

USO DE UN FOG SYSTEM EN LA CENTRAL CHIHUIDO PARA INCREMENTAR LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN EPOCAS DE ELEVADA TEMPERATURA AMBIENTAL

1ras. Jornadas de Calidad en Mantenimiento e Inspección

Autor: Ing. Ernesto Hantsch – Repsol YPF SA.

Sinópsis:

La Central Chihuido, propiedad de Repsol YPF, esta localizada a 47 Km de la ciudad de Rincón de los Sauces y consta de dos turbinas a gas marca General Electric modelo LM2500.

Esta instalación genera energía eléctrica para abastecer a los yacimientos de producción de petróleo.

En los meses de verano, la generación decrece debido al incremento de la temperatura ambiente.

Para mitigar este efecto indeseado, se instaló con éxito un sistema de pulverización de agua.

Introducción

Datos de la Central Chihuido.

La Central Chihuido esta ubicada a unos 47 Km de Rincón de los Sauces y cuenta con dos turbinas a gas LM 2500 (General Electric). Es propiedad de Repsol YPF y es operada y mantenida por un servicio contratado.

La capacidad demostrada de dicha instalación es de 38.50 Mw a 15 °C. Esta potencia se ve afectada por la temperatura ambiente de acuerdo al gráfico de la figura 1 (sección anexos).

Cada una de las turbinas consume unos 5100 metros cúbicos de aire por minuto.

Desarrollo

Para mitigar los efectos de la temperatura ambiente en la generación de la electricidad se decidió encarar un estudio de factibilidad técnico-económica de cada una de las tecnologías disponibles para enfriar el aire a la entrada de las turbinas. Estas fueron:

1. Enfriamiento del aire por pulverización o evaporación de agua: El aire es enfriado ya sea por el paso a través de un medio mojado o por pulverización de agua en finas gotas en la corriente de aire. A medida que el agua se evapora, enfría adiabáticamente el aire debido a su calor latente de vaporización. Es un sistema relativamente barato pero su eficacia depende de la humedad relativa ambiente.
2. Enfriamiento del aire por chillers. Utiliza los ciclos frigoríficos conocidos. Posee mayor eficacia que los primeros pero su costo es más elevado. Su eficacia no depende de la humedad relativa ambiente.

Por otro lado, la Central Chihuido esta emplazada en una zona semidesértica. Durante el verano, las temperaturas ambientales son elevadas y la humedad relativa del aire es baja.

Esta característica determinó que, el mejor sistema, desde un punto de vista técnico económico, es el de enfriamiento de aire por pulverización de agua.

Bajo otras condiciones ambientales, por ejemplo en zonas de mayor humedad ambiente, el resultado hubiese sido distinto e incluso ineconómico para la instalación de alguno de los sistemas existentes.

Propiedades de la evaporación de agua.

La fenómeno de la evaporación de agua puede estudiarse desde la termodinámica y con la ayuda de los diagramas psicometricos.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se presentan los valores de temperatura de aire que se pueden esperar a la salida de un sistema de pulverización de agua para una temperatura y humedad ambiente dadas. Se entra con los valores de temperatura y humedad ambiente.

Temperaturas obtenibles por evaporación de agua.									
	Humedad								
°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	4	4.5	5.5	6	7	7.5	8	9	9.5
15	7.5	8.5	9.5	10.5	11	12	13	13.5	14
20	11	12	13	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19
25	14.5	16	17	18.5	20	21	22	23	24
30	17.5	19.5	21	22.5	24	25	26.5	28	29
35	20	23	25	26.5	28.5	30	31.5	32.5	34
40	23	26.5	29	31	32.5	34.5			
45	26	29	32.5	35					
50	29	32.5	36.5						

Nota: La tabla corresponde a una saturación del aire del 80 % a la salida del proceso.

Incrementos de generación:

En la siguiente tabla se resume cuales son los incrementos de generación esperados como consecuencia de la instalación de un sistema de pulverización de agua en turbinas tipo LM2500.

	HR 20%		HR 30%		HR 40%	
Temp ambiente.	Aumento generación (%)	Agua a pulverizar (l/min)	Aumento generación (%)	Agua a pulverizar (l/min)	Aumento generación (%)	Agua a pulverizar (l/min)
38,2	13,2%	30,6	12,09	25,3	10,3	20,2
35	11,72	29,5	9,99	23,8	8,5	18,5
30	9,25	26,2	8	22	6,72	17,7
25	7,12	23,4	6,14	19,7	5,21	15,8
20	5,6	20,3	4,81	16,6	4,07	14,2
15	4,36	16,6	3,76	14,2	3,17	11,7
10	3,37	13,6	2,96	11,7	2,55	9,9

También se indica la cantidad de agua en litros por minuto que se requieren. Observar como la efectividad del sistema aumenta a medida la temperatura y decrece la humedad relativa. (HR).

A los efectos de la evaluación económica del proyecto, se tomo la media anual de humedad relativa y temperatura que para el caso de la Central Chihuido es de 20 grados centígrados y 30 por ciento respectivamente. Entonces, el incremento de generación esperado a lo largo de un año es de 4.81 por ciento o unos 2 Mw de generación.

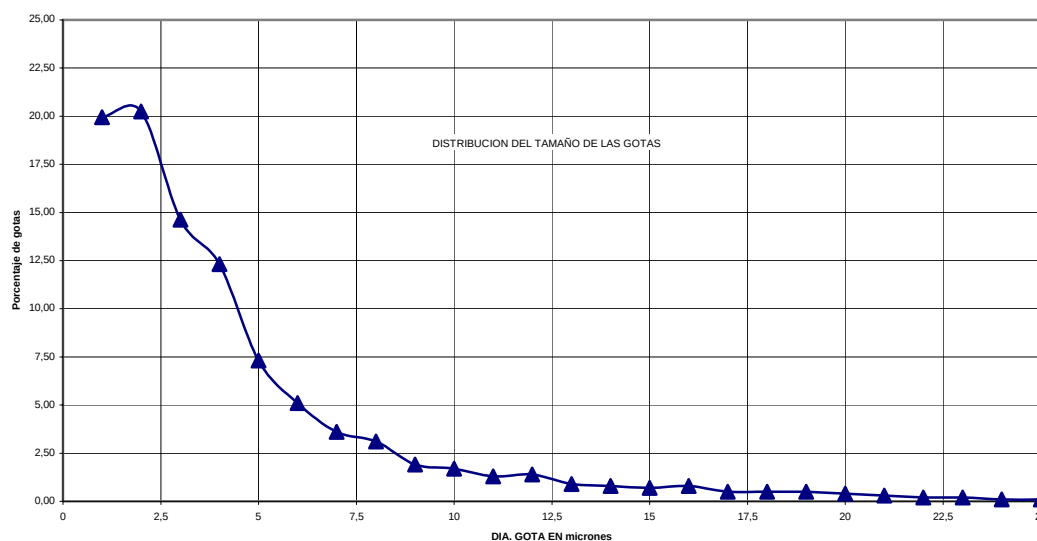
Sistema de pulverización.

El sistema de pulverización consta de varias boquillas de pulverización, distribuidas en una malla, a la entrada de aire de las turbinas.

En el diagrama siguiente se observa un esquema de la boquilla de inyección.



En el grafico siguiente se muestra la distribución probabilística de los tamaños de las gotas de pulverización de las boquillas que se utilizaron en la Central Chihuido.



Los tamaños muy grandes de gotas hacen perder eficiencia (agua inyectada vs agua que realmente humidifica el aire) al sistema porque no se mezclan bien con el aire y caen al suelo o chocan con los filtros.

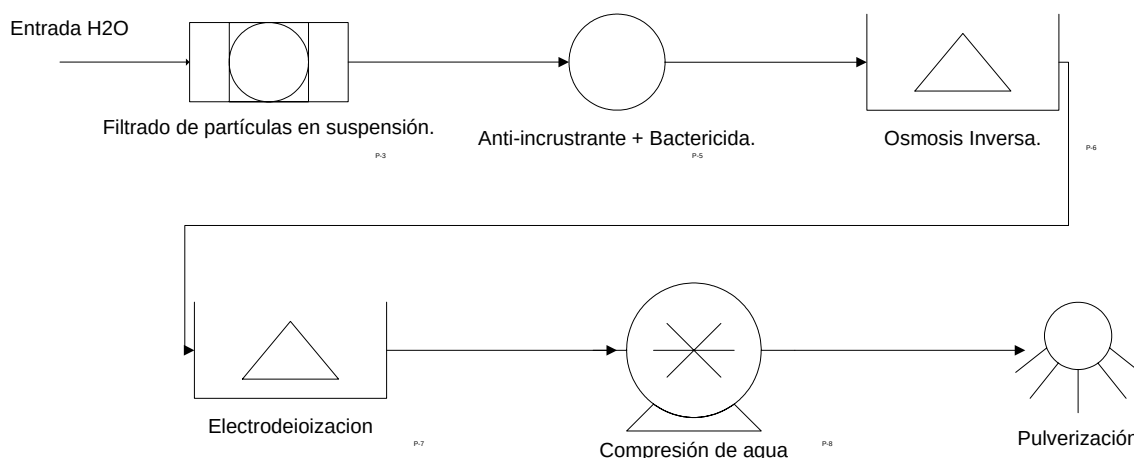
Las gotas de tamaño igual o menor a 10 micrones son las ideales.

Diagrama de proceso del sistema.

En forma muy breve, el sistema de pulverización de agua consta de:

- Una planta de tratamiento de agua con una etapa de osmosis inversa mas otra etapa de electodeionización. Se obtiene agua con contenidos inferiores a 2 ppm de sólidos.
- Una etapa de compresión de agua de 142 Kg/cm2.
- Pulverización del agua mediante las boquillas de pulverización.
- Control de todo el sistema.

El diagrama siguiente ilustra el proceso.



Características del agua inyectada.

Tamaño de gotas: < 10 microns

Capacidad máxima de pulverización: 30 litros por minuto

Control del caudal de inyección por variador de frecuencia.

Requiere agua de elevada pureza para:

- Evitar tapar las boquillas de inyección.
- Inyectar agua según especificación del fabricante de la turbina.

Tecnología de tratamiento del agua: Simple de ósmosis inversa más una etapa de electrodeionización continua.

Procedencia del agua: Río Colorado.

Calidad del agua a tratar: 925 ppm de TSD (total sólidos disueltos).

Calidad del agua a obtener: “Requirements for Water/Steam purity In Gas Turbines” - < 5.0 ppm de sólidos disueltos.

Dosificación antincrustante y/o dispersante.

Control de operación línea por PLC

Protecciones:

- Corte por baja presión en la entrada (Falta de agua, prefiltros sucios)
- Corte por bajo nivel en el reservorio de anti-incrustante.
- Corte por acuse de falla en las protecciones de los motores.
- Corte de emergencia mediante interruptor por golpe de puño.
- Corte por detección de hidrocarburos y/o cloruros a la entrada.

Aspectos económicos.

A los efectos indicativos, el equipo de pulverización tiene un costo de unos 130000 dólares. La planta de tratamiento de agua tiene un costo de 55000 dólares.

Conclusiones.

El sistema de pulverización de agua lleva mas de dos años de funcionamiento con resultados satisfactorios.

Los incrementos de potencia reales obtenidos mediante mediciones concuerdan con los valores teóricos calculados al inicio del proyecto.

Al final de este informe, se incluyen fotografías de algunas de las partes del sistema.

Anexos

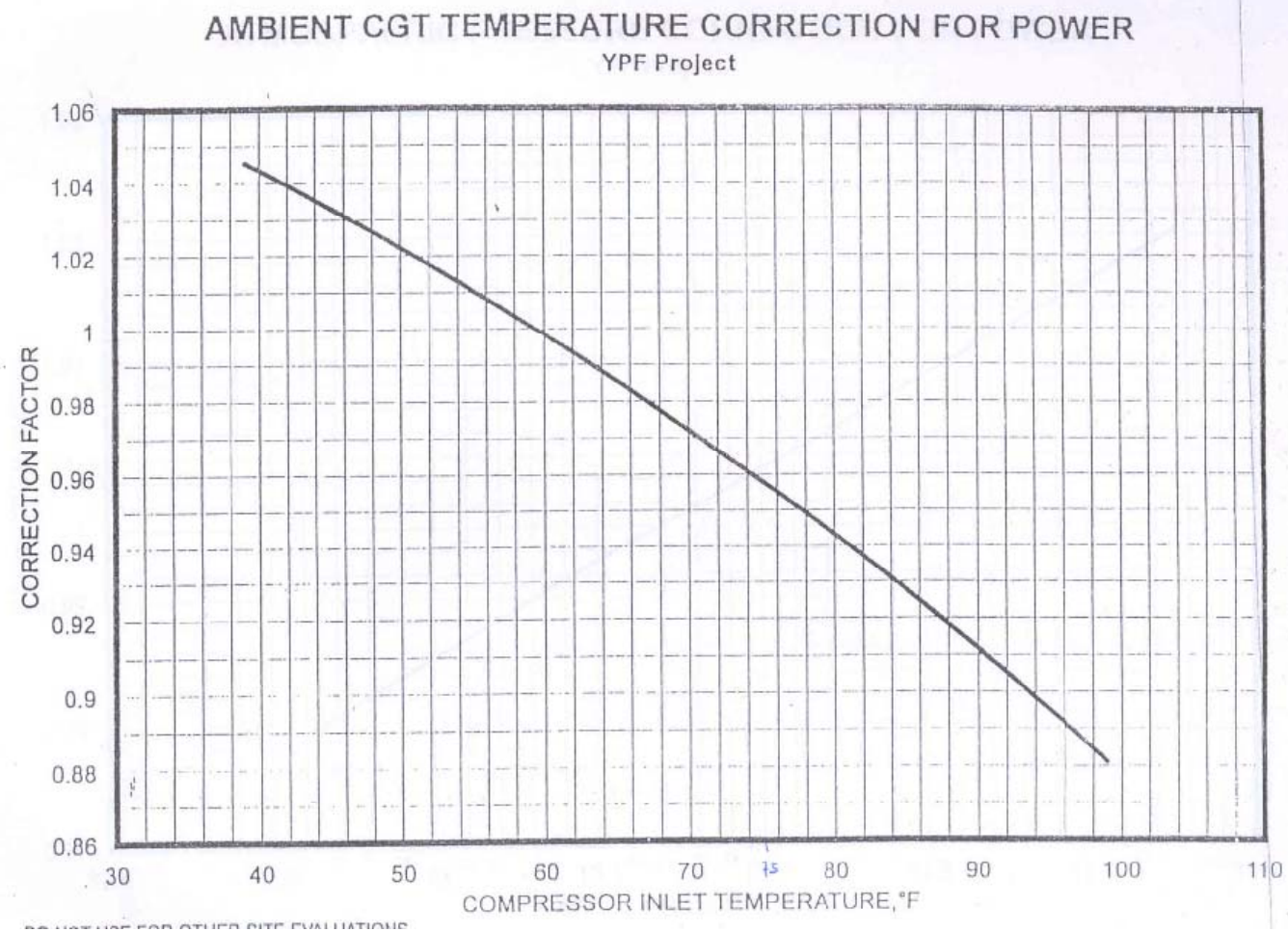


Figura N° 1



Vista de la malla de pulverización de agua



Tablero de control



Vista de la malla de pulverización.



Malla de pulverización



Planta de tratamiento de agua.



Planta de tratamiento de agua.