active cuando el vagón esté izado. Una vez enganchado el vagón, el sistema recibe la orden de ascenso desde un control *joystick*. El sistema realiza ascenso y traslado de los vagones en un solo movimiento transversal, con el objetivo de disminuir el tiempo de la maniobra. Cuando el control de nivel de llenado de los digestores lo permite, y al finalizar el volteo, el monorriel regresa, y el operario pulsa el comando del sistema neumático para desenganchar el vagón y enganchar el siguiente.

### Beneficios del automatismo

- Disminuye el costo de operación (mano de obra) en la sección de desfrutación.
- Disminuye la probabilidad de fallas en el sistema debidas a errores humanos (atascamientos), y facilita la operación.
- Contribuye a la disminución de pérdidas de aceite por fruto adherido en tusa.

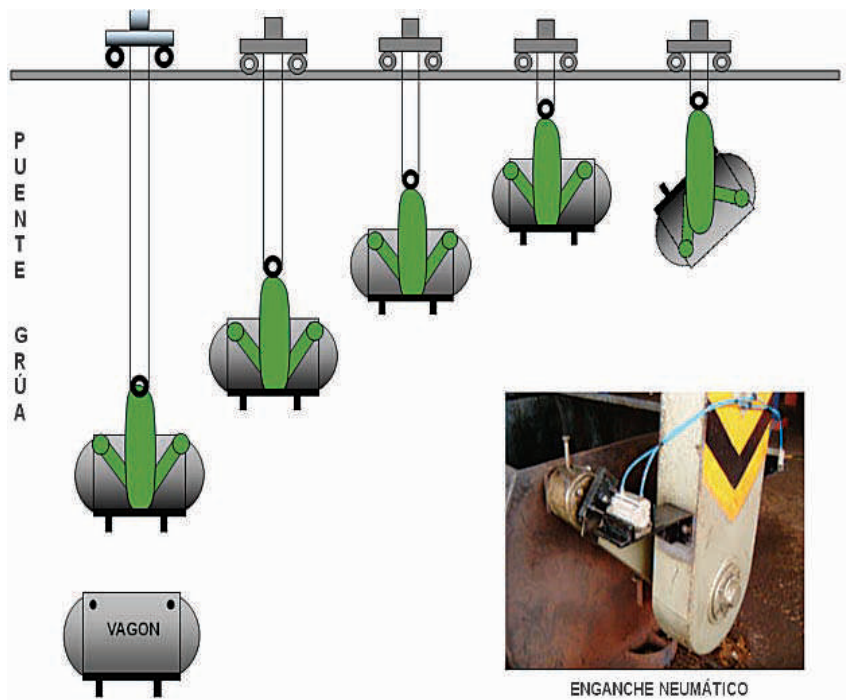


Figura 4. Ilustración del sistema de enganche automático en puente grúa.

**Costo:** El costo aproximado del sistema es de US\$3.500.

## Automatización del sistema de desfrutación

En la mayoría de aplicaciones, se realiza con lógica de cableado (Figura 4). El comienzo del proceso se ordena desde un pulsador y el sistema inicia un arranque escalonado y temporizado (mediante temporizadores neumáticos) de los digestores, elementos de control de nivel en digestores, sinfín distribuidor de fruto, elevador de fruto, sinfín transportador bajo desfrutador, desfrutador y esterilla. Debido a que la esterilla está ligada a los controles de nivel en los digestores, se detendrá cuando los digestores estén llenos y se accionará nuevamente cuando el nivel baje. Al parar la esterilla también lo hace el monorriel o puente grúa.

El sistema, provisto de enclavamiento eléctrico, detendrá la esterilla dosificadora cuando detecte una falla en el relé térmico de cualquiera de los equipos de la sección de desfrutación, para evitar atascamientos. De la misma manera se impedirá el volteo del puente grúa con el fin de evitar aglomeraciones de fruta e incrementar la pérdida de aceite por impregnación de tusa. Por otra parte, se detendrá la esterilla cuan-

do la banda de tusa se desactive, bien sea por falla del equipo o por acción manual, con el fin de evitar sobrecargas en el tambor desfrutador.

Cabe anotar que la distribución constante y uniforme de racimos al desfrutador favorece la disminución de pérdidas de aceite por impregnación en tusas. A manera de ejemplo, la dosificación continua de racimos al desfrutador se realizó instalando un variador de velocidad (frecuencia) al motor de la esterilla dosificadora. Se ajustaron las revoluciones por minuto de la esterilla hasta hacer coincidir su capacidad con la de procesamiento de la planta extractora, para así obtener una dosificación de racimos regulada y continua. Aunque, como se dijo, este sistema está basado en la lógica de cableado, puede implementarse a través de un controlador lógico programable.

## Beneficios del automatismo

- Disminuye el costo de operación (mano de obra) en la sección de desfrutación.
- Disminuye la probabilidad de fallas en el sistema debidas a errores humanos (atascamientos), y facilita la operación.
- Contribuye a la disminución de pérdidas de aceite por fruto adherido en tusa.

**Costo:** El costo aproximado del sistema es de US\$3.000.

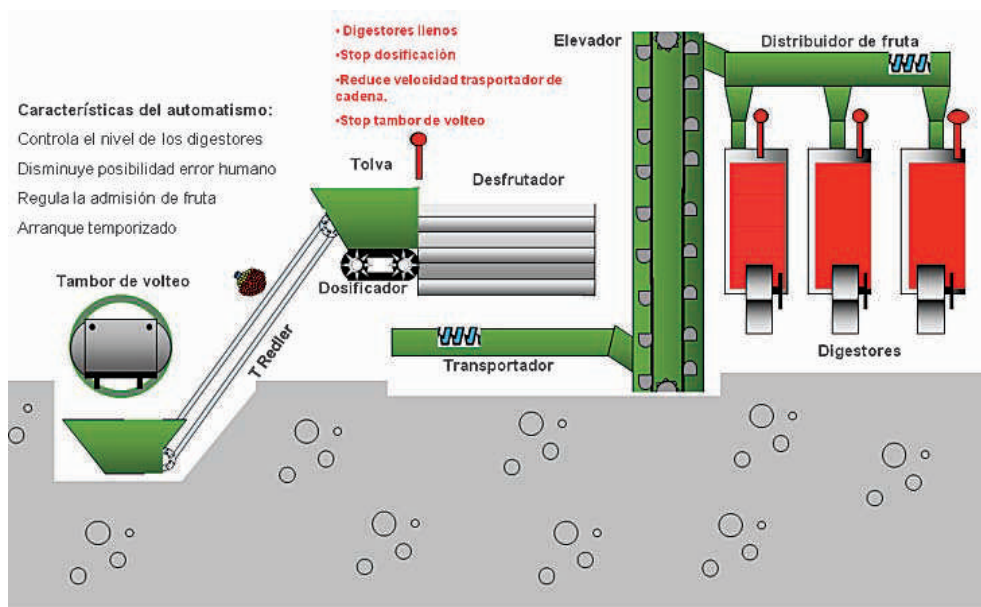
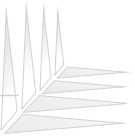


Figura 4. Ilustración del sistema de control automático en desfrutación.



## Automatización en la etapa de prensado de fruto de palma

Obtener un prensado con presión constante, al tiempo que se mantiene la pérdida de aceite en fibra dentro de parámetros normales de control y se transforma la labor del operario en supervisión, son los objetivos del sistema automático para máquinas de prensado. Este puede ser programado desde la tarjeta de mandos para operar de modo manual o automático, según se requiera (Figura 5).

### Operación manual

La opción manual se activa desde un selector. La compuerta del digestor que regula el ingreso de fruta a la prensa se activa mediante un sistema neumático. El agua se suministra a la prensa por una válvula electro-neumática de cierre rápido (tipo *on-off*).

Los conos de la prensa se comandan en la tarjeta desde dos selectores pulsadores con flechas de avance y retroceso. Se ajustan hasta que la corriente de consumo alcanza la corriente nominal del motor. La señal eléctrica se transporta desde los selectores o pulsadores de avance y retroceso, hasta las solenoides

de una válvula 4/3 con centro cerrado, la cual a su vez comanda el cilindro hidráulico de doble efecto en los conos de la prensa. La tarjeta también suministra la lectura de temperatura del fruto a la entrada de la prensa, y el amperaje del motor; para ello se requiere PT 100 y un pirómetro adicional. Al apagar la prensa, se activa el lavado interno de la bandeja y *housing* de la canasta.

### Operación automática

El sistema automático del prensado se activa desde el selector, en la opción "Auto" de la tarjeta de mandos. Al llenarse el digestor, el sistema activa un piloto indicador en la tarjeta y da un espacio de diez a veinte minutos reprogramables, para que se realice la digestión del fruto. Transcurrido este periodo, el sistema activa la prensa, abre la compuerta del digestor (sistema neumático con cilindro de doble efecto) y alimenta el fruto a la prensa, abre la válvula de admisión de agua y ajusta de forma automática los conos hasta obtener el amperaje de trabajo programado. Aquí, el sistema hidráulico es gobernado por la tarjeta de mando, ajustándose a un umbral de corriente reprogramable para aprovechar al máximo la capacidad del motor de la prensa.

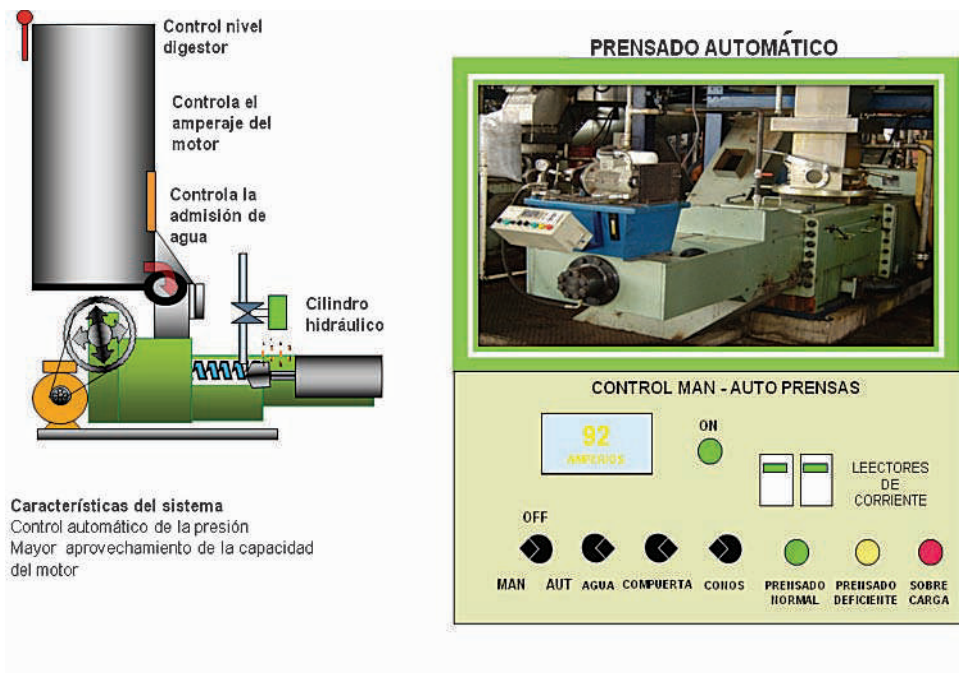


Figura 5. Ilustración del sistema automático en prensas con capacidad de 9 toneladas de racimo de fruta fresca por hora.



Una vez el digestor se haya desocupado, el sistema cierra la compuerta de alimentación a la prensa, retira los conos para disminuir el par de arranque al iniciar otro ciclo de prensado y activa el sistema de lavado del housing de la canasta y la bandeja. Una vez realizado el lavado, cierra la válvula electro neumática que suministra el agua y desactiva la prensa. El sistema reinicia el proceso de prensado cuando el digestor esté nuevamente lleno, lo cual corresponde al tiempo programado para la digestión.

Este sistema se creó con el objetivo de asegurar una presión constante, ajustada con base en la corriente nominal del motor. Cuenta además con pilotos indicadores para motores sobrecargados, prensado defectuoso, prensado adecuado y digestor lleno.

## Beneficios de automatismo

- Disminuye la probabilidad de fallas en el sistema debidas a errores humanos (atascamientos), y facilita la operación.
- Contribuye a la disminución de pérdidas de aceite por impregnación en fibra.
- Contribuye a la disminución de pérdidas de almendra por rompimientos excesivos de nueces en la prensa.
- Incrementa la vida útil de los equipos al evitar

someterlos a presiones superiores a las recomendadas para su operación.

**Costo:** El costo aproximado del sistema es de US\$4.000

## Conclusiones

El costo de implementar sistemas automáticos de control de proceso en plantas extractoras de aceite puede reducirse hasta en un 40% cuando estas involucran a su personal técnico, tanto en su desarrollo como en su montaje o instalación. Por tanto, la capacitación del personal de proceso y mantenimiento es parte importante en el éxito de este tipo de sistemas.

El uso de automatismos en plantas de beneficio de aceite facilita el control y la supervisión del proceso de extracción, así como la obtención de resultados favorables de forma estable y permanente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Fedepalma, por permitir presentar estos resultados de buenas prácticas de automatización en planta bajo el marco de la XVI Conferencia Internacional sobre Aceite de Palma; de igual manera, al personal técnico de Cenipalma por su apoyo para la realización de la presentación, y de este documento.



## Bibliografía

Yáñez A. et ál. 2008. Determinación del nivel de dilución apropiado en el proceso de clarificación y diseño de un sistema de control automático. Palmas 29 (4) (Colombia).

Sánchez V. Carolina; Sierra R. Guido; Prado P. Jairo A. 2007 Diseño de un sistema de control de automático en la operación de secado de almendra en la planta de beneficio. Informe final Cenipalma - Aceites Manuelita S.A.