

**HYBRIC CONTROL SYSTEMS NEW DESIGNS, GENÉTIC-ADAPTIVE, FOR THERMOENERGETIC EFICIENCE REGULATION IN NICKEL COMPANIES.****NUEVOS DISEÑOS DE SISTEMAS DE CONTROL HÍBRIDOS, GENÉTICO-ADAPTATIVOS, PARA LA REGULACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BLOQUE TERMOENERGETICO DE LAS EMPRESAS DEL NÍQUEL.****Ph.D Antonio Faustino P Muñoz M., Ph.D Aldo Pardo G., MSc. Jorge Luis Díaz R.**

*Instituto de Investigaciones y Tecnologías Avanzadas, IIDTA  
Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia  
{amunozm, apardo13, jdiazcu}@unipamplona.edu.co*

**Abstract:** The article shows the results of the investigation of advanced system of hybrid (genetic-adaptive) for the steam generation, through bows of regulation for the reduction of the dispersion of the variables of the operational regime of the process, with the application of new strategies for optimal control with genetic algorithms of the cost of energy, on the deviation of the operative method of the boilers; everything which, contributes to the reduction of the losses of energy to generate steam, allowing to implement advanced hybrid systems of control, as result of the hibridation of advanced control systems.

**Resumen:** El artículo muestra los resultados de la investigación de sistema de avanzado híbrido (genético-adaptativo) para la generación de vapor, a través de lazos de regulación para la reducción de la dispersión de las variables del régimen operacional del proceso, con la aplicación nuevas estrategias de control óptimo con algoritmos genéticos del gasto de energía, sobre la desviación del régimen de trabajo de las calderas; todo lo cual contribuye a la reducción de las pérdidas de energía para generar vapor, permitiendo implementar sistemas control híbridos avanzados, resultante de la hibridación de sistemas de control avanzados.

**Keywords:** Genetic Algorithmic, Adaptive Control, Thermoenergetical processes.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Este trabajo expone la investigación de sistemas de control híbrido del proceso de generación del vapor a través de estrategias avanzadas de diseño que introduce algoritmos de control basados en sistemas genético - adaptativo con variables calculadas (modelo de rendimiento térmico con variación del consumo de combustible ,modelo del rendimiento térmico por variación de la carga de vapor ,etc.),

algoritmos multicascada y del tipo restrictivo (override) simple.

Estos algoritmos persiguen realizar ajustes finos en los lazos de regulación de los controladores básicos existentes modificando sus consignas en correspondencia con las condiciones cambiantes de las variables del proceso .Los algoritmos tienen por

objetivo esencial el mejorar la seguridad y confiabilidad de la operación del proceso así como el de aproximar a este a su óptimo. Se hace énfasis particular en el grado controlado de participación de cada caldera en la entrega del vapor a fin de mantener las pérdidas de energía en la generación de vapor y las variaciones en el consumo de portadores energéticos en el mínimo, lo que es llevado a cabo por un algoritmo genético-adaptativo

El proceso tecnológico de generación de vapor, que pone de manifiesto las relaciones técnicas existentes entre las magnitudes del proceso, los parámetros de operación y comandos con sus correspondientes órganos actuadores y de bloqueo, nos permitió conocer los procedimientos parciales que componen a la tarea de automatización, quedando integrada por las siguientes subtareas a continuación relacionadas: Regulación Automática, Mediciones de Indicación y Registro.

A partir de la subtareas anteriores, obtenidas del esquema tecnológico, fue posible determinar los captadores (transductores) y los mecanismos ejecutivos- actuadores. Determinada la complejidad de la tarea general y con las especificaciones técnicas de los transductores; se seleccionó el controlador a utilizar y a la Tarjetas de Entradas/Salidas requeridas por la instalación tecnológica para lo que fue necesario confeccionar las cadenas de genes que enlazan las mediciones - entradas, acciones control del proceso tecnológico.

La estructura formada por la instalación del proceso tecnológico de la generación de vapor y la automática asociada debe permitir que se procese la materia prima según criterios preestablecidos de explotación y en correspondencia con los objetivos de conservación energéticos, que determina el reglamento de explotación y las magnitudes de las variables fundamentales del proceso de producción del vapor.

En paralelo con el desarrollo de este trabajo, se determinaron los consumos corrientes de producción del bloque termoenergético con el fin de determinar los ahorros generados por la modernización del Sistema de control del sub-proceso de la combustión, para lo que se dispone de sistema de adquisición de los datos, la fundamentación del modelo, la aplicación de las fases componentes de los métodos de reducción de los consumos de portadores energéticos a obtener partiendo de los datos clasificados. El análisis previsto debe arrojar los

resultados de la determinación del pronóstico de la eficiencia energética provocado por el incremento del rendimiento, debido a la incorporación en el Bloque de la Planta de Generación de Vapor del Sistema Automático de Regulación de flujo y nivel, que contempla el controlador genético adaptativo.

## 2. REGULACIÓN DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN Y PRODUCCIÓN DE VAPOR.

El proceso de la combustión y generación de vapor se describe a continuación:

La consumo del combustible, esprende calor en la cámara por combustión estableciendo el régimen adecuado en correspondencia con la cantidad de vapor producido  $D_d$  en el domo. Indirectamente como indicador del calor desprendido  $Q_t$  sirve la carga térmica  $D_q$ . Ella relaciona a la cantidad de calor que se aprovecha en la unidad de tiempo en la superficie de calefacción, al consumo de agua de alimentación y a la generación de vapor en las pantallas tubulares por efecto del calentamiento, caracteriza la recuperación del calor de evaporación por unidad de tiempo. La cantidad de vapor extraída de la caldera continuamente está relacionada con el flujo de vapor demandado por los consumidores y se denomina  $D_{pp}$ . El valor prescrito de la tarea está en concordancia con los criterios de eficiencia y de conservación energética de la instalación tecnológica en plena explotación. El proceso de la combustión del combustible debe cumplir con la máxima economía, las pérdidas de calor deben ser minimizadas, frente a la utilización del mismo en la superficies de calentamiento.

El indicador de estabilidad de la llama en la cámara de combustión, está enlazado con el valor constante de la presión en la parte superior del hogar  $St$ . La regulación de la combustión y producción de vapor en plena explotación se rigen por las consignas prescritas cuyas magnitudes están en concordancia con:

- La presión del vapor principal  $P_{pp}$  y la carga térmica  $D_q$ .
- Cantidad calculada de aire en el hogar de caldera (contenido de  $O_2$ , %) en el conducto de evacuación de humos.
- Vacío  $St$  en la parte superior del hogar.

Para la regulación de la presión de vapor principal y la carga térmica de caldera se hace necesario tener en cuenta las variables dinámicas que afectan el comportamiento de la presión de vapor desde el punto de vista de las mediciones de control así como

el de las entradas de control y de las perturbaciones de entrada y perturbaciones de salida, de modo que como entrada de control tendremos al flujo de combustible  $Bt$ , como medición de control tendremos a la presión del vapor principal  $Ppp$ , como perturbación de salida se tendrá al flujo de vapor  $Dpp$  y como perturbación de entrada tendremos las variaciones de la carga térmica  $Qt$ .

La figura No. 1, muestra los elementos tecnológicos fundamentales a considerar en la concepción del esquema de regulación de la presión de vapor y la carga térmica.

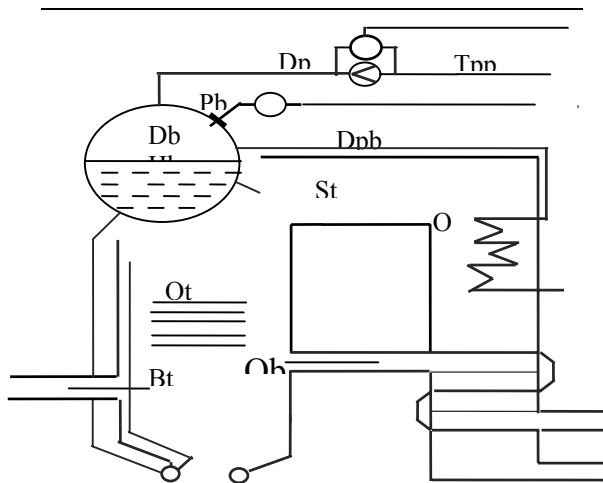


fig .1

A partir del modelo que se presenta a continuación, es posible diseñar el multilazo de regulación de la entrega de energía que porta el vapor principal de la calderas, haciendo la adecuada elección de las variables que permiten gobernar los balances de materiales y energía de la instalación del bloque termoenergético y por los parámetros establecidos, se pueden determinar las magnitudes de ajustes de los reguladores que componen a dichos lazos.

### 3. MODELO DE EFICIENCIA DE LA INSTALACIÓN DE CALDERA

El índice de comportamiento permitirá establecer el control en la operación del proceso tecnológico a través de la información de la dinámica del proceso, posibilitando una regulación adecuada del régimen de operación. En este trabajo se empleó un índice de comportamiento relativo dado por las magnitudes del calor útil aprovechado con

respecto al calor generado durante la combustión, comúnmente denominado eficiencia o rendimiento térmico de la instalación.

La optimización de calderas de vapor requiere determinar la eficiencia de cada una de ellas bajo condiciones de operación variables. Existen dos tipos de pérdidas de calor: por combustión incompleta y por calor físico. El regulador de la combustión está estructurado de manera que las pérdidas por combustión incompleta, sean insignificantes y para lograrlo se proporciona un exceso de aire. Este exceso de aire, cuando la caldera opera a baja carga, aumenta debido que se obtiene una mezcla eficiente del combustible con el aire; lo que provoca que las pérdidas por calor físico se incrementen, ya que el aire se calienta hasta la temperatura de los gases de la combustión y se expulsa a la atmósfera. Para aprovechar parte del calor de los gases de la combustión emplean los economizadores, para el calentamiento del agua, y precalentadores de aire que calientan el aire que se suministra a los quemadores. Estos dispositivos son intercambiadores de tipo convectivos y están afectados por las leyes que gobiernan a estos procesos.

El flujo de calor a la chimenea es debido al calor físico originado con la mezcla de los gases de la combustión, su masa total debe considerarse como la suma de las masas de aire y combustible que se inyecta a la caldera, y se obtiene por la expresión:

$$Qt = (Bt + Qb)C_p(T_s - T_a) + \Delta H_v Qbd \quad (1)$$

donde:

$Bt$ : flujo de combustible ( $m^3/hr$ )

$Qb$ : flujo de aire ( $m^3/hr$ )

$C_p$ : capacidad calórica específica ( $kCal/hr \text{ } ^\circ C$ )

$T_s$ : temperatura de los gases de la combustión ( $^\circ C$ )

$T_a$ : temperatura a la que suministra el aire al quemador ( $^\circ C$ )

$\Delta H_v Qbd$ : calor de evaporación de la masa de agua presente en el aire y el combustible y la que se forma en la combustión. ( $kCal/hr$ )

La cantidad de aire necesaria se da según la relación:

$$Qb = KBt(1 + n) \quad (2)$$

$K$  : relación de las cantidades másicas de combustible y aire

$n$  : proporción de exceso de aire

El calor obtenido de la combustión completa se calcula a partir de:

$$Q_g = BtH_g \quad (3)$$

$H_g$  :valor superior de la capacidad calorífica del combustible.(kCal/ m<sup>3</sup>)

Si la eficiencia, en % ,se define por:

$$\eta = 100(1 - \frac{Q_t}{Q_g}) \quad (4)$$

y la proporción de exceso de aire  $n$  se determina según:

$$n = K'\gamma(1 - \frac{\gamma}{0.21}) \quad (5)$$

donde:

$\gamma$  :dosis molar de oxígeno en los gases de chimenea

$K' = \{ 5.09 \text{ para fuel-oil} ; 5.26 \text{ para gas-oil}$

entonces la expresión de la eficiencia toma la forma:

$$\eta = 10^2 [1 - 22 \times 10^{-5} + K'' \frac{\gamma}{1 - \gamma/0.21} (T_s - T_a) - \frac{\Delta H_g}{H_g}] \quad (6)$$

con :

$\Delta H_g/H_g$  : 0.05 para fuel-oil , 0.09 para gas-oil

$K'' = \{1.03 \text{ para fuel-oil} ; 1.07 \text{ para gas-oil}$

### 3.1.Optimización de la eficiencia global del bloque termoenergético.

Esta estrategia requiere de sistema de control genético-adaptativo de la eficiencia de la calderas.

### 3.2 Modelo adaptativo de la eficiencia de caldera por mejoramiento de la regulación de la carga térmica (Indicador técnico)

La eficiencia de la combustión en caldera es función de la carga de vapor  $\lambda = \frac{D_{pp}}{D_{pp}^{nom}}$  (7)

y del flujo de combustible  $Bt$  ,esta dependencia presenta crecimiento y decrecimiento monótono ,

lo que permite una buena aproximación mediante un polinomio de segundo orden alrededor del valor medio  $\tilde{B}t$

$$\eta = a_0 + a_1 [\frac{\Delta \tilde{B}t}{\tilde{B}t}] + a_2 [\frac{\Delta \tilde{B}t}{\tilde{B}t}]^2 \quad (8)$$

donde  $a_0, a_1, a_2$  son coeficientes constantes y

$$\tilde{B}t = Bt^{nom} \frac{Nte}{Nte^{nom}}$$

el valor de  $Nte$  se determina de los datos de explotación de la instalación termoenergética y se corresponde con el consumo medio de la misma.

Para señales de entrada que varían en modo aleatorio , recurriendo a su carácter estacionario

( $\bar{x}_i = const$ ), la desviación media se expresa :

$$\Delta \tilde{y}_i = \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right]_{x=x_0} D_{x_i} \quad (9)$$

Se determina el valor  $\tilde{D}_{x_i}$  , a partir del

cálculo del promedio de la desviación del trabajo operativo de la instalación térmica : independientemente de la carga máxima y mínima , para cada tipo de combustible y con el sistema de regulación automático de entrega de combustible . Con base a las ecuaciones anteriores la desviación media de la eficiencia  $\Delta \eta$ , indicador adaptativo, puede ser regulado con la dispersión del flujo de combustible  $D_{Bt}$  , por control óptimo, a través de un sistema genético, establecido mediante cadena de genes [ 2 ] de modo que :

$$D_{Bt} = k^2 Bt Ip \cdot \varepsilon_{Bt Ip} \cdot D_{Ip} \quad (10)$$

donde  $k_{Bt Ip} = \frac{Bt^{nom}}{D_{pp}^{nom}} k_{D_{pp} Ip}$

aquí  $k_{D_{pp} Ip}$  es el coeficiente que caracteriza la relación del incremento de flujo de vapor de la instalación con respecto a la magnitud de excitación.

$$k_{D_{pp} Ip} = \Delta D_{pp} / \Delta Ip \quad (11)$$

$\varepsilon_{Bt Ip} = \Delta Ip / \Delta Bt$  : coeficiente de atenuación

de la señal por el canal  $I_p$ -Bt

$D_{I_p}$ : dispersión de la magnitud  $I_p$ , determinada a

partir de la fórmula:

$$D_{I_p} = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{p_i} - \bar{I}_p)^2}{n - 1} \quad (12)$$

con

$\bar{I}_p$ : media aritmética de la magnitud  $I_{p_i}$

n: número de mediciones discretas del parámetro en el intervalo de realización 0-T.

La influencia del efecto técnico relativo al incremento de la eficiencia bruta reconocida para el sistema de regulación automático perfeccionado y en función de la estabilización de la carga térmica se expresa por la relación:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{A_{Bt}}{\tilde{B}t^2} (D^b_{Bt} - D^m_{Bt}) \quad (13)$$

donde  $A_{Bt} = \frac{a_2}{a_0}$ ;  $a_0$  y  $a_2$  son coeficientes

de aproximación de la dependencia funcional de la eficiencia con respecto a la relación  $\frac{\Delta B}{Bt}$

,  $D^b_{Bt}$  y  $D^m_{Bt}$  y las dispersiones de la variante base y la variante mejorada.

El diagrama de bloques del sistema de control genético-adaptativo, muestra en la fig 2

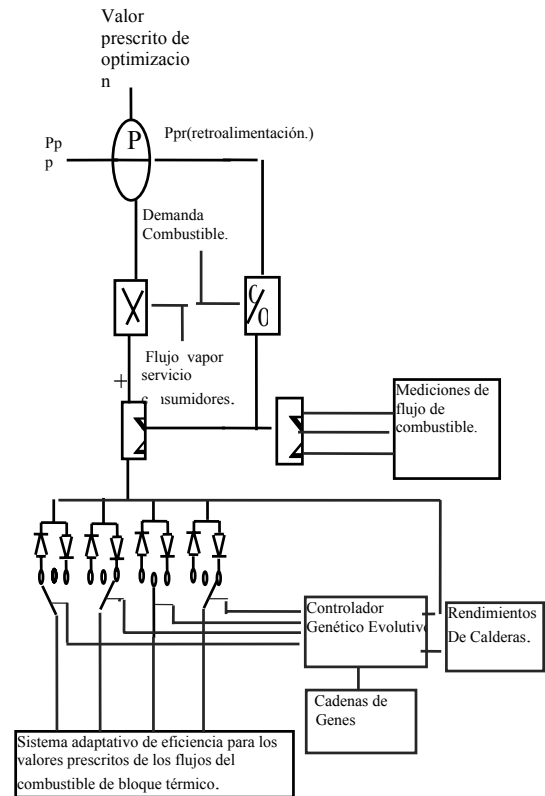


Fig. 2.

El esquema mostrado permite operar la caldera según el principio de regulación a dos combustibles con uno preferente, garantizando además mantener una vigilancia continua sobre el exceso de presión del hogar sobre la que existe un control que no admite que esta supere los límites impuestos por el régimen tecnológico de explotación, existen mediciones adicionales para el cálculo en-línea de la eficiencia de explotación del generador de vapor.

La Información patrón del SISTEMA GENÉTICO, incluye la magnitud del límite superior e inferior de eficiencia con el que debe explotarse cada caldera de la instalación termoenergética. La demanda de las calderas con eficiencia inferior solo aumentará en casos de que las calderas con mayor eficiencia alcancen el límite superior, sin embargo esta caldera obedecerá los comandos para reducir la demanda hasta que su eficiencia alcance el límite inferior.

Para la caldera de mayor eficiencia debe prefijarse un límite mínimo de protección previéndose la participación del operador, pues de no ser así, el dispositivo de computo la desconectaría cuando

su contribución es significativa todavía, sí sobre ella recae gran parte de la carga.

La superioridad de este método radica en que se fundamenta en mediciones reales y no en correlaciones las cuales pudieran no corresponderse con las condiciones reales de operación. El sistema adaptativo de las calderas, las realiza el algoritmo genético de optimización de la eficiencia real y no la nominal de la caldera seleccionada se lleva a su valor extremo de eficiencia; a pesar de esto, esta situación puede corregirse mediante el sistema adaptativo por ajustes en los flujos de combustible.

Se define el índice de eficiencia para el control genético-adaptativo (CI), como la capacidad para un conjunto dado de cadenas origen y destino, se estableció para 600 generaciones. La eficiencia, aumenta constantemente a medida que el autómata genético evoluciona en el tiempo. Se simularon 90 procesos genéticos de 600 generaciones cada uno. Se efectuó un análisis de varianza. De este análisis es posible concluir que todos los procesos genéticos convergen a capacidades de ajustes con probabilidad 0.97, para el control óptimo. Es decir, independientemente de la cadena fuente y destino los procesos dieron origen a autómatas genéticos con capacidades para la optimización del proceso de producción de vapor. El análisis de varianza mostró que, sin importar las condiciones iniciales, los algoritmos genéticos se desempeñan adecuadamente, de manera que podemos afirmar que provienen de la misma población. Esta es una conclusión importante ya que nos permite esperar capacidades del controlador para la optimización energética, sin importar la función de entrada cuyo comportamiento tratamos de dilucidar. Los datos anteriores se ilustran en la fig. 3

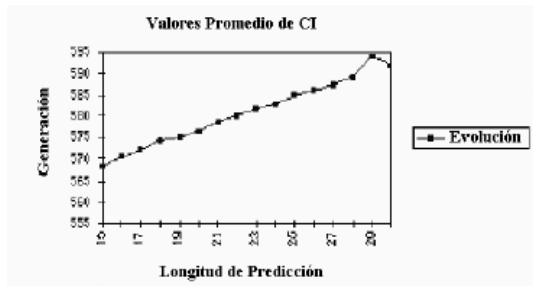


fig.:. 3

Nos interesa determinar qué tan predecible es el proceso de aprendizaje del modelo. Buscamos

encontrar regularidades en el proceso de aprendizaje. Para ello establecimos la correlación entre las predicciones de optimización del autómata genético en el tiempo  $t$  vs. Con respecto a su desempeño en el tiempo  $t+1$ .

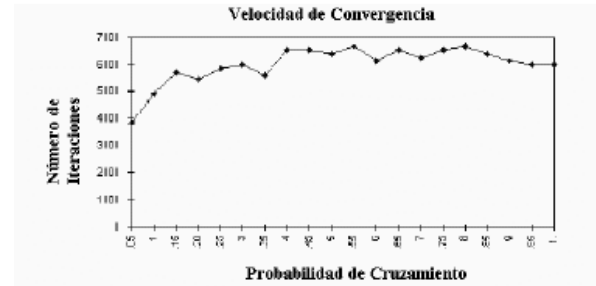


fig. 4

Del experimento se desprende el hecho de que la capacidad predictiva y los valores observados exhiben una estrecha correlación. A esta correlación la denominamos “coeficiente de correlación de optimización”. Con esta simulación, se codificó el mejor autómata genético de cada generación (definida como un conjunto de 50 generaciones consecutivas) y encontramos polinomios de 8° grado en dos variables independientes. Es decir, encontramos una relación de la forma [3, 4]

$$G = f(I, T)$$

en donde

G = autómata genético óptimo

I = información fuente

T = etapa del proceso genético

Con esta función encontramos los errores predictivos de los valores extrapolados de  $G_{k-1}$  ( $E_{pred}$ ) al tiempo  $tk$ . Igualmente, los errores de ajuste para  $G_k$  en  $tk$  ( $E_{fit}$ ). El coeficiente de correlación predictiva es, entonces,  $CCP = E_{pred} / E_{fit}$

Los CCPs se obtuvieron para 50 eras (2500 generaciones) y se efectuó un análisis de varianza. De este análisis es posible concluir que, con probabilidad 0.99, es posible predecir el comportamiento para  $tk+1$  dado que conocemos el comportamiento del proceso en  $tk$ . El comportamiento señalado se ilustra en la figura .

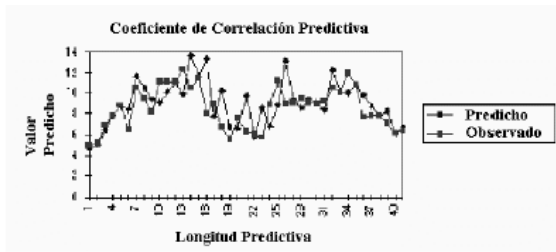


fig.:5

En el diseño de un controlador genético(Bhandari ,V.A. ,Paridis R, Saxena ,A.C. Use 1986 y Goldberg D. 1983) el modelo matemático del sistema es indispensable. La derivación de dicho modelo se lleva a cabo en(Muñoz Antonio,2003 ) donde básicamente se obtiene el modelo mediante un balance de masa y de energía y la identificación de un modelo para la válvula. El modelo incremental para un subsistema caldera-válvula obtenido en (Muñoz Antonio . 2003) es de la forma

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t)+Bu(t)+B_p d(t) \\ y(t) &= Cx(t) \end{aligned}$$

donde

$$x(t) = \begin{bmatrix} h(t) \\ f_o(t) \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{At} \\ 0 & -\frac{1}{T} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ T \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}, B_p = \begin{bmatrix} 1 \\ At \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$u(t) = i(t), \quad d(t)=f_i(t)$$

$h$ : índice de eficiencia la caldera;  $f_o$ : flujo de salida de la válvula de combustible;  $f_i$ : flujo de entrada a la caldera;  
 $At= 16$  área transversal de la caldera;  $T=6$  constante de tiempo de la respuesta del flujo de salida de la válvula

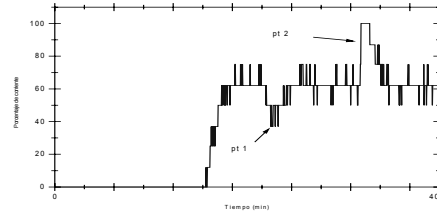


Fig.: 6

Corriente de excitación del actuador de la válvula combustible 1

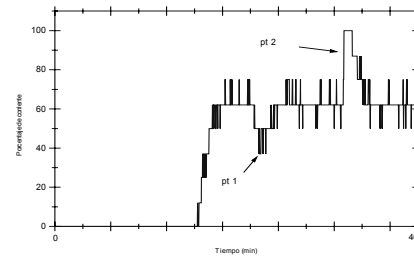


Fig.:7

Corriente de excitación del actuador de la válvula de combustible 2

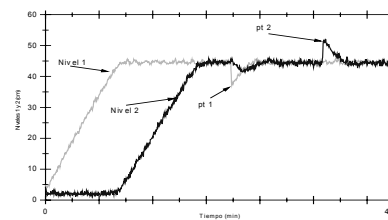


fig.:8

Respuestas de los niveles de eficiencia del sistema utilizando el controlador genético.

3.3 Consideraciones sobre el control de la eficiencia en la generación de vapor a partir de la combustión.

### 3.3.1 Atomización con vapor.

El vapor se usa para atomizar el combustible o para apoyar la atomización mecánica de fuel y debe estar disponible a presiones iguales o superiores a la presión del combustible (la válvula de relación de presión del vapor al combustible asegura que la presión del vapor sea de 12 ~ 15 lb/in<sup>2</sup> por encima de la presión del combustible).El vapor debe estar seco de modo que la plena expansión del vapor esté

disponible para pulverizar al combustible. El uso del vapor por libra del combustible variará de 0.1 ~ 8 lb, dependiendo del tipo de quemador y la experiencia del personal de operación. En unidades asistidas por vapor la cantidad usualmente empleada es de 0.01 lb/(lb de combustible) con resultados económicamente excelentes en la atomización. El control del vapor de atomización en los quemadores se alcanza por variación de la cantidad de combustible al quemador. El control de la temperatura del fuel-oil es importante para que la atomización produzca buenos resultados en un amplio rango de operación. Los quemadores están provistos de conexiones para introducir vapor de limpieza de la caña del quemador del lado del combustible cuando este está fuera de servicio.

En la atomización mecánica la presión del combustible debe ser lo suficientemente alta para proporcionar una ligera expansión del combustible después de abandonado el orificio de la caña del quemador. La presión requerida variará con el combustible que se quema pero debe estar en el rango 250 lb/in<sup>2</sup> para destilados ligeros y de 600 ~ 1000 lb/in<sup>2</sup> para residuos pesados. A menos que esas presiones sean usadas, la atomización será imperfecta y la combustión será lenta, aún para las condiciones en que la llama incide directamente sobre las superficies de calentamiento del hogar de caldera. Esto es particularmente serio con combustibles pesados debido a las impurezas que ellos contienen, cuyos constituyentes son extremadamente corrosivos tanto a altas como a bajas temperaturas. Dado que los residuos pesados contienen altas impurezas, resulta beneficioso el efecto de adicionar pequeñas cantidades de agua debido que esta ayuda a la combustión y descomposición de las mismas, es por esto que el vapor es ampliamente usado para atomizar los residuos pesados para obtener la viscosidad deseada.

### *3.4 Comportamiento estático y dinámico del proceso tecnológico de la combustión.*

En las cámaras de combustión la intensidad de la combustión y por consiguiente la temperatura en la zona de calentamiento, que refleja el aprovechamiento del potencial calórico del combustible, para un consumo dado de combustible, depende del gasto de aire. La dependencia del aprovechamiento del calor presenta un máximo para un valor particular del suministro de aire. Las perturbaciones: variación

del poder calórico del combustible, temperatura del gasto de aire y de la materia prima sometida al proceso de calefacción ejercen considerable influencia sobre la forma de la dependencia extrema del aprovechamiento del calor y la ubicación del máximo. El parámetro gobernado se mide con errores ya que la dependencia puede variar de un modo arbitrario y no solo por cambios del gasto de aire. En el desempeño de este objeto de mando influyen mucho las propiedades dinámicas del mismo debido a que el proceso de mezcla del combustible y el aire tienen carácter inercial, y a que la materia prima que se calienta y el canal de medición también poseen propiedades inerciales. Como característica especial de este objeto de mando figura el que la magnitud extrema de la dependencia es función de su argumento, tal como muestra la figura en la que el valor máximo del índice de eficiencia de la caldera varía con respecto a la proporción aire - combustible para diferentes cargas de la caldera.

## 4. CONCLUSIONES.

1. El nuevo sistema de control híbrido genético-adaptativo, debe mantener las operaciones seguras y satisfacer los requerimientos del proceso manteniendo el máximo ganancias. El proceso tecnológico de interés posee un óptimo es un compromiso entre selectividad, conversión, tiempo de corrida que es proporcional al consumo de combustible. Este compromiso característico del proceso tecnológico de generación de vapor conduce a diseñar en términos de variables de estado como niveles, flujos, es decir debe conseguirse controlar la integralidad de la operación unitaria.
2. Como índice de evaluación de la optimización dinámica del proceso tecnológico de producción de vapor se seleccionó a la función del sistema de control genético adaptativo del proceso de la producción de vapor que incluye a variables vinculadas con la disponibilidad energética de la instalación, el gasto de combustible y su ahorro posible en cuanto a la variabilidad de sus oscilaciones se refiere, lo que en consecuencia nos conduce a reducir la dispersión de las variaciones de su



consumo, alrededor del valor medio que requiere la instalación termoenergética ,encargada de garantizar la demanda de vapor exigida por los consumidores del portador de calor en toda la empresa. Se hace necesario notar que el incremento en la eficiencia de cada caldera se consigue tanto por mejora del Sistema de Regulación como por modernización del mismo ,aspecto de gran interés ya que se dispone de todo lo necesario para llevar a cabo una modernización integral de l bloque termoenergético.

3. El equipamiento en el sistema de control híbrido, permite establecer la condición de minimizar la magnitud de la dispersión de la señal controlada para magnitudes normales aleatorias y estacionarias con función de correlación exponencial o no exponencial -cosenoidal ,debidas al carácter estocástico de la perturbación de carga reducida a la entrada del subproceso que se controla .Es posible también aprovechar el criterio de minimización de la dispersión relativa el que adicionalmente tiene en cuenta las interferencias parásitas en la señal controlada o al algoritmo adaptativo de ajustes del control optimo, que funciona bajo el criterio de reducción del cuadrado del error de regulación respecto a la dispersión filtrada de este mismo error.

## REFERENCIAS

- Calderaris Alberto , E.B. 1999. Instrumentação e Controle. Editora Tecnica LTDA.Rio de Janeiro.
- Muñoz Moner Antonio . 2003 Cloned sensor of the refractory meter. Oficina Internacional de Inventiones, Patentes y Marcas, Republica de Cuba. Registros No. 7-789735,.
- Muñoz Moner Antonio, Pardo García A. Junio, 2001, Nuevos controladores por Lógica Fuzzy. RCC, SIN 1657-2831, Vol. 2, No1,.
- Muñoz Moner Antonio. 2002. Artificial Cloning of Industrial Sensors. Editorial Ciencia y Técnica, Academia de Ciencias de Cuba, 397
- Bhandari ,V.A. ,Paridis R, Saxena ,A.C. Use 1986 Performance Indices for Better Control.Hydrocarbon Processing .september.
- Goldberg D. 1983.Genetics,. Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-

- Wesley, Reading, Massachusetts,
- Plitniyov, G. P. 1981. Control Automático de los SubProcesos de Instalaciones Termoenergeticas <<Energo-Izdat>>.. (en ruso)
- Shinsky ,F. G. 2001 Regulación de los Procesos según Criterios de Energéticos.