SUSTANCIAS INCRUSTANTES

Sólidos en Suspensión.-

Con este nombre se designa al material insoluble que puede estar suspendido en el agua y cuya naturaleza es heterogenea, Estas impurezas pueden ser de origen inorgánico como las arcillas, carbonato de calcio, sílice, hidróxido férrico, azufre, etc. pueden ser de naturaleza orgánica, como la materia vegetal finamente dividida, como aceites grasas etc.

Todo este material produce una disminución de la claridad del agua que se denomina TURBIDEZ. Estas partículas sólidas en suspensión pueden variar en el tamaño desde las formas coloidales a las muy gruesas. Las partículas grandes solo podrán mantenerse en suspensión en flujos demasiado turbulentos. Todo material que por su peso tienda a precipitarse se le denomina SEDIMENTO.

Las aguas que contienen cantidades apreciables de sólidos en suspensión no son utilizables como alimentación en calderas, puesto que originan depósitos de lodos dentro del equipo y pueden favorecer a que el agua produzca espuma e incruste, prácticamente todas las aguas

superficiales contienen algo de materia en suspensión, lo cual requiere su eliminación para que pueda ser utilizada en la industria. Aún las aguas que se utilizan en medios de enfríamiento requieren la eliminación de los sólidos en suspensión por medios físicos como: asentamiento, filtración etc. y por medios químicos: coagulación.

Sílice(SiO_2).-

En todos los suministros de agua naturales, la sílice se encuentra presente en cantidades variables, dependiendo de la procedencia del agua; pero aproximadamente varía entre fracciones de p.p.m. hasta más o menos 100 p.p.m.

Esta sílice se encuentra solubilizada, la no solubilizada es decir la que puede tener en suspensión, es producto del arrastre mecánico y erosión del agua sobre el terreno en que se desplaza.

La sílice es una impureza perjudicial en las calderas de alta presión, en donde presenta tendencia a depositarse. Si hay calcio presente el depósito puede ser de silicato de calcio; si hay alúmina (Al_2O_3), el de-

pósito es un aluminosilicato tal como la analcita; y en otras condiciones los depósitos pueden consistir casi completamente de sílice.

Las incrustaciones producidas son adherentes y muy duras, y de aspecto vidriado y díficiles de remover. Sus conductividades térmicas son usualmente bajas y producen fallas en los tubos aún cuando haya una pequeña costra. La sílice es a veces arrastrada por el vapor, formando depósitos en el recalentador y en las hojas de la turbina.

Se supone que el SiO_2 es soluble hasta cierto punto en vapor de alta presión.

En equipo generador de vapor a baja presión, los depósitos de sílice pueden usualmente evitarse manteniendo un pequeño exceso de fosfato y una razón de alcalinidad a sílice de cuando menos 1:1 en las purgas de la caldera.

En aguas de proceso, la sílice parece no tener un efecto negativo en los productos. Por tratamiento -

apropiado el contenido de sílice en el agua puede ser reducido a límites no perjudiciales.

Si el agua por tratar, es agua superficial que requiera coagulación, el uso de sulfato férrico como coagulante ayudará a reducir el contenido del SiO_2. La cal dolomítica o magnesia activada usadas en el proceso de cal soda en caliente, es muy efectiva para este efecto.

Los silicatos generados entre la sílice y otras impurezas del agua, son parecidos a las zeolitas y tienen propiedades muy peculiares.

De acuerdo a C.Doelter, la analcita, $NaAL(SiO_2)_2 \cdot H_2O$, se formará cuando los reactivos de sodio, aluminio y sílica se encuentren en un sistema cerrado entre temperatura de 180 a 430°C.

Arriba de la temperatura límite superior de 430°C se dice que la analcita se transforma en un compuesto anhidro (nefelina) cuya fórmula es $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Abajo de la temperatura de 180°C se convierte en natrolita cuya fórmula es $2H_2O \cdot Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$.

La analcita no solo es una sal compleja generada en el seno del agua, sino que se encuentra en depósitos minerales de regiones volcánicas. Frecuentemente se localiza en fisuras y cavidades de la lava, en forma de cristales pequeños. Se describe su origen en la presencia de solución acuosas finales que se forman en la última etapa de la actividad volcánica, después que las soluciones de magman han alcanzado una temperatura y presión moderada.

A. de Schulten preparó analcita artificial, por mezcla de soluciones de silicato de sodio en una proporción tal, que en el producto obtenido, las cantidades de alúmina y sílice fueron las mismas que en la analcita natural.

La prueba se realizó, mezclando los reactivos con lechada de cal y calentando la muestra en un tubo de cobre sellado a 180°C.

Después de 18 horas se obtuvieron cristales de analcita con la siguiente composición (Tabla II)

TABLA II

Componente	Analcita Artificial %	Analcita Natural %
Sílice (SiO_2)	55.4	54.4
Alúmina (Al_2O_3)	22.1	23.3
Soda (Na_2O_3)	14.3	14.1
Agua (H_2O)	8.2	8.2
Total	100.0	100.0

La presencia de lechada de cal es como un medio de critalización.

La analcita cristaliza ya sea en forma cúbica o con caras trapezoidales dependiendo de las condiciones de la cristalización.

Sales de Calcio.-

Cloruro de Calcio ($CaCl_2$).

Esta sal se localiza en salmueras naturales, depósitos salinos etc. Forma parte de diferentes sales como la:

Taquidrita	$CaCl_2 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$
Hidrofilita	$CaCl_2$
Monohidrato de Cloruro de Calcio	$CaCl_2 \cdot H_2O$
Bihidrato de Cloruro de Calcio	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$
Exahidrato de Cloruro de Calcio	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$

Todas estas sales son delicuescentes y altamente solubles en agua.

TABLA III

SOLUBILIDADES DE CLORURO DE CALCIO

EN AGUA.

Temperatura	Solubilidad (p.p.m. de $CaCO_3$)
0°C	336,000
100°C	554,000

En los sistemas generadores de vapor la presencia de cloruro de calcio es altamente corrosiva.

Carbonato de Calcio.- ($CaCO_3$)

Es el principal constituyente de la piedra caliza, siendo bastante insoluble en agua, pues a una temperatura de 100°C es solamente soluble 13 partes por millón.

Cuando se presenta en el agua, es en estado de suspensión. Cuando el carbonato de calcio se genera en el agua es como producto de la descomposición térmica de una sal soluble de bicarbonato de calcio.

El equipo donde se calienta el agua o se genera vapor, la reacción que se produce es la siguiente:

$$Ca(HCO_3)2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

A elevadas temperaturas y presiones, la solubilidad del carbonato de calcio disminuye. En la proximidad de 14.2 atmósferas (200°C) la solubilidad del $CaCO_3$ es un poco menor de 5 p.p.m.

Bicarbonato de Calcio.- ($Ca(HCO_3)_2$)

El bicarbonato de calcio existe en solución y se forma por la acción del agua que contiene CO_2 sobre la

piedra caliza, marmol, calcita, dolomita y otros minerales que contiene carbonato de calcio, de acuerdo a la siguiente reacción:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

En agua a 0°C y saturada con bioxido de carbono a presión atmosférica, la solubilidad del bicarbonato de calcio es de 1620 p.p.m. esta es la máxima solubilidad y muchas agua naturales no contienen suficiente bicarbonato de calcio como para aproximarse a esta cantidad.

Cuando la temperatura aumenta, la solubilidad disminuye debido a que se incrementa la velocidad de reacción en sentido contrario a la expresada anteriormente. En las calderas la reversibilidad de la reacción es completa, y el contenido total de bicarbonato de calcio se descompone en dioxido de carbono, agua y carbonato de calcio, esta sal tiene una solubilidad muy baja pues a 0°C es de 15 p.p.m. y a 100°C de 13 p.p.m.

<u>Sulfato de Calcio</u>.- ($CaSO_4$).

Esta sal se presenta en diferentes minerales con varios nombres y composición:

Plaster de Paris	$CaSO_4$
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Blanco de Paris	$CaSO_4 \frac{1}{2} H_2O$

El sulfato de calcio es la única sal que forma incrustaciones, de todas aquellas sales que producen dureza permanente, ya que el sulfato, cloruros y nitratos de calcio y magnesio tienen solubilidades que exceden las 150,000 p.p.m. a 0°C y de 356,000 p.p.m. a 100°C expresadas como p.p.m. $CaCO_3$.

El yeso tiene una curva de solubilidad que presenta un incremento hasta cerca de los 40°C, después de lo cual desciende, hasta que a 100°C es un poco menor que la solubilidad 0°C.

TABLA IV

Solubilidad de Sulfato de Calcio en Agua de 0° a 220°C.-

Temperatura (°C)	Solubilidad en p.p.m.de $CaCO_3$
0	1,293
40	1,551
100	1,246
170 (100 psig.)	103
200 (210 psig.)	56
220 (322 psig.)	40

Debido a la baja solubilidad del $CaSO_4$ a temperatura prevalecientes en las calderas, y al tipo de incrustación dura y adherente, no se puede tolerar - ninguna cantidad de sulfato de calcio en agua para ser usadas en calderas.

Sales de Magnesio.-

Cloruro de Magnesio.- ($MgCL_2$)

El cloruro de magnesio se localiza en - el agua de mar, salmueras naturales, depósitos salinos etc., Se presenta en la naturaleza bajo la forma de di-

ferentes minerales como son:

Cloromagnesita	$MgCl_2$
Biscofita	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Carnalita	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$
Taquidrita	$CaCl_2 2MgCl_2 12H_2O$

El cloruro de magnesio es delicuescente y - bastante soluble en agua, a una temperatura de 0°C es solu ble en 362,000 p.p.m. y a 100°C es de 443,000 p.p.m.

Su presencia en el agua de daldera es muy - perjudicial por su acción corrosiva debido a que a la temperatura de operación, produce una reacción química con el agua generando ácido clorhídrico e hidróxido de magnesio:

$$MgCl_2 + 2H_2O \longrightarrow 2HCl + Mg(OH)_2\downarrow$$

El depósito que se genera es de hidróxido - de magnesio el cual debido a su baja solubilidad en el agua se precipita y se adhiere a las paredes del equipo.

A una temperatura de 100°C la solubilidad en agua de hidróxido de magnesio expresada en p.p.m. de carbona to de calcio es de 8.