

CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
ISSN impresso 1413-9022 / ISSN on-line 2317-4536 - v.44, p.1 - 18, 2018
DOI: 10.12957/cadest.2018.34914

SISTEMA DE MONITOREO DE ÍNDICES DE CONSUMO EN UNA UNIDAD DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Luis Benigno Corrales Barrios
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
lbbarrios@uea.edu.br

Osmina Albo Cabreriza
Central Termoeléctrica 1o de Octubre, Cuba
osmina@ctenue.une.cu

Yaksurit Rodríguez Hernández
Central Termoeléctrica 1o de Octubre, Cuba
yaksurit@ctenue.une.cu

Resumen

El presente trabajo está enfocado a la gestión de la eficiencia energética y a las principales oportunidades de ahorro en una unidad de una Central Termoeléctrica. Se desarrolló un sistema de monitoreo y control y obtuvieron los valores de las variables mediante el sistema de supervisión y control CENTUMCS3000 instalado en la unidad, los cuales son procesados por el software desarrollado. El sistema permite monitorear los índices de consumo de combustible y electricidad que se registran en el proceso productivo, tanto en tiempo real como a partir de datos históricos, el cual ha permitido tomar acciones encaminadas a disminuir los mismos. Se incluyen un conjunto de reportes en EXCEL que permiten conocer el comportamiento de los índices de consumo de combustible y electricidad, así como el Consumo Específico Bruto de la unidad en cualquier hora del día y consolidar los resultados para cada turno de trabajo.

Palabras claves: *Economía Energética; Central Termoeléctrica; Índices de Consumo; Sistema de Monitoreo; Consumo Excesivo.*

1. Introducción

Con posterioridad a la elaboración e implantación de la metodología de cálculo de los sobreconsumos que está contenida en el capítulo XIX de la “Norma de Instrucción y Directrices Metodológicas para los Consumos Específicos de Combustible en las Centrales Termoeléctricas” (UNE, 2010), se han incorporado tres nuevos factores que pudieran condicionar su aplicación y que han sido objeto de estudio en (BLANCO & PEÑA, 2011), estos son el alto grado de deterioro del equipamiento tecnológico, el cambio de combustible utilizado; de una calidad distinta a la de diseño y las modificaciones introducidas en los esquemas tecnológicos y procedimientos de operación del equipamiento (VÁZQUEZ SEISDEDOS, 2014), (DINCER & ROSEN, 2012), (GONZÁLEZ TORRES & VIZCÓN TOLEDO, 2010).

Todo lo expresado anteriormente condiciona la modificación de las normativas de diseño y en consecuencia las normativas de consumo asociadas, teniendo en cuenta los nuevos factores que inciden en el cálculo de las mismas. Es por ello, que es necesario desarrollar un sistema de monitoreo y control de las variables energéticas de la en una unidad de producción de energía de una central termoeléctrica.

El sistema antiguo de medición y control de la unidad, que estaba desarrollado con componentes analógicas y tenía muy pocos puntos de medición y control es sustituido por un sistema de monitoreo y control digital, donde se monitorean y controlan todas las variables que intervienen en los consumos de energía. Se tuvieron en cuenta las normas de la empresa de generación en cuanto a los puntos de medición y las variables a medir.

Los coeficientes específicos para el cálculo de los sobreconsumos por desviación de los parámetros de control de eficiencia se determinan sobre la base de pruebas funcionales especiales y el balance general de energía en el proceso.

En el caso en que la diferencia entre el sobreconsumo total porcentual calculado y la suma de todos los sobreconsumos porcentuales asociados a la desviación de cada uno de los parámetros de control de eficiencia, sea mayor del 10 %, se determina si existe alguna causa de sobreconsumo no considerada en el análisis inicial, se rectifica el cálculo considerando el particular; de no existir causa que justifique la divergencia en los resultados obtenidos, se requiere la actualización extraordinaria de los coeficientes referidos.

Para esto, se realiza una selección de las variables que caracterizan el sistema considerando que sus desviaciones respecto a los parámetros nominales de operación afectan negativamente los índices de consumo.

2. Normativas empleadas en este trabajo

2.1 Normativas para el diseño y construcción de la aplicación (UNE, 2010)

Para el desarrollo del software se revisaron las normativas dadas por la metodología de cálculo de los sobreconsumos que está contenida en el capítulo XIX de la “Norma de Instrucción y Directrices Metodológicas para los Consumos Específicos de Combustible en las Centrales Termoeléctricas” de la Unión Eléctrica.

2.2 Normativa para el diseño de consumo específico bruto y neto de combustible

La normativa de diseño se incrementa en 0.59 % por incremento de la temperatura de los gases de salida en 12 °C y 0.20 % por incremento del exceso de aire en 0.05 %. Por tal motivo se actualiza la normativa de diseño y se definen las ecuaciones [1 y 2], que permiten calcular el consumo específico bruto (CEB_n) y neto de combustible normativo (CEN_n) respectivamente para las nuevas condiciones de trabajo.

$$CEB_n = 1.0079 \cdot \left(216.854 + \frac{3954.83}{GBruta} \right) \text{ (g/kWh)} \quad [1]$$

$$CEN_n = \frac{CComb_n}{GNeta_n} \cdot 1000 \text{ (g/kWh)} \quad [2]$$

Donde $GBruta$ es la generación bruta, $Gneta$ es la generación neta, $IBloque$ es el consumo de energía propio de la planta y $CComb_n$ es el calor de la combustión. Se definen las ecuaciones [3 y 4], que permiten calcular los consumos específicos bruto (CEB_r) y neto (CEN_r) de combustible real respectivamente a partir de la obtención de los datos del proceso en tiempo real.

$$CEB_r = \frac{CComb_{real} \cdot 10^3}{GBruta} \text{ (g/kWh)} \quad [3]$$

$$CEN_r = \frac{CComb_{real} \cdot 10^3}{(GBruta - IBloque)} \text{ (g/kWh)} \quad [4]$$

A partir de los resultados obtenidos en la ecuaciones [1 y 3], se calcula la desviación del consumo específico bruto (ΔCEB) y el sobreconsumo de combustible asociado a la desviación de estos parámetros (SC_{CEB} y SC^*_{CEB}) según las ecuaciones [5] y [6]:

$$\Delta CEB = SC_{CEB} = CEB_r - CEB_n \text{ (g/kWh)} \quad [5]$$

$$SC^*_{CEB} = SC_{CEB} \cdot GBruta \cdot 10^{-3} \text{ (t-eq)} \quad [6]$$

A partir de los resultados obtenidos en las ecuaciones [2] y [4], se calcula la desviación del consumo específico neto (ΔCEN) (ecuación 7) y el sobreconsumo de combustible a él asociado (SC_{CEN} y SC^*_{CEN}) (ecuación 8) como:

$$\Delta CEN = SC_{CEN} = CEN_r - CEN_n \text{ (g/kWh)} \quad [7]$$

$$SC^*_{CEN} = SC_{CEN} \cdot (GBruta - IBloque) \cdot 10^{-3} \text{ (t-eq)} \quad [8]$$

Donde t/eq es las toneladas equivalentes de petróleo

2.3 Normativa de diseño de la presión de vapor de admisión a la entrada del cilindro de alta presión de la turbina

La normativa de diseño se ratifica considerando que las modificaciones introducidas en el bloque no afectan este parámetro, por tanto:

$$P_{VV_n} = 13.32 \text{ MPa}$$

2.4 Normativa de diseño de la temperatura de vapor de admisión a la entrada del cilindro de alta presión de la turbina

La normativa de diseño se ratifica considerando que las modificaciones introducidas en el bloque no afectan este parámetro, por tanto:

$$T_{VV_n} = 520 \text{ }^\circ\text{C}$$

2.5 Normativa de diseño de la temperatura de vapor recalentado a la entrada del cilindro de media presión de la turbina

La normativa de diseño se ratifica considerando que las modificaciones introducidas en el bloque no afectan este parámetro, por tanto:

$$T_{V_r} = 520 \text{ }^\circ\text{C}$$

2.6 Normativa de diseño de la temperatura de agua de alimentar a la salida de los calentadores de alta presión

La normativa de diseño (T_{aa_n}) se ratifica considerando que las modificaciones introducidas en el bloque no afectan este parámetro (ecuación 9), por tanto:

$$T_{aa_n} = 0.002907 \cdot G_{Bruta}^2 - 0.094171 \cdot G_{Bruta} + 206.342857 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad [9]$$

2.7 Normativa de diseño de la temperatura de gases de salida

La normativa de diseño se incrementa en 12 °C, debido a la utilización de un combustible con una calidad diferente a la de diseño. Por tal motivo se actualiza la normativa de diseño (T_{g_n}) y se define la ecuación 10, que permite calcular la temperatura de gases normativa para las nuevas condiciones de trabajo.

$$T_{g_n} = 105.375 + 0.333 \cdot G_{Bruta} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad [10]$$

2.8 Normativa de diseño del exceso de aire de la caldera

La normativa de diseño se incrementa en 0.05 % debido a la utilización de un combustible con una calidad diferente a la de diseño. Por tal motivo se actualiza la normativa de diseño y se define la ecuación 11, que permite calcular el coeficiente de exceso de aire para las nuevas condiciones de trabajo.

$$\begin{aligned} \text{Para } G_{Bruta} < 100 \text{ MW, } \alpha_{Hn} &= -0.0016 \cdot G_{Bruta} + 1.26 \text{ (\%)} \\ \text{Para } G_{Bruta} \geq 100 \text{ MW, } \alpha_{Hn} &= 1.1 \end{aligned} \quad [11]$$

2.9 Normativa de diseño del vacío en el condensador

Se actualiza la normativa de diseño y se propone el cálculo de la presión de escape del condensador normativa (P_{en}) que se calcula en varias etapas, a partir de los datos siguientes:

P_{pr} - Presión del paso regulación de la turbina, se obtiene de las lecturas del sistema en tiempo real, expresada en MPa

T_{am1} - Temperatura de agua de mar de entrada del condensador, se obtiene de las lecturas del sistema en tiempo real, expresada en °C

Con la presión del paso de regulación de la turbina (P_{pr}), se calcula el flujo de vapor a la entrada del condensador (G_o) (t/h).

Con el flujo de vapor a la entrada del condensador (G_o) y la temperatura de agua de mar a la entrada (T_{am1}) se calcula la diferencia térmica terminal, según la ecuación [12].

$$Dtn = \frac{(55.642 \cdot G_o + 1892.3162)}{(3115.05 - T_{am1})} \quad [12]$$

Con la temperatura de agua de mar a la entrada del condensador se calcula el factor X_m , de acuerdo a la ecuación [13].

$$X_m = \frac{(15.916 \cdot (163.0459 + T_{am1}))}{(3115.05 - T_{am1})} \quad [13]$$

Con el factor X_m , la diferencia térmica Terminal (Dtn) y la temperatura de agua de mar a la entrada del condensador, se calcula la temperatura de saturación T_{sn} , según la ecuación 14, expresada en °C.

$$T_{sn} = \left(\frac{e^{X_m}}{e^{X_m} - 1} \right) \cdot Dtn + T_{am1} \quad [14]$$

Con la Temperatura de saturación (T_{sn}) se calcula la presión de saturación, expresada en ata.

Con la presión de saturación (P_s) se calcula el vacío normativo ($Vacio_n$), expresado en mmHg.

Con el resultado obtenido del vacío en el condensador normativo ($Vacio_n$) y el real ($Vacio_r$) que se obtiene de las lecturas de los datos del proceso en tiempo real se calcula la desviación de ese parámetro ($\Delta Vacio$) por la ecuación [15], expresada en ata y el sobreconsumo de combustible a él asociado (SC^{DP}_{Vacio} y SC^*_{Vacio}), por las ecuaciones [16 y 17], como:

$$\Delta Vacio = Vacio_n - Vacio_r \quad (ata) \quad [15]$$

$$SC^*_{Vacio} = CComb_{real} \cdot \Delta Vacio \quad (t-eq) \quad [16]$$

$$SC^{DP}_{Vacio} = \frac{SC^*_{Vacio} \cdot 10^3}{GBruta} \quad (g/kWh) \quad [17]$$

2.10 Normativa de diseño del agua de reposición al condensador

La normativa de diseño se actualiza con la modernización de la unidad, donde se cambiaron los quemadores de atomización mecánica por quemadores de atomización por

vapor, además se adiciona un calentador de petróleo, lo que conlleva a un mayor consumo de vapor y por consiguiente un aumento del flujo de agua de reposición.

$F_{ar_n} = 26 \text{ t/h}$

2.11 Normativa de diseño del factor de insumo eléctrico

La normativa de diseño se incrementa en 5.6 % debido a un incremento de la climatización, equipos de 380 V y sistema de combustible.

Por tal motivo se actualiza la normativa de diseño y se define la ecuación 18, que permite calcular el factor de insumo eléctrico normativo del bloque para las nuevas condiciones de trabajo.

$$FI_n = 1.056 \cdot \left(3.095 + \frac{420}{GBruta} \right) \quad [18]$$

3. Estado actual de la tecnología de Sistemas de Automatización y Control

En la Unidad de generación 4 de la CTE “10 de Octubre”, la medición, supervisión y control se realiza utilizando el sistema CENTUM CS3000, que corresponde a la séptima generación del sistema CENTUM creado por la corporación Yokogawa.

El CENTUM (KAUSHIK, REDDY, & TYAGI, 2011) posee una interfaz gráfica amigable al operador y muestra mediante mímicos con señalizaciones, la información necesaria para el control de la unidad generadora. Posee además una interfaz abierta, es decir, tiene dos servidores de datos, un servidor OPC (*del inglés Object Linking and Embedding (OLE) for process control (OPC)*) y un servidor DDE (*del inglés Dynamic Data Exchange*), con los que los usuarios pueden obtener y brindar datos al sistema mediante programas de usuarios, situados tanto en la misma computadora de operación y monitoreo del proceso como en otras computadoras conectadas a esta a través de una red.

4. Protocolos de comunicaciones

En el desarrollo de software, los drivers son la parte de más bajo nivel, pero a pesar de esto son una de las partes de mayor importancia. Si los drivers son usados y escritos apropiadamente, el usuario se beneficiará de la legibilidad, rehúso de código y velocidad de aplicación. Estos permiten configurar un instrumento para desarrollar una tarea sin tener que conocer los comandos del instrumento o como el instrumento se comunica (BANOS, 2011).

El problema surge cuando la instrumentación y el software SCADA no pertenecían al mismo fabricante y por lo tanto podían tener problemas de comunicación (AKSHAY, 2012). Para solucionar este problema se utilizan sistemas de control abiertos, y por tanto los protocolos y estándares de comunicación entre aplicaciones. Tal es el caso del DDE, este es un protocolo de intercambio de datos de Microsoft para aplicaciones Windows. El intercambio de datos dinámico (DDE) permite enviar / recibir datos e instrucciones hacia / desde una a otra aplicación. Esto implementa una relación cliente - servidor entre dos aplicaciones en ejecución al mismo tiempo. El uso del servidor proporciona los datos y acepta peticiones de cualquier otra aplicación interesada en sus datos. Las aplicaciones que solicitan se llaman clientes. Algunas aplicaciones tales como Microsoft Excel pueden simultáneamente ser cliente y servidor (ASFOUR, 2013).

También se puede utilizar OPC (*del inglés OLE for Process Control*) son similares al DDE, pero la diferencia principal está en la puesta en práctica usando la tecnología de COM de Microsoft (modelo componente del objeto). A grandes rasgos, una aplicación OPC funciona basada en una arquitectura de servidores y clientes OPC. Cada cliente, es decir, cada aplicación de usuario (SCADA, módulo de históricos, software de modelación del proceso, etcétera) interroga al servidor que contiene los datos específicos en el momento que los necesita y éste le responde, según el caso y la aplicación (LAKHOUA, 2013).

Tomando en consideración el criterio de varios autores, después de estudiar las posibilidades que ofrece el protocolo OPC y considerando las ventajas que ya se han mencionado anteriormente, se decide utilizar este protocolo como vía de comunicación para la obtención de datos del proceso, aprovechando además que el sistema CENTUM CS3000 posee una interfaz abierta que permite establecer esta comunicación (CAMARGO, DURAN, & ROSAS, 2013).

5. Sistema de medición y cálculo de los índices de consumo

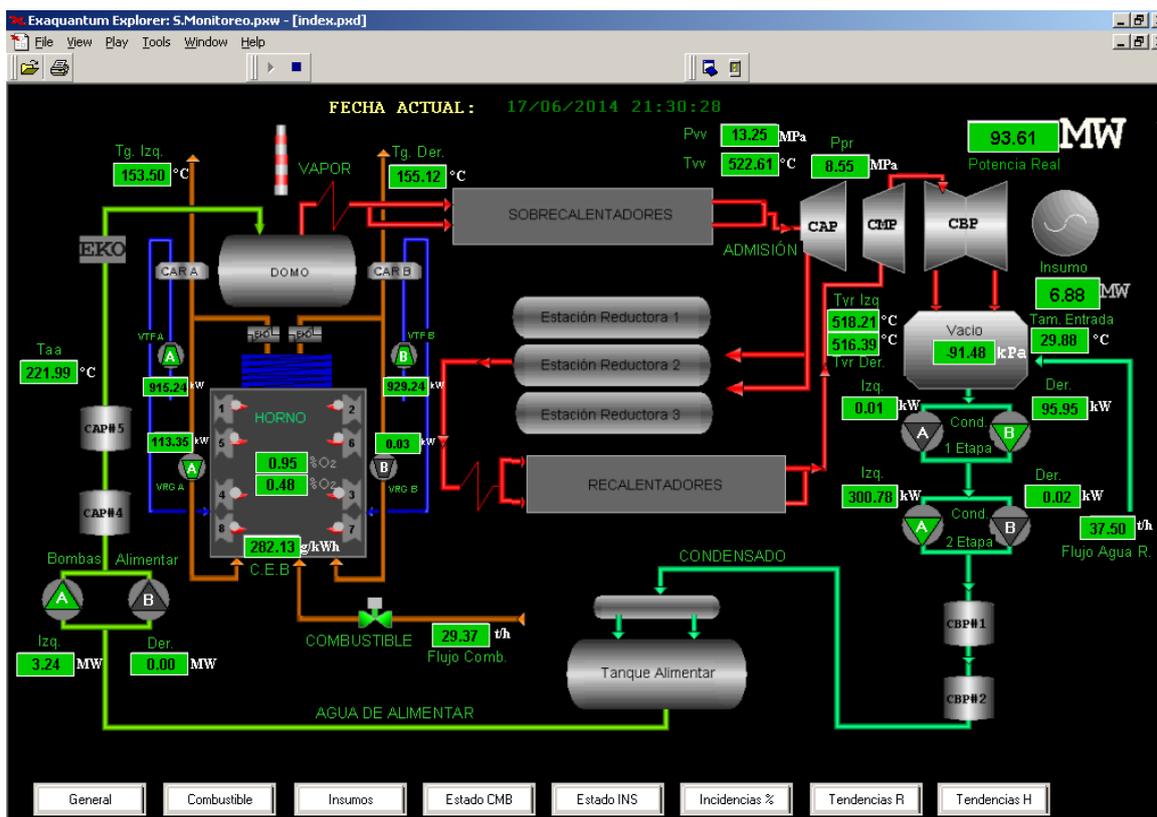
El sistema implementado con los software Exaquantum de la empresa Yokogawa, que utiliza el estándar OPC como vía de comunicación con el sistema CENTUM CS3000 y Microsoft Visual Basic, por las posibilidades del manejo de bases de datos. El mismo cumple con los siguientes objetivos: calcular y exponer como referencia los parámetros operacionales de diseño y de pruebas funcionales de optimización, equivalentes al régimen de explotación y el nivel de potencia en que se encuentra el bloque generador;

calcular y mostrar en tiempo real los valores de los índices de consumo y los sobreconsumos que se registran en el proceso, desglosados por causas y tipos de portador energético; monitorear y graficar los parámetros e indicadores de los procesos mostrando tendencias de comportamiento para el tipo de evento de que se trate; generar reportes horarios y para cada turno de trabajo, que permitan analizar los valores de sobreconsumos que se registran en el proceso, desglosados por causas y tipos de portador energético; replicar los datos obtenidos hacia los servidores de la Unión Eléctrica.

6. Ventanas principales

La aplicación está conformada por varias ventanas, en la ventana principal, que se observa en la figura 1, se representa un esquema general del ciclo productivo, mostrando los valores reales y el estado de los parámetros, haciendo uso de diferentes colores para señalar.

Figura 1. Ventana principal de la aplicación, donde se muestran las magnitudes de las variables principales



Fuente: Autores

Los estados son los siguientes:

- NR: ■ - estado normal.
- LO: ■ - valor de la variable por debajo del nivel de señalización bajo establecido en el sistema.
- LL: ■ - valor de la variable por debajo del nivel de señalización muy bajo establecido en el sistema.
- HI: ■ - valor de la variable por encima del nivel de señalización alto establecido en el sistema.
- HH: ■ - valor de la variable por encima del nivel de señalización muy alto establecido en el sistema.
- CAL: ■ - valor de la variable simulado manualmente en el sistema.
- IOP: ■ - entrada abierta del inglés *Input Open*.

Figura 2. Ventana combustible, donde se muestra la desviación de parámetros de control de eficiencia.



Fuente: Autores

En la figura 2 se muestra la ventana de sobreconsumos de combustible por desviación de los parámetros de control de eficiencia, en la misma se relacionan las variables del sistema que ejercen mayor influencia en estos. Se presentan además los índices de Consumo Específico Bruto (CEB) y Consumo Específico Neto (CEN), así

como los sobreconsumos por estos conceptos en caso de que exista desviación de estos índices respecto a los valores normativos de referencia.

En la columna **Real** se muestran los valores reales de las variables que se obtienen de las lecturas del sistema en tiempo real. En la columna **Normativo** se muestran los valores de referencia que se obtienen a partir de los cálculos realizados en base a datos obtenidos en tiempo real. En la columna **Desviación** se muestra la desviación de los valores reales respecto a la referencia. En la columna **SC** se muestran los sobreconsumos asociados a la desviación de cada uno de los parámetros; en estas últimas columnas se utiliza un código de colores, rojo cuando hay sobreconsumo y verde cuando no hay; este código de colores contribuye a conocer de una forma rápida cuales son los parámetros que se han desviado de la referencia y poder actuar inmediatamente sobre ellos. La columna de **Estado** permite conocer el estado de las variables, cuando el estado es **OK** todas las variables se encuentran en estado normal, cuando el estado es **?** al menos una variable no se encuentra en estado normal, de esta forma se puede valorar la veracidad de los resultados obtenidos.

Figura 3. Estados de las variables que inciden en los sobreconsumos.

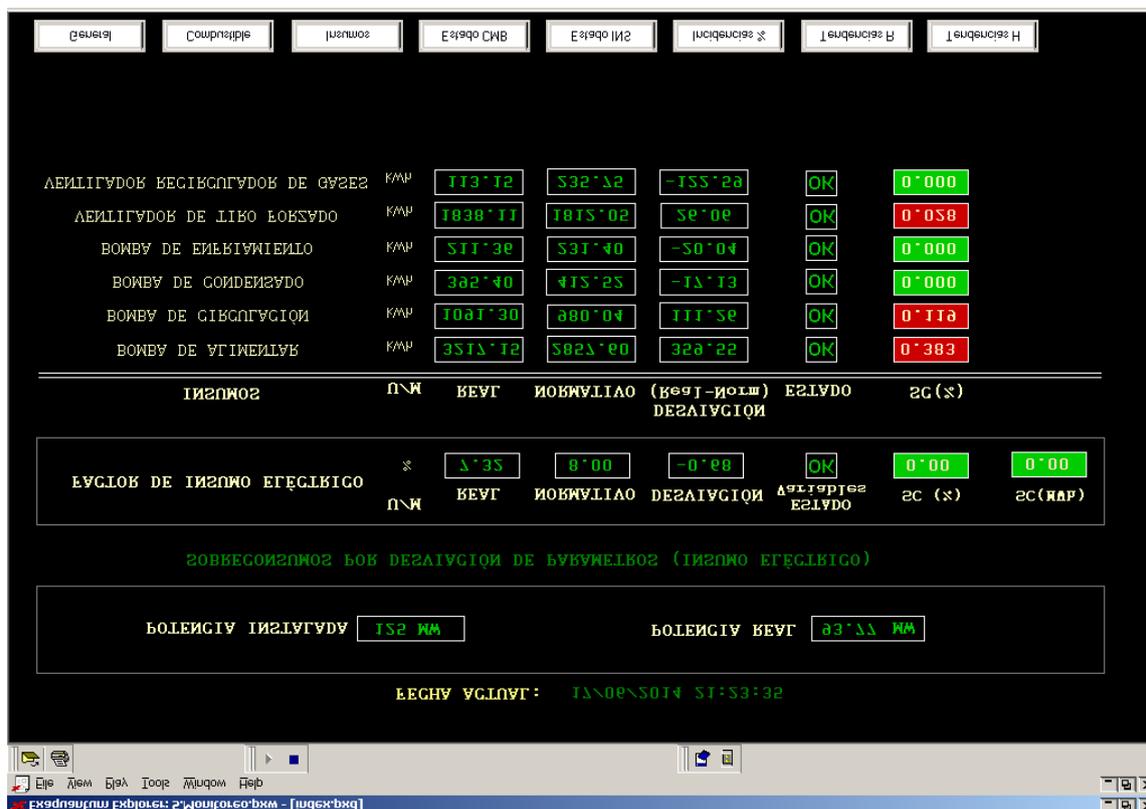


Fuente: Autores

Dando un clic sobre cada uno de estos botones se muestra la ventana de estados, en la cual se puede ver un resumen de todas las variables utilizadas y el estado actual de cada una de ellas. Un ejemplo de esta ventana se muestra en la figura 3. También se puede acceder a esta ventana desde el botón *Estados* de cualquiera de las ventanas.

En la figura 4 se muestra la ventana de consumo de electricidad y factor de insumo eléctrico, donde se representan los equipos del sistema que tienen mayor peso en los consumos de electricidad, así como los sobreconsumos que los mismos registran. Las columnas que se muestran en la misma se analizan de forma similar a la ventana de sobreconsumos por desviación de parámetros de control de eficiencia explicada anteriormente.

Figura 4. Medición y cálculo de sobreconsumos de electricidad.

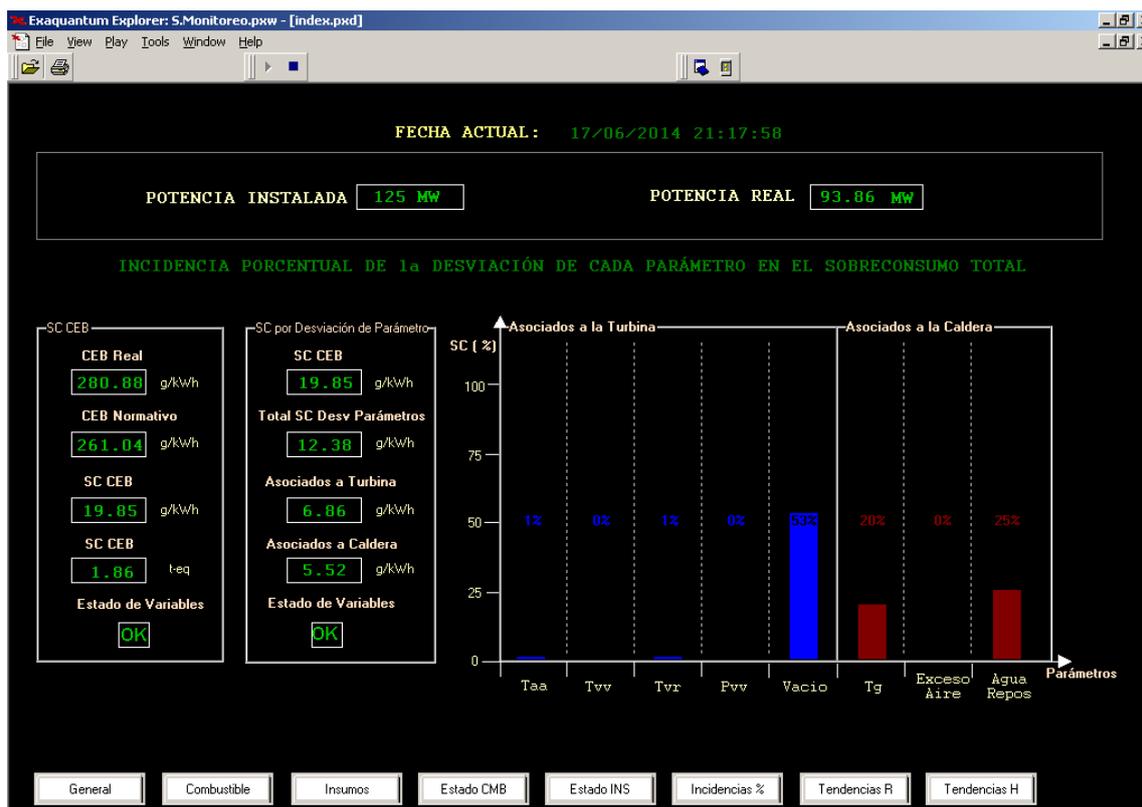


Fuente: Autores

En la figura 5 se muestra la ventana que resume la incidencia porcentual de cada sobreconsumo asociado a las desviaciones de parámetros de control de eficiencia. En la misma se representa de forma gráfica el porcentaje de incidencia que tiene el sobreconsumo de cada parámetro analizado, en el sobreconsumo total por desviación de

parámetros de control de eficiencia. Se agrupan estos de dos formas: los que son asociados a la turbina y los que son asociados a la caldera. También se puede apreciar que cantidad del sobreconsumo específico bruto total fue debido a los sobreconsumos por desviación de parámetros de operación, lo que corrobora la importancia que tiene mantener los valores reales de operación lo más cercanos posibles a los valores normativos.

Figura 5. Incidencia porcentual de sobreconsumos.



Fuente: Autores

7. Ventanas de tendencias

Las tendencias permiten que datos en tiempo real o datos históricos puedan ser mostrados de forma gráfica y puedan ser analizados tanto en tiempo real como en cualquier intervalo de tiempo que se necesite. Se confeccionaron esquemas gráficos para dos tipos de tendencias:

Tendencias en tiempo real: donde los datos son mostrados secuencialmente de izquierda a derecha, los datos recién recibidos se adicionan al lado derecho de la tendencia.

Tendencias de históricos: Las tendencias de históricos muestran datos para un intervalo de tiempo especificado. Se puede definir cualquier intervalo de tiempo y así comparar los parámetros operacionales en este período. Un ejemplo se observa en la figura 6.

Figura 6. Tendencia de históricos.



Fuente: Autores

A continuación se describen algunos de los rasgos significativos de las tendencias antes mencionadas.

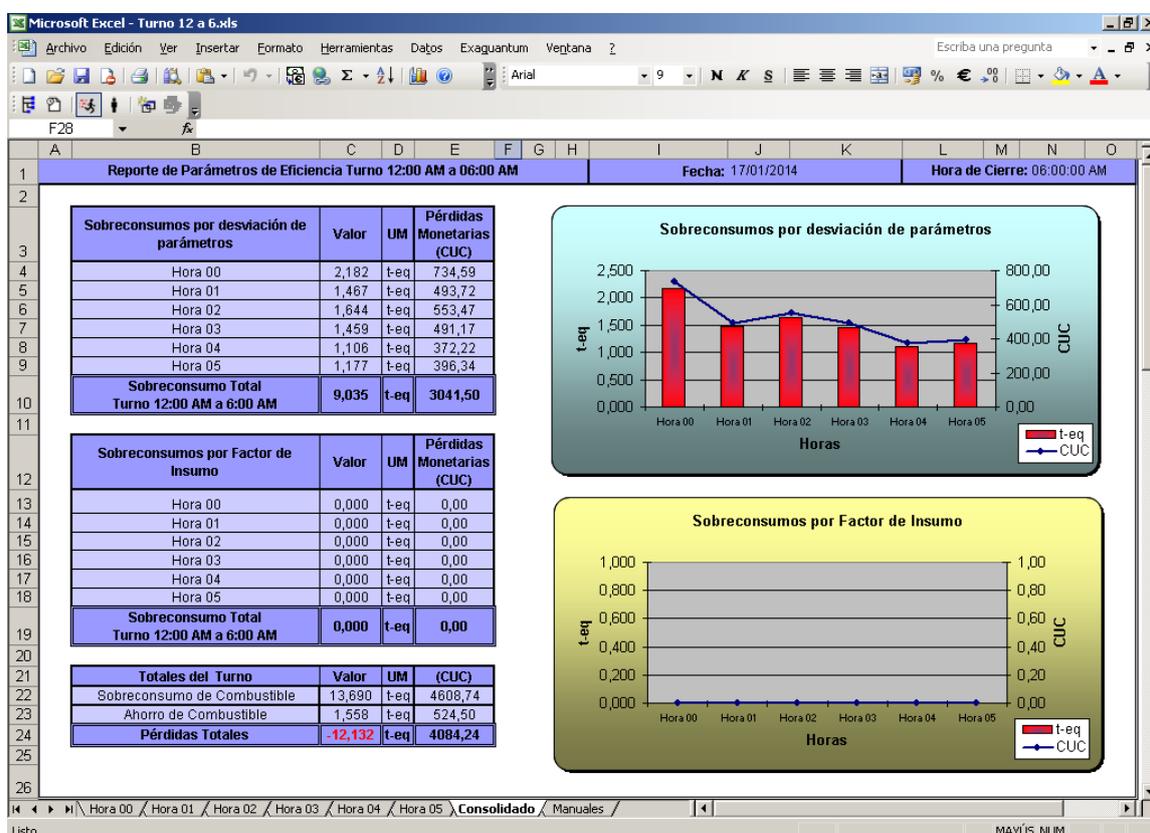
En modo de ejecución es posible cambiar la configuración de los ejes individuales de las tendencias. Cualquier cambio hecho es sólo válido en este modo, este se perderá cuando se detenga la ejecución.

8. Sistema de reportes

El sistema tiene incorporado un conjunto de reportes, los cuales fueron realizados utilizando Microsoft Excel. Se desarrollaron tres reportes uno para cada turno de trabajo, a los cuales se les dio el nombre de *Turno 12 a 6*, *Turno 6 a 3* y *Turno 3 a 12*, en correspondencia con el horario de trabajo de cada turno. (ver figura 7).

Cada reporte de turno tiene varias hojas, una para cada hora de trabajo del turno, una hoja de consolidado y otra que permite introducir valores de forma manual para datos que varían en determinado momento. Con estos reportes de turno se evalúa el comportamiento de todos los turnos de trabajo del día y se puede conocer cuál de ellos trabajó de forma más eficiente, lo que conlleva a que los demás turnos se propongan alcanzar mejores resultados y a realizar un análisis para conocer por qué del comportamiento de sus indicadores. En esta figura se puede observar el ejemplo del comportamiento de un turno en un día, desde la 12 de la noche a las 6 de la mañana. Se puede apreciar claramente los sobreconsumos de la planta y los costos de esos sobreconsumos en CUC (pesos cubanos convertibles); también los sobreconsumos de combustible y los ahorros de combustible en ese turno y también se observa que no hubo sobreconsumos por factor de insumos de la planta. También se observa una disminución de los sobreconsumos por concepto de desviación de parámetros, lo que indica que fue mejorando la operación de la planta durante el turno

Figura 7. Consolidado de reportes de turno.



Fuente: Autores

9. Módulo de adquisición y réplica de datos.

El Centum CS3000 posee una interface abierta para que terceras aplicaciones puedan acceder a sus datos, esta permite escribir aplicaciones y construir interfaces para otros sistemas usando los protocolos de comunicación. La forma en que se observan los datos para el informe a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) se observa en la figura 8. Para el ejemplo que se observa en este artículo, la Generación bruta de la planta está entre 93,5 y 94,21 MW, lo que es un buen índice; con un consumo propio de 29,18 a 29,41 MW, que está dentro de los parámetros de diseño de la unidad. Como se observa en el reporte solamente aparecen pocos datos y con intervalos de tiempo muy pequeños. Para tener una idea general de los consumos, hay que tomar reportes de hasta 24 horas.

Para la confección de este módulo se utilizó el estándar OPC como vía de comunicación para obtener datos del servidor OPC y se desarrolló una aplicación que es un cliente OPC, para la programación de la misma se utilizó como lenguaje de programación el Visual Basic.

Figura 8. Software de captura de datos para la UNE.

Unidad 4							
No	Fecha	GBruta	CBloque	Pvv	Tvv	Pvr	
3080514	17/06/2014 21:32:30	93.83	29.3	13.25	522.88	2.27	
3080515	17/06/2014 21:32:59	93.5	29.27	13.25	522.79	2.26	
3080516	17/06/2014 21:33:50	93.76	29.31	13.26	522.97	2.27	
3080517	17/06/2014 21:34:24	93.94	29.28	13.26	522.84	2.27	
3080518	17/06/2014 21:35:40	94.18	29.18	13.24	522.85	2.27	
3080519	17/06/2014 21:36:31	94.21	29.41	13.25	522.95	2.27	
	17/06/2014 21:37:22	94.21	29.23	13.25	522.85	2.27	

Fuente: Autores

10. Conclusiones

La adopción de nuevas medidas y modelos de ahorro energético en la Central de generación de energía aportan al personal técnico y de operaciones mayor información, para lograr mejor eficiencia productiva en el proceso directo de operación.

Con la aplicación en tiempo real del sistema de monitoreo de índices de consumo en una unidad la central de generación de energía eléctrica, se muestra de forma rápida y precisa los fundamentales sobreconsumos que afectan la eficiencia de los bloques generadores; permitiendo actuar en el menor tiempo posible para lograr la disminución de los mismos.

Como parte de la mejora del sistema de monitoreo se incluye un conjunto de reportes en EXCEL, que permiten conocer el comportamiento de los índices de consumo de combustible y no electricidad, así como el Consumo Específico Bruto de la unidad en cualquier hora del día y consolidar los resultados para cada turno de trabajo, que hasta el momento no era contemplado.

Referencias bibliográficas

- AKSHAY, N. Real Time Automated Control of Industrial Processes with PLC–LABVIEW Communication. **International Journal for Research in Science & Advanced Technologies**, 1, pp. 035-038. 2012.
- ASF0UR, A. Low-Field NMR/MRI Systems Using Labview and Advanced Data Acquisition Techniques. **Practical Applications and Solutions Using Labview TM Software**. 2013.
- BANOS, R. e. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 15(4), pp. 1753-1766. 2011.
- BLANCO, J. M.; PEÑA, F. Incremento de la Eficiencia en Centrales Termoeléctricas por Aprovechamiento de los Gases de la Combustión. **Información Tecnológica**, 22(4), 15-22. 2011.
- CAMARGO, C.; DURAN, L. K.; ROSAS, N. F. Plataforma hardware/software abierta para aplicaciones en procesos de automatización industrial. **INGENIUM**, 14(28). 2013.
- DINCER, I.; ROSEN, M. A. **Exergy: energy, environment and sustainable development**. 2012.
- GONZÁLEZ TORRES, J. R.; VIZCÓN TOLEDO, R. Ahorro de energía por limpieza de las superficies calefactoras en Generadores de Vapor de Centrales Termoeléctricas (CTE). **Avanzada Científica**, 7(1). 2010.
- KAUSHIK, S. C.; REDDY, V. S.; TYAGI, S. K. Energy and exergy analyses of thermal power plants: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 15(4). 2011.
- LAKHOUA, M. N. SCADA application of a water steam cycle of a thermal power plant. Modeling, Simulation and Applied Optimization (*ICMSAO*), In. 2013 5th International Conference on IEEE, (pp. 1-5). 2013.
- UNE. Norma de Instrucción y Directrices Metodológicas para los Consumos Específicos de Combustible en las Centrales Termoeléctricas. La Habana, La Habana, Cuba: **Unión Nacional Eléctrica** (UNE). 2010.
- VÁZQUEZ SEISDEDOS, L. e. Método para detección de estados estacionarios: aplicación a unidades de generación eléctrica. **Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones**, 35(2), 45-61. 2014.

MONITORING SYSTEM OF CONSUMPTION INDEXES IN AN UNIT OF A THERMOELECTRIC POWER STATION

Abstract

The present work is focused on the management of the energy efficiency and the energy saving opportunities in one Unit of a Thermoelectric Power station. A monitoring and control system was developed and the values of the variables were obtained by means of the supervision system and control CENTUM CS3000 installed in the unit, which are processed by the developed software. The system allows monitoring the indexes of consumption of fuel and electricity that register in the productive process, as much in real time as starting from historical data, which has allowed taking actions guided to diminish the same ones. They are included a group of reports in EXCEL, that allow to know the behavior of the indexes of consumption of fuel and electricity, as well as the Specific Consumption of the unit in any hour of the day and to consolidate the results for each work shift.

Key-Words: *Energy Saving, Thermoelectric Power Station, Consumption Indexes, Monitoring System, Over-consumption*