



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOQUÍMICA EN ACTIVIDADES PESQUERAS

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE BIOQUÍMICO EN
ACTIVIDADES PESQUERAS**

Tema:

**ESTUDIO TÉCNICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN
CALDEROS A BASE DE RESINAS CATIÓNICAS EN UNA EMPRESA ATUNERA**

AUTOR:

MIRABA COVEÑA WILSON ANTONIO

TUTOR: Dr. David Villareal de la Torre Mg. P.A.

Manta, Octubre 2014

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Mirabá Coveña Wilson Antonio, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Facultad de “Ciencias del Mar” de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí según lo establecido por la ley de Propiedad intelectual y su Reglamento.

MIRABA COVEÑA WILSON ANTONIO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Dr. David Villarreal de la Torre certifica haber tutelado la tesis “ESTUDIO TÉCNICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN CALDEROS A BASE DE RESINAS CATIÓNICAS EN UNA EMPRESA ATUNERA”, que ha sido desarrollada por Mirabá Coveña Wilson Antonio, previo a la obtención del título de BIOQUIMICO EN ACTIVIDADES PESQUERAS, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

DR. DAVID VILLARREAL DE LA TORRE MG.P.A.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO la tesis de “ESTUDIO TÉCNICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN CALDEROS A BASE DE RESINAS CATIÓNICAS EN UNA EMPRESA ATUNERA.”, que ha sido desarrollada por Mirabá Coveña Wilson Antonio, previo a la obtención del título de Bioquímico en Actividades Pesquera, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. U.L.E.A.M

Blga. TaniaLin Maldonado
Decana

Dr. David Villarreal de la Torre
Director de Tesis

Miembro Principal

Miembro Principal

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a DIOS por sobre todo, ya que él es quien guía cada uno de mis pasos y quien cuida de mí.

A mis PADRES por ser ellos quienes me han formado por el camino del bien, con cada uno de sus consejos y virtudes.

A mi familia por estar siempre a mi lado.

A mis compañeros de carrera por esas inolvidables anécdotas que siempre perduraran en mi recuerdos.

DEDICATORIA

Este gran paso se lo dedico con mucho cariño a mis Padres, Mi Esposa y mis dos pequeñas hijas por ser ellos los que me acompañan en el día a día, aconsejándome y velando por mí.

RESUMEN

El agua es el líquido vital para todo el proceso de producción, tanto para el desarrollo de los productos y de igual manera para la generación de las energías necesarias involucradas en el funcionamiento de los mismos, el agua de los servicios de la ciudad de Manta tiene características particulares de contener grandes cantidades de sales minerales como el calcio, magnesio y hierro, elementos que genera la dureza, los mismos que en los procesos desarrollan cambio organoléptico en los productos y producen taponamientos en los circuitos de las líneas de vapor, porque al elevar la temperatura se solidifican adhiriéndose a las paredes de la tuberías causando de esta forma estrechamientos en los sistemas y son la causa principal de la explosión de los calderos.

El propósito de este trabajo es ver la alternativa de reducir a cero los minerales que generan la dureza mediante la utilización de resinas Catiónica, elementos que permiten mediante la transferencia iónica la captación de sales de calcio, magnesio y hierro y por intercambio Catiónico sueltan iones de sodio, generando de esta forma el ablandamiento de las aguas duras.

SUMMARY

Water is the lifeblood for all production process for both product development and to generate the energy necessary to operate them, the water services of the city of Manta has the characteristics of containing large amount of minerals such as in the organoleptic change processes develop and produce products in the circuit clogging the steam lines by raising the systems and are the walls of the pipes thus causing narrowing in the systems and are the main cause of the explosi3n of the boilers.

The purpose of this work is to see the alternative to reduce to zero hardness minerals generated using cationic resins, elements that allow ionic transfer through the uptake of calcium salts, magnesium and cation exchange release sodium, thus generating the softening of hard water.

Contenido

DERECHOS DE AUTORÍA.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
Contenido.....	IX
CAPITULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPITULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. LA CALIDAD DEL AGUA	4
2.2. EL AGUA PARA LA INDUSTRIA	7
2.3. PURIFICACIÓN DEL AGUA: TIPOS DE IMPUREZAS Y MÉTODOS DE ELIMINARLAS	10
2.4. DUREZA.....	21
2.5. LOS CALDEROS	27
2.6. ABLANDADORES DE AGUA.....	38
2.7. CONTROL DE REGENERACIÓN AUTOMÁTICA.....	49
CAPITULO III	51

DISEÑO METODOLOGICO	51
3.1. UBICACIÓN.....	51
3.2. VARIABLES EN ESTUDIO.	51
3.3. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	51
3.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS.....	52
CAPITULO IV.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. ESQUEMA DEL ABLANDADOR DEL AREA DE CALDERO.....	53
4.2. TIPO DE ABLANDAMIENTO CATÓNICO.....	54
4.3. FUNCIONAMIENTO DEL ABLANDADOR.....	55
4.4. CÁLCULO DE RESINA CATIÓNICA.....	56
4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.6 FACTORES A CONSIDERAR.....	58
4.7. COSTO OPERATIVO	59
CAPITULO V.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	63
ANEXO1. NORMAS PARA ALCALINIDAD TOTAL Y PARCIAL.....	64
ANEXO 2. NORMA PARA DUREZA TOTAL.....	65
ANEXO 3. REGISTRO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA DE CALDEROS	67
ANEXO 4. REGISTRO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA PRETRATADA Y TRATADA.....	68
ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE CALDERO.....	69

ANEXO 6. PLANO DEL AREA DE CALDERO 72

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cuando el agua es referida como agua “dura” esto simplemente significa, que contiene más minerales que el agua normal. Hay especialmente minerales de calcio Ca (++) y magnesio Mg (++) . El agua a emplearse en alimentación de sistemas térmicos como son cañerías de suministro de vapor de agua para calderas debe reunir características particulares en cada caso para evitar la formulación de: incrustaciones, corrosión, arrastre y fragilidad cáustica.

Para evitar esto, se debe evaluar fisicoquímicamente las características del agua de reposición e implementar un sistema de tratamiento técnico-económico adecuado, con la instalación de equipos de ablandamientos o desmineralización, complementando la protección química con aditivos apropiados que actúen eficientemente según las condiciones operativas del sistema.

El propósito de esta investigación es reducir mediante intercambio catiónico las sales minerales del agua materia prima para el uso industrial en la planta de generación de vapor en una empresa dedicada al procesamiento de atún.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

El tratamiento del agua de una caldera de vapor o agua caliente es fundamental para asegurar una larga vida útil libre de problemas operacionales, reparaciones de importancias y accidentes. El objetivo principal del tratamiento de agua es evitar problemas de corrosión e incrustaciones, asegurando la calidad del agua de alimentación y del agua contenida en la caldera. El aseguramiento de la calidad del agua de alimentación y agua de la caldera se consigue cumplimiento con los requerimientos de las normas, que definen los límites recomendados para los parámetros involucrados en el tratamiento del agua.

El ablandamiento del agua es un proceso importante porque la dureza del agua en uso doméstico y de uso industrial es disminuida durante este proceso.

En muchos procesos industriales, tales como la preparación de agua potable, para la refrigeración y alimentación de la caldera de dureza del agua es muy importante. Y hay que buscar soluciones futuras para minimizar gastos.

- ✓ Ofreciendo soluciones integrales a los problemas utilizando las tecnologías más innovadoras y modernas.
- ✓ Evaluando constantemente alternativas técnicas-económicas más convenientes.
- ✓ Suministrando productos químicos o sistemas de dosificación para evitar incrustaciones, corrosión, arrastre y fragilidad cáustica en calderas de vapor, sistemas de enfriamiento y sistemas de calefacción.
- ✓ Realizando en todos los casos pruebas de eficiencia a nivel laboratorio o a nivel piloto de aguas de procesos industriales y sanitarios.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.

Realizar un estudio técnico para el tratamiento de ablandamiento de agua para alargar la vida útil de los calderos en su producción de vapor, mediante resinas catiónicas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar un estudio físico-químico del agua como materia prima.
- Realizar los cálculos de requerimientos técnicos para el buen uso de equipos y su infraestructura.
- Detallar el funcionamiento del ablandador para el sistema en estudio.
- Determinar el tiempo requerido para la regeneración de la resina y el requerimiento de cloruro de sodio (NaCl).

1.4. HIPÓTESIS.

¿Mediante el uso de resinas catiónicas será posible obtener un tratamiento eficiente en el ablandamiento de agua, para alargar la vida útil de los calderos para la producción de vapor?

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. LA CALIDAD DEL AGUA

El agua no se encuentra en la naturaleza en su forma químicamente pura, compuesta solamente por moléculas H₂O, que sólo se da en el laboratorio. Puesto que disuelve ávidamente a la mayoría de los compuestos sólidos, líquidos o gaseosos, en su forma natural se encuentra normalmente impregnada de ellos. Esto en sí es bueno, pues es precisamente el oxígeno disuelto el que permite la vida acuática; los sólidos en solución modulan su actividad química y son aprovechados por los seres vivos. Es interesante hacer notar que el agua químicamente pura no es apropiada para la vida.

Pero esta propiedad de disolver compuestos extraños a ella es la que provoca serios problemas de contaminación: los desechos domésticos o industriales incorporados a las masas de agua llegan a hacerla inadecuada y hasta peligrosa para la vida. Conocer los límites de impurezas que para cada uso pueden aceptarse y estudiar la manera de eliminarlas es una tarea de higiene extremadamente importante para conservar los recursos acuáticos. En este capítulo veremos los peligros que se ocultan en el manejo descuidado del agua. Tomar conciencia del daño que podemos causar es muy importante pues una vez contaminada, el costo de purificación del agua es muy alto. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

Tiempo atrás, cuando la cantidad de agua parecía ser ilimitada o su costo de abastecimiento muy bajo, poco importaba tirar un poco de agua sucia al mar. Hoy en día la amenaza de la escasez y la conciencia de los altos costos de suministro han llevado a establecer reglamentos estrictos de control para las descargas a ríos, mantos y mares. El problema no es lejano ni la responsabilidad es solamente del vecino: todos debemos participar.

Los contaminantes del agua pueden ser de muy diversa índole: residuos sólidos, líquidos o gaseosos; sólidos en suspensión; materia tóxica; microorganismos infecciosos; desechos radiactivos. Estas sustancias dan al agua propiedades indeseables, como corrosividad, incrustabilidad, toxicidad, mal olor, mal sabor y mala apariencia. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

Los sólidos en suspensión, cuando son excesivos, reducen la penetración de la luz y por consiguiente limitan la fotosíntesis de las plantas marinas, ocasionando su degradación, lo que a su vez disminuye la aportación que hacen de nutrientes al medio acuático. Cuando el daño es excesivo, las plantas mueren y se provoca la corrupción del medio; el oxígeno disuelto prácticamente desaparece y con ello la posibilidad de sustentar vida. Estas son las "aguas estancadas", de mal olor y apariencia.

Los productos químicos causan alteraciones que pueden llegar a alcanzar gran peligrosidad. Por ejemplo, los plaguicidas tienen componentes de gran agresividad química cuya función es precisamente eliminar formas de vida nocivas. Sin embargo, al ser arrastrados por la lluvia o por las aguas de riego, indirectamente también los resienten otras formas de vida aunque, originalmente, no estuvieran dirigidos a ellas. Inclusive pueden ser asimilados por los peces a los que causan daño, como también a los animales que los consumen, incluido el hombre.

Los fertilizantes contienen fósforo, nitrógeno y potasio, todos ellos necesarios para el crecimiento sano de las cosechas. Pero al ser arrastrados a esteros y lagunas provocan un crecimiento desmedido de las especies acuáticas, alterando el equilibrio ecológico. El medio acuático, al no poder soportar un excesivo crecimiento, se deteriora, mueren muchas plantas y causan descomposición, consumo de oxígeno disuelto en la putrefacción y afectan al ecosistema.

Los detergentes son unos de los peores enemigos del agua, pues en su estructura química contienen compuestos que no se degradan fácilmente. Los fosfatos que los forman generan verdaderas montañas de espuma que interfieren seriamente con la vida acuática, arruinan el valor estético de los cuerpos de agua y son un verdadero dolor de cabeza en los sistemas de tratamiento para su purificación. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

Otros contaminantes dañinos son los metales pesados, como el mercurio, el cadmio, el plomo, el arsénico, el cromo, etc. que provocan graves anomalías en la salud. El cadmio, por ejemplo, trae consigo enfermedades cardiovasculares; el mercurio, que por asimilación de los peces, se transforma en metilmercurio o mercurio orgánico, provoca la pérdida de control en los movimientos, ceguera y finalmente, la muerte. El arsénico es cancerígeno en pequeñas cantidades y letal en dosis medias, como lo son también el plomo y el cromo.

Hay que destacar la contaminación por microorganismos patógenos (nocivos) que producen cólera, hepatitis, fiebre tifoidea y diarreas que fácilmente pueden llegar a ser fatales, sobre todo en niños. Microorganismos mayores como las amibas y la triquina también habitan en las aguas contaminadas.

La humanidad depende del agua para su sustentación, pero también somos cada uno de nosotros, el principal causante de la inhabilitación de este recurso, ya sea por ignorancia o por negligencia.

Las aguas contaminadas pueden restaurarse a una condición de reuso. Al respecto es necesario identificar cuál ha sido el daño y poder así dar el tratamiento adecuado para la eliminación de cada una de las características indeseables del agua, según el destino que se pretenda darle. Estos tratamientos suelen ser muy complejos y costosos. Así, actualmente se ayuda en la economía del reuso del agua, destinando aguas de diferente calidad según vayan a ser empleadas: en riego, industria o consumo humana. Ciertamente la complejidad y el costo serían mucho menor si tratáramos aguas menos deterioradas.

Para comprender mejor el problema de contaminación y tratamientos de agua, veamos qué calidad de ésta puede aceptarse para diferentes destinos: con fines recreativos, para la agricultura, la industria y el consumo humano. Será necesario introducir parámetros a estos criterios con el objeto de dar cuantitativas de la "calidad del agua"; quizá pueda parecer un poco árido aunque confío que el esfuerzo por comprenderlos dará al lector una mejor sensibilidad de la magnitud del problema. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

2.2. EL AGUA PARA LA INDUSTRIA

El agua es también en la industria uno de los insumos más importantes. Interviene en un sinnúmero de procesos: para enfriar, para diluir o para lavar otros ingredientes en la transformación de los productos. La pureza del agua requiere cuidado especial, cuando interviene directa o indirectamente. La limpieza del agua industrial ha dado lugar a una importante industria de productos: en 1988 la industria de productos para

el tratamiento de aguas tuvo ventas en los Estados Unidos por más de 2 400 millones de dólares, y la tendencia en los siguientes años fue marcadamente creciente.

Por ejemplo, muchos procesos industriales generan una gran cantidad de calor que es necesario eliminar para proteger los productos que se manufacturan; el agua, con su gran capacidad calorífica, es un refrigerante ideal, fácilmente accesible y barato. En estos casos se ponen en contacto el producto que se pretende enfriar con un serpentín dentro del que circula agua. Esta, a su vez, es llevada a unos dispositivos que son, en esencia, equivalentes a los radiadores de los automóviles (aunque no necesariamente tengan la misma forma) donde el agua cede su calor a la atmósfera. En estos casos el agua debe estar libre de sales disueltas, pues por efecto de la temperatura éstas se desprenden del líquido y se depositan en las paredes de los tubos provocando oclusiones.

En su fase vapor, el agua se utiliza con diversos fines: generar electricidad, aprovechando su poca compresibilidad, para mover turbinas generadoras; para calentar procesos que requieren operación a temperaturas de hasta 100 grados centígrados (y un poco más si se "sobrecalienta" el vapor manteniéndolo a presión); o en la extracción de productos, pues el vapor es un buen disolvente. En estos casos, el agua para la formación de vapor, suele primero limpiarse de sales, en particular bicarbonatos y dársele una acidez moderada (entre 8.0 y 10.0 de pH) para reducir el efecto de ataque a los metales. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

El agua para dilución es muy importante en la industria textil que la emplea como excipiente en los tintes, uso que requiere agua extremadamente limpia, prácticamente agua destilada (menos de 150 mg/1 de sólidos totales disueltos) pues de lo contrario, pueden estropearse los tintes.

En los procesos químicos el costo del agua es mucho menor que el de los demás insumos, por lo que se le da un especial cuidado a su tratamiento sin costos significativos. Lo malo, en opinión de muchos industriales, es que cuando el agua se descarga, ya contaminada, el costo de estos tratamientos sí resulta exagerado. Vale decir que la legislación actual ha puesto particular énfasis en controlar el renglón de la contaminación, aunque el daño hecho hasta ahora ya es enorme y tomará muchos años de esfuerzo sostenido para poder eliminarlo.

En la industria enlatadora de alimentos, la primera operación importante es el lavado de los productos que serán enlatados, para eliminar cualquier traza de tierra, insectos y otras impurezas, lo que se hace con un lavado a fondo con chorros de agua o de vapor, ambos de calidad potable (sin bacterias patógenas y un contenido de sales no superior a 1 500 mg/l). Esta industria utiliza muchos sistemas de tratamiento, incluyendo la desinfección y la filtración. (Guerrero Legarreta, M. 2010)

El agua en la industria alimentaria debe tener las siguientes características :

- Un recuento microbiano bajo.
- Un número reducido de microorganismos lipolíticos y proteolíticos.
- Bajos niveles de minerales, por ejemplo.:
 - ♦ El hierro cataliza reacciones de oxidación de moléculas insaturadas, decolorando pigmentos.
 - ♦ El cobre destruye vitaminas tales como la C.
 - ♦ El calcio y el magnesio pueden acelerar la reactivación de enzimas de los alimentos tratadas térmicamente.
 - ♦ El carbonato y el sulfato de calcio, presentes en aguas de alta dureza, dificultan el lavado de equipos con detergentes al depositarse en las paredes de intercambiadores de calor, pasteurizadores, calderas, etc.

- ♦ El bicarbonato de hierro y manganeso proveniente de agua de pozo es incoloro, pero al hacer contacto con el aire produce precipitados color amarillo rojizo y gris oscuro.

(Badui, S. 2007)

2.3. PURIFICACIÓN DEL AGUA: TIPOS DE IMPUREZAS Y MÉTODOS DE ELIMINARLAS

Las impurezas más importantes que hay que eliminar son:

- (1) Materia en suspensión;
- (2) microorganismos;
- (3) materia orgánica (sustancias pigmentantes y responsables del olor y el sabor);
- (4) sustancias minerales disueltas;
- (5) hierro y manganeso;
- (6) gases disueltos.

2.3.1 SEPARACIÓN DE LA MATERIA EN SUSPENSIÓN

El agua con materia en suspensión es inadecuada para la mayoría de los fines. Estas impurezas suspendidas son de distintos tipos: las más comunes son limo, arcilla, sílice, productos vegetales finamente divididos, y sustancias de procedencia animal. (Blas López Simarro, 2010)

La distribución por tamaños de los sólidos en suspensión puede ser amplia. Si se deja el agua en reposo los sólidos gruesos (detritos) se depositan rápidamente. Las partículas finas, en especial las coloidales, pueden permanecer en suspensión, enturbiando y coloreando el agua. Las aguas subterráneas casi siempre están

exentas de turbidez, excepto después de períodos de mucha lluvia, debido a la filtración experimentada, a medida que el agua atraviesa los estratos permeables.

El método seleccionado para separar la materia en suspensión depende del volumen de agua a tratar, y del tamaño y naturaleza de los sólidos suspendidos. Se utiliza el tamizado, la sedimentación, la coagulación y la filtración.

2.3.2. TAMIZADO

Si el agua contiene partículas en suspensión de tamaño superior a 1 mm, puede ser necesario realizar un tamizado preliminar. En caso de contener detritos flotantes, vegetación, etc., además de limo, puede ser necesario emplear diversos tamices de distintos tipos y diferentes aperturas.

Para un tamizado grosero, se suelen utilizar enrejados constituidos por barras metálicas verticales de unos 25 mm de grosor, distanciada de 25 a 100 mm, según el caso. En las instalaciones de tratamiento de agua de gran capacidad, estos tamices suelen estar equipados con dispositivos de limpieza automáticos. Si los materiales en suspensión de gran tamaño son escasos, el agua puede fluir directamente en un tamiz intermedio y, si se trata de aguas superficiales, incluso a un tamiz fino.

Los tamices intermedios pueden ser tamices de cinta. Este tipo de tamiz tiene una apertura de 5- 10 mm y está constituido por una cinta, que se mueve en dirección vertical, a través de la que fluye el agua. Estos tamices se tupen con facilidad y suelen estar equipados con chorros de agua limpiadores que arrastran los detritos que cegarían el tamiz. (Blas López Simarro, 2010)

Los tamices finos suelen ser tamices de cilindro rotatorio. Su superficie está, con frecuencia, constituida por una malla de acero inoxidable (especialmente en los tamices de menor apertura). La superficie del tamiz se ciega con facilidad, de manera que es preciso incorporar chorros de agua para lavar y retirar automáticamente los detritos retenidos. La apertura de malla seleccionada depende del tamaño de las partículas a eliminar y, suele hallarse en el rango 0,2-5 mm. Los tamices de tambor, para retirar partículas del menor tamaño del rango antes citado, se conocen en la industria del tratamiento de agua como “micro coladores”. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.3. SEDIMENTACIÓN (DECANTACIÓN)

La sedimentación está destinada a eliminar las partículas de pequeño tamaño que pasa a través de los tamices. Si tras su tamizado, el agua contiene pocos sólidos en suspensión, puede pasar directamente a las unidades de filtración.

Frecuentemente, el agua contiene cantidades apreciables de material finamente suspendido que bloquearía rápidamente los filtros. En estos casos, se suele recurrir a la sedimentación, para eliminar partículas más finas. Con frecuencia, las partículas son muy pequeñas y su velocidad de sedimentación es extremadamente lenta. La velocidad terminal de sedimentación de una partícula bajo el influjo de la aceleración de la gravedad, que viene dada por la ley de Stoke.

En circunstancias reales, nunca se alcanza una clarificación completa. Cuanto más pequeñas sea las partículas, mayor es el tiempo de residencia en el sedimentador necesario para la separación completa (para reducir el tiempo de procesado de productos de mayor valor, se puede recurrir a los separadores centrífugos, pero para

el agua de suministro y las aguas residuales, este sistema no es económicamente viable). Las partículas menores de 1 mm no suelen sedimentar, debido al movimiento Browniano y a las corrientes de convección, etc. Las partículas coloidales, que son con frecuencia las responsables del color de las aguas naturales, tienen tamaños de 0,001- 1,0 mm y, al igual que otras partículas pequeñas responsables de la turbidez, necesitan tratamientos especiales antes de la sedimentación. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.4 COAGULACIÓN

Para aglomerar las partículas más pequeñas, se usa una combinación de coagulación y floculación. El tamaño de los aglomerados es mayor, incrementándose así la velocidad terminal y permitiendo la sedimentación en un tiempo razonable.

En coagulación, se modifica la superficie de las partículas y el entorno químico, mediante la adición de productos denominados “agentes coagulantes”. Para superar la repulsión, se debe neutralizar las partículas cargadas, añadiendo iones de carga opuesta.

En el tratamiento de las aguas, se usan, con frecuencia, como agentes coagulantes, las sales de Hierro Fe^{3+} , Aluminio Al^{3+} y las utilizadas con frecuencia son el sulfato de aluminio, el aluminato de sodio y el sulfato ferroso.

En la práctica, se añade una disolución de agente coagulante, en cantidades medidas, a una zona del tanque de floculación en el que la actividad de mezcla sea intensa. Contacta allí con agua parcialmente tratada, procedente del tamizado, o con aguas no tratadas, si el contenido en sólidos en suspensión inicial era bajo y las partículas suspendidas de tamaño pequeño (el almacenamiento en balsas y depósitos antes del tratamiento suele permitir tiempos de residencia suficientes para

el depósito de gran parte de los sólidos suspendidos de mayor tamaño, o sedimentación bajo la acción de la aceleración de la gravedad). (Blas López Simarro, 2010)

Tras la coagulación/floculación, los aglomerados de pequeñas partículas se comportan como unas simples partículas de mayor tamaño que sedimentan rápidamente y son eliminadas como corriente inferior de lodos, tras un tiempo de residencia relativamente corto, en un tanque de sedimentación correctamente diseñado.

Utilizando coagulante adecuado y un coadyuvante de coagulación, como sílice activado, se eliminan la turbidez, la materia en suspensión, los pigmentos y cantidades apreciables de microorganismos. En la práctica, la corriente superior nunca está totalmente clara y el producto que sale de los tanques de sedimentación pasa a través de filtros, para un afinado final. En el tratamiento del agua, debe eliminarse por sedimentación aproximadamente un 90% de la materia en suspensión que pasa a través de los tamices y un 10% por filtración. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.5 FILTRACIÓN

En la filtración de grandes suministros de agua potable se utilizan, de ordinario, tres tipos de filtros. Los tres emplean lechos de arena sustentados por capas de gravilla como medio de filtración, ellos son:

- **Filtro de arena lento:** consiste en depósitos rectangulares, que contienen un lecho de arena (0,2-0,4 mm de diámetro) de hasta 1 metro de grosor, depositado sobre una

capa de gravilla. El lecho de arena está sumergido bajo una capa de agua, a una profundidad de 1-2 m. El agua percola a través del lecho de arena bajo la influencia de la gravedad; la altura del agua actúa como fuerza impulsora.

Al cabo de 1-6 meses de funcionamiento se forma una capa de limo de zoogloea de 2-3 cm de espesor sobre el lecho de arena. Además, de separar por filtración las partículas en suspensión, los numerosos microorganismos que se desarrollan en el limo bacteriano oxidan la materia orgánica, los compuestos nitrogenados y los pigmentos. Estos filtros eliminan también entre el 98 al 99% de las bacterias presentes en el agua. Se obtiene agua de buena calidad.

Filtros de arena de alta velocidad: utilizan arena más gruesa (0,4-1,2 mm de diámetro, es decir superior al de la arena de los filtros lentos) y lechos más delgados (0,4-0,7 m).

Como la resistencia al flujo a través del lecho es mucho menor, la velocidad de filtración del agua es considerablemente superior. Sin embargo, no se forma una película de zoogloea, es decir no hay oxidación microbiológica. No elimina más del 80% de los microorganismos, de forma que se ve muy reducida la protección que proporcionan contra las infecciones causadas por el agua. Por esta causa, la filtración a través de filtros de arena de alta velocidad debe ir seguida de una "desinfección terminal". (Blas López Simarro, 2010)

Los filtros de arena de alta velocidad son de fácil limpieza. La arena se fluidifica haciendo circular, en sentido inverso al normal, agua tratada y aire, con lo que se arrastra las partículas atrapadas. La limpieza dura minutos en lugar de horas. Los filtros de alta velocidad se suelen utilizar como prefiltros.

- **Filtro de arena a presión:** estos filtros de arena de alta velocidad son unidades de menor capacidad, que se utilizan con frecuencia en las instalaciones de tratamiento de agua de las industrias alimentarias.

Se fuerza el agua, presurizada por medio de una bomba, a través del lecho de arena. Lo frecuente es que se disponga de unidades dobles, una de ellas en funcionamiento y la otra desconectada de la corriente, para su limpieza. La limpieza, realizada mediante inversión del flujo y burbujeo de aire, es rápida. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.6. ELIMINACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Las aguas superficiales suelen contener microorganismos. En las aguas de pozos profundos, la carga microbiana suele ser pequeña. Entre los microorganismos que, casi siempre, se encuentran en las aguas superficiales, se incluyen diatomeas, hongos, algas, protozoos, rotíferos y nematodos, junto con diversas bacterias no patógenas. En el caso de que el suministro esté contaminado por aguas cloacales, también habrá bacterias patógenas.

Si llegan microorganismos vivos a la fábrica en que se manipulan y elaboran alimentos, pueden aparecer colores, sabores y olores en el utillaje y en los productos alimenticios, debidos a los propios microorganismos o a sus productos de descomposición. Si son bacterias patógenas deterioran los productos y causan toxiinfecciones alimentarias. Para reducir los riesgos de contaminación, las aguas de proceso deben estar exentas de flora microbiana.

La etapa final en la producción de agua potable (para fines generales) consiste en convertirla en bacteriológicamente segura, recurriendo a una desinfección terminal. La determinación de la presencia de microorganismos patógenos en el agua es muy insegura y, si se hallan presentes siempre se encuentran asociados con microorganismos no patógenos, como las bacterias coliformes, se recurre a estas como microorganismos indicadores. Los estándares de agua de bebida consideran generalmente un agua bacteriológicamente aceptable si las pruebas realizadas de una manera normalizada muestran no más de un coliforme por cada 100 ml.

Existen diversos métodos para realizar una desinfección terminal. Para ello es necesario el uso de:

- (1) Energía térmica.
- (2) Irradiación (por ejemplo, con rayos ultravioleta UV),
- (3) Tratamiento ultrasónico: interrupción celular.
- (4) Desinfección química.

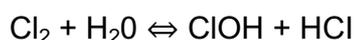
Los métodos químicos se utilizan normalmente para la desinfección terminal de los suministros de agua a gran escala. En los últimos años, debido a la mejora en el equipo de producción de ozono, ha crecido el interés por el uso de este compuesto en la esterilización del agua potable.

Las ventajas que se dice tiene el ozono son su superior acción bactericida, la eliminación de sabores (especialmente los debidos a residuos fenólicos y a contaminación por algas) y no dejan residuos, salvo un elevado contenido en oxígeno disuelto. (Blas López Simarro, 2010)

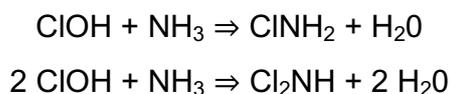
El método habitual de esterilizar los suministros de agua es el tratamiento con cloro o derivados del mismo. El cloro líquido se emplea en los tratamientos a gran escala; para capacidades menores, se usan el dióxido de cloro y los hipocloritos. El hipoclorito sódico (ClONa) y el hipoclorito de calcio $(\text{ClO})_2\text{Ca}$ se utilizan en disolución al 1%.

La eficacia de la desinfección depende de la concentración de cloro, del tiempo de contacto, de la temperatura, del pH y de la cantidad de materia orgánica presente.

El cloro reacciona con la materia orgánica nitrogenada de agua. La cantidad de cloro requerida para la reacción total es la llamada *demanda de cloro activo. Para asegurar la destrucción completa de todas las bacterias, debe persistir cierta cantidad de *cloro residual activo en el agua, tras un cierto tiempo de contacto. Este tiempo de contacto aumenta con el pH de agua y disminuye con la temperatura. La reacción entre el cloro y el agua es reversible:



El ácido hipocloroso reacciona con la materia nitrogenada para dar cloraminas:



Las cloraminas, aunque sea bactericidas menos eficaces que el cloro, son más estables y proporcionan cierto grado de protección tras el tratamiento, que no logra el cloro sólo. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.7. ELIMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, COLORES, SABORES Y OLORES

Las aguas superficiales contienen normalmente sustancias orgánicas, extraídas de productos vegetales en descomposición con los que han estado en contacto. Estas aguas suelen ser turbias y muy coloreadas, especialmente en las áreas pantanosas. Las aguas subterráneas son coloreadas frecuentemente por las bolsas de turba.

Existen indicios de que la mayor parte del color de las aguas se debe a la presencia de una suspensión coloidal de partículas ultramicroscópicas y a impurezas en disolución verdadera. El color de las aguas naturales también puede verse influido por la presencia de hierro y manganeso.

Sabores y olores sólo suelen apreciarse en las aguas superficiales, aunque algunas aguas subterráneas contienen ácido sulfhídrico y tienen un sabor “metálico”, debido a la presencia de hierro. (Blas López Simarro, 2010)

Casi todos los olores de las aguas naturales se deben a la materia orgánica presente. La muerte y descomposición de las algas y otros microorganismos puede generar olores desagradables y dar mal aspecto al agua. Los clorofenoles, producidos al clorar las aguas que contienen trazas de alquitrán, fenoles, etc., pueden conferir al agua cierto gusto desagradable.

El empleo del ozono resuelve los problemas de sabor, pero la eliminación de compuestos orgánicos, a menudo presentes en cantidades muy pequeñas, por ejemplo pesticidas, constituye una etapa importante de la potabilización del agua.

En el agua a incorporar a las bebidas y a los alimentos, no se tolera la presencia de materia orgánica, ni la de colores, olores o sabores. Para su eliminación existen diversos métodos. En general, se utiliza una combinación de coagulación, sedimentación y filtración. Cuando las aguas están muy coloreadas, se recomienda usar un coadyuvante de la coagulación, como sílice activado.

Para la eliminación de ciertos colores, se ha utilizado la cloración de punto de ruptura, pero sólo por experimentación puede determinarse su utilidad, en un determinado caso. Se utilizan también la aireación y la supercloración.

El método más eficaz de que se dispone para eliminar las sustancias colorantes y las que proporcionan olor al agua es la adsorción en carbón activo. Para ello, se añade al agua en un tanque de mezcla, una papilla de carbón activo en polvo, separando luego el carbón activo contaminado por filtración a través de arena o de lechos granulares de carbón activo. (Blas López Simarro, 2010)

2.3.8. ELIMINACIÓN DE LAS SUSTANCIAS MINERALES DISUELTAS

Todas las aguas naturales contienen sustancias minerales en disolución, las más comunes son sulfatos, cloruros y bicarbonatos de sodio, magnesio y calcio. Contienen también hierro, manganeso y nitratos. Para el tratamiento de las aguas, conviene examinar los efectos de estas impurezas solubles desde tres puntos de vista:

- Alcalinidad.
- Dureza.
- Hierro y manganeso.

2.3.9. ALCALINIDAD

Debido a la presencia de bicarbonatos solubles de calcio, magnesio, sodio y potasio casi todas las aguas son alcalinas. En algunas aguas, los carbonatos e hidróxidos solubles también elevan la “alcalinidad”, que se puede considerar como la capacidad del agua para recibir ácidos sin que descienda sensiblemente su pH.

La alcalinidad se determina por valoración con una disolución normalizada de un ácido, utilizando como indicadores fenolftaleína y anaranjado de metilo. La valoración permite determinar la “alcalinidad de bicarbonato”, la “alcalinidad de carbonato” y la “alcalinidad cáustica”. Para ciertas aguas minerales y cervezas, se necesitan aguas de baja alcalinidad. Las aguas de alimentación de las calderas deben tener también poca alcalinidad, para evitar la “corrosión cáustica” (una forma de corrosión causante de grietas) provocada por la sosa cáustica.

La sosa cáustica se forma por descomposición del bicarbonato sódico depositado en las calderas de vapor que utilizan aguas de alimentación muy alcalinas. El tratamiento con zeolitas permite eliminar la “alcalinidad”. (Blas López Simarro, 2010)

2.4. DUREZA

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con

agua y representa una serie de problemas de incrustación en equipo industrial y doméstico, además de resulta nociva para consumo humano.

catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

• **Efectos del agua dura:** la “dureza” del agua se debe a las sales solubles de calcio y magnesio disueltas en ella. Un agua puede tener “dureza temporal” (dureza de carbonato) debida a la presencia de bicarbonatos de calcio y magnesio o “dureza permanente” (dureza no carbonatada) debida a los sulfatos, los cloruros y los nitratos de estos elementos.

El empleo de un agua dura puede causar dificultades en el procesado de los alimentos. Las sales de calcio y magnesio de las aguas de proceso endurecen acusadamente la piel de ciertas hortalizas durante los procesos del escaldado y enlatado. Las operaciones de lavado con jabón u otros detergentes alcalinos son más difíciles con agua dura; el ablandamiento ahorra gastos en detergente. En aparatos de intercambio de calor (pasterizadores, calentadores de agua, calderas de vapor, etc.), se deposita una costra dura y resistente de carbonato y sulfato cálcico, cuando el suministro es de agua dura. Estos depósitos reducen la capacidad de flujo a través de los aparatos, dificultan la transmisión de calor y, en las calderas, pueden dar lugar a la rotura de los tubos de ebullición por recalentamiento.

2.4.1. ABLANDAMIENTO DEL AGUA:

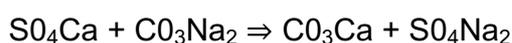
Los procesos de ablandamiento utilizados normalmente son los de:

- (a) precipitación;
- (b) intercambio iónico y
- (c) desmineralización

Los dos primeros (combinados o independientemente) son los utilizados para ablandar el agua que se emplea en la mayoría de las industrias alimentarias.

Ablandamiento por precipitación: Se añaden al agua dura cantidades conocidas (y medidas) de cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y de carbonato sódico ($\text{CO}_3 \text{Na}_2$). La cal elimina la dureza temporal, al precipitar las sales responsables de la dureza en forma de carbonatos insolubles:

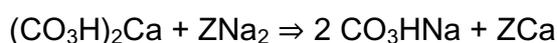
El carbonato sódico elimina de manera similar la dureza permanente:



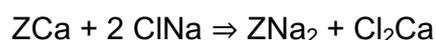
De esta forma se eliminan los bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos de calcio y magnesio.

Corrientemente, se añade un coagulante para flocular el precipitado, finamente dividido, que luego se separa por filtración, si se quiere disponer de un agua completamente clara. El proceso cal-soda en frío reduce la dureza del agua hasta unos 70 mg / litro. Para eliminar completamente la dureza, la precipitación puede ir seguida de un proceso de “intercambio catiónico” (“zeolita”). (Blas López Simarro, 2010)

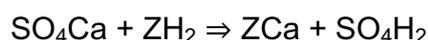
Proceso de intercambio catiónico con zeolita: Las zeolitas son silicatos complejos. Las naturales pueden intercambiar los iones de sodio por los iones calcio, magnesio, hierro y manganeso en disolución:



Para ablandarla, el agua se pasa, impulsada por la gravedad o presión, a través de un lecho de zeolita granulada. El intercambio catiónico, en la zeolita, elimina la dureza del agua. La zeolita agotada se regenera, lavándola, en sentido contrario, primero con agua y luego con una disolución de cloruro sódico. Se separan, con ello, el Ca y el Mg en forma de cloruros solubles, dejando al lecho en las condiciones iniciales:



El ablandamiento con zeolitas produce un agua de dureza cero. Se ha desarrollado zeolitas sintéticas cambiadoras del catión hidrógeno. Separan los iones de Ca, Mg y Na del agua, desprendiendo la cantidad equivalente de hidrógeno, en forma de ácido carbónico, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, por ejemplo:



Las zeolitas hidrogenadas se regeneran tratándolas con un ácido mineral, por lo que es necesario que el equipo esté fabricado de materiales resistentes a los ácidos. Los cambiadores de zeolita se utilizan mejor en forma de unidades dobles, de manera que una sección esté siendo utilizada mientras la otra se regenera.

• **Desmineralización:** Los cambiadores de zeolita son columnas empaquetadas para el “intercambio de iones”; un proceso capaz de absorber, en un medio intercambiador de iones sólido e insoluble, un tipo determinado de ion presente en el agua, sustituyéndolo por una cantidad equivalente de otro ion de la misma carga. La sustitución de los iones de calcio y magnesio por iones sodio, en el ablandamiento del agua, es el más antiguo de los usos del intercambio iónico. (Blas López Simarro, 2010)

2.4.2. HIERRO Y MANGANESO

Se encuentran en muchas aguas, casi siempre en forma de bicarbonatos. El hierro, también, puede proceder de la corrosión por el oxígeno disuelto.

Las aguas que contienen materia orgánica, pueden presentar, además de estos metales, las llamadas "bacterias ferruginosas" y "bacterias del manganeso". El crecimiento de las bacterias ferruginosas puede dar lugar al depósito de lodos y costras duras, en el interior de tuberías y depósitos. Estos crecimientos bacteriológicos pueden obturar rápidamente las tuberías, y sus accesorios y producir olores desagradables.

Las aguas que contienen estos metales, también producen manchas y decoloraciones en los aparatos.

Si la concentración de hierro y manganeso es pequeña y se quiere eliminar del agua, se recurre, a veces, a los cambiadores de iones. Algunas resinas pueden retirar eficazmente ambas sustancias en ausencia de oxígeno disuelto, pero a concentraciones mayores de 0,1 mg / litro, ambos iones atascan las resinas que van consecuentemente perdiendo de una manera progresiva su capacidad de intercambio. (Blas López Simarro, 2010)

2.4.3. ELIMINACIÓN DE LOS GASES DISUELTOS

Los suministros de agua naturales pueden contener, en disolución dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico. La mayoría de dióxido de carbono

procede de la descomposición de la materia orgánica; el oxígeno y el nitrógeno de la aireación del agua, y otra parte del oxígeno de procesos fotosintéticos. La concentración de oxígeno y dióxido de carbono depende de la riqueza en algas, de la iluminación y la profundidad de agua durante su almacenamiento.

La presencia de gases disueltos en las aguas de proceso puede crear diversos problemas. Los gases incondensables introducidos en las instalaciones generadores de vapor de agua y en los aparatos de calefacción que empleen vapor procedente del agua de alimentación de las calderas, forman películas que dificultan la transmisión de calor durante la condensación del vapor.

El dióxido de carbono libre disuelto reacciona con el hierro, material del que frecuentemente están construidas parte de las instalaciones, provocando su corrosión y el enriquecimiento del agua en hierro. El oxígeno, disuelto en el agua, ataca fuertemente al hierro, al hierro galvanizado, al acero y al bronce, metales frecuentemente utilizados en los sistemas de suministro de agua. El ataque por el oxígeno se acelera al aumentar la temperatura y con la presencia de dióxido de carbono. El ácido sulfhídrico da, en las aguas sulfurosas, una disolución corrosiva que ataca rápidamente a las tuberías de hierro. El sulfuro terroso formado se deposita en las paredes de las tuberías, o es arrastrado por la corriente de agua en forma de suspensión negra y fina. (Blas López Simarro, 2010)

Tanto el dióxido de carbono, como el aire en disolución, se pueden eliminar por ebullición del agua y ventilación de estos gases no condensables. Las aguas de alimentación de las calderas se desairean, corrientemente, de esta forma. Para eliminar el oxígeno disuelto y evitar su efecto corrosivo, se recurre también a la adición de productos químicos, habiéndose empleado, para ello, disoluciones de sulfito sódico e hidracina. Para inhibir la corrosión de las tuberías, por el oxígeno, se puede recurrir también a una disolución mixta de silicato sódico y sosa cáustica. Si el agua contiene cantidades pequeñas de ácido sulfhídrico, la cloración ejerce un efecto

valioso. Si su riqueza en sulfhídrico es mayor, se recurre a la aireación forzada, seguida de cloración. Si el contenido es muy alto, se puede arrastrar con dióxido de carbono.

El método a seleccionar para el tratamiento en la fábrica de las aguas, que se van a utilizar en el procesado de los alimentos, depende de la calidad del suministro y de la del agua que se quiere obtener. La calidad final necesaria varía con el proceso. En general, se requiere usar una combinación de procesos, tales como de coagulación, sedimentación, filtración, ablandamiento, cloración y desgasificación. (Blas López Simarro, 2010)

Tanto para una buena selección, como para el mantenimiento de los suministros de agua y de los sistemas de depuración del agua utilizada en la fábrica, conviene conocer algunas de sus características físicas y químicas más importantes. Generalmente, debe conocerse: la alcalinidad; la dureza; el contenido de los distintos grupos de sustancias nitrogenadas; el oxígeno disuelto; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO); la demanda química de oxígeno (DQO); la riqueza en sólidos totales; los sólidos en suspensión y los sólidos sedimentables. También se necesita conocer la concentración en diversos iones, metálicos o no. (Blas López Simarro, 2010)

2.5. LOS CALDEROS

Los calderos de vapor son unos aparatos en los que se hace hervir agua para producir vapor. El calor necesario para caldear y vaporizar el agua, puede ser suministrado por un hogar, por gases calientes recuperados a la salida de otro aparato industrial (horno, por ejemplo), por el fluido refrigerador de una pila atómica, por irradiación solar o por una corriente eléctrica. Cuando el calor es suministrado por el líquido caliente o por vapor que se condensa, se suelen emplear otras

denominaciones, tales como vaporizador y transformador de vapor. El sinónimo generador de vapor se emplea de preferencia cuando se habla de calderas de una cierta importancia. Si la caldera propiamente dicha está conectada a otros, de los cuales unos calientan el agua (recalentadores de agua, economizadores) o el aire de combustión (precalentado de aire), y otros recalientan el vapor (recalentadores), suele denominarse el conjunto grupo evaporador, y la parte del grupo en que se produce la evaporación se llama vaporizador o haz vaporizador.

Durante su funcionamiento, la caldera propiamente dicha está sometida interiormente a la presión de equilibrio del agua y de su vapor a la temperatura alcanzada. Los otros elementos del grupo recorridos por el agua o el vapor, a partir de la bomba de alimentación (economizador, recalentador), están sometidos casi a la misma presión, pero la temperatura del fluido puede ser inferior o superior a la ebullición. <http://www.monografias.com/trabajos72/calderos-laboratorios-operaciones/calderos-laboratorio-operaciones.shtml>.

2.5.1. PRECAUCIONES Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CALDERO

La descomposición térmica es la descomposición de un compuesto en otros más simples por acción del calor, ya que hay sustancias que al calentarlas descomponen la corrosión en la línea de vapor térmica en caldera de carbono y bicarbonato.

Las descomposiciones térmicas pueden ser exotérmicas (reacción química que desprende energía, ya sea como luz o calor) y endotérmicas (cualquier reacción química que absorbe energía.) Los sólidos que comienzan a descomponer térmicamente antes de alcanzar su punto de fusión son los que dan lugar,

mayoritariamente, a productos gaseosos.
http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z

2.5.2. INCRUSTACIONES: ACCIÓN DE SALES DE CAL Y MAGNESIO EN LAS TUBERÍAS.

La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente.

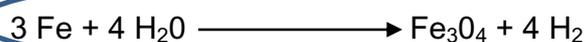
El origen de las mismas está dado por las sales de Cal(CaO), Magnesio(Mg) presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, la incrustaciones son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura, inclusive llegado a tapar las líneas de distribución de vapor, la calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica, que las calderas con las paredes limpias, la falla de los tubos ocasionados por sobrecalentamiento debido a la presencia de depósitos, aísla el metal del agua que rodea pudiendo así sobrevivir desgarrar o roturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ocasiona.
http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z

2.5.3. CORROSIÓN.

Para que ésta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida, el vapor seco con presencia de oxígeno, no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos para las líneas de

vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada, la corrosión que conduce el oxígeno, suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema, a bajo valor de PH, el dióxido de carbono abarca por sí mismo los metales y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno disuelto negra, formada por un óxido ferroso-férrico hidratado.

Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z.

2.5.4. TRATAMIENTO DEL CALDERO.

El concepto de desmineralizar el agua que se alimenta a la caldera tiene la gran ventaja de poder emplear una sola formulación o adición de sustancias químicas que protejan la caldera de la acción corrosiva del agua de procesos, independientemente de la procedencia y calidad del agua.

http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmio_z

2.5.5. RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO.

Las resinas de intercambio de iones son polímeros sintéticos intercambiadores de iones de Calcio y Magnesio que se cambia por iones de sodio, de esta manera se

ablanda el agua de 1600 ppm que ingresa al ablandador, se reduce a menos de 100 ppm y se regenera el equipo cuando su capacidad de ablandamiento llega a 300 ppm tiempo calculado de acuerdo al flujo es de 4 horas produciendo 25 mts cúbicos de agua ablandada por hora.

La presencia del cloro con la capacidad de corpúsculo polimérico se rompe destruyendo su estructura, eliminando totalmente la capacidad de intercambiar los iones de Ca (++) y Mg (++) por los de Na(+), los dos equipos ablandadores estuvieron por varios días expuestos a soluciones de cloro entre 3 ppm a 5 ppm lo cual perjudico en un 100% la capacidad de ablandamiento del equipo número dos y un 25% al equipo número 1.

El análisis del laboratorio indica el bloqueo total de la resina del ablandador numero dos con destrucción del corpúsculo polimérico en un 80% y un 25% en los ablandados números uno requiriendo para su restructuración la incorporación de 18 pies cúbicos de resina (14 pies cúbicos para el tanque #2 y 4 pies cúbicos para el tanque #1).

Cuando se opera con calderas y en especial cuando estas son adquiridas por primera vez, es necesario realizar ciertas pruebas que garantizan la correcta operación de la caldera según las especificaciones dadas por el proveedor. Entre ellas de destacan:

- ❖ Inspecciones de fabricación y pruebas de comportamiento en fábricas consiste en la verificación de materiales especificados.

- ❖ Pruebas de funcionamiento previas a la recepción por el cliente. Adelantadas por el contratista antes de la puesta en operación de la instalación el cliente debe exigir pruebas de capacidad individual de cada equipo o sistema, correcto funcionamiento de protecciones, controles y alarmas, correcto funcionamiento de auxiliares y accesorios de cada equipo es importante que el cliente compare este resultado con los especificados en el contrato.

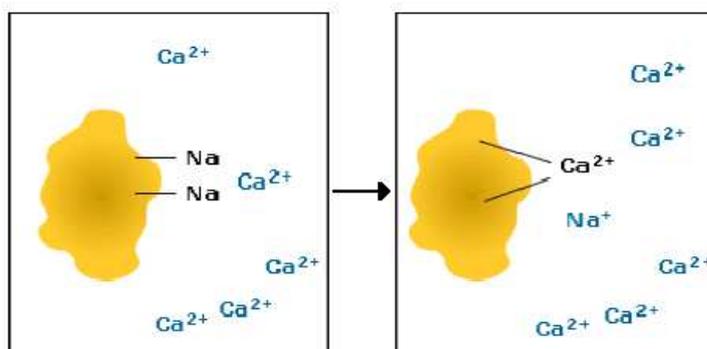
http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z.

El intercambio iónico remueve de una agua cruda los iones indeseables transfiriéndolos a un material sólidos, llamado intercambiador iónico. Estos intercambiadores son matrices sólidas que contienen sitios activos con carga electrostática, positiva o negativa, neutralizada por un ion de carga opuesta, se emplean, entre otras aplicaciones, para el tratamiento de agua insoluble y su vida útil esperada es de 5 a 10 años.

La reacción efectuada en el sitio activo conformado por Na^+ en una matriz R y el ion calcio Ca^{+2} presente en la solución que se pone en contacto es la siguiente:



Fig. 2.1. Intercambio de iones en una resina de ablandamiento



A medida que la disolución pasa a través de la resina, los iones presentes en dicha disolución desplazan a los que estaban originalmente en los sitios activos. La eficiencia del proceso depende de factores como la afinidad de la resina por un ion en particular, el pH de la disolución (carácter ácido y básico del grupo activo), la concentración de iones o la temperatura.

Los parámetros característicos de los intercambiadores iónicos son los siguientes:

- ✓ Capacidad de intercambio: se define como la cantidad de iones que una resina puede intercambiar en determinadas condiciones experimentales. Depende del tipo de grupo activo y del grado de entrecruzamiento de la matriz y se expresa en equivalentes por litros de resina o por gramo.
- ✓ Capacidad específica teórica: Se denomina así al número máximo de sitios activos del intercambiador por gramo. Este valor suele ser mayor que la capacidad de intercambio, ya que no todos los sitios activos son accesibles a los iones en disolución.
- ✓ Selectividad: Propiedad de los intercambiadores iónicos por la que un intercambiador muestra mayor afinidad por un ion que por otro. La selectividad de una resina por un ion determinado se mide con el coeficiente de selectividad, k .

La selectividad depende de las interacciones electroestáticas que se establecen entre el ion y el intercambiador y de la formación de enlaces con el grupo ionogénico. La regla principal es que un intercambiador preferirá aquellos iones con los que forme enlaces más fuertes.

Cuando el intercambiador comienza a estar saturado con los iones de la disolución que entra, se observa un aumento de la concentración de dichos iones en la disolución que sale de la columna, esta descarga se conoce como “punto de rompimiento” e indica que el tratamiento de la solución por el intercambiador ya no está siendo efectiva.

La regeneración tiene dos inconvenientes muy importantes: el gasto económico del regenerante y la generación de residuos, ya que después de regenerar el intercambiador se obtienen disoluciones muy concentradas en metales que deben ser tratadas o eliminadas.

catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

2.5.6. VAPOR

2.5.6.1. CALIDAD DEL VAPOR PRODUCIDO.

La calidad del vapor es un valor difícil de determinar con exactitud. En la actualidad existe varios métodos para medir la calidad del vapor, sin embargo, no existe ninguno que pueda considerarse simple o sencillo. Se puede utilizar un recipiente cilíndrico, horizontal o vertical, aislado con fin de separar la fase vapor de la líquida, tal como un separador de petróleo y gas. Las medidas de las tasas de flujo por peso de las dos fases cuando más dejan el separador, dan una indicación directa de la calidad.

Cualquier método para medir el flujo de las dos fases puede resultar aceptable. Algunas instalaciones utilizan medidores de orificio en ambas líneas, sin embargo, un

medidor de desplazamiento positivo o un medidor de turbina en el lado del líquido pueden resultar satisfactorios si se realizan las reacciones por temperatura.

Para calcular la calidad, de tasa de flujo en peso de vapor se divide entre las tasas de flujo continuo, como generalmente lo hace la calidad, puede hallarse dividiendo la tasa de vapor en el separador por la tasa de agua entrante. Algunos generadores comerciales poseen separadores a fin de determinar la calidad de todos los cloruros (Cl).

Se ha mencionado que una de las razones por las cuales se usan vapor húmedo en recuperación térmica, es con el fin de prevenir la formación de escamas a las calderas debido a la deposición de sólido disuelto. Estos sólidos presentes en el agua de alimentación se concentran en la porción líquida de la recarga del generador y sirve para proveer una medida del porcentaje de la alimentación aún en fase líquida.

Cloruro (Cl) constituye un instrumento conveniente para este chequeo. Por medio de titulación química, la concentración del ion cloruro en la parte líquida del vapor se compara con la concentración del mismo ion en el agua de alimentación.

Luego la calidad viene dada por la conductividad del agua depende de la concentración de sales disueltas en ella. Notando el incremento de la conductividad entre el agua de la parte líquida del vapor a la descarga de la caldera.

El método es similar al método de determinación de los cloruros, excepto que se toman en cuenta todas las sales disueltas en lugar de cloruros. Sin embargo, método de la conductividad no es correcto si el bicarbonato de sodio NaHCO_3 está presente en el agua de alimentación. El carbono de sodio se descompone en

NaCO₃ (Carbonato de sodio) o NaOH (Hidróxido de sodio), los cuales tienen diferentes conductividades, este error se corrige neutralizando la solución dado que la comparación básica en este método radica en que las sales disueltas son concentradas en la fase líquida en proporción directa al volumen del medidor de orificio.

La calidad del vapor puede ser determinada por medio de un medidor de orificio si la tasa de flujo de vapor es conocida. Normalmente las unidades generadoras de vapor son diseñadas para operar bajo condiciones de flujo continuo y la tasa de agua entrante puede determinar por simple medición de calidad del vapor viene dada por la siguiente ecuación.

$$\text{Calidad de vapor} = \frac{\text{Masa de vapor de agua}}{\text{Masa de vapor de agua} + \text{masa de agua en la mezcla líquido} - \text{vapor de agua}}$$

2.5.7. METODOS DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

La calidad de agua de alimentación a la caldera repercute directamente sobre el buen funcionamiento de la misma así como sobre la vida de muchos de sus elementos que forman el equipo generador de vapor. A continuación pueden verse valores aproximadamente para las variables más importantes que hay que controlar en el agua de la caldera:

-Concentración de oxígeno en el agua de alimentación limitada a 0.005cc por litro. - Dureza del agua de alimentación entre 0 y 2 ppm (para reducir la deposición de lodos en la caldera).

-El pH del agua de alimentación debe mantenerse entre 8 y 9 y el agua de la caldera deberá tener un pH entre 10.5 y 11.0.

La cantidad total de sólido disuelto, la alcalinidad y sólidos en suspensión no debe exceder de un valor determinado en función de la presión de acumulación de lodo en los tubos que dificulta la transferencia de calor resultando así un sobrecalentamiento de los mismos. La corrosión del metal de tubos o la formación de óxidos puede ser debida a la alta concentración de productos químicos en el agua de la caldera, y la formación de espumas, principalmente, a la presencia de sólidos en suspensión y de otra sustancia orgánica.

Todo esto debe evitarse mediante la adición del producto químico necesario, dicha adición debe ser preferiblemente continua para conseguir concentración constante en el agua de la caldera.

Cuando los productos químicos se añaden directamente a la caldera, se debe usar la conexión prevista en el calderín para este propósito.

2.6. ABLANDADORES DE AGUA.

2.6.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La solución al problema es atacar el calcio y el magnesio. Mientras que hay los tratamientos químicos que hacen esto, la respuesta más popular es un ablandador de agua, el ablandador típico es aplicación mecánica, conectada en su sistema de abastecimiento de agua. Todos los ablandadores de agua usan el mismo principio operacional. Ellos sustituyen los minerales por otros, generalmente el sodio el principio es llamado intercambio iónico.

El medio del ablandador de agua, es un depósito de minerales el cual está lleno, con grano de polietileno, llamado también resina o zeolita. Los granos están cargados eléctricamente negativos. El calcio y el magnesio en agua ambos llevan cargas positiva. Esto significa que estos minerales se aferraran en los granos cuando el agua dura pasa a través del depósito mineral. Los iones del sodio también poseen cargas positivas, no obstante tan fuertes como la carga en el calcio y el magnesio. Cuando una salmuera concentrada pasa a través del depósito que contiene los granos plásticos saturados con calcio y magnesio, se mezcla con el volumen de iones de sodio, esta supuesto que esto arrastra los iones de calcio y de magnesio fuera de los granos de plástico. El ablandador de agua tiene un depósito de salmuera separado de los granos que usa una sal común para crear esta salmuera.

En la operación normal, el agua dura entra en el tanque mineral y los iones de calcio y el magnesio mueven a los granos, substituyendo iones del sodio. Los iones del sodio entran en el agua.

Cuando los granos se saturan con calcio y el magnesio, la unidad comienza un ciclo trifásico de regeneración.

Primero, la fase de retro lavado invierte el flujo del agua para quitar la suciedad del tanque.

En la fase de la recarga, la solución de sal concentrada y sodio rica fluye del depósito de la salmuera al depósito mineral. El sodio recoge en los granos, substituyendo el calcio y magnesio, que se sitúan debajo del sistema y cuando esta fase se termina, se elimina el exceso de la salmuera del depósito mineral y se rellena el depósito de la salmuera.

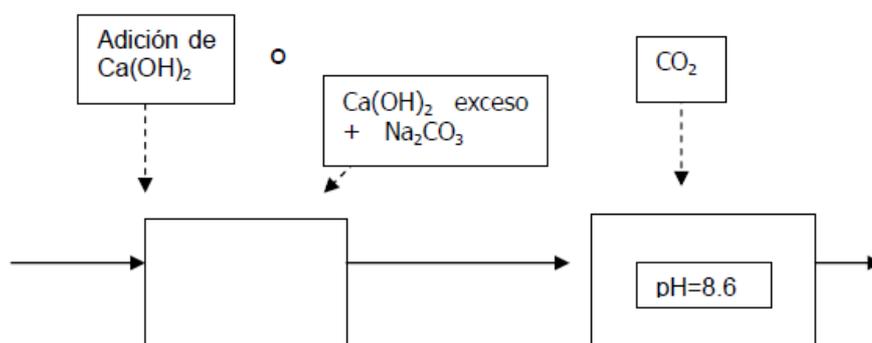
Las aguas duras se miden en gramos por galón (GPG), o miligramos por litros (mg/L, equivalente a parte por millón ppm). El agua hasta 1 GPG (or 17.1 mg/L) es considerada suaves y un agua de 60 a 120 GPG puede no ser completamente ablandada.

http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z

El proceso de ablandamiento puede ser selectivo en cuanto a la remoción de dureza de calcio y magnesio. El agua que contiene magnesio en bajas concentraciones puede ser tratada con cal para remover el carbonato de calcio que se forma, un exceso de cal es suficiente para estabilizar el pH en 10.5 por lo menos, que es el

punto máximo de precipitación del hidróxido de magnesio. En caso de tratarse de un no carbonato, este puede reducirse mediante la adición de Na_2CO_3 y el hidróxido de sodio puede sustituirse por cal Na_2CO_3 .

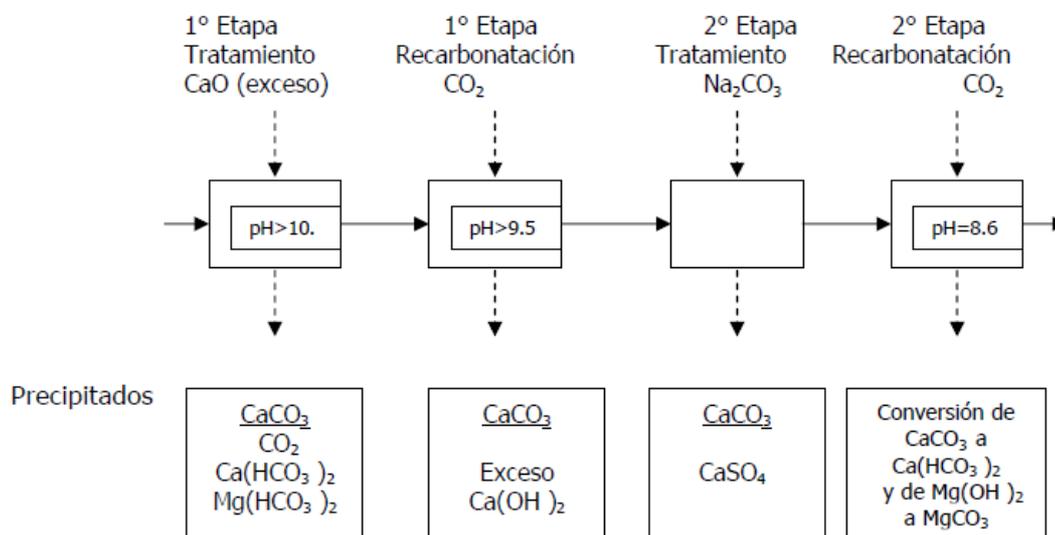
Fig. 2.2 Ablandamiento del cal en una etapa



catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

En caso de adicionar Ca(OH)_2 se precipita CaCO_3 además de $\text{Ca(HCO}_3)_2$ si se elige la adición de cal mas carbonato de sodio se produce CaCO_3 como precipitado, así como $\text{Ca(HCO}_3)_2$, $\text{Mg(HCO}_3)_2$, CaSO_4 y MgSO_4 . En la etapa de recarbonatación el carbonato de calcio se convierte en $\text{Ca(HCO}_3)_2$.

Fig. 2.3 Ablandamiento del cal en dos etapas - recarbonatación



catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

El proceso de ablandamiento de agua mediante la adición de cal produce grandes cantidades de lodos, el volumen de estos es aproximadamente 2.5 veces mayor a la cantidad de cal empleada inicialmente, debido a la combinación de cal con el calcio y magnesio contenidos en el agua a los formación de lodos en la etapa de coagulación posteriormente al ablandamiento.

catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

2.6.2. FILTROS

Es el proceso más simple de separación, en el cual un material poroso actúa como barrera. El agua es forzada a pasar a través de este material reteniendo los sólidos suspendidos.

Consta de un medio filtrante, un fluido con sólidos en suspensión, una fuerza o diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar y un dispositivo mecánico llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza.

La filtración sobre lechos multicapa de arena de diferentes granulometrías y antracita contienen ya un sistema de limpieza y válvulas que dependen del caudal de agua a tratar. Varían de 0.5 a 5000 m³/h y velocidades de filtración según las exigencias de calidad del agua filtrada.

La filtración en medio granular está variando continuamente para satisfacer las aplicaciones crecientes en el campo de la depuración del agua.

El sistema más común consiste en el filtro continuo estratificado de medio doble de flujo pistón descendente por gravedad, éste emplea una capa de antracita sobre una capa de arena, el diseño permite una mejor eliminación de sólidos en suspensión.

El espesor mínimo de la capa de antracita es de 38-46 cm (15-18 pulg) y aumenta a medida que lo hace la carga de sólidos. El espesor de la capa de arenas está comprendido entre 8 y 12 pulg (20-30 cm).

El caudal de lavado a contracorriente, al final del ciclo de limpieza, se ajusta para permitir la reclasificación hidráulica de los medios de filtración.

Periódicamente, se requiere un lavado a contracorriente o contralavado para eliminar los materiales atrapados en el medio. Se permite una máxima pérdida de carga total de 10-15 pie (3 - 4.5 m) antes de proceder a la limpieza. Los caudales típicos son de 15-25 gpm/pie² durante 8-10 min.

El sistema de contralavado incluye una fuente de agua, que puede ser agua residual filtrada o efluentes posteriores con poca cantidad de sólidos en suspensión. El agua de contralavado se bombea desde un tanque de almacenamiento dimensionado en función del número de filtros, la duración de cada ciclo de filtración, y las condiciones de diseño del contralavado. El agua gastada se dirige a la cabecera de la depuradora o a un proceso intermedio que permita la sedimentación. Se requiere instrumentación del sistema e indicadores para asegurar un control flexible del proceso. Aunque la mayor parte de los sistemas funcionan por cargas, es posible conseguir un lavado a contracorriente en continuo.

2.6.3. TRATAMIENTO DE AGUAS DE CALDERAS INDUSTRIALES

Uno de los componentes de mayor aprecio en una industria y que puede representar una buena parte de la inversión es el boiler o caldera.

Existen industrias o servicios, que quedarían colapsados por una falla en la caldera hasta el punto de llegar a parar su producción, y su reparación o sustitución podría representar un costo considerable en su presupuesto, por lo que es esencial que la caldera opere en óptimas condiciones. Una caldera con un mantenimiento adecuado y con un tratamiento químico adecuado en el agua de consumo puede llegar a operar sin problemas durante 20 o más años.

Una caldera básicamente es un recipiente de acero donde se quema un combustible y el calor generado en la reacción de combustión se transmite al agua líquida y se produce vapor de agua.

Existen muchas variaciones respecto a tipo de caldera, presión de operación, tamaño y capacidad, entre otros, pero todas las variantes y tipos de ellas adolecen de los mismos problemas en lo referente a la calidad del agua, lo cual afecta la vida útil y la operación de la caldera.

Calidad del agua en la caldera: los problemas más frecuentes en lo referente a la calidad del agua y que influyen en la operación de la caldera son:

* **Formación de depósitos:** la incrustación es indeseable ya que al formar una capa en los tubos y demás componentes del equipo, evitan la transmisión efectiva del calor. Esto conduce a una baja eficiencia en la producción de vapor, disminuyendo la cantidad de vapor producido por unidad de calor generado, y también causa desgaste del tubo y accesorios por fatiga térmica ya que se requiere de mayor temperatura del metal en la parte expuesta a la flama, que cuando no existe incrustación y este desgaste térmico afecta también la vida útil del equipo.

Los depósitos se producen por sólidos suspendidos que el agua pueda contener y principalmente por formación de depósitos de sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio, en mezclas complejas con otros componentes como silicio, bario, etc.

Para evitar la formación de incrustaciones se deben remover los sólidos coloidales y materia suspendida que el agua contenga y realizar un ablandamiento o suavización del agua cruda que ingresa a la caldera.

* **Corrosión por Oxidación del metal:** Los principales componentes de la caldera son metálicos. Los agentes que atacan al acero y lo disuelven, son los gases corrosivos como oxígeno y bióxido de carbono. También la acidez del agua causa corrosión por lo que el pH debe mantenerse entre 9.0 y 11.5.

El control del oxígeno disuelto es uno de los puntos críticos en la operación de la caldera. Las picaduras o áreas de desgaste localizadas en ciertas partes de los tubos de la caldera ocurren por la acción corrosiva del oxígeno. En el condensador del sistema, el dióxido de carbono se suma a la acción corrosiva del oxígeno y destruyen en poco tiempo el tanque del condensador si no son removidos estos gases.

* **Fragilización cáustica:** Si la alcalinidad a la fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) que es la que se encuentra en forma de carbonatos es muy alta, pueden presentarse problemas de fragilización del metal. Esta pérdida de elasticidad, también pueden ocurrir por frecuentes shocks térmicos en la caldera, al complementar sin calentamiento previo el agua de repuesto para compensar por las pérdidas por fugas de vapor o por purgas de la caldera.

* **Formación de Espumas:** Esto ocurre cuando hay presencia de materia orgánica o de una gran cantidad de sólidos disueltos en el agua de la caldera. Para evitar la formación de espumas, se purga la caldera cuando en el agua se alcanza un cierto nivel preestablecido de sólidos disueltos. Otra acción preventiva consiste en tener un tratamiento externo del agua de alimentación para evitar la presencia de sólidos

suspendidos de naturaleza orgánica, así como de grasas y aceites del equipo de proceso que puedan contaminar el agua.

Acciones correctivas: un buen operador de calderas puede controlar y compensar por los efectos indeseables del agua de proceso en la caldera. La adición de productos químicos como antiespumantes, retenedores de metales corrosivos, neutralizadores de gases corrosivos, modificadores de alcalinidad y pH, etc. Pueden exitosamente solucionar los problemas de daños y desgaste anormal de la caldera.

Lo que puede ocurrir y es muy frecuente, es que el operador no cuente con un laboratorio de análisis químico de respaldo o no esté capacitado adecuadamente para comprender qué efectos tiene cada uno de los componentes químicos que acompañan el agua y no se implemente el tratamiento adecuado.

Si el servicio de operación y mantenimiento de la caldera es externo, puede ocurrir que el prestador del servicio de la misma formulación en sus productos para el acondicionamiento y tratamiento interno de todas las calderas independientemente del análisis y composición del agua en particular, sea esta de una fuente propia como es un pozo o de la red municipal.

Desmineralizar el agua que se alimenta a una caldera tiene la gran ventaja de poder emplear una sola formulación o adición de sustancias químicas que protejan la caldera de la acción corrosiva e incrustante del agua de proceso, independientemente de la procedencia y calidad del agua.

2.6.4. SISTEMAS DE ABLANDAMIENTO DE AGUA.

A: Proceso de ablandamiento tradicional: En el proceso de ablandamiento con resinas catiónicas, el calcio y el magnesio son intercambiados por iones sodio. En el proceso de ablandamiento la salinidad o contenido de sales disueltas en el agua no disminuye, de hecho se incrementa ligeramente ya que un equivalente de calcio Ca^{+2} pesa 20 gramos y un equivalente de sodio Na^{+} pesa 23 gramos.

B: Ablandamiento con membranas: Para que el agua pueda ser procesada por membranas, previamente deberá tener un adecuado tratamiento externo, para garantizar la ausencia de sólido y coloides en el agua a alimentar a la caldera.

En el proceso de membranas, si éstas son de osmosis inversa, las sales son removidas y el permeado o producto solo contiene trazas de sales disueltas. En el proceso de membranas se remueven del agua de alimentación a la caldera componentes indeseables como: calcio, magnesio, hierro y otros metales, carbonatos y bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc., por lo que estos ya no precipitan en el calentamiento y evaporación del agua en la caldera.

En el ablandamiento por membranas la sanidad disminuye debido a que no es una reacción de intercambio, sino un proceso de tamizado a nivel atómico y molecular que separa los iones en dos corrientes, una que es el producto sin iones disueltos y un rechazo que acarrea los iones que ya no contiene el agua producto y que originalmente contenía el agua de alimentación a la membrana.

Al no tener sales el agua de alimentación no se requiere de las frecuentes purgas y la consiguiente reposición del agua desechada. Esto conduce a menor gasto de productos químicos y a menores pérdidas de calor por el agua caliente que se desecha en la purga.

El agua desmineralizada es altamente corrosiva, por lo que es necesario neutralizar ésta y agregar sustancias químicas que suban el PH y tengan una acción protectora con el metal con el que estarán en contacto en la caldera.

2.6.5. ESQUEMA DE TRATAMIENTO

El esquema de tratamiento para un sistema de calderas con agua desmineralizada consiste en lo siguiente: el agua de la fuente de suministro pasa a través de un filtro de multimedia para remover partículas suspendidas y posteriormente por un filtro de micro filtración de 5 micrones que remueve las partículas de finos del agua a alimentar a la membrana.

El agua de rechazo en las membranas puede tener un uso secundario, como en riesgo, limpieza de maquinaria y equipo, se puede integrar el agua de servicios generales, reinyectarse en el pozo, o como última opción desecharse al drenaje.

El agua producto sin sales pasa por una membrana con una capa líquida que remueve los gases disueltos entre ellos el oxígeno y dióxido de carbono, que son altamente corrosivos en las condiciones de operación de las calderas.

El agua producto de las membranas y que ya no contiene sales se alimenta a la caldera pero antes se agrega un reactivo especialmente formulado que reacciona químicamente con el oxígeno residual del agua de proceso en la caldera, y lo convierten a una forma no corrosiva.

También se deberá agregar una formulación para incrementar el pH del agua de alimentación y proteger el metal de la acción corrosiva del agua y los componentes

traza, que existieran en el agua que se procesa en el ciclo de calentamiento y evaporación en la caldera.

Este esquema de tratamiento tiene las siguientes ventajas:

- 1: Protege la caldera de la corrosión.
 - 2: No hay forma de tener incrustaciones por precipitación de sales insolubles y sólidos suspendidos.
 - 3: No hay formación de espuma en la caldera, lo cual afecta la calidad del vapor y causa problemas de operación en la caldera.
 - 4: la formulación del producto que protege la caldera, no está sujeta a variables en la composición del agua o a criterios del operador. Siempre es un mismo esquema de tratamiento independientemente de la naturaleza y calidad del agua de suministro o fuente de abastecimiento.
- http://www.taringa.net/posts/info/4674105/tratamientos_de_calderas_industriales.html

2.7. CONTROL DE REGENERACIÓN AUTOMÁTICA.

La mayoría de los ablandadores de agua populares tienen un sistema automático de la regeneración. El tipo más básico tiene un cronómetro eléctrico que limpie y recargue el sistema en un horario regular.

Durante la regeneración automática, el agua suave no está disponible el segundo tipo de control usa un computador que controla la cantidad de agua usada. Cuando bastante agua ha pasado a través del depósito mineral para haber agotado los granos de sodio, el computador acciona la regeneración. Estos ablandadores tienen

frecuentemente una capacidad de reserva de resina, para el agua ablandada sea disponible durante la recarga.

Un tercer tipo de control, usa una escalera de medidas mecánicas para medir la cantidad de agua usada y para poner en acción la recarga. La ventaja de este sistema es que no hay componentes electrónicos, y el mineral se recarga solo cuando es necesario. Cuando el ablandador está equipado con dos depósitos de minerales, el agua suave esta siempre disponible, aun cuando la unidad esta recargada.

http://www.monografias.com/usuario/perfiles/marving_f_pazmino_z.

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1. UBICACIÓN.

Este proyecto se realizó en la empresa Marbelize S.A. vía a Manta- Rocafuerte km 5 ½ en el área de calderos entre el caldero número uno y tres.

3.2. VARIABLES EN ESTUDIO.

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Capacidad de retención de Ca y Mg de la resina Catiónico.
- Requerimiento de Cloruro de Sodio como fuente regenerativa.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTES.

- Calidad Físico – Químico del agua.
- Condiciones y Requerimientos del Caldero.

3.3. UNIDAD EXPERIMENTAL.

- 50 metros cúbicos de agua materia prima.
- Análisis físicos químicos del agua.

- Reactivos de medición de dureza del agua producto.

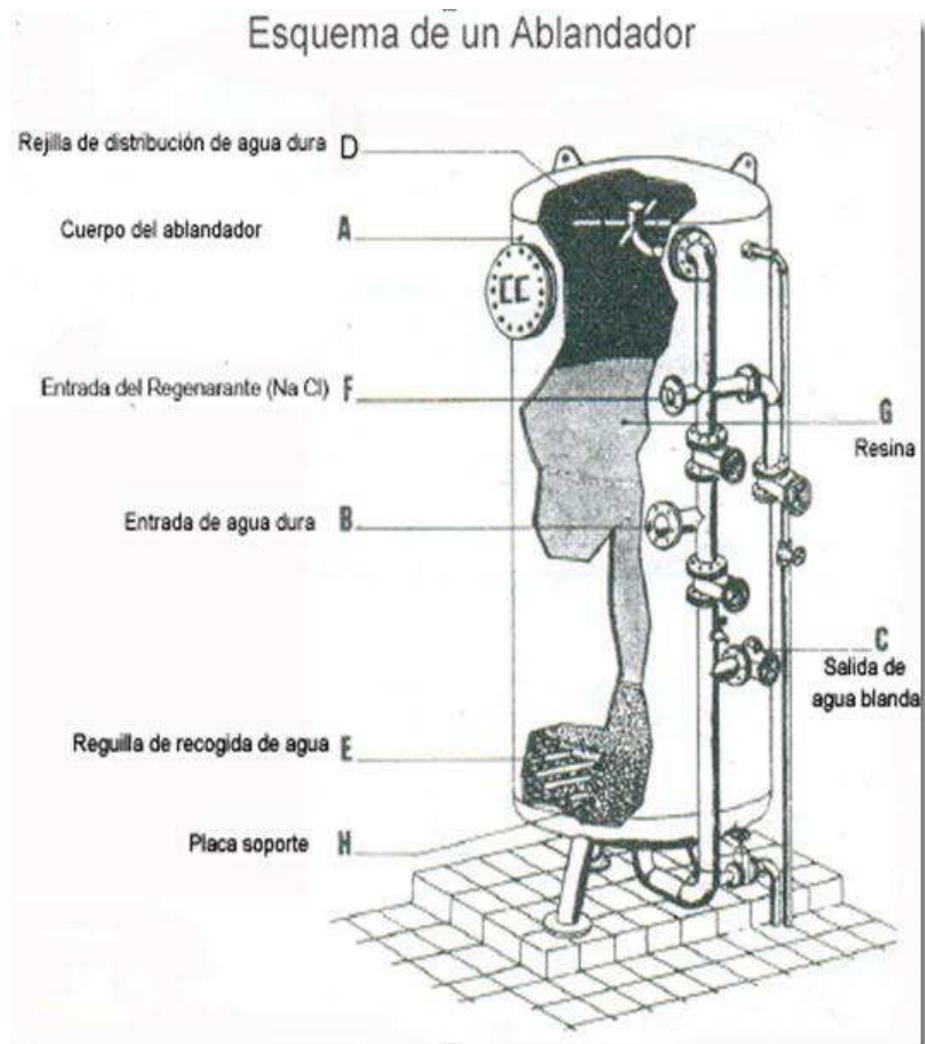
3.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS.

- Diagrama Causa- Efecto.
- Gráfico de control.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESQUEMA DEL ABLANDADOR DEL AREA DE CALDERO.



4.2. TIPO DE ABLANDAMIENTO CATÓNICO

La resina que se estableció emplear en el intercambio catiónico de alta capacidad 30.000 granos / pie cúbico.

La capacidad de ablandamiento 1500.00 granos de dureza expresados en carbonato de calcio. Equivalentes en unidades métricas, con una capacidad en volumen del intercambio es de 3 pies cúbicos equivalente en unidades métricas a 84.94 litros.

Para un flujo máximo de 3420 litros por hora.

Reactivo usado para regeneración: cloruro de sodio con una cantidad de sal empleada en cada regeneración 20,54 kilos por cada regeneración.

El diámetro de la tubería utilizada es de 2 pulgada para la salmuera y las válvulas de globos de bronce.

Dimensiones del ablandador es: 160 cm de altura por 70 cm de ancho, las dimensiones del tanque de regeneración 100 cm de altura por 50 cm de ancho, construido en hierro dulce galvanizado y revestido con resina y fibra de vidrio. Con las láminas de un grosor 3/16 pulgadas para una presión de trabajo de 5 kg/cm² el equipo es de manejo manual.

Su cuerpo cilíndrica con tapas superior e inferior que están estas tapas soldadas a un anillo similar con un empaque de amianto entre los anillos, las tapas 2 y 3 sirven para la carga y descarga, estarán adheridas al cuerpo del ablandador por medio de pernos y empaques, todas las tuberías son roscadas.

El cuerpo filtrante estará basado en grava sílica número 4, 3 y 2.

4.3. FUNCIONAMIENTO DEL ABLANDADOR.

El ablandador se basa en el intercambio de iones de calcio y magnesio contenidos en el agua por iones de sodio contenidos en el intercambiador, según esto el aparato funcionara hasta que se sature de iones de calcio, en este momento es necesario hacer la regeneración es decir incorporar al ablandador nuevos iones de sodio lo que se consigue haciendo pasar una solución concentrada de cloruro de sodio o sal común.

El ablandador funciona en 4 etapas

- Servicio
- Retro lavado
- Salado
- Enjuague

Una vez terminado el enjuague el ablandador estará en condiciones de seguir prestando su servicio normal.

Este sistema de ablandador catiónico es el más práctico y económico pero el ablandamiento se realiza cambiando iones de sodio por los de calcio, sin que por esto se elimine el porcentaje de sólidos disueltos y aun mas habrá un cambio en la alcalinidad del agua, ya que los carbonatos de sodio y los bicarbonatos de sodio también, que reemplazan a los cloruros permanecerán como tal y por lo tanto es indispensable observar dos aspectos fundamentales en el tratamiento del agua del caldero:

- 1.- Mantener el porcentaje de sólidos totales estable.
- 2.- Realizar un tratamiento posterior para evitar la corrosión.

4.4. CÁLCULO DE RESINA CATIÓNICA

Datos a considerar:

1 PIE3 RESINA: Puede intercambiar 30000 granos de dureza.

1 GRANO/GALÓN: Equivale a 17.1 ppm de dureza.

1PPM: Equivale a 1 mg/lt

DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO

Caudal a Tratar: $m^3/día.$

Dureza del Agua: ppm o mg/lt de $CO_3Ca.$

Tiempo de Trabajo: 24 horas.

CÁLCULO DE VOLUMEN DE RESINA CATIÓNICA

Intercambio: 30000GR /pie³

DATOS NECESARIOS

Dureza 100ppm

Flujo a ablandar 30gpm

Tiempo de trabajo 24 horas

Caudal a ablandar 16200 galones

Granos a intercambio 5.85 Granos/gal

Granos totales 90000 Granos

Resina Necesaria 3 pie³

RESULTADOS

1pie³ resina = 30000 GR de dureza

1 Grano de dureza = 17.1 ppm CO₃Ca

Q= g/min = m³/día

Dureza 100ppm * 1grd/17.1ppm = 5,85GR de resina

Q= 150 m³/día * 250gal/1m³ * 3,785lt/1gal = **14 horas para ablandar**

Q= 150000LT/día*100mg/1lt = 15000000mg/día

1ppm=1mg/lt

100ppm= 100mg/lt

1500000mg dureza * 1 pie³/30000 = **3 pie³ de resina**

4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El volumen calculado aquí, corresponde a un flujo de 30gpm, 100ppm de dureza y en una jornada de trabajo de 24 horas.

Hay que considerar que este cálculo es para un día de trabajo, por lo tanto, si nos regimos a este valor, la regeneración de resina deberá hacérsela diariamente cada 14 horas.

Dependiendo del espacio y costos se puede proyectar este ablandador para regenerarlo dos veces al día.

4.6 FACTORES A CONSIDERAR

Toda resina catiónica debe ser activada con cloruro de sodio (sal común y en grano), cuando esta es nueva. Esto se hace para activarla en ciclo sodio. Para la activación y/o regeneración de 1 pie cúbico de resina, se necesitan de 8 kg de sal en grano por cada pie³ de resina lo que equivale a 24 kg / día de cloruro de sodio.

El lecho de resina en el tanque del ablandador, debe ser máximo del 75% de su volumen.

Es decir, como mínimo, necesito un tanque de 50 galones de volumen total, para meter 24 kg y disolverlo con agua hasta formar la solución saturada.

4.7. COSTO OPERATIVO

CANTI	NOMBRES	PREC. UNIDAD	PREC TOTAL
10	VALVULAS HACER INOX 2"	\$ 48	\$ 480
10	TUBERIAPVC 2" CEDULA 40	\$ 38	\$ 380
1	BOMBA 5 HP	\$ 1.500	\$ 1.500
1	VENTURI (strein)	\$ 1.000	\$ 1.000
10	CODO PVC CEDULA 40	\$ 6	\$ 60
7	UNION PVC CEDULA 40	\$ 2,50	\$ 17,50
1	DISTRIBUIDOR	\$ 1.000	\$ 1.000
1	TANQUE DE ACERO INOXIDABLE	\$ 1.000	\$ 1.000
1	REGILLA DE ACERO INOXIDABLE	\$ 200	\$ 200
3	RECINA CATIONA fts3	\$ 140	\$ 420
2	GRAVA FINA fts3	\$ 50	\$ 100
2	RIPIO FINO	\$ 50	\$ 50
		TOTAL	\$ 6.257,50

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Como conclusión se puede observar que los recursos hidrológicos sufren por la contaminación que el mismo hombre genera y que se tiene la responsabilidad de cuidar los recursos hídricos de manera conjunta, pues el agua es un recurso indispensable para todos.

La capacidad de regeneración de las resinas de intercambio iónico es alta por que en el caso de las catiónicas es mayor a 3,2 y en las aniónicas mayor a 0.6 lo que nos indica que una vez regeneradas las resinas cumplen a cabalidad la función de atrapar iones porque su capacidad es superior al 80%.

Se observa también que el agua tiene aplicaciones y usos industriales así como también domésticos y en la vida cotidiana.

5.2. RECOMENDACIONES

Para evitar la dosificación de regenerantes del modo que se viene haciendo actualmente se recomienda implementar un equipo para medir el flujo.

Para lograr alcanzar un mayor rendimiento es recomendable usar resinas de alta calidad o en su defecto resinas que se estén empleando actualmente en la planta para evitar el entrecruzamiento por diferentes fabricantes o marcas de resinas.

Para alcanzar una óptima calidad de agua tratada, la dosificación de regenerantes en el caso de ácido sulfúrico deber ser relativamente bajas, porque al aumentarse el periodo para la regeneración será extenso y la concentración de hierro aumentará y provocara problemas durante la operación de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Badui Dergal Salvador, 2007. “Química de los alimentos”. Ed. Alhambra Mexicana S.A.
- Blás López Simarro, 2010. “Manual de procesos en la Industria Alimentaria”
- Calderos: Laboratorios de operaciones – Marving F. Pazmiño Z. – <http://www.monografias.com/trabajos72calderos-laboratorio-operaciones/calderos-laboratorio-operaciones2.shtml#clasificaa>
- Encarta Premium 2009
- Enciclopedia “Física y Química”(océano)
- Guerrero Legarreta. Manuel, 2010. “El Agua”
- Manual de Operación de Calderas de “ Industrias Tijuana”.
- Manual del Ingeniero Químico (séptima edición).
- Páginas de internet que colaboraron:
- Resinas de intercambio catiónico- wikipedia- http://es.wikipedia.org/wiki/Resina_de_intercambio_cati%C3%B3nico
- Tratamientos de agua de calderas industriales – MIGUEL ANGEL CEDRON – [http://www. Taringa.net/posts/info/4674105/Tratamientos-de-aguade-calderas-industriales.html](http://www.Taringa.net/posts/info/4674105/Tratamientos-de-aguade-calderas-industriales.html)
- www.fisicanet.com.ar
- www.geocities.com
- www.ingenieriaquimica.org
- www.monografias.com
- www.wikipedia.org
- catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/...m.../capitulo3.pdf

ANEXOS

ANEXO1. NORMAS PARA ALCALINIDAD TOTAL Y PARCIAL

Materiales

- 1 Erlenmeyer de 50 c.c.
- 1 probeta

Reactivos

Solución titulante de SO_4H_2 0.02 N

Indicador de fenolftaleína o verde de bromo cresol

Procedimiento

- a) En un Erlenmeyer de 50 c.c. colocar 10ml del agua muestra y una gota de fenolftaleína. Si no se produce un cambio de coloración, la alcalinidad parcial se considera igual a cero. Si hay cambio de coloración, titule con SO_4H_2 (ácido sulfúrico) hasta decoloración de la solución.
- b) El consumo obtenido se los multiplica por 1000 y el resultado se expresa en ppm.
- c) Sobre los c.c. consumidos de SO_4H_2 0.02 N, se determina la alcalinidad total.

ALCALINIDAD TOTAL

- a) A la misma fiola que se usó para la determinación de alcalinidad parcial, añádale 5 gotas de verde de bromo cresol. Se forma una coloración azul.

- b) Titule con SO_4H_2 N 0.02 N hasta obtener un cambio de la solución azul inicial a una coloración amarilla.
- c) Los c.c. gastados de SO_4H_2 0.02 N, multiplicarlos por 100 para expresar el resultado en ppm de alcalinidad total.

ANEXO 2. NORMA PARA DUREZA TOTAL

Materiales

- 1 Erlenmeyer graduado
- 1 probeta de 100 c.c.

Reactivos

- Hardness I
- Hardness II
- Hardness III

PROCEDIMIENTO ALTA RANGO:

- a) Medir el volumen de agua muestra requerido para análisis, en una celdilla (se llena hasta el tope) que es igual a 6 ml.
- b) Trasvasar el volumen medido a un erlenmeyer de 50 ml.
- c) Agregar 3 gotas de Hardness I y agitar.

- d) Adicionar 1 cucharadita (medida plástica) de Hardness II y agitar. Si aparece una coloración azul, la titulación se omite y la dureza total se reporta igual a cero.

- e) Si al adicionar el Hardness III, se produce una coloración violeta o roja, titúlese con Hardness III, hasta el viraje de la solución a una coloración verde azulada. Si el cambio se produce con la primera gota del titulante, realizar la prueba en bajo rango.

1 Gota = 17 ppm de dureza total

BAJO RANGO:

- a) En un erlenmeyer de 125ml., colocar 100 ml del agua muestra.

- b) Añadir 1 ml de Hardness I; 2 cucharaditas de Hardness II, agitando en cada acción.

- c) Si al adicionar el Hardness II, solución no se tiñe de azul, titúlese con Hardness III, hasta obtener una coloración azul o verde. Anótese el número de gotas gastadas.

Equivalencia: 1 gota = 1ppm de DUREZA TOTAL

ANEXO 3. REGISTRO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA DE CALDEROS



MARBELIZE
DPTO. DE ASESORAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

REGISTRO DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA DE CALDEROS
FORM. CC - AN. VEH 08-43 UN

FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 12 DE SEPTIEMBRE 2011 RECONOCIMIENTO: Plantilla para el control de calidad de agua

NOMBRE DE LA MUESTRA: 33 82 Plantilla para el control de calidad de agua

MUESTRA TOMADA POR: Yajaira Rodriguez Plantilla para el control de calidad de agua

UBICACION DE MUESTRA: Plantilla para el control de calidad de agua

PARAMETRO	VALOR MEDIDO	VALOR ESTADO	VALOR LIMITE DE ALERGIAS	VALOR LIMITE DE CALIDAD	LIMITE PARA AGUA DE CALDEROS				
DUREZA TOTAL (como CaCO ₃)	0	35	35	0	25	0	35	0	1
ALCALINIDAD (como CaCO ₃)	5	0	0	100	0	250	0	100	10
ALCALINIDAD (como CaCO ₃)	10	60	60	100	60	400	60	100	1-40 mg
BI-CARBONATO (como CaCO ₃)	15	0	0	50	0	100	0	40	
ACIDOS (como CaCO ₃)	0	60	60	0	60	0	60	0	MAX
CLORURO (mg/l)	3	35	40	200	40	80	40	50	MAX 100
SODIO (mg/l)	-	-	-	150	-	1000	-	100	20-50
FOSFATO (mg/l)	3	10	15	50	20	60	10	50	0-10
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	15.9	100	150	1000	100	2000	100	100	MAX 500
pH	9.97	7.22	8.30	10.00	7.50	11.00	7.20	11.70	7.00-11.00
HECHO (mg/l)	0.3	0.8	1.0	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	MAX 1
COPPER (mg/l)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
ESCALA DE CONCENTRACION	-	-	-	100	-	100	-	100	
IMPURAS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
BLICE	5	10	10	100	15	150	15	100	MAX 100

Observaciones: Plantilla para el control de calidad de agua

Yajaira Rodriguez
REALIZADO POR

[Firma]
GERENTE DE ASESORAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

[Firma]
JEFE DE MANTENIMIENTO

Fuente: Marbelize S.A.

ANEXO 4. REGISTRO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA PRETRATADA Y TRATADA

REGISTRO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA PRETRATADA Y TRATADA

FECHA: 09 DE SEPTIEMBRE 2014

Nº	CLASIFICACION	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	PH	TEMPERATURA	CONDUCIVIDAD	CLORURO	SODIO	AMONIO	NITRATO	NITRITO	CLORAMINAS	RESIDUO	CONDICION
Nº 01	PRETRATADA 1	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.47	1.0	352	NO	483	170	-	-	-	-	CONDICION
Nº 02	PRETRATADA 2	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.48	0.3	410	*	505	60	0.0	-	-	-	CONDICION DE PUNTO
Nº 03	PRETRATADA 3	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.51	0.0	366	*	183	83	-	-	-	-	CONDICION DE PUNTO
Nº 04	PRETRATADA 4	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.51	0.3	392	*	186	40	-	-	-	-	CONDICION DE PUNTO
Nº 05	PRETRATADA 5	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.52	0.3	362	*	161	40	-	-	-	-	CONDICION DE PUNTO
Nº 06	PRETRATADA 6	PROVEEDOR	CIUDAD	PAIS	CONDICIONES	7.64	-	1637	N/A	098	500	-	-	-	-	-

INDICADORES DE AGUA POTABLE	
PH	7.0 - 8.5
TEMPERATURA	10 - 20 °C
CONDUCIVIDAD	100 - 1000 µS/cm
CLORURO	100 - 200 mg/L
SODIO	100 - 200 mg/L
AMONIO	10 - 20 mg/L
NITRATO	10 - 20 mg/L
NITRITO	10 - 20 mg/L
CLORAMINAS	10 - 20 mg/L

CONDICION: PRETRATADA 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

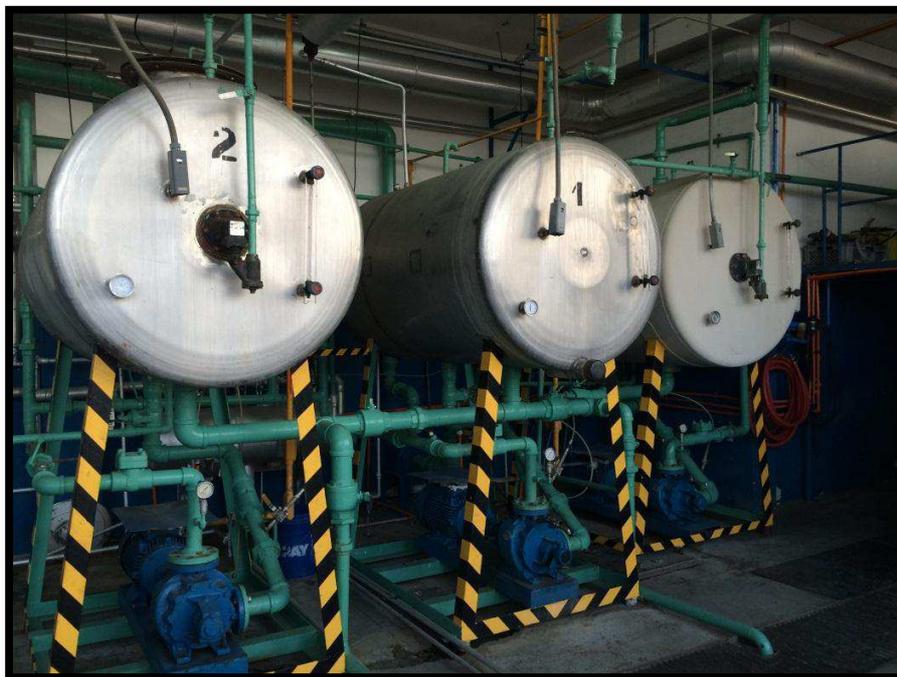
* No se realizó análisis de OTROS por falta de agua de abastecimiento

FECHA: 09 DE SEPTIEMBRE 2014




Fuente: Marbelize S.A.

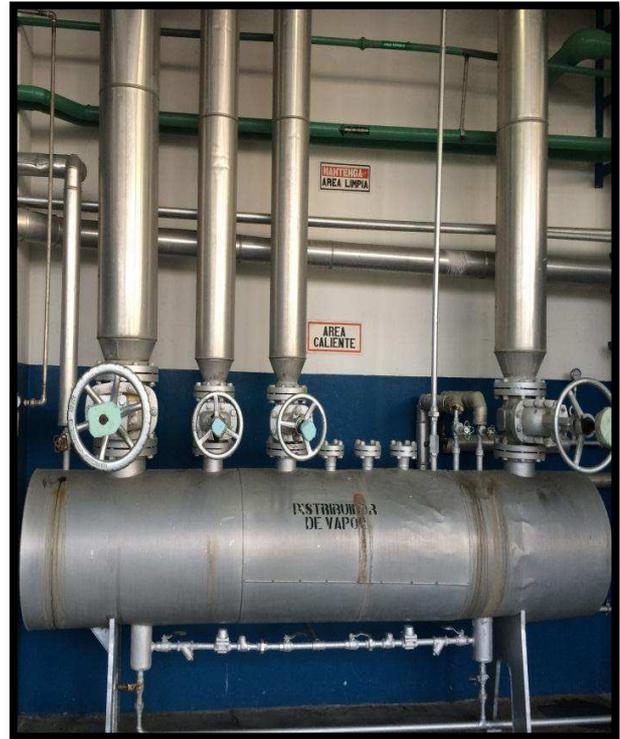
ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE CALDERO



Fuente: Marbelize S.A.



CALDEROS UNO, DOS, TRES Y DISTRIBUIDOR DE VAPOR



Fuente: Marbelize S.A.

RESINA CATIONICA



FILTRO DE GRAVA



FILTRO DE CARBON

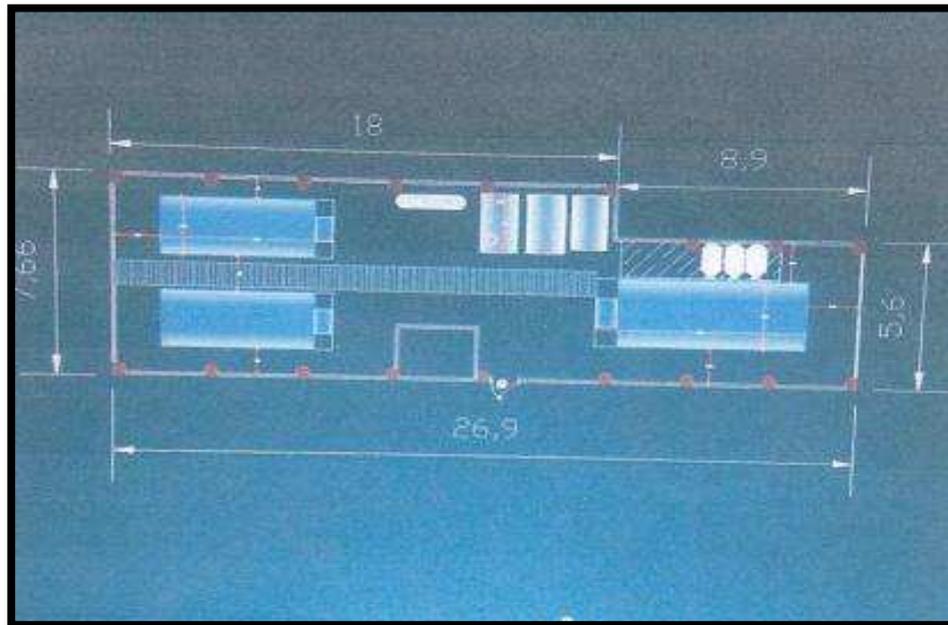


ABLANDADOR DE AGUA



Fuente: Marbelize S.A.

ANEXO 6. PLANO DEL AREA DE CALDERO



Fuente: Marbelize S.A.