

TRATAMIENTO DE AGUA PARA SISTEMAS DE COGENERACION

\*ING. CARLOS E. LUGO CWS-IV\*

INGENIERO QUIMICO

MARIANO ESCOEDO 192 MEXICO DF,

Carlos.lugo@lawsco.com.mx

## TRATAMIENTO DE AGUA PARA SISTEMAS DE COOGENERACION

El principal objetivo de este trabajo, es proporcionar una guía para seleccionar los equipos de tratamiento de agua a diseñar para generadores de vapor de alta presión. Para esto, es importante considerar las características del agua disponible y las calidades de agua que requieren los generadores de vapor con el fin de para proteger las turbinas de vapor de corrosiones e incrustaciones.

También se da una guía para tratar el agua de torres de enfriamiento y la instalación de filtros laterales. El propósito, es mantener el agua sin tendencias incrustantes y que se remuevan los sólidos en suspensión que el agua arrastra al enfriarse con el aire que fluye a contracorriente que se acumulan en cambiadores de calor condensadores y afectan significativamente la transferencia de calor teniendo impactos económicos negativos en eficiencias y los costos de mantenimiento y limpiezas.

Se proporcionara un resumen de las técnicas y sistemas de tratamiento de agua más modernos tomando en cuenta los costos de inversión inicial, costos de operación y su impacto ambiental.

Se tomaran en cuenta los diferentes tipo de operación de los mismos y la importancia en que el personal de operación asegure una operación continua con paros mínimos manteniendo los sistemas operando sin afectar la producción

Se presentara la necesidad de diseñar los sistemas de control de los sistemas de tratamiento de agua con Controladores Lógicos Programables (PLC por sus siglas en ingles)

Contemplando la protección ambiental, se dará una orientación de los diferentes sistemas que se pueden seleccionar para minimizar el impacto ambiental por sus descargas.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se desarrolla un proyecto de cogeneración, los departamentos técnicos encargados del proyecto se encuentran con la necesidad de plantear un tratamiento de agua para operar la caldera de alta presión. En estos casos, únicamente se va a contar con consultas a proveedores que le presentaran varias alternativas.

A continuación, se presentara una lista de diferentes equipos de tratamiento definiendo primeramente los procesos más comunes que se encuentran disponibles en el mercado para tratar aguas superficiales o de pozo

Así mismo se pondrá énfasis en las alternativas mecánicas de los equipos y los controles más adecuados que les permitan una supervisión continua de los diferentes sistemas de tratamiento de agua así como una operación automática y eficiente.

Por ultimo, se dará una lista equipos de tratamiento de agua para tratar el agua de las torres de enfriamiento y los criterios de selección de estos.

Como nota final, es importante familiarizar a los ingenieros de proyecto con la estructura y formato de los análisis de agua fisicoquímicos para que con esta base se puedan establecer las bases de diseño de los diferentes sistemas de tratamiento de agua.

## MATERIALES Y METODOS

### 1.- QUE ES COGENERACION

La COGEN España define la Cogeneración y sus ventajas de la siguiente manera:

“La cogeneración es un sistema de producción de calor y electricidad de alta eficiencia. La eficiencia de la cogeneración reside en el aprovechamiento del calor residual de un proceso de generación de electricidad para producir energía térmica útil (vapor, agua caliente, aceite térmico, agua fría para refrigeración, etc.).

Con los siguientes beneficios:

1. Disminución de los consumos de energía primaria
2. Disminución de las importaciones de combustible
3. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
4. Disminución de pérdidas en el sistema eléctrico e inversiones en transporte y distribución.
5. Aumento de la competitividad industrial y de la competencia en el sistema eléctrico.”<sup>1</sup>

Una **turbina de vapor** es definida como una turbo máquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el vapor y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes con los que se realiza el intercambio energético.

En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad. En una turbina se pueden distinguir dos partes, el rotor y el estator. El rotor está formado por ruedas de álabes unidas al eje que

constituyen la parte móvil de la turbina. El estator también está formado por álabes, no unidos al eje sino a la carcasa de la turbina.<sup>2</sup>

## SUMINISTROS DISPONIBLES DE AGUA

Antes de hablar sobre los suministros de agua, es muy importante conocer la estructura básica de un análisis fisicoquímico de agua, ya que esta información es determinante para el diseño y selección de un sistema de Tratamiento de Agua Optimo el cual se puede ver en la siguiente tabla:

Parámetros	(ppm Ca <sub>2</sub> cO <sub>3</sub> )	Agua de Pozo	Agua Suavizada	Agua Permeada
Calcio	ppm	190	1	0
Magnesio	ppm	50	1	0
Sodio	ppm	217	249	4
Potasio	ppm	0	0	0
Cationes Totales	ppm	457	251	5
Bicarbonatos	ppm	300	200	3
Cloruros	Ppm	157	40	1
Sulfatos	ppm	100	11	0
Nitratos	ppm	0	0	0
Aniones Totales	ppm	251	251	4
Sílice	ppm	43	43	<1
Alcalinidad	ppm	200	250	3
Dureza Total	ppm	34	2	0
pH	ppm	7.3	8	5.65
Conductividad	µmhos/cm	480	840	<10
Sólidos suspendidos	ppm	2	2	2

**Tabla No. 1: ANALISIS DE AGUA A TRATAR. AGUA SUAVE Y AGUA TRATADA PARA UNA CALDERA DE AGUA DE ALTA PRESION**

En la Tabla No. 1 columna 3, se muestra un análisis fisicoquímico del agua cruda a tratar que puede ser de pozo o río. Al revisar la fila de sólidos suspendidos, la concentración de los mismos es baja lo cual puede indicar que el agua es de pozo como lo es en este caso particular.

Si la concentración de sólidos suspendidos es mayor a 10 ppm (mg/l) se requiere un tratamiento para remover esa turbidez o sólidos suspendidos.

De igual importancia, es conocer los parámetros de calidad de agua requeridos en calderas de vapor los cuales se pueden ver en la siguiente tabla:

<b>Presión de vapor</b>	<b>&lt;32 bar</b>	<b>33 &lt; &gt;52 bar</b>	<b>52 bar</b>
<b>SiO<sub>2</sub> ppb</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>10</b>
<b>Fe ppb</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>5</b>
<b>Otros metales pesados ppb</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Sodio + potasio ppb</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Alcalinidad total ppb</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
<b>Dureza total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabla No 2 CALIDAD DE AGUA REQUERIDA POR CALDERAS DE ALTA PRESION**

Como se puede ver, la diferencia de la Tabla 1 y 2 es que se expresan las concentraciones en la Tabla 1 en ppm (mg/l) y en la tabla de calidad de vapor en ppb (milésima mg/l)

#### AGUA DE RIOS O CANALES

El agua proveniente de un río o canal, en épocas de lluvias normalmente tiene un contenido alto de sólidos en suspensión y materia orgánica, lo que obliga a tratar el agua con clarificadores para dejar el agua con un contenido menor a 0.1 ppm de sólidos suspendidos.

El tratamiento de clarificación más común usado es tratar el agua con clarificadores tipo LAMELLA seguido por un sistema de filtración. Para asistir en el proceso, se usan floculantes como el cloruro férrico. Los lodos producidos deben ser removidos con filtros prensa y serán desechados como un sólido.

Normalmente las aguas de ríos tienen un contenido de sólidos disueltos más bajo que el agua de pozos, por lo que desde el punto de costos de operación puede ser más económico usar agua de río.

Después de los filtros el Agua se envía a un sistema de suavización y osmosis inversa con pulidores de intercambio (lechos mixtos) para obtener una calidad de agua como se muestra en la Tabla 2 ya que estos equipos son los encargados de remover solidos disueltos en el agua.

## AGUA DE POZO

Normalmente las aguas de pozo tiene un alto contenido de solidos disueltos, similares a los que se muestran en la Tabla 1 columna 3...

El tratamiento del agua de pozo, será el tratamiento de filtración de solidos suspendidos, filtros de carbón, suavizadores y osmosis inversa y/o intercambio iónico

## PROCESO 1

FILTRACION → FILTRO DE CARBON ACTIVADO → SUAVIZACION → OSMOSIS INVERSA → LECHOS MIXTOS

## PROCESO 2

FILTRACION → DESMINERALIZACION POR INTERCAMBIO IONICO → LECHOS MIXTOS

## PROCESO 1

**VENTAJAS:** Operación; Muy simple, bajo consumo de reactivos químicos y costos de operación relativamente bajos. El agua efluente de rechazo de la osmosis inversa tendrá una concentración del 0.2% con un pH de 7-8

**DESVENTAJAS:** el consumo de agua de desperdicio es relativamente alto, aproximadamente 30% en relación con el agua de entrada: Si el contenido de sílice es alto mayor a 60 ppm se debe

de incrementar el rechazo de agua hasta en un 50%. Se puede requerir una segunda unidad de respaldo lo que incrementa la inversión capital.

## PROCESO 2

**VENTAJAS: OPERACIÓN;** Muy simple, una operación confiable ya que se cuentan con dos trenes y costos de operación relativamente moderados por los consumos de reactivos químicos, ácido clorhídrico y sosa caustica.

**DESVENTAJAS:** Alto consumo de productos químicos para la regeneración, aproximadamente 10% en relación con el agua de entrada. Se requiere instalar un sistema de neutralización que permita descargar los efluentes con un pH de 8 a 9. El agua efluente de desecho tendrá una salinidad entre 1 a 1.5 % de concentración.

## AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION DE AMBOS SISTEMAS

Se propone que los sistemas estén totalmente automatizados con un Control Lógico Programable (PLC por sus siglas en ingles) y pantallas táctiles con interfaces que se conecten a un control distribuido para monitorear toda la secuencia de operación, consumo de energía y reactivos, sistema de alarmas y mantenga un registro histórico de la operación, monitoreando flujos totalizadores de agua tratada, consumo de agua de desecho, calidades de agua y alarmas.

## TRATAMIENTO DE AGUA A TORRES DE ENFRIAMIENTO

En los sistemas de cogeneración existen torres de enfriamiento que consumen agua como parte de su operación.

El problema de operación de la torre de enfriamiento, es que durante el proceso de enfriamiento del agua, el agua se evapora y se incrementan los sólidos en el agua de recirculación del circuito de enfriamiento.

Si no se controlan los sólidos en el circuito de enfriamiento se presentarían problemas de altas incrustaciones en los equipos que usan esa agua para enfriarse, incrustaciones en tuberías, válvulas y empaque de la torre de enfriamiento.

Así mismo se presentarían crecimientos orgánicos que se manifestarían como lodos.

## TRATAMIENTOS DE AGUA PROPUESTOS EN TORRES DE ENFRIAMIENTO

### CONTROL DE INCRUSTACIONES.

Se recomienda tratar el agua de repuesto con filtración y suavizadores de intercambio iónico, que remuevan los sólidos en suspensión y la dureza del agua, para mantener un índice de incrustación (INDICE DE LANGELLIER), no incrustante.

### CONTROL ORGANICO

Se propone clorar el agua con hipoclorito de sodio y mantener un residual de cloro libre de 0.5 ppm. Además de dar choques bisemanales con bioxidas. De esta manera se tendrá un agua en recirculación libre de algas.

## FILTRO LATERAL

El agua en recirculación se contamina con el aire de la torre de enfriamiento resultando en polvos y sólidos que se arrastran con el aire que se queda en el agua de recirculación

Si no se remueven los sólidos en suspensión, estos se acumularán en el tanque de agua fría de la torre de enfriamiento. Al acumularse fango las bombas de recirculación lo succionarán enviando el agua con fango al proceso en consecuencia produciendo taponamientos en tuberías cambiadores de calor etc.

Otro beneficio adicional es que se mejorará la aplicación de tratamientos químicos en las torres ya que no existirán fangos que absorban esos productos obteniendo ahorros significativos ya que se minimizaran las perdidas.

## TRATAMIENTO DEL AGUA DE REPOSICION A LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Es de suma importancia que la dureza del agua no suba por arriba de los 50 ppm, para evitar incrustaciones de carbonatos de calcio y magnesio.

Para este fin es necesario tratar el agua de reposición con suavizadores de intercambio iónico para remover la dureza del agua cruda

Es importante también automatizar las purgas de las torres de enfriamiento para controlar los niveles máximos de salinidad permitida y evitar problemas de corrosión e incrustación y de esta manera controlar el Índice de estabilidad del agua en recirculación.

## RESUMEN

### TRATAMIENTO DE AGUA A GENERADORES DE VAPOR DE ALTA PRESION.

Seleccionar los tratamientos de agua en base a las fuentes de agua a tratar, considerando la mejor automatización posible para eliminar lo más posible el error humano en la operación de la planta y que los costos de operación sean totalmente controlables.

Considerar en el diseño el menor impacto ambiental descargando la menor cantidad de productos químicos a ríos o lagunas.

### TRATAMIENTO DE AGUA PARA TORRES DE ENFRIAMIENTO

Es de vital importancia instalar filtros laterales y automatizar las purgas, para mantener siempre libres de incrustaciones los circuitos de enfriamiento

Instalar suavizadores de intercambio iónico para tratar el agua de reposición de las torres de enfriamiento y así evitar incrustaciones.

Trabajos y paginas referenciados:

1) [COGEN España. Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración](#)

2) [http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina\\_de\\_vapor](http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_vapor)

3) turbine. Encyclopædia Britannica Online