

# Automatización de las unidades LACT para crudo en los campos Libertador y Atacapi para la empresa INCOPRO S.A

**Sandoval, Carlos**

*Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*

*Sangolquí, Ecuador*

cpsandoval@espe.edu.ec

**Resumen**—El presente trabajo tiene por objetivo la AUTOMATIZACIÓN DE LAS UNIDADES LACT EN LOS CAMPOS LIBERTADOR Y ATACAPI. Para el desarrollo del proyecto se emplea la metodología establecida por el PMI, con la cual se especifican las actividades a realizarse en las etapas de planificación, ejecución, supervisión, control, y cierre, con las cuales se pretende obtener las directrices para el cumplimiento total del proyecto. Se empleó interruptores de alta y baja presión (presostatos) como elementos de seguridad en el funcionamiento de las bombas centrifugas. Adicionalmente se implementó un sistema de control ON/OFF para evitar pérdidas económicas por crudo no contabilizado empleando interruptores de flujo y actualizando el software en el computador de flujo para su posterior incorporación en un PLC Micrologix 1100 e integración con los elementos de seguridad mencionados anteriormente. Con la modificación del sistema de extracción de muestras se logró monitorear y controlar el nivel de llenado del depósito de muestras en el computador de flujo y asegurar la custodia de las muestras recolectadas. Para el desarrollo de la automatización del proceso se empleó la norma GEMMA, y finalmente la comprobación del cumplimiento de implementaciones a través de varias pruebas de funcionamiento, obteniendo un 93,8 % de funcionalidad para las estaciones Shuara, Pichincha, Shushuqui y un 100% en las estaciones Atacapi y Secoya.

Palabras clave: **LACT, AUTOMATIZACIÓN, GEMMA, PRESOSTATOS, CONTROL ON/OFF.**

**Abstract:** This paper aims the Automation of LACT units in Libertador and Atacapi fields. The methodology established for the project is PMI, which explains the activities to be performed in planning, implementation, monitoring, control, and closing phases, which will be the guidelines for the accomplishment of the project. High and Low pressure switches were used as security elements for the operation of centrifugal pumps. Additionally, a control system on/off was implemented to avoid unaccounted crude oil using flow switches and upgrading the software of the flow computer to incorporate them with the PLC Micrologix 1100 and a subsequent integration with the security elements mentioned above. Modifications of the sampling system allow the monitoring of the filling level for the sample reservoir in the flow computer and ensure the safekeeping of collected samples. For the development of automation process, GEMMA standard was used. Finally, implementations compliance was verified through some field tests, obtaining 93.8% of functionality for Shuara,

Pichincha and Shushuqui stations and 100% in Atacapi and Secoya stations.

## I. INTRODUCCION

Después de más de 30 años de extracción de crudo, surge la necesidad de incrementar la producción de petróleo en los campos Libertador y Atacapi, consideradas como Joyas de la Corona por su alta calidad y producción de crudo, uno de los principales objetivos del plan de mejoramiento de estos campos es el reacondicionamiento y mejora de las unidades de medición de crudo LACT presentes en dichos campos, en las cuales no se ha realizado actualizaciones significativas en sus componentes, lo cual recae en una deficiencia en los procesos involucrados con estos sistemas, entre ellos, una posible fiscalización inadecuada de la cantidad de crudo extraída, ya que no se tiene un control de los componentes necesarios para su medición y transferencia.

## II. ALCANCE

El proyecto comprende la automatización de las unidades LACT para crudo, con la correcta selección y dimensionamiento de la instrumentación necesaria, realizando los análisis y cálculos pertinentes con el fin de determinar los valores de presión y caudal adecuados a cada estación. El alcance del proyecto también contempla el diseño de un sistema de pesaje para muestras de crudo de acuerdo a normas API con los respectivos componentes mecánicos y eléctricos necesarios y el diseño e implementación de un sistema de control de control, involucrando parámetros de seguridad necesarios, para finalmente validar la funcionalidad de las modificaciones realizadas con pruebas finales

## III. METODOLOGÍA

Para lograr la integración y cumplimiento de los objetivos, se definen cinco etapas para la duración del proyecto, indicados en la metodología PMI.

### a. Inicio:

- Especificación de los alcances y limitaciones.
- Definición de los objetivos e importancia del proyecto.

### b. Planificación.

- Análisis de requerimientos para la automatización de las unidades de medición para transferencia de custodia.
- Determinar los componentes y sistemas necesarios para la realización del proyecto.
- Identificar las interacciones necesarias entre los componentes para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados.

### c. Ejecución

- Desarrollo de la documentación necesaria para la realización del proyecto; consideraciones para el diseño del sistema de pesaje para muestras de crudo, desarrollo de las lógicas de control para el arranque de las bombas booster, modificación de los circuitos eléctricos respectivos.
- Analizar las causas de falla que puedan suscitarse en el desarrollo.
- Implementar las lógicas de control desarrolladas en un PLC.
- Calibración y prueba de la instrumentación.
- Empleo de una interfaz humano-máquina HMI, con la cual se podrá visualizar el funcionamiento del sistema.

### d. Supervisión y Control

- Valorar la efectividad y eficiencia del sistema a través de simulaciones, con las cuáles se permita verificar el correcto funcionamiento e integridad del sistema.
- Implementación y puesta en marcha de las modificaciones eléctricas, mecánicas y lógicas de control propuestas.
- Resultados y toma de acciones correctivas en las implementaciones en caso de ser necesario.

### e. Cierre

- Validación y finalización de las actividades ejecutadas en el desarrollo del proyecto por parte de la empresa auspiciante, Director y Codirector del proyecto de tesis.
- Revisión de la documentación final.

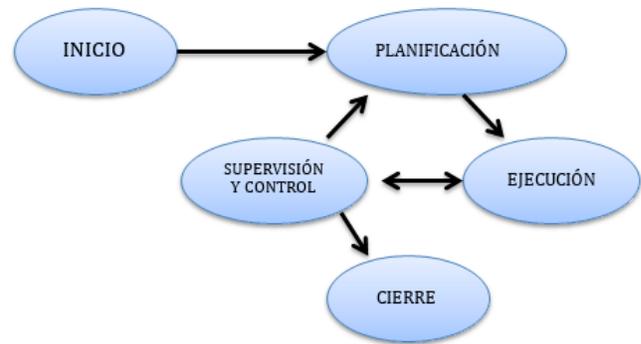


Fig 1. Metodología PMI

## IV. NECESIDADES DEL PROCESO

La automatización de las unidades LACT involucra modificaciones en los sistemas de control, eléctrico y mecánico.

Se consideran como necesidades los siguientes aspectos:

- Reacondicionamiento del sistema mecánico.
- Diseño del sistema de control.
- Rediseño del sistema eléctrico

### A. Reacondicionamiento del sistema mecánico

El reacondicionamiento del sistema mecánico consistió en el diseño de un sistema de pesaje para muestras de crudo, la reubicación del punto de extracción grabs<sup>[1]</sup>, y la elaboración de planos para montaje y construcción de los diferentes componentes.

Con el diseño del sistema de pesaje se tiene un método de monitoreo y control de los contenedores de muestra evitando que se generen derrames por descuidos operacionales.

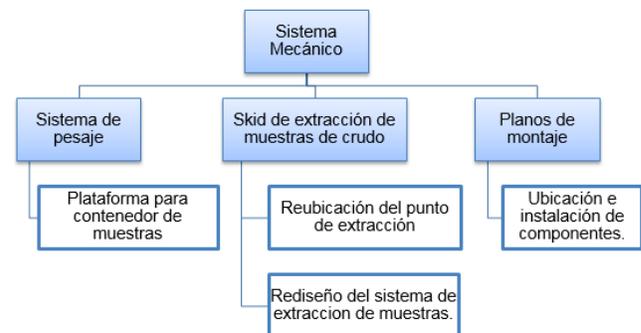


Fig 2. Esquema del sistema mecánico

### B. Diseño del sistema de control

<sup>[1]</sup> **Grabs:** volumen de muestra de crudo extraída por un elemento toma muestras.

Para el control del sistema, se desarrolló un circuito de seguridad para mantener el funcionamiento adecuado de las bombas booster, asegurando presiones en la succión y descarga con el empleo de interruptores de presión que actúan directamente sobre el panel de arranque.

Un controlador lógico programable permite asegurar un flujo de crudo mínimo para el funcionamiento de las bombas, además de evitar pérdidas económicas por crudo no contabilizado en caso de falla de algún mecanismo. El circuito de seguridad y controlador deben integrarse para asegurar el funcionamiento de las bombas booster en la unidad LACT.

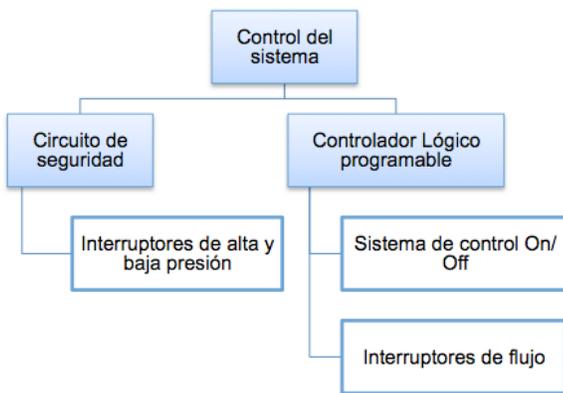


Fig 3. Esquema del sistema de control

El PLC permite la interacción con el HMI de la unidad indicando el estado de los diferentes componentes y generando alarmas en caso de fallas en el sistema.

Los interruptores de flujo mantienen en funcionamiento las bombas de la unidad cuando el flujo de crudo es mayor a los 300 barriles de crudo por día.

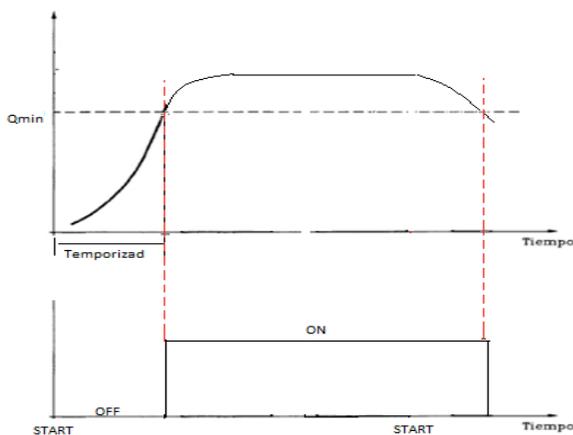


Fig 4. Control de flujo Unidad LACT

Los interruptores de alta y baja presión al actuar

directamente en el panel de arranque de las bombas, aseguran el apagado inmediato de las mismas en caso de una presión inadecuada en la succión o sobrepresión en la descarga.

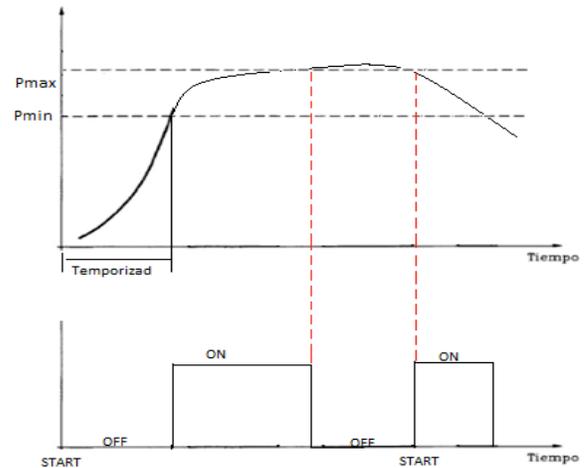


Fig 5. Control de presión para funcionamiento de bombas centrífugas

### C. Rediseño del sistema eléctrico

Con la implementación de nuevos componentes en la unidad LACT se realizó el rediseño de la documentación eléctrica. Al implementar el sistema de control en el PLC, fue necesario la elaboración de planos de conexión, control y potencia, con los cuales se indica las funciones y acciones de los componentes involucrados en el sistema de control, además de ser una guía para la revisión de las diferentes conexiones para acciones de mantenimiento.

## V. AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIDAD LACT

Debido a que prioridad máxima de la automatización es la seguridad, se estableció las situaciones de falla, parada y marcha con el desarrollo de la norma GEMMA estableciendo los estados aplicables a este proyecto, con los cuales se analizó las diferentes condiciones que pueden suscitarse en el funcionamiento del proceso y las acciones necesarias a tomarse.

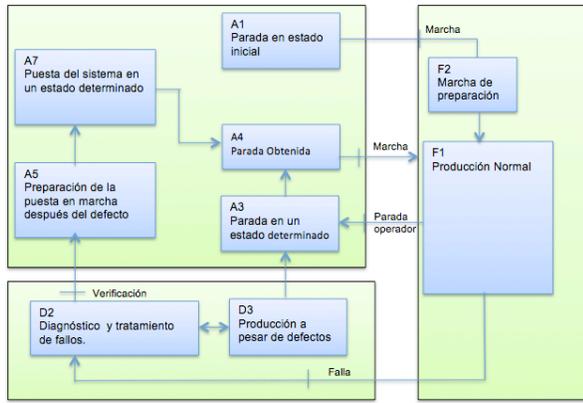


Fig 6. Estados GEMMA considerados para el desarrollo del proyecto.

La automatización de las unidades LACT permitió simplificar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo así como proteger a las unidades de bombeo en caso de falla.

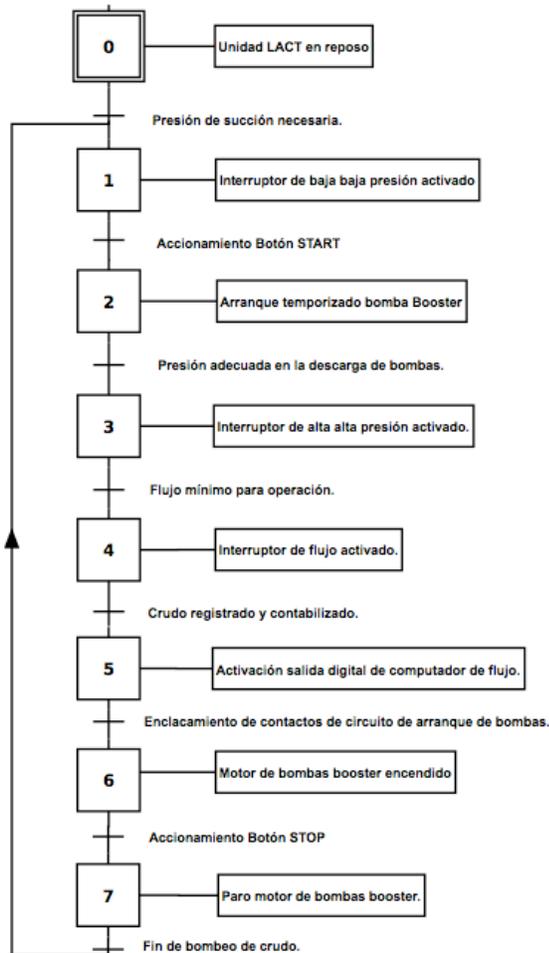


Fig 7. Esquema de funcionamiento de la Unidad LACT

Con la selección de la instrumentación se estableció los valores de activación de los instrumentos involucrados en la

automatización.

Estación	Interruptor por baja-baja presión de succión (PSIG)	Interruptor por alta-alta presión de descarga (PSIG)	Interruptor de presión diferencial (PSID)
Secoya	2	80	2
Shuara	2	140	2
Shushuqui	2	145	2
Pichincha	2	140	2
Atacapi	2	80	2

Fig 8. Valores de Activación de Interruptores de presión

### VI. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS

Con las modificaciones realizadas en el sistema mecánico, el circuito de control implementado en el PLC y el rediseño del sistema eléctrico, se realizó la integración de los diferentes sistemas comprobando la funcionalidad del sistema mediante el desarrollo de varias pruebas realizadas las diferentes estaciones.

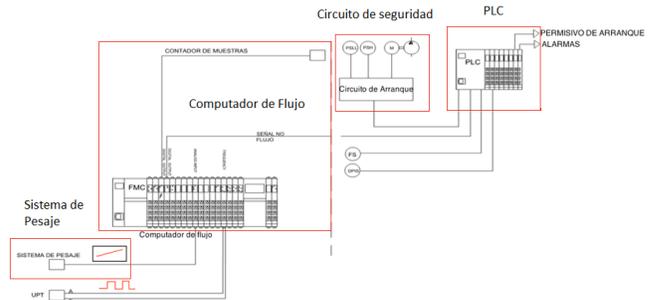


Fig 9. Esquema de funcionamiento de la Unidad LACT

### VII. PRUEBAS Y RESULTADOS.

Con el objetivo de evaluar la funcionalidad e integridad de las mejoras e implementaciones realizadas para la automatización de las unidades LACT se realizaron pruebas de funcionalidad del sistema, con los cuales se comprobó que el sistema cubre las necesidades de funcionamiento y el comportamiento ante diferentes condiciones acorde a las especificaciones y requerimientos desarrolladas en el proyecto.

- Secoya → 100%
- Pichincha → 93,8%
- Shushuqui → 93,8%
- Shuara → 93,8%
- Atacapi → 100%

**ERRORES DE PRECISIÓN: <2%**

Fig 10. Resultados de funcionalidad para la automatización

Todas las variables del proceso son visualizadas en el HMI de la unidad, verificando la activación de las alarmas y la generación de eventos en caso de falla de algún componente.

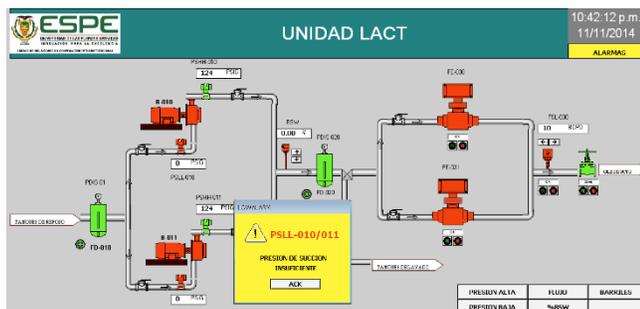


Fig 11. Visualización de variables en el proceso

### VIII. CONCLUSIONES

- La automatización de las unidades LACT en los campos Libertador y Atacapi fue realizada y finalizada a total satisfacción de la empresa auspiciante. Los resultados de las implementaciones lograron satisfacer las necesidades del proceso
- Se logró incrementar la seguridad y fiabilidad en el sistema de arranque de bombas booster empleando interruptores de presión, con los cuales se tiene errores de precisión menores al 2%, cumpliendo con parámetros establecidos por la Agencia de Control y Regulación de Hidrocarburos ARCH y asegurando la integridad de la unidad ante errores operacionales.
- El sistema de control desarrollado consistió en un control on/off, con el cual se tiene un funcionamiento óptimo de la unidad durante la transferencia de crudo y se evita pérdidas económicas por volúmenes de crudo no contabilizados, logrando a su vez un algoritmo de programación sencillo y eficiente
- Se logró establecer un método preciso para la medición y control del nivel de llenado en los contenedores de muestras empleando un sistema de pesaje con el cual se tiene errores en la medición menores al 1.5%, permitiendo verificar el nivel de llenado con total certeza, evitando derrames en los contenedores.
- Las vibraciones producidas en el skid toma muestras fueron eliminadas con la implementación de acoples flexibles logrando una señal de salida del convertor de carga confiable
- Las modificaciones realizadas para la automatización del proceso cumplen con las normas establecidas en el manual de medición del petróleo API MPMS.

- La funcionalidad lograda con la automatización de las unidades LACT es del 100% para las estaciones Atacapi y Secoya mientras que para las estaciones Shuara, Shushuqui, Pichincha es del 93,8%, esto debido a que no es posible alcanzar un nivel de llenado al 80% en los contenedores de muestras por motivos de limitación en los volúmenes de bombeo.
- La automatización de las unidades LACT permitió incrementar la seguridad en el funcionamiento del sistema, facilitar la detección de problemas en los componentes de control y simplificar las tareas de mantenimiento, de forma que el personal técnico y de operación puedan manipular efectivamente el proceso.

### IX. RECOMENDACIONES

- Para la calibración e instalación de los instrumentos es importante regirse rigurosamente a las especificaciones y recomendaciones suministradas por los fabricantes para garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes del proceso y evitar problemas por una manipulación inadecuada.
- Se recomienda tener en consideración los lineamientos establecidos en el manual de API RP500, para clasificación de lugares para instalaciones eléctricas en facilidades de producción
- Se recomienda verificar el número de grabs en los reportes diarios del computador de flujo para asegurar el funcionamiento del controlador de muestras.
- El computador de flujo es un equipo altamente custodiado por la Agencia de Regulación de Hidrocarburos y las empresas operadoras, por lo que se recomienda no realizar manipulaciones en el mismo sin previa notificación y aprobación de dichas entidades
- Se recomienda la capacitación del personal técnico y de operación de las locaciones de producción para la correcta manipulación del proceso, debido a las modificaciones realizadas en las unidades LACT

### X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Améndola, L. (2011). *Instrumentación Industrial*. Caracas: Centro de estudios de postgrado, Universidad de Oriente.
- American Petroleum Institute. (2004). Probe Design. *API MPMS*, pág. Cap. 8.2.11
- AMETEK Drexelbrook. (2012). *Oil, Gas & Petrochem equipment*. Obtenido de <http://www.ogpe.com/articles/print/volume-59/issue-1/upstream/new-water-cut-monitor-accurate-in-low-ranges.html>

- Ashcroft. (2012). *Ashcroft Products*. Obtenido de Pressure gauges: [www.ashcroft.com/products/pressure\\_gauges/differential/upload/AshDPG1132I-M.pdf](http://www.ashcroft.com/products/pressure_gauges/differential/upload/AshDPG1132I-M.pdf)
- Cheremisinoff , N. (1998). *Liquid Filtration*. Woburn, USA: Butterworth-Heinemann
- Estragués, F. (1999). *CENTRE DE DOCUMENTACIÓ I EXPERIMENTACIÓ DE DIDÀCTIQUES TECNOLÒGIQUES*. Obtenido de Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones: [http://perso.wanadoo.es/kiko2000/presenta\\_es.html](http://perso.wanadoo.es/kiko2000/presenta_es.html)
- FMC Technologies. (2011). *Positive Displacement Meter*. Obtenido de Bulletin MN01011: [www.fmctechnologies.com/~Librarian/Download/Literature%20Library/PD%20Meters/PD%20Accessories/Manual/PD%20Meter%20IOM%20Manual%20for%20Single%20Case%20Double%20Case%20and%20Non-Ferrous%20Aircraft%20Fueling%20Meters%20MN01011.aspx](http://www.fmctechnologies.com/~Librarian/Download/Literature%20Library/PD%20Meters/PD%20Accessories/Manual/PD%20Meter%20IOM%20Manual%20for%20Single%20Case%20Double%20Case%20and%20Non-Ferrous%20Aircraft%20Fueling%20Meters%20MN01011.aspx)
- FMC Technologies. (2012). *Smith Meter® LACT Unit*. Obtenido de Bulletin TP0A016: <http://www.fmctechnologies.com/en/SearchResults.aspx?q=Bulletin%2bTP0A016&r={6ECF75A1-974A-49B0-92A2-43495A8156DC}>
- Gómez , L. (1984). *Manejo de la Producción en la Superficie*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM. Obtenido de <http://www.ingenieria.unam.mx/~jagomez/>
- Rodríguez, A. (2007). *Sistemas SCADA*. Mexico DF, México: Marcombo.
- Vilanova, R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. Madrid, España: UPC.