



MONITORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE UN CONDENSADOR EN UNA CENTRAL TÉRMICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON EL SOFTWARE OSI-SOFT

Luis Juárez Domínguez ^[*], Inés María Suarez Ramón ^[**,a], Alberto Lobato González ^[**,b]

[*] Alumno; [**] Tutores

UO278609@uniovi.es

^[a] Departamento de Energía. Universidad de Oviedo

^[b] Departamento de Generación y Control Técnico. Grupo EDP

RESUMEN

Se presenta el diseño y las prestaciones de tres herramientas desarrolladas por Osi-soft, orientadas a dar soporte de cálculo para el tratamiento de valores a tiempo real de las diferentes señales requeridas para conocer el funcionamiento del condensador de una planta de generación de energía a cada instante.

Dichas herramientas son:

- PI Datalink
- PI ProcessBook
- PI System AF

El objetivo de este estudio es el desarrollo de la monitorización y el análisis de los diferentes valores requeridos para conocer la información necesaria para evaluar el correcto funcionamiento del condensador de la planta, así como la diagnosis de posibles fallos de funcionamiento.

Para ello, se implementará con las herramientas anteriormente mencionadas los valores a tiempo real tanto del factor de limpieza F_L del condensador o como el coeficiente global de transferencia de calor U .

La planta objeto de estudio es una central térmica de ciclo combinado de 428 MW de potencia situada en el Principado de Asturias (España).

ABSTRACT

The design and features of three tools developed by Osi-soft are presented, aimed at giving calculation support for the treatment of real-time values of the different signals required to know the operation of a power generation plant at every moment.

These tools are:

- PI Datalink
- PI ProcessBook
- PI System AF

The objective of this study is the development of monitoring and analysis of the different values required to know the necessary information to evaluate the correct operation of the plant condenser, as well as the diagnosis of possible malfunctions.

For this, the real-time values of both the cleanliness factor F_L of the condenser and overall heat transfer coefficient U will be implemented with the aforementioned tools.



The plant under study is a 428 MW combined cycle thermal power plant located in the Principality of Asturias (Spain).

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de automatización han evolucionado hacia los denominados Sistemas de Control Distribuido (DCS) y, en general, al software instalado en las computadoras de control y supervisión, así como la facilidad de establecer pesados sistemas de registro de datos que garantizan la acumulación de una gran cantidad de información imprescindible para el análisis que requiere cualquier proceso industrial. ^[1]

La ventaja principal que presenta la monitorización de todas aquellas variables requeridas para la supervisión y el análisis de un proceso, es que permite conocer a tiempo real cada uno de los estados requeridos, permitiendo conocer el régimen de funcionamiento. Además, el software PI OSI-soft, permite no solo garantizar la supervisión y el control a tiempo real, sino que también permite almacenar todos aquellos datos relevantes para realizar estudios de evaluación, posibilitando desde prevenir posibles fallos a optimizar el desarrollo de la actividad.

Por otro lado, la problemática que surge con el software PI OSI-soft es la del almacenamiento de los datos. La acumulación de datos referidos a los diferentes valores y estados de cada elemento objeto de evaluación a lo largo del tiempo requiere de una gran capacidad de almacenamiento.

Es por ello por lo que todos aquellos datos temporales recuperados de cada uno de los servidores, antes de ser almacenados en el servidor OSI PI, se someterán a criterios de filtrado, reduciendo de esta manera el flujo y la cantidad de datos.

En el caso específico de la generación de energía, es indispensable evaluar dichos datos con el fin de mejorar el proceso, logrando reducir el precio de generación mediante la optimización de procesos, evaluando posibles fallos o previniéndolos durante el funcionamiento,

realizando balances de operación que son posibles gracias al almacenamiento y la gestión que se realiza con estos datos. ^[1]

La empresa propietaria del ciclo combinado objeto de estudio cuenta con una compleja arquitectura Skipper con diferentes DCS agrupados en función del tipo de centrales de generación eléctrica y su ubicación.

El software PI OSI-Soft permite simplificar todos los procedimientos matemáticos y de análisis de datos obteniendo, para cada proceso que haya de ser objeto de análisis de cada uno de los centros de generación energética, todas la herramientas necesarias, desde el sistema de HMI con la aplicación de PI ProcessBook, un analizador de datos que conecta la base de datos de la central con hojas Excel, como es la aplicación PI DataLink, como un analizador de datos activos para la realización de cálculos complejos como es la aplicación PI System AF.

En este caso, se implementarán las herramientas que presenta PI OSI-soft para analizar el condensador de la planta de generación, aplicándose el método de The Heat Exchange Institute (H.E.I), que permitirá conocer así como monitorizar, al igual que cualquier variable del proceso de condensación, información clave como el grado de ensuciamiento del condensador, el coeficiente global de transferencia de calor o la potencia intercambiada en el mismo. ^[3]

Siendo el condensador uno de los elementos clave de cualquier central de generación térmica, es de vital importancia conocer el proceso que tiene lugar en él, ya que un exceso de ensuciamiento reduce el rendimiento termodinámico del ciclo de vapor, limitando la capacidad de generación de energía. ^[2]



2. DESCRIPCIÓN DEL CONDENSADOR

El elemento del condensador de una planta de generación de circuito cerrado del vapor-agua es empleado para condensar el vapor extraído de la turbina y recircular el condensado de nuevo al ciclo como agua de alimentación. Además, el condensador recibe el calor residual de los drenajes de los calentadores del agua de alimentación y de otros servicios auxiliares de la central.^[6]

El condensador es, en esencia, un cambiador de calor de carcasa y tubos cuyos mecanismos de transferencia de energía fundamentales son la condensación de vapor saturado en el exterior de los tubos y la convección en el interior de los mismos.

El condensador objeto de estudio se trata de un condensador tipo CM/A, cuyas características principales se encuentran en las tablas 1, 2 y 3:

Tabla 1: Datos geométricos del condensador

Datos geométricos del condensador		
Núm. Pasos	Pt	2
Núm. de tubos espesor e_1	N, e_1	8104
Núm. de tubos espesor e_2	N, e_2	1088
Núm. total de tubos	N	9192
Área superficial total (m ²)	A	7076
Diámetro exterior (mm)	D_{ext}	24
Espesor 1 (mm)	e_1	0,5
Espesor 2 (mm)	e_2	0,7
Longitud tubos (mm)	L	10290

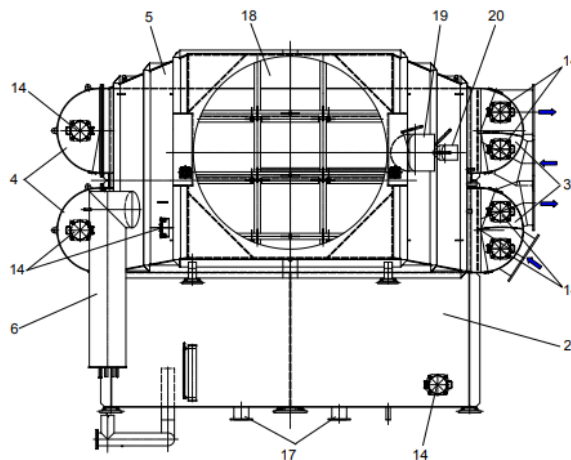
Tabla 2: Datos de materiales del condensador

Datos de materiales del condensador	
Tubos	Titan B 338 Gr. 2
Carcasa	Titan B 338 Gr. 2
Revestimiento	Titan B 265 Gr. 1

Tabla 3: Condiciones nominales del uso del condensador

Condiciones nominales del uso del condensador		
Temp. Agua de entrada (°C)	$T_{w,e}$	22,2
Temp. Agua salida (°C)	$T_{w,s}$	34,4
Temp. Saturación (°C)	T_{sat}	38,1
Entalpía del vapor a la entrada (kJ/kg)	I_v	2404,6
Entalpía de líquido condensado (kJ/kg)	i_{lg}	160,1
Presión de vapor en entrada de condensador (mbar)	P_{cond}	0,068
Caudal del vapor en entrada condensador (kg/s)	mc	104,442
Caudal de agua de refrigeración (kg/s)	mw	4582,9

En cuanto a las características de disposición, se incluyen las siguientes ilustraciones 1 y 2. Se puede destacar que los tubos en forma de arco de iglesia cuentan con una disposición horizontal y una caja de aguas dividida en dos partes.



Pos	Denominación	Pos	Denominación
2	Pozo caliente	14	Boca de inspección
3	Caja de agua de entrada y salida	17	Salida del condensado
4	Caja de agua de retorno	18	Entrada del vapor
5	Cuello del condensador	19	Bypass de vapor de alta presión
6	Tanque de expansión de purgas	20	Bypass de vapor de presión intermedia

Ilustración 1: Vista frontal del condensador objeto de estudio.



3. CÁLCULO DEL FACTOR DE LIMPIEZA MEDIANTE EL MÉTODO H.E.I.

El método tradicional para el análisis de condensadores de vapor de superficie más empleado es el que ha sido propuesto por The Heat Exchange Institute (H.E.I.).^[3]

Las ecuaciones generales de este método son las que se representan a continuación:

- En primer lugar, se analiza la potencia cedida por el vapor al condensarse, que viene dada por la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = \dot{m}_c \cdot i_{lg} \quad (1)$$

- La potencia térmica absorbida por el agua de refrigeración entre la entrada y la salida:

$$\dot{Q} = \dot{m}_w \cdot c_{pw} \cdot (T_{w,s} - T_{w,e}) \quad (2)$$

- La potencia térmica intercambiada en el condensador en función del coeficiente global de transferencia de calor:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \text{LMDT} \quad (3)$$

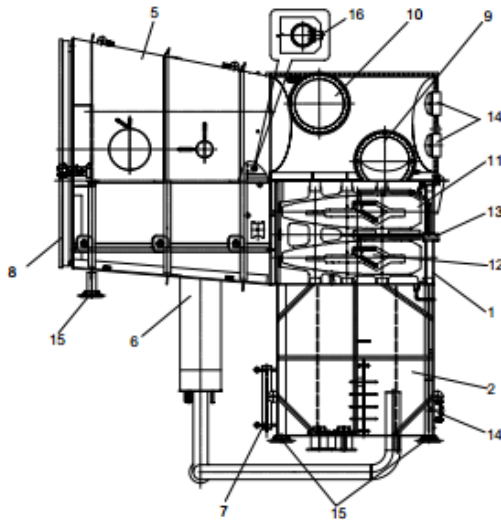
Para el cálculo de la diferencia de temperaturas logarítmica (LMDT) se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{LMDT} = \frac{T_{w,s} - T_{w,e}}{\ln \left(\frac{T_{\text{sat}} - T_{w,e}}{T_{\text{sat}} - T_{w,s}} \right)} \quad (4)$$

- Y por último, el coeficiente global de transferencia de calor, donde U_1 corresponde al coeficiente de transferencia de calor sin corregir:

$$U = U_1 \cdot F_M \cdot F_W \cdot F_L \quad (5)$$

Para obtener los valores de los diferentes factores de la expresión anterior, se ha de acceder a una serie de tablas normalizadas. Dichas tablas fueron obtenidas a partir de multitud de ensayos



Pos	Denominación	Pos	Denominación
1	Carcasa del condensador	10	Salida de agua de refrigeración
2	Pozo caliente	11	Hiz tubular
5	Cuello del condensador	12	Refrigerador de aire
6	Tanque de expansión de purgas	13	Tubería de extracción
7	Indicador del nivel del pozo caliente	14	Boca de inspección
8	Junta de expansión	15	Apoyo deslizante
9	Entrada de agua de refrigeración	16	Tobera de pulverización

Ilustración 2: Vista frontal del condensador objeto de estudio

A continuación, se presenta la ilustración 3 con un esquema donde se muestran los elementos clave del proceso de condensación junto con los valores nominales de funcionamiento:

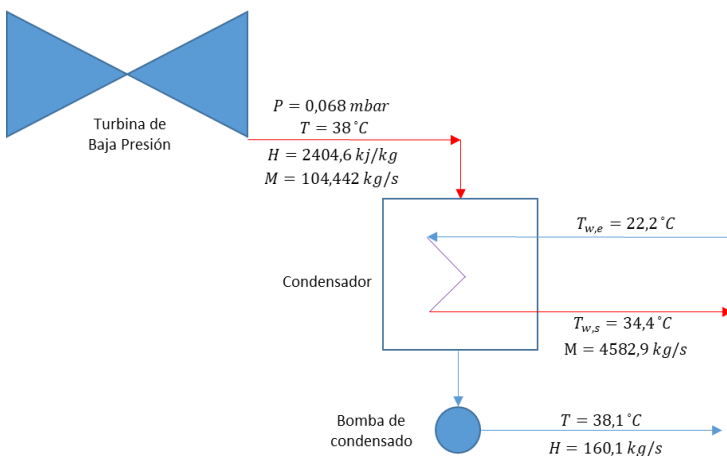


Ilustración 3: Esquema proceso de condensación



realizados en un condensador de en tubos de metal Admiralty y calibre 18 BWG, con una temperatura del agua en la entrada de 70ºF.^[3]

4. METODOLOGÍA

Previamente al análisis de los datos y su tratamiento por parte del software PI OSI-soft empleado para la monitorización del condensador, cabe mencionar el sistema que rige el crivado de los datos de las variables y estados que se requieren para conocer el funcionamiento de la central.

La metodología empleada para el filtrado de todos los datos que se toman a lo largo del tiempo de cada uno de los valores y estados requeridos para conocer el estado de la planta en todo momento, consiste en una primera fase de excepción, en la que se almacenan aquellos datos significativos de cada variable y una segunda fase de compresión, almacenando aquellos datos necesarios para representar el comportamiento del proceso.

4.1. PI DATALINK

Para la realización de la monitorización pertinente, en primer lugar, se emplea la herramienta PI DataLink, que nos proporciona un enlace entre el servidor PI de OSI-soft y el programa de hojas de cálculo Excel de Microsoft Windows, pudiendo acceder y presentar la información, tanto en tiempo real como histórica.^[4]

Cada uno de esos valores tendrá asignado un *tag* (etiqueta), un único punto de almacenamiento dentro del sistema PI para una cadena de datos específica pudiendo tratarse de lecturas de transmisor, entradas manuales, estados o límites de control.^[3]

Como se observa en la ilustración 4, el tratamiento de los datos en esta aplicación va correspondido con un rango de tiempo específico, su *tag*, permitiendo conocer una gran cantidad de información en un hoja Excel.

INICIO	22/01/2020 12:00	INTERVALO	1h		
FIN	22/01/2020 22:00				
		1	2	3	4
	\\laval.intrahc.com \\51MKA10CE601_XQ 60.VALUE	\\laval.intrahc.com \\581ba50cp901_xj60 .value	\\laval.intrahc.com \\581ba50ct001_xq60 .value	51LBA50FF001_XU6 0.Status.BaseStatu s.Out.Value	
	POT ACT GEN CH1 SOTO 5	P LIVE STM 102	T HP STM BFR ST	F HP STM OUTL	
	MW	barg	degC	kg/s	
22-ene-20 12:00:00	435,0755753	135,9137657	564,75	89,54673767	
22-ene-20 13:00:00	435,0543823	135,8462856	564,75	89,54673767	
22-ene-20 14:00:00	435,0543823	135,8501699	564,75	89,54673767	
22-ene-20 15:00:00	434,0278222	135,8000031	564,75	89,54673767	
22-ene-20 16:00:00	433,9378187	135,8000031	564,75	89,54673767	
22-ene-20 17:00:00	433,6631422	135,8000031	564,75	89,54673767	
22-ene-20 18:00:00	433,1603088	135,8000031	564,75	89,54673767	
22-ene-20 19:00:00	433,1603088	135,8000031	564,75	89,54673767	
22-ene-20 20:00:00	433,7955094	135,7728475	564,75	89,54673767	
22-ene-20 21:00:00	434,4655638	135,4031301	564,7366515	89,53786477	

Ilustración 4: Hoja de cálculo con la aplicación PI DataLink.

A continuación se presenta la ilustración 4 con las principales funcionalidades de esta aplicación:

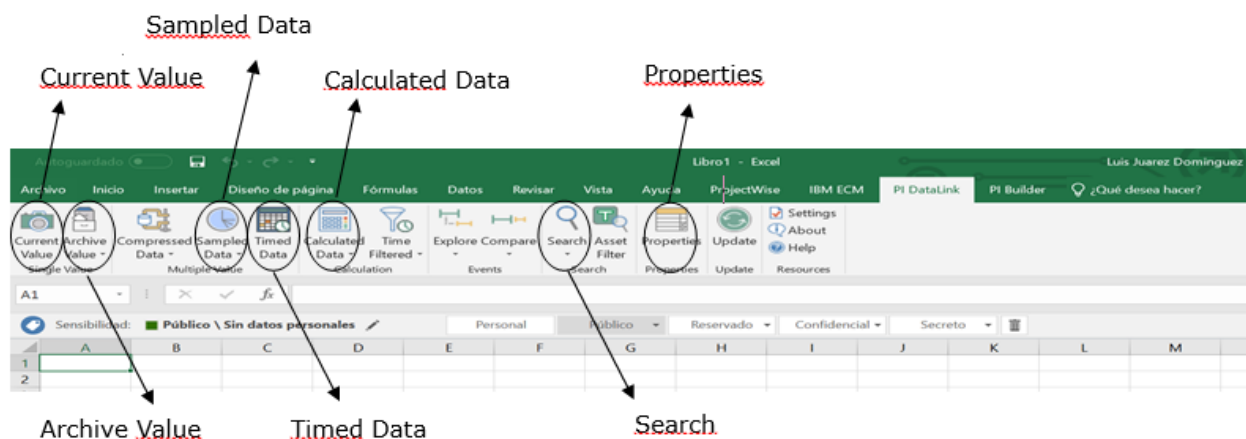


Ilustración 5: Barra de herramientas de la aplicación PI DataLink.



- Current Value, esta opción permite conocer el último valor almacenado para uno o varios tag.
- Archive Value, con esta opción se permite obtener para una expresión PI el valor del archivo histórico para un rango de tiempo.
- Sampled Data, o datos muestreados, es una función que recopila datos espaciados de forma uniforme del archivo histórico para uno o varios tag.
- Timed Data, esta función permite obtener valores de muestra de uno o varios tag para una matriz de tiempo.
- Calculated Data, se consiguen con esta opción uno o varios valores calculados espaciados de forma uniforme para un periodo de tiempo.
- Search, permite buscar un tag específico.
- Properties, con esta función se recupera un atributo para uno o varios tag.

PI DataLink permite de esta manera realizar un primer análisis de todos aquellos datos que se requieren para este estudio, pudiendo obtenerse desde el dato actual a cualquier dato histórico desde que se comenzó a almacenar información de las variables en la central.

4.2. PI PROCESSBOOK

Seguidamente, se utiliza la herramienta PI ProcessBook. Esta herramienta permite mostrar de forma gráfica la información de la planta guardada en el archivo de datos PI o en las correspondientes bases de datos mediante entradas de pantalla.

En cada una de estas entradas de pantalla se dispone de dibujos y gráficos de los datos del proceso, permitiendo visualizar de una forma sencilla los diagramas de flujo de la planta, desde detalles de los elementos a gráficos de tendencia.^[4]

En la ilustración 5 se muestra una de las pantallas empleadas para la supervisión del funcionamiento del circuito de agua-vapor del centro de generación:

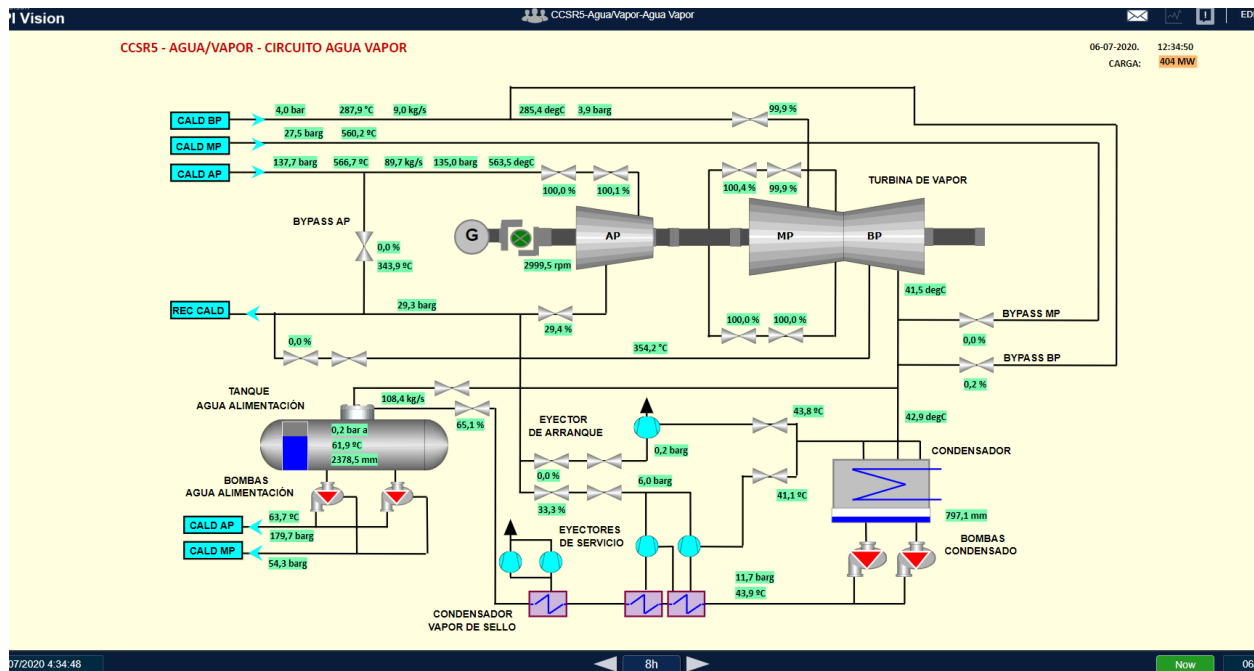


Ilustración 4: Pantalla de supervisión general del ciclo agua-vapor de la planta de generación.



Uno de los objetivos perseguidos por la monitorización de un sistema es la de poder supervisar dicho proceso de forma telemática. Es con la aplicación de PI ProcessBook, con la que se garantiza que cualquier proceso que tenga lugar en la central de generación energética, pueda ser controlado desde cualquier lugar, implementando a su vez, no solamente los diferentes valores de todas aquellas variables medidas, sino también multi-estados que permitan la programación de alarmas en

aquellos casos en los que la variable medida este por debajo o por encima de lo que se considere régimen normal de funcionamiento. [5]

De forma más precisa, enfocándonos en el condensador de la planta, se presenta en la ilustración 6 la pantalla empleada para la supervisión y control del condensador, con todas aquellas variables consideradas necesarias para conocer a tiempo real el funcionamiento del mismo.

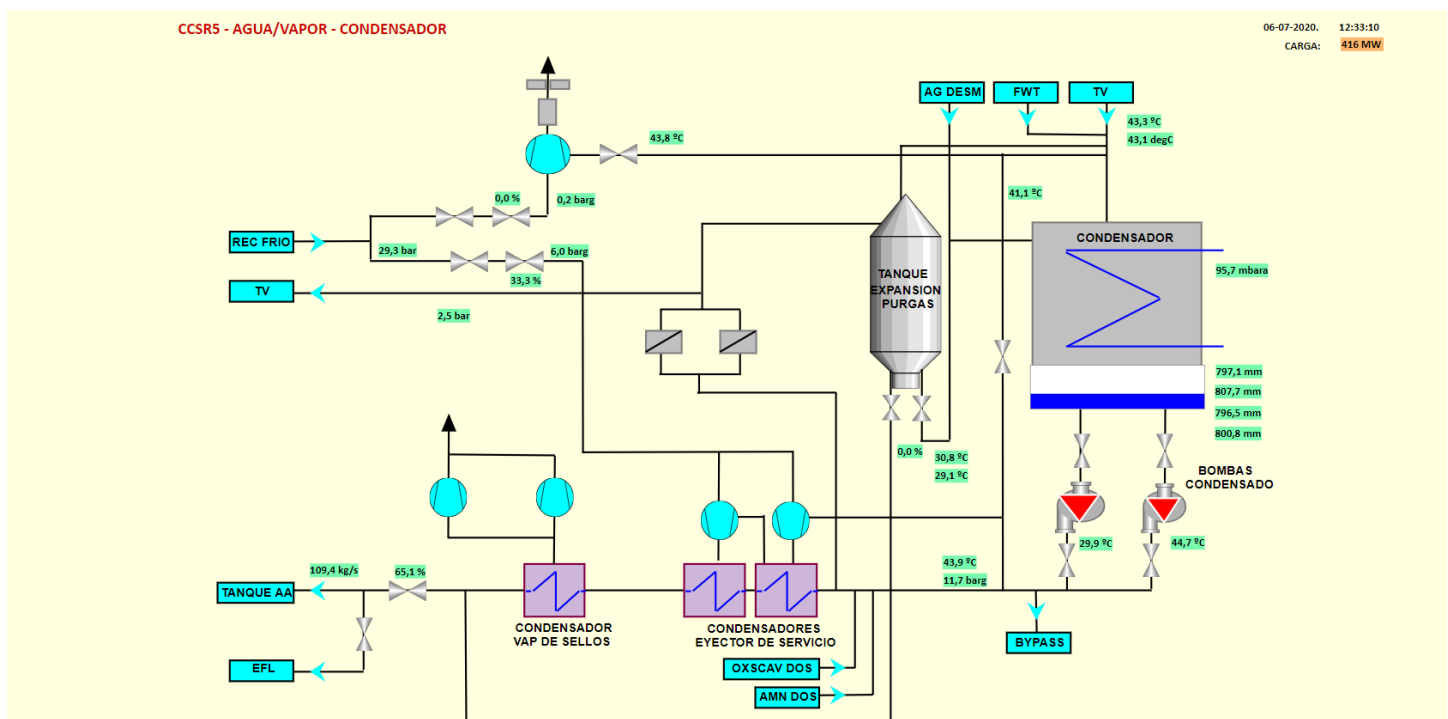


Ilustración 5: Pantalla de supervisión del proceso de condensación de la planta energética

4.3 PI SYSTEM AF

La finalidad de este proyecto es la de poder controlar el factor de limpieza al igual que se analiza a cada instante el resto de variables. Para ello, se han de crear nuevos tags que implementados en las pantallas de supervisión y control, nos permitirá conocer dichos valores a cada instante. Estos valores, al ser adquiridos mediante el empleo de cálculos complejos y requiriendo la creación de sus tags, se emplea la tercera aplicación del software PI OSI-soft, PI Systema AF.

En primer lugar, se introducen en la aplicación los datos de las variables necesarias, la medición de las variables de las que se requiere su conocimiento como se muestra en la ilustración 6, generando en la aplicación una primera base de datos variables a lo largo del tiempo, desde la potencia de generación a la que está trabajando la planta en un momento dado hasta la temperatura del agua de circulación a la entrada del condensador.



Category: Datos de campo		
Caudal cond. a desgasif. S5		87,06379 kg/s
Caudal agua circulación		57813,421875 t/hr
Caudal aportación		27,931999206543 t/h
E Bruta Soto 5		326,5426 MWh
P condensador		998,4099 mbar
P ent TBP 21		0,917999982833862 bara
P ent TBP 22		0,897000014781952 bara
P escape TBP		0,0379999987781048 bar
Tª agua aportacion		17,246000289917 °C
Tª agua circulación entrada 1		25,69123 °C
Tª agua circulación entrada 2		25,04349 °C
Tª agua circulación salida 1		34,8 °C
Tª agua circulación salida 2		35 °C
Tª condensado		38,18723 °C
Tª condensador		37,71875 °C
Tª drenaje CBP		39,7820014953613 °C
Tª ent TBP LD		217,781997680664 °C
Tª ent TBP LI		220,944000244141 °C
Tª escape TBP		31,5419998168945 °C

Ilustración 6: Introducción de variables en PI System AF

También permite obtener *trends* de tendencia de cada variable. En el caso del condensador, y en vistas a la ventaja que presenta la monitorización de este proceso, se pueden obtener, entre otros, los siguientes *trends*:

- *Trend* de 30 días de la variación de la temperatura del agua a la entrada (rojo) y a la salida (azul) del condensador que se puede ver la ilustración 7.

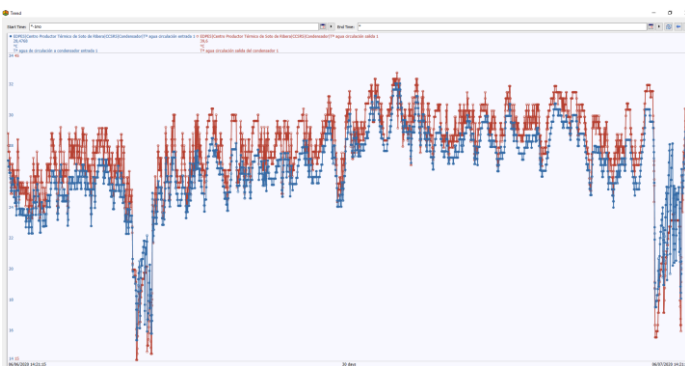


Ilustración 7: Trend de 30 días de la variación de la temperatura del agua a la entrada y a la salida del condensador.

- *Trend* de 30 días de la variación de la temperatura del condensado (azul) y del condensador (rojo).

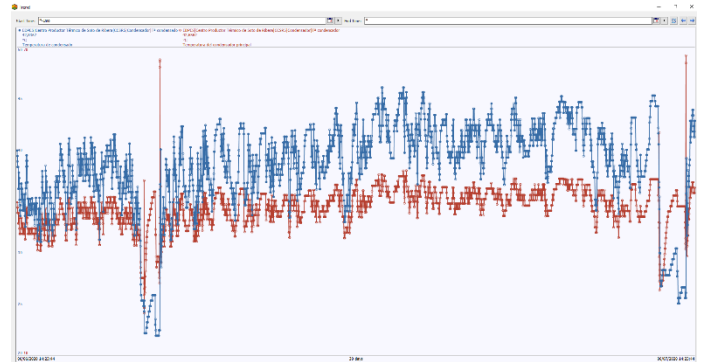


Ilustración 8: Trend de 30 días de la variación de la temperatura del condensado y del condensador.

5. APLICACIÓN DEL MÉTODO H.E.I. AL CONDENSADOR OBJETO DE ESTUDIO.

Para la aplicación del método H.E.I., se ha de tener en cuenta la variación de algunos de los factores, dependientes, en cada caso, de otros, tales como temperaturas, caudales, y demás variables cuyo valor es susceptible de fluctuar durante el funcionamiento del proceso. [3]

En primer lugar, cabe valorar que el coeficiente global de transferencia de calor sin corregir U_1 , variará en función de la velocidad de paso del agua de refrigeración, y esta a su vez en función de la temperatura.

$$v = \frac{Q}{\rho \cdot A_{\text{paso}}} \quad (6)$$

Donde el área de paso viene dada por la siguiente fórmula:

$$A_{\text{paso}} = S \cdot \frac{N}{Pt} \quad (7)$$

Obteniéndose un valor fijo de 1,989 m².

Por su parte, el valor de la densidad del agua variará en función de la temperatura como se puede observar en la gráfica de la ilustración

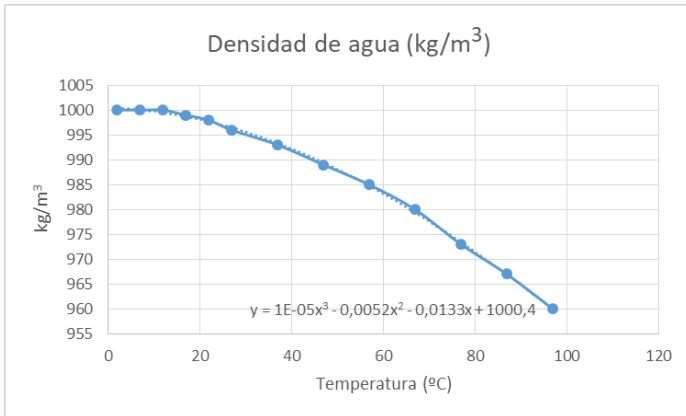


Ilustración 9: Gráfica de la variación de la densidad del agua en función de la temperatura.

Por su parte, el calor específico del agua también variará en función de la temperatura media entre la temperatura de entrada del agua de refrigeración y la temperatura de salida del condensador como se puede observar en la gráfica de la ilustración 10.

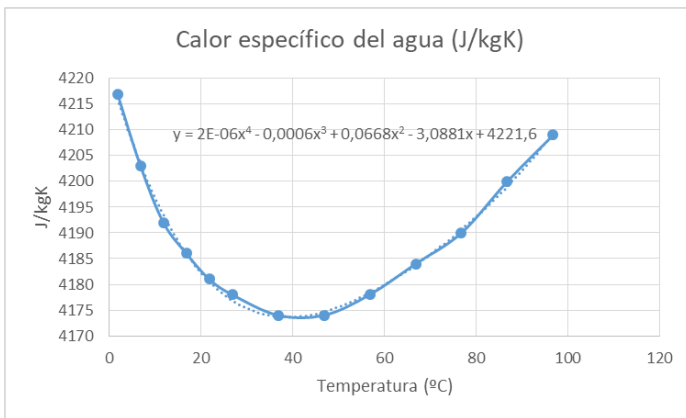


Ilustración 10: Gráfica de la variación del calor específico del agua en función de la temperatura.

El valor de U_1 viene dado en función del diámetro externo de los tubos internos del condensador y de la velocidad a la que circule el agua en el interior de los tubos del condensador, datos que se adquieren de la ficha técnica, a partir de la siguiente gráfica normalizada de la ilustración 11.

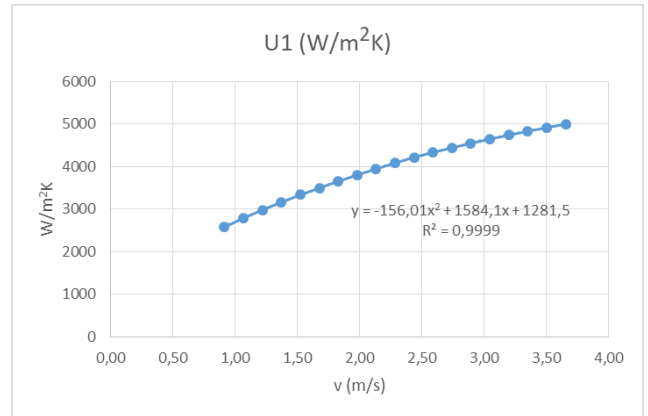


Ilustración 11: Gráfica de la variación del valor del coeficiente global de transferencia de calor sin corregir.

Para el factor de corrección del agua alimentación F_w , se emplea la siguiente gráfica normalizada de la ilustración 12.

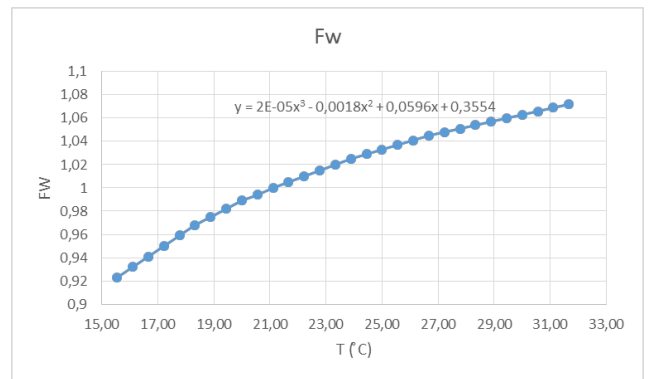


Ilustración 12: Gráfica de variación del factor de agua de alimentación en función de la temperatura de salida del condensador.

Para el factor de corrección del material F_M , será un factor que varía en función del material empleado para la fabricación del condensador y la galga del tubo.

En el caso del condensador objeto de estudio, habiéndose empleado titanio en su fabricación y un espesor de tubo de 0,5 mm, F_M tendrá un valor de 0,95.



5.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO H.E.I. PARA RÉGIMEN NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO.

Considerando el modelo del condensador de la central y sus valores para un régimen nominal de funcionamiento, se aplica el método H.E.I. con el fin de obtener las potencias térmicas, el coeficiente global de transmisión de calor y el factor de limpieza para dichas condiciones, se obtienen los siguientes valores que aparecen en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Resultados de la aplicación del método H.E.I. al condensador en régimen nominal.

Datos de funcionamiento del condensador	
\dot{m}_c (kg/s)	104,442
i_{lg} (kJ/kg)	2244500
A (m ²)	7076
T _{w,e} (°C)	22,2
T _{w,s} (°C)	34,4
T media (°C)	28,3
C_{pw} (J/m ² K)	4215,44
U ₁ (W/ m ² K)	4201,37
F _M	0,95
F _w	1,01
\dot{m}_w (kg/s)	4582,9
T _{sat} (°C)	38,1
Q (kJ/s)	235055452,58
LMDT	8,37
U (W/ m ² K)	3.969,87
F _L	1

resultados referidos al funcionamiento el condensador representados en la tabla 5.

Tabla 5: Resultados de la aplicación del método H.E.I. al condensador para un instante dado.

Datos de funcionamiento del condensador	
\dot{m}_c (kg/s)	104,442
i_{lg} (kJ/kg)	2275570
A (m ²)	7076
T _{w,e} (°C)	26,38
T _{w,s} (°C)	39,56
T media (°C)	32,97
C_{pw} (J/m ² K)	4173,92
U ₁ (W/ m ² K)	4.113,97
F _M	0,95
F _w	1,040
\dot{m}_w (kg/s)	4.582,9
T _{sat} (°C)	44,39
Q (kJ/s)	244852032,55
LMDT	10,02
U (W/ m ² K)	3453,40
F _L	0,849

Al comparar los datos de las tablas 4 y 5, se puede observar que con el tiempo, el grado de ensuciamiento del condensador aumenta, reduciendo su capacidad de intercambiar calor y afectando al rendimiento de la central.

5.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO H.E.I. PARA UN INSTANTE DADO.

Considerándose un instante en el funcionamiento rutinario del condensador de la central de generación, en el que la temperatura de refrigeración a la entrada del condensador es de 26,38°C y la temperatura del agua a la salida del condensador es de 39,56°C, una presión del vapor a la salida de la turbina de baja presión de 0,092 bar y una temperatura de saturación que asciende hasta los 44,39°C, se obtienen los siguientes



6. VARIACIÓN DEL FACTOR DE LIMPIEZA PARA UN RANGO DE TIEMPO DETERMINADO.

Aplicando una de las grandes ventajas que ofrece el software OSisoft, se puede acceder al historial de datos del funcionamiento del centro de generación, que aplicando los cálculos que se emplean en el método H.E.I, se puede obtener la variación del factor de limpieza en el condensador para un rango de tiempo determinado. [3]

Como se observa en la ilustración 13, el factor de limpieza fluctúa a lo largo del tiempo.

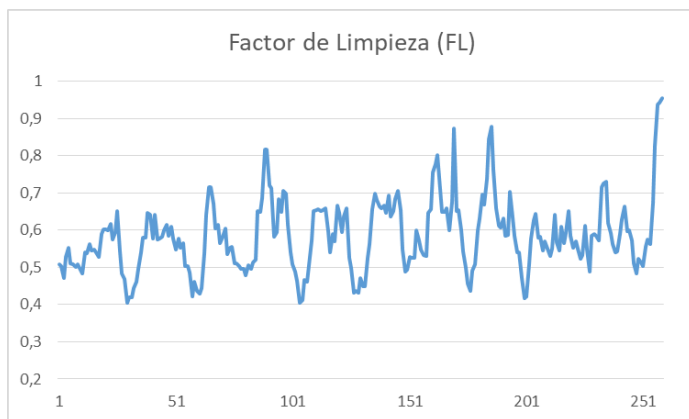


Ilustración 13: Gráfica de la variación del factor de limpieza para un total de 251 horas.

7. CONCLUSIONES

A partir de este estudio se puede deducir, en primer lugar, que tras la realización de los cálculos comparativos entre los datos estándar y los tomados en un instante cualquiera, la variabilidad tanto de la potencia térmica intercambiada, el coeficiente global de transferencia de calor o el factor de limpieza, factores clave para evaluar el proceso de condensación de una central de generación energética, demuestran la necesidad de implementar estas aplicaciones para analizar la explotación energética en su conjunto, así como de ser conocedores para diferentes rangos temporales la fluctuación que pueda darse en dichos factores.

Así mismo, se pone de manifiesto el requerimiento de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) para el control de los procesos, aplicándose en este caso a procesos energéticos, en los que es de vital importancia conocer a tiempo real el régimen en el que se trabaja.

Cabe destacar que gracias a las *interface* diseñadas para el control y la supervisión del proceso a tiempo real, dichas labores pueden realizarse de forma telemática, sin necesidad de estar en la propia planta de generación eléctrica.

Por último, pese a la problemática que genera la adquisición de una gran cantidad de datos referidos a los valores de cada variable medida a cada instante, tras procesos de cribado e implementando un óptimo uso en su gestión, principalmente para la realización de informes periódicos, el uso de este tipo de aplicaciones demuestra ser indispensable para conocer de forma exhaustiva todos los procesos que puedan darse.



NOMENCLATURA

\dot{m}_c	flujo másico de vapor condensado	\dot{m}_w	Flujo másico de agua que entra en el condensador
i_{lg}	entalpía de cambio de fase de vapor a líquido	T_{sat}	Temperatura de saturación
$T_{w,e}$	Temperatura del agua de entrada al condensador	LMDT	Diferencia de temperatura media logarítmica
$T_{w,s}$	Temperatura de agua de salida del condensador	F_M	Factor de corrección por el material y el calibre de los tubos
c_{pw}	Calor específico del agua	F_w	Factor de corrección en función de la temperatura de refrigeración de entrada al condensador
U_1	Coefficiente global de transferencia de calor sin corregir.	F_L	Factor de limpieza del condensador
U	Coefficiente global de transferencia de calor	A	Superficie del condensador
\dot{Q}	Potencia térmica	A_{paso}	Superficie de entrada al condensador por los tubos
P_t	Número de pasos del condensador	ρ	Densidad del agua
N	Número de pasos	Q	Caudal de agua
v	Velocidad del agua	S	Sección de los tubos del condensador

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer el apoyo del departamento de Generación y Control Técnico de la Central Térmica de Aboño y el grupo EDP, y la colaboración de sus profesionales para la redacción de este artículo.

REFERENCIAS

- [1] Vázquez. L., Blanco. J. M^a., Peña F., y Rodríguez J. M. (2014). Monitorización y diagnóstico de centrales térmicas: Desarrollo de un detector visual de estados estacionarios. Santiago de Cuba: Facultad de ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oriente.
- [2] Remiro J. Á., y Lozano M. Á. (2005). Diagnóstico Energético de la Operación de Centrales Termoeléctricas. Zaragoza: Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (España).
- [3] Suárez Ramón I., Prieto González M. (2000). Numerical study of the performance of a church window tube bundle condenser. Gijón: Departamento de Energía de la Universidad de Oviedo (España).
- [4] (2015) Manual de usuario de PI DataLink. Análisis de explotación - HC Generación.
- [5] (2015) Manual de usuario de PI ProcessBook. Análisis de explotación - HC Generación.
- [6] Palacio J. (2000) Estudio del rendimiento térmico de un condensador de central térmica alimentado por agua de mar. Oviedo: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales e Ingenieros Informáticos de Gijón (España).