

Procedimiento para la ejecución del control por escenarios del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Caso Empresa Azucarera "Melanio Hernández"

Dra. C. Ing. Bismayda Gómez Avilés¹, Dr. C. Ing. Carlos Machado Osés²

MS. Ing. Carlos Sebrango Rodríguez¹, MS. Ing. Jorge Fardales Pérez¹

¹Centro Universitario "José Martí". Ave de los Mártires #360. Sancti Spiritus. E_mail:bismaida@suss.co.cu

²Universidad Central de las Villas (UCLV)

RESUMEN

En el mejoramiento de la calidad logrado en el proceso de molienda de la Empresa Azucarera "Melanio Hernández", quedó pendiente la detección de potencialidades de mejora teniendo en cuenta la reducción de variabilidad en dicho proceso. Con este antecedente se propone un procedimiento para la ejecución del control por escenarios del proceso industrial de la caña de azúcar en Cuba, cuya novedad científica radica en el desarrollo de una estrategia de ajuste y regulación de acuerdo a las características dinámicas de este proceso industrial, mediante la utilización del suavizamiento exponencial y el control de retroalimentación.

Palabras claves: reducción de la variabilidad, características dinámicas proceso industrial

Procedures for the implementation of control stages of industrial process Cuban sugar cane. Case sugar company "Melanio Hernández "

SUMMARY

In improving the quality achieved in the process of ground Sugar Company "Melanio Hernandez," was outstanding detecting potential improvement taking into account the reduction in variability in the process. This background suggests a procedure for the implementation of control stages of industrial process from sugar cane in Cuba, which scientific novelty lies in the development of a strategy adjustment and regulation according to the dynamic characteristics of the industrial process, using the exponential smoothing and feedback control.

Key words: reducing variability, dynamic characteristics industrial process

INTRODUCCIÓN

Los procesos autocorrelacionados están reconocidos como un fenómeno natural en las industrias de proceso Box & Luceño (1997), Woodall (2000) y West & Dellana (2002). Sin embargo, sólo en años recientes la autocorrelación, constituye una salida de las aplicaciones del Control Estadístico de Proceso (CEP), ante la posibilidad que brinda la colección automatizada de datos, que permite reconocer la autocorrelación que antes no era percibida (Box & Luceño, 1997); para estos autores las líneas divisorias entre la industria de partes (origen del CEP) y la

industria de proceso (origen de la Ingeniería de Control de Proceso: ICP) tienden a desaparecer, debido a que muchas producciones de la tecnología actual son híbridas; además el empuje que representa la revolución de la calidad, conduce a las industrias líderes a experimentar con tecnología de control de otras. La teoría de la integración del CEP y la ICP de Box & Luceño (1997), aborda los procesos con inercia. Al respecto, los estudios referenciados sobre el tema, en la industria cubana de la caña de azúcar, carecen de este enfoque (Fariñas, 1986; Cardoso Romero, 1993 y O’Farrill Pie, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento se plantea como supuestos la *estabilidad y autocorrelación* del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, según: *dos Estados del proceso industrial y tres Niveles de conocimiento* (figura 1), práctica de calidad que responde a un control que explora las potencialidades de mejora, e implica un aprendizaje del proceso y preveer necesidades futuras, que Shulze (2002), plantea como necesidad para la tecnología de esta industria, por su contribución a la flexibilidad de las herramientas de control “on line” del proceso industrial.

Control e identificación de escenarios del proceso industrial

En la transición por los niveles de conocimientos, se establece en el Nivel II, *tres posibles escenarios*, que implican diferentes acciones para ejecutar el control. En los niveles 0 y I, se desarrollan con el uso de las herramientas básicas (Gómez Avilés, 2002). Para el nivel II, con la evaluación del supuesto de autocorrelación que rige el comportamiento de variables en el proceso industrial, se obtienen las características dinámicas del mismo, y se establece la alternativa de integración del CEP y la ICP en el ajuste y regulación, para reducir la variabilidad que se provoca en el producto.

Con evaluación de la autocorrelación por la metodología de Box- Jenkins (Box, 1994), se obtiene el modelo ARIMA, que representa la inercia del proceso de cambio, a través de “aproximaciones sucesivas”; se incorpora el análisis de los eventos especiales (Box, 1994); y la influencia de las variables de entrada (West & Dellana, 2002).

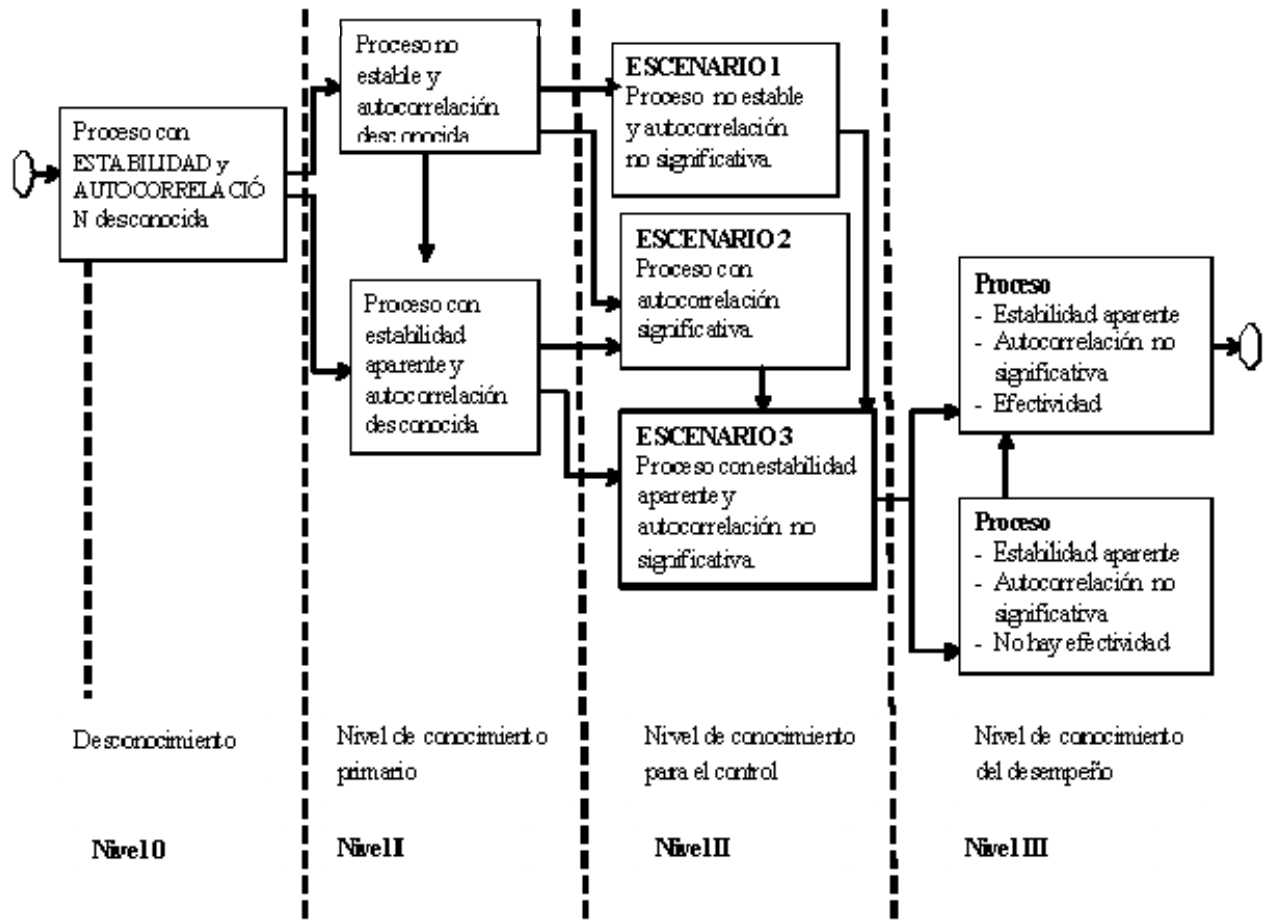


Figura 1. Diagrama de transición entre niveles de conocimiento del proceso industrial de la caña de azúcar.

En el **Procedimiento para la estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico** (figura 2), el primer paso implica un diseño experimental a partir de las variables de salida de la etapa del proceso industrial, del *Escenario 2* (Gómez Avilés, 2006). Los parámetros de operación de los modelos, constituyen los patrones de comportamiento característico, que conforma el sistema de respuesta compensatoria de la estrategia, para incidir en los cambios que está sometido constantemente el proceso, por la presencia de causas conocidas y no eliminables económicamente. El segundo paso integra las técnicas del CEP, los gráficos EWMA por la utilidad que brinda el suavizamiento exponencial, y la eficacia en el pronóstico de las estimaciones estadísticas de los disturbios (Box & Luceño, 1997), con el control de retroalimentación “feedback control” de la ICP.

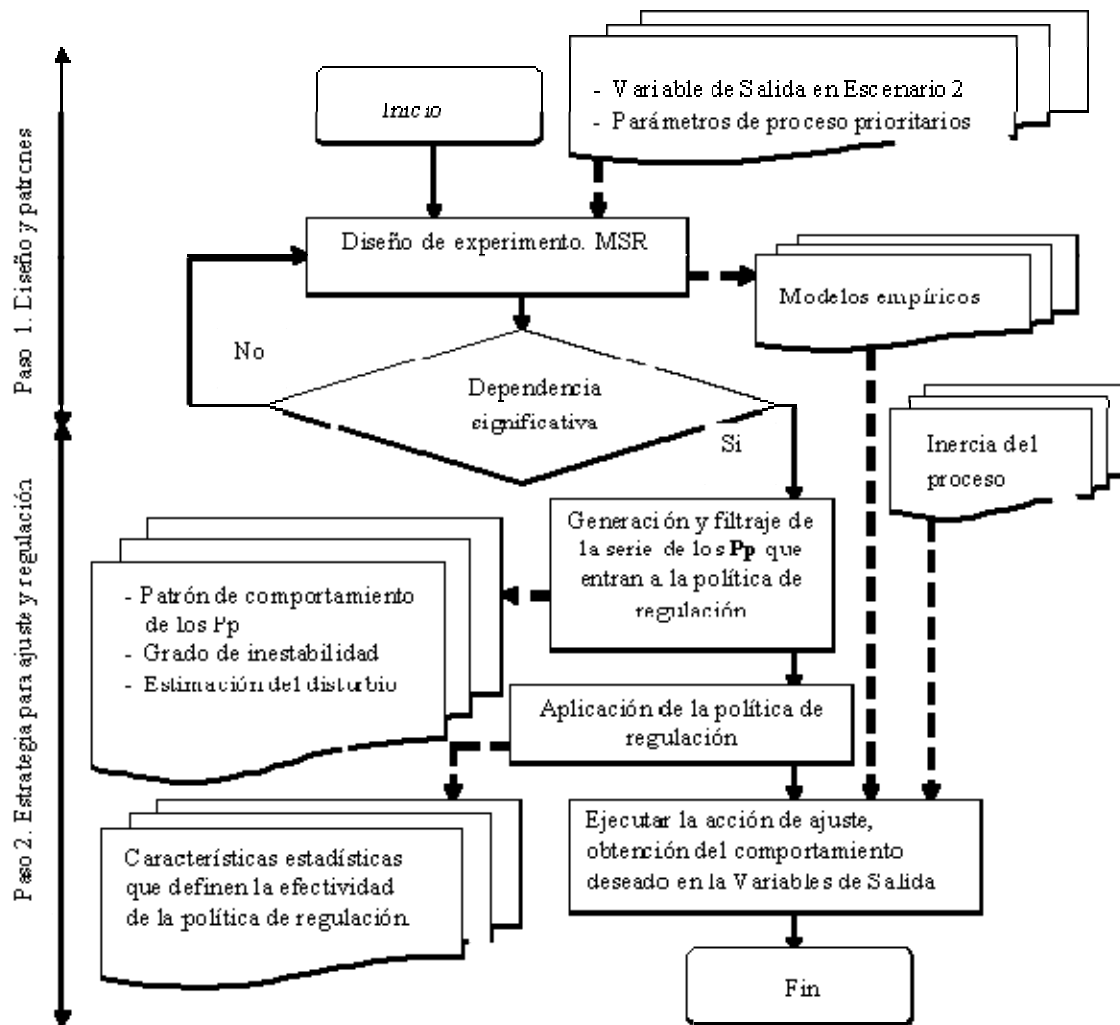


Figura 2. Procedimiento para la estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico.

APLICACIÓN EN LA EMPRESA AZUCARERA “MELANIO HERNÁNDEZ”.

En tabla 1 se muestran los resultados al aplicar la metodología de Box- Jenkins (SPSS v.11). La variable Humedad del bagazo (Hb), que clasifica en el *Escenario 3*: estabilidad aparente y autocorrelación, no representa una reducción significativa de variabilidad ($Levene= 0,175$); por tanto, las mejoras logradas, requieren de acciones para mantener la estabilidad y la eficiencia (Nuevos enfoques en el trabajo departamental, acciones de capacitación para el personal de operación, y nueva prioridad de roles de los directivos) (Gómez Avilés, 2007). El *Escenario 2*, la Pol en bagazo (Pb), implica la ejecución de una estrategia de ajuste y regulación para actuar sobre la variabilidad, que está provocando la presencia de autocorrelación.

Tabla 1. Resumen de los parámetros de los modelos obtenidos para cada variable

<i>FINAL PARAMETERS / Variable</i>	Humedad del bagazo	Pol del bagazo
Number of residuals	98	73
<i>Initial Standard error</i>	1,1346052	0,1391749
<i>Final Standard error</i>	0,7275653	0,09319682
Porcentaje de reducción de variabilidad	35,86%	33,04%
FIT Error Statistics		
<i>MA Coefficient</i>	0,7149062	-
<i>ARI Coefficient</i>	-	0,2558779
<i>Durbin-Watson (DW)</i>	1,9874	0,4622
<i>Sig. Levene Statistic</i>	0,175	0,032

Ejecución de la estrategia para el ajuste y regulación en el área de extracción

Los parámetros del proceso: Molida Horaria y Presión hidráulica, constituyen factores principales significativos en las interacciones del modelo empírico de la Pb (Gómez Avilés, 2006), y entran al sistema de respuesta compensatoria de la estrategia (figura 3), cuya efectividad se evalúa con las funciones de relación de las características estadísticas (figuras 4 y 5), que desde el punto de vista operativo permitieron la ejecución del ajuste y regulación del proceso con inercia, de la variable Pb.

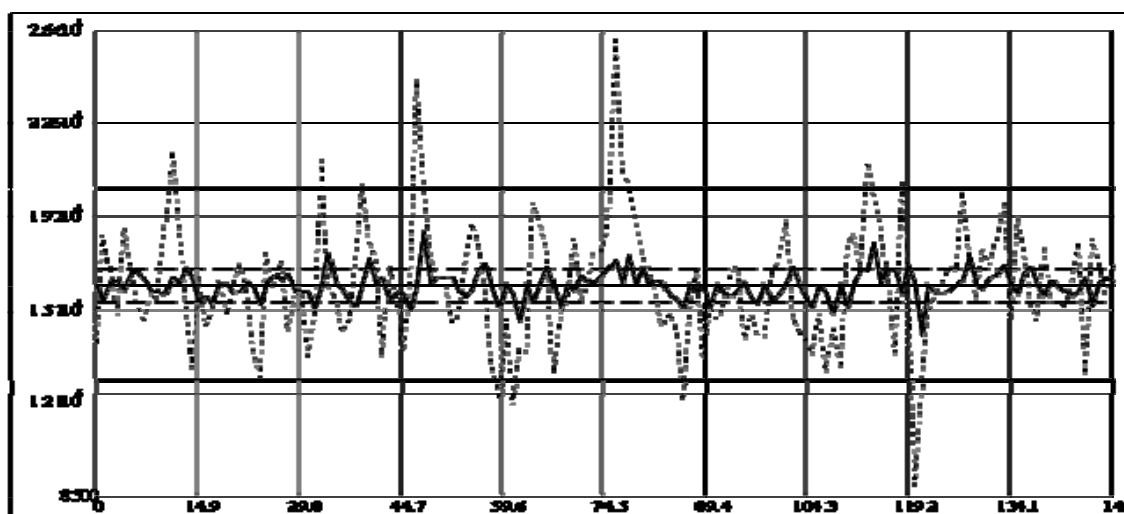


Figura 3. Política de regulación, utilizando límites de regulación definidos en Box & Luceño (1997) como a Dead Band.

LEYENDA

Parámetro de proceso: Molida horaria

Serie real - - - - - ; LCL, UCL: Límites de control ———

Serie ajustada, EWMA óptimo de λ ——— Límites de la Dead Band (L) 1,265 - - - - -

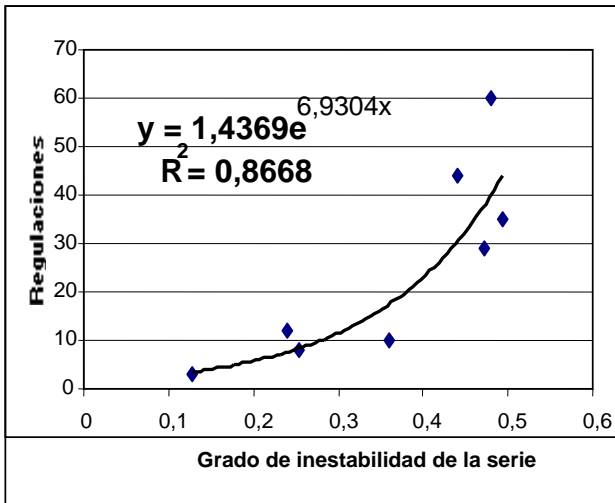


Figura 4. Relación exponencial entre el grado de inestabilidad de la serie (λ) y el número de regulaciones óptima.

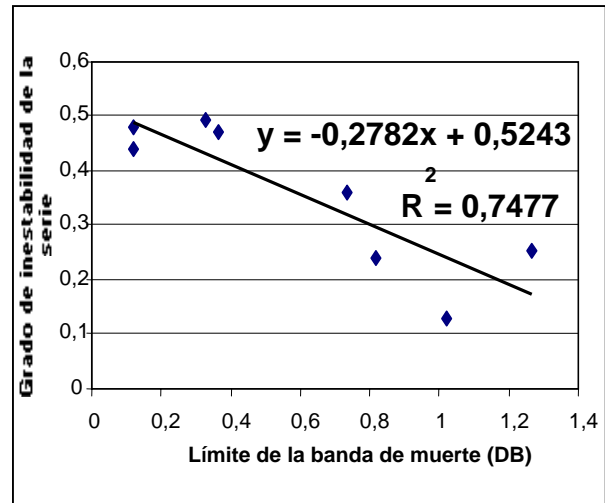


Figura 5. Relación lineal entre el grado de inestabilidad de la serie (λ) y la amplitud para la Dead Band.

Con la reducción de variabilidad, se logró un incremento sostenido en la ponderación de las variables de salida en el área de extracción en los años del 2003 al 2005 (figura 6), lo cual es un aporte para la efectividad del proceso en su conjunto, resultado que será objeto de un próximo trabajo.

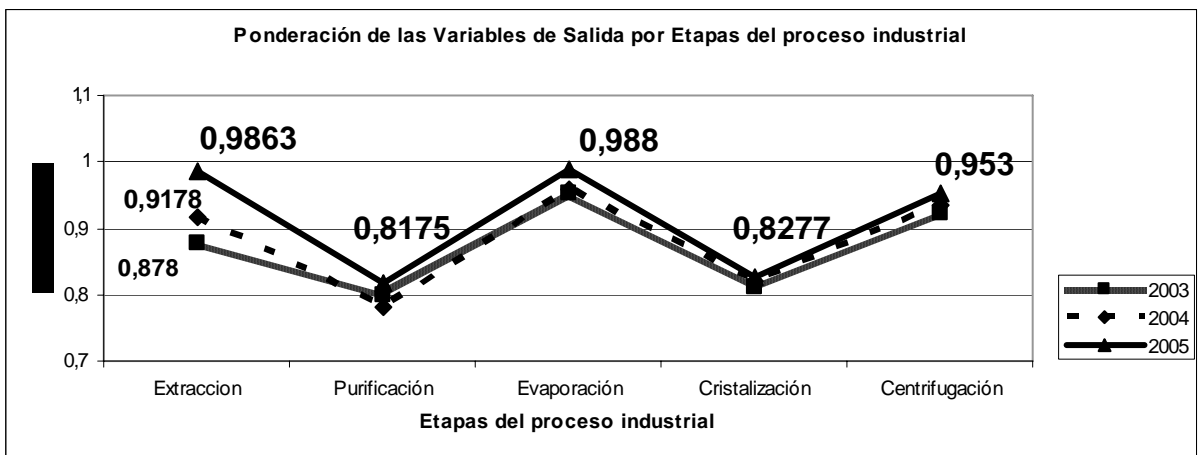


Figura 6. Ponderación de las Variables de Salida por etapas del proceso industrial.

CONCLUSIONES

1. La ejecución del control de proceso en un escenario con autocorrelación significativa, y otro con estabilidad aparente y autocorrelación no significativa; constituye un aporte al conocimiento del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, que requiere de métodos de

control que respondan a los comportamientos de las variables, con acciones dirigidas a una mejora real, para contribuir a la efectividad del desempeño en la etapa y del proceso en su conjunto.

2. En el *Escenario 2*, la Molida horaria y Presión hidráulica, factores significativos en las interacciones del modelo empírico de la Pol en bagazo, conformaron el sistema de respuesta compensatoria de la estrategia para la integración del CEP y la IPC.
3. La obtención por primera vez para la industria de la caña de azúcar en Cuba, de las funciones de relación de las características: inestabilidad de la serie y número de regulaciones óptimo, y de la inestabilidad de la serie, con los límites para la regulación, constituyen relaciones que desde el punto de vista operativo, facilitan al personal del proceso realizar estimaciones de las características estadísticas importantes, que definen la efectividad de la política de la regulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Box, G. E. P., Jenkins, G. M. & Reinsel, G. C. (1994). *Time Series Analysis, Forecasting and Control, Intervention Analysis Models and Outlier Detection*, 3ra ed., Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, Cap 12.
2. Box, G. & Luceño, A. (1997). *Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment* (copia electrónica).
3. Cardoso Romero, G. (1993). "Contribución a la modelación estadística de procesos de la industria química". Tesis Doctoral. Facultad de Matemática- Cibernética, UCLV, Santa Clara.
4. Fariñas, M. (1986). "Control de calidad en la industria azucarera". Ed. MES, ENSPES, La Habana.
5. Gómez Avilés, B., et al. (2002). "Estudio de caso en procesos de un central azucarero, a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad", en *Revista Centro Azúcar*, No. 4, pp.43- 53.
6. Gómez Avilés, B., et al. (2004). "Aplicación de las series de tiempo estructuradas al proceso de extracción de la empresa azucarera Melanio Hernández", en <http://www.monografias.com/trabajos19/series-de-tiempo/series-de-tiempo.shtml>.
7. Gómez Avilés, B., et al. (2006). "El Control Estadístico de Proceso y el Diseño Experimental, herramientas para la mejora de la calidad en la extracción del proceso industrial azucarero" en *Revista Centro Azúcar*, No. 4.
8. Gómez Avilés, B. (2007). "Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV, Santa Clara.
9. González Suarez, E. et al. (2004). "Modelación matemática de la calidad de los productos en el proceso azucarero", en *Revista Centro Azúcar*, Año 27, N° 3, pp. 51-58.
10. López Figueredo, E. (2005). "Directivas para la producción de azúcares, plantas de derivados y otras producciones industriales en el MINAZ". Seminario Nacional Directores, enero.
11. Nembhand, H. B., & Valverde-Ventura R. (2003). "Integrating Experimental Design and Statistical Control for Quality Improvement", en *Journal of Quality Technology*, Vol. 35, No.4, ASQ, pp. 406- 423.
12. O'Farrill, Pie, M.E. (2005). "Modelo matemático del proceso discontinuo de cocción de masas cocidas de primera, para simulación, optimización y estudio de control automático". Tesis Doctoral. Facultad Química- Farmacia, UCLV, Santa Clara.
13. Stoumbos, Z. G. et al. (2000). "The State of Statistical Process Control as We Proceed Into the 21st Century", en *Journal of the American Statistical Association*, 95, pp. 992-998.
14. Shulze, B. C. (2002). "Energy Management Systems- on line Tools for Operating Personal", en *Advanced Services & Engineering*, Berlín, Germany.
15. West D. & Dellana S. (2002). "Transfer Function Modeling of Processes With Dynamic Inputs", en *Journal of Quality Technology*, Vol. 34, No. 3, July, ASQ, pp.315- 326.

16. Woodall, H. W. (2000). "Controversies and Contradictions in Statistical Process Control", en *Journal of Quality Technology*, Vol. 32, No. 4, October, ASQ, pp. 341- 350.