

GESTION DEL AGUA

**TITULO: INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON EL
USO DE LA MAGNETIZACIÓN EN LAS AGUAS DE
ALIMENTACIÓN A GENERADORES DE VAPOR.**

Autor: Ing. Andrisley Rosales Núñez

HOLGUÍN

2015

RESUMEN

En el presente trabajo se demuestra la efectividad de la magnetización en la disminución de la corrosión y en el incremento de vida útil de las superficies metálicas expuestas, mejorando la influencia sobre la formación de incrustaciones al obtenerse superficies limpias, observándose solamente una deposición ligera no incrustante en forma de fina arenilla. Se obtuvieron los parámetros cinéticos y de caracterización de las incrustaciones, los que muestran en todos los casos una disminución significativa validada por el tratamiento estadístico a través de una prueba de hipótesis. Se contribuye a un ahorro energético con un impacto económico, social y ecológico para la industria.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso de gran importancia para los seres vivos, sin embargo, para sorpresa de muchos son muy pocos los trabajos de investigación acerca de su preservación, sólo se consigue un número reducido y de vieja data, por ello, en este aspecto fue necesario agregar algunos artículos de prensa que tratan sobre este aspecto.

En 1990, el Ing. Río Alcides de Carvalho Junqueira, presenta para el Estado Mérida un trabajo titulado: *Plan para el manejo conservacionista de la cuenca del río Chama del estado Mérida*. Este trabajo sólo se quedó como una investigación pues se puede observar que lo allí planteado no fue tomado en cuenta y por ello, cada día observamos más deteriorado y contaminado esta importante fuente de agua que tiene el estado.

En Octubre de 1997, el Ingeniero Agrónomo Alberto Daghero, como parte del fortalecimiento del CIDIAT, en Venezuela, presenta un estudio el cual titula, *Políticas, prioridades y estrategias nacionales para la conservación de cuencas hidrográficas en Venezuela*. A través del mismo se dan algunas recomendaciones importantes para el momento con el deseo de conservar las cuencas estudiadas.

El agua: Es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). A la presión atmosférica normal (760mm de mercurio), el punto de congelación del agua es a los $0^{\circ}C$ y su punto de ebullición, a los $100^{\circ}C$. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura.

Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes. Es uno de los agentes ionizantes más conocidos. El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro, manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de la industria.

Fuentes de agua.

Existen diferentes fuentes de agua y cada una de ellas requieren tratamientos diferentes para hacerla apta para el uso humano:

- **Aguas subterráneas:** son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo. Las formaciones del suelo y roca que se han saturado de líquido se conocen como depósitos de agua subterránea o acuíferos. Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de la superficie, pero, una vez contaminadas, su restauración, si acaso es posible, es difícil y de largo plazo. Estas fuentes de agua son las más apropiadas, por lo que no son tan susceptibles a la contaminación como las aguas de la superficie y por lo tanto, se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento.
- **Aguas superficiales:** las de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una de las desventajas de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación de todo tipo, pues, los contaminantes llegan a lagos y ríos desde fuentes diversas, como residuos industriales y municipales, erosión de suelos, drenaje de áreas urbanas y agrícolas.
- **Aguas de mar:** está disponible en cantidad casi ilimitada, se puede transformar en agua dulce por diversos procesos. No obstante, los costos de conversión (sin contar los de eliminación del residuo de sal que se genera), son quizás de dos a cinco veces más altos que los del tratamiento del agua dulce. Desalinización es el término general que se emplea para describir la extracción de las sales disueltas en el agua. En la actualidad, se usan ampliamente plantas desalinizadoras para el abastecimiento del agua municipal en el Medio Oriente. Su uso futuro tendrá lugar en las áreas con escasez extrema de agua dulce.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Cada día y con el pasar de los años, se observa que es muy importante la toma de conciencia acerca de la conservación del agua, convirtiéndose en una necesidad de dimensión mundial.

El modelo de desarrollo económico de todos los países del mundo ha repercutido negativamente sobre el aprovechamiento del recurso hídrico, por ello,

hoy se pone de manifiesto el hecho de que el 40% de la población mundial enfrenta escasez de agua por falta de conciencia o por medidas que no permiten el mejor aprovechamiento y preservación de la misma.

Se estima que para el año 2025, aproximadamente, 1800 millones de personas vivirán en países o regiones con una drástica falta de agua, y dos tercios de la población mundial podrían carecer totalmente de dicho recurso.

Muchos factores promueven este déficit, algunos de ellos pueden ser las prácticas inapropiadas en la agricultura, el crecimiento acelerado de la población, la masificación de la construcción; pero, el problema radica principalmente en dos factores, que son, la falta de conocimiento acerca del tema y el no llevar a la práctica algunas medidas que promuevan la preservación del agua.

Para poder corregir estos dos factores, es necesario tener claro la magnitud del problema, determinando el grado de ignorancia que tienen las personas con respecto a la preservación del agua y su importancia, pues, no se sabe con exactitud cuales conocimientos es necesario aclarar, las medidas de preservación del agua no se llevan a la práctica, por lo cual, no se pueden realizar planes futuros para orientar a la población, a fin de realmente conocer o reforzar las áreas deficientes y por ende, lograr que el hombre se dé cuenta de la importancia del preciado liquido, sin el cual, toda forma de vida en el planeta estaría en peligro.

La gran mayoría de los países del mundo deben evitar la crisis que se aproxima, formular y aplicar políticas y estrategias apropiadas para la difusión del conocimiento acerca del agua y la aplicación eficiente a nivel mundial de medidas que permitan su conservación.

Objetivo general

Determinar en los trabajadores de la Empresa Eléctrica de Holguín Cuba el conocimiento y la puesta en práctica de algunas medidas necesarias para el uso y preservación del agua, fomentando la toma de conciencia por su preservación debido a la importancia que tiene para los seres vivos.

Objetivos específicos

- Revisar el grado de conocimiento sobre el agua y su preservación, en los

obreros participantes en la investigación.

- Identificar los hábitos en el uso del agua y su repercusión en la preservación de la misma.
- Establecer la importancia y las medidas necesarias para la preservación del agua.
- Elegir las medidas que se llevarán a la práctica diaria para el uso y preservación del agua.

Contaminación del agua.

Las principales causas de contaminación del agua son; la falta de educación de los seres humanos, así como, el desarrollo industrial sin control ambiental, éstas son las que han originado desde hace tiempo que el agua se haya contaminado cada vez más.

Existen también productos contaminantes que afectan el agua de los ríos, lagos y mares debido a que se arrojan a las aguas que pueden usarse para el consumo, los productos que afectan el agua son:

- Las aguas negras o servidas.
- Los desechos industriales.
- Los productos de aplicación agrícola, tales como: abonos, plaguicidas y fungicidas.

Cuando el agua contiene muchos desechos, falta el oxígeno y se impide el desarrollo de los seres vivos que habitan en los ríos y lagos, produciéndose la muerte de gran cantidad de animales y plantas. Sin oxígeno no sólo se afecta la composición y calidad de agua, sino que además, se rompe su ciclo normal, disminuyéndose la cantidad de agua utilizable.

El agua es el recurso que dio origen a la vida, es una sustancia tan valiosa como el oro y el petróleo. Solo el 2,5 por ciento de los recursos hídricos mundiales son agua dulce y la mayor parte del líquido que nos rodea, el mar y los océanos, son salados. Según un informe del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los seres humanos solo contamos con menos del uno por ciento del agua dulce para nuestro consumo. El uso del agua de mar para en los sectores de servicios e industriales y regadíos es casi nulo y los procesos de eliminación del contenido de impurezas del agua de mar son muy costosos.

El agua es uno de los elementos estratégicos del mundo, ya que según los informes de la ONU que uno de cada cinco habitantes del planeta no tiene acceso al agua potable, demanda que aumentará para la mitad del siglo, considerando que para el 2030 las dos terceras partes del planeta vivirá en ciudades y metrópolis con el aumento de la demanda de agua en las zonas urbanas.

Conocer el ciclo hídrico permite valorar las acciones para aprovechar las oportunidades para el control y uso del agua, así como tomar las medidas preventivas para mantener este equilibrio natural de la Naturaleza, de forma que los impactos que el hombre produce sobre los recursos hídricos puedan ser minimizados o evitados con la correcta gestión de los procesos donde interviene este recurso.

La gestión del agua implica conocer sus propiedades y sus impurezas para evaluar los tratamientos y usos a que se destina en los procesos tanto productivos, como de servicio y de abasto a la población, pero también establecer las regulaciones y normativas de control y el tratamiento de los efluentes producidos.

Dentro de las regulaciones del Estado Cubano se destaca el Decreto -Ley 138/1993 De las aguas Terrestres y las normas cubanas de la calidad del agua, donde se explicita la voluntad de la protección de los recursos hídricos y además en el trabajo se presentan algunas de las acciones que se realizan en el país para el aprovechamiento y el uso racional del agua.

CICLO DEL AGUA.

Todos los ríos van al mar, y sin embargo éste nunca se llena, escribía un sabio en la Biblia. Y esa es la historia que explica como el agua se evapora del mar, se condensa en nubes arrastradas por el viento y desciende en forma de lluvia, llegando por un río de vuelta al mar. Más de 40000 m³ de agua al año hacen este ciclo.

El agua en el planeta tierra se encuentra en las tres fases: sólida, líquida y gaseosa, constituyendo la hidrosfera y se distribuye en los océanos, los continentes y la atmósfera; entre los cuales existe una circulación continua - el ciclo del agua o ciclo hidrológico. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y

regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua).

La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante con relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1,000 Km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a la precipitación.

La precipitación también incluye el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas (nubes que tocan el suelo o el mar).

El agua que precipita en la tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte se escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra, ésta penetra en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve y con estructura granular, en el caso del granizo.

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos.

La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

Así, los cursos de agua alimentados por capas freáticas presentan unos caudales más regulares. Como se dijo arriba, los procesos del ciclo hidrológico ocurren en la atmósfera y en la superficie terrestre por lo que se puede admitir dividir el ciclo del agua en dos ramas: aérea y terrestre.

El agua que precipita sobre los suelos una parte es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración y la otra produce escurrimiento superficial y subterráneo. Esta división está condicionada por varios factores, unos de orden climático y otros dependientes de las características físicas del lugar donde ocurre la precipitación.

La energía solar es la fuente de energía térmica necesaria para el paso del agua desde las fases líquida y sólida a la fase de vapor, y también es el origen de las circulaciones atmosféricas que transportan el vapor de agua y mueven las nubes. Por este motivo, y bajo un enfoque global o sistemático el ciclo del agua hay que entenderlo como una gran máquina térmica que utiliza una cuarta parte de la energía que llega del sol a la tierra, que es solo un 0,23 %.

La fuerza de gravedad da lugar a la precipitación y al escurrimiento. El ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión, al transporte y deposición de sedimentos por vía hidráulica. Condiciona la cobertura vegetal y, de una forma más general, la vida en la tierra.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el Planeta. El calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continua del agua de los océanos, la cual es transportada bajo forma de vapor de agua por la circulación general de la atmósfera, a otras regiones. Durante la transferencia, parte del vapor de agua se condensa debido al enfriamiento y forma nubes que originan la precipitación. El regreso a las regiones de origen resulta de la acción combinada del escurrimiento proveniente de los ríos y de las corrientes marinas.

El ciclo del agua tiene dos partes principales. La parte terrestre del ciclo hidrológico comprende todo lo que tiene que ver con el transporte, el almacenamiento de las aguas en la Tierra y en el mar. La parte atmosférica constante en el transporte de agua en la atmósfera principalmente en forma de vapor. En este esquema del ciclo del agua son claramente visibles la parte atmosférica del ciclo (azul) y su parte terrestre (verde). Los procesos de transferencia de agua entre estas distintas reservas de la

hidrosfera están indicadas por flechas de color malva acompañadas por la cantidad anual de agua implicada en el proceso.

El balance hidrológico del agua está dado por la siguiente expresión: Precipitaciones = evapotranspiración + escurrimiento + infiltración.

PROCESO DEL USO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

El agua que precipita debido al escurrimiento e infiltración una parte de ella es usada por el hombre para higiene, para la elaboración de los productos y el riego para la producción de alimentos.

Tabla 1.1. Proceso del agua en dependencia de uso.

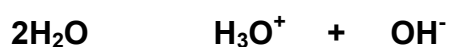
No	Entradas	Actividades	Salidas
1	Nubes	Precipitaciones	Lluvia, nieve, granizos y rocío
2	Lluvia, nieve, granizos y rocío	Superficie terrestre	Aguas subterráneas y superficiales
3	Aguas subterráneas y superficiales (agua cruda, agua de mar), obtienen impurezas.	Tratamiento del agua: Potabilizadora Industrial Riego	Agua tratada Agua potable Agua suavizada Agua desmineralizada Agua destilada
4	Agua potable	Uso del agua Población	Aguas residuales urbanas
4	Agua potable Agua suavizada Agua desmineralizada	Uso Industrial	Aguas residuales industriales
4	Agua cruda o tratada	Uso para riego	Aguas superficiales y subterráneas
7	Agua residuales	Tratamiento de aguas residuales Industriales	Aguas tratadas

		Domesticas Agropecuarias	
8	Aguas tratadas	Superficie terrestre	Aguas superficiales y subterráneas
9	Aguas superficiales y subterráneas	Evapotranspiración	Nubes

LA MOLÉCULA DE AGUA

El agua es una molécula polar, que está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno por medio de dos enlaces covalentes. La distribución de los átomos provoca que la molécula tenga dos cargas negativas en un lado y dos cargas positivas en el otro. En estado líquido estas moléculas están apiñadas en forma desordenada. Se pueden mover libremente pero se mantienen adheridas unas a otras por fuerzas atómicas. La disposición tetraédrica de los orbitales sp³ del oxígeno determina un ángulo entre los enlaces H-O-H aproximadamente de 104'5'', además el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace.

En el agua siempre están presente iones hidronio y oxidrilo, los cuales surgen como resultado de la descomposición de la molécula de agua según la reacción:



A continuación podemos observar la representación esquemática de la molécula de agua.

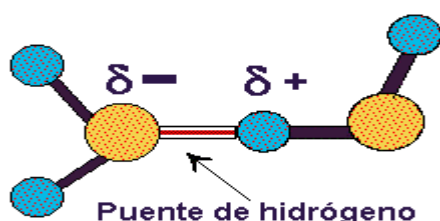


Figura 1.2. La molécula de agua. Los círculos mayores representan los átomos de oxígeno y los menores representan los átomos de hidrógeno.

El resultado es que la molécula de agua aunque tiene una carga total neutra (igual número de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en una molécula polar, alrededor del oxígeno se concentra una densidad de carga negativa, mientras que los núcleos de hidrógeno quedan desnudos, desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan, por tanto, una densidad de carga positiva. Por eso en la práctica la molécula de agua se comporta como un dipolo.

Así se establecen interacciones dipolo-dipolo entre las propias moléculas de agua, formándose enlaces o puentes de hidrógeno, la carga parcial negativa del oxígeno de una molécula ejerce atracción electrostática sobre las cargas parciales positivas de los átomos de hidrógeno de otras moléculas adyacentes.

Aunque son uniones débiles, el hecho de que alrededor de cada molécula de agua se dispongan otras cuatro moléculas unidas por puentes de hidrógeno permite que se forme en el agua (líquida o sólida) una estructura de tipo reticular, responsable en gran parte de su comportamiento anómalo y de la peculiaridad de sus propiedades fisicoquímicas.

El producto iónico del agua $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ es igual a 10^{-14} a $24.8^\circ C$. En el agua pura, las concentraciones de iones hidronio u oxidrilo son iguales, ya que en la disociación de la molécula de agua se forma un ion de cada tipo, o sea, a $24.8^\circ C$ en agua pura se cumple:

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol / L.}$$

Para evitar el uso de exponenciales negativas en el agua pura y las disoluciones acuosas se utilizan el término de pH, que se define como el logaritmo del recíproco de la concentración de hidronio. $pH = -\log [H_3O^+]$.

Entonces:

Si $[H_3O^+] = [OH^-]$ el $pH=7$ y la solución es neutra.

Si $[H_3O^+] > [OH^-]$ el $pH < 7$ y la solución es ácida.

Si $[H_3O^+] < [OH^-]$ el $pH > 7$ y la solución es alcalina.

El control del pH del agua es de gran importancia en numerosos sistemas, como por ejemplo: el control de pH en los sistemas de generación de vapor y los sistemas de enfriamiento con torres de enfriamiento, etc.

PROPIEDADES DEL AGUA

El agua además de ser una sustancia muy abundante en la naturaleza presenta excelentes propiedades, que permite su uso en casi todos los procesos industriales. En estado puro no tiene olor, no es tóxica, disuelve a todas las sales cristalinas y compuestos polares y debido a los valores elevados del calor específico y latente de vaporización constituye verdaderos volantes térmicos. La utilización del agua en la industria como fluido portador del calor se debe a estas razones.

A continuación se relacionan las principales propiedades del agua pura.

- Densidad del agua a 4 °C es de 0,9997 g/cm³
- Temperatura de ebullición a la presión atmosférica es de 100 °C.
- Temperatura de solidificación a la presión atmosférica es de 0 °C.
- Calor específico (entre 14,5 a 15,5 °C) es de 4180 J / kg / °C.
- Calor de fusión del hielo es de 80 kcal/kg.
- Calor de vaporización 539 kcal/kg.
- Energía de formación molecular es de 58 000 cal/mol.
- La viscosidad del agua es de $1,007 \cdot 10^{-2}$ Poise a 20 °C.
- Tensión superficial del agua a 18 °C es de 73 dyna/cm³.
- La permitividad del agua es del orden de 80
- La conductividad eléctrica del agua es de $4,2 \cdot 10^{-6}$ mho/m.

La transparencia del agua depende de la longitud de onda de la luz que atraviesa. Los rayos ultravioletas pasan bien, pero los infrarrojos, tan útiles desde el punto de vista físico y biológico, apenas penetran en ella. El agua absorbe fuertemente el anaranjado y el rojo en el espectro visible, debiéndose a ello color azul de la luz transmitida en capa espesa.

PRINCIPALES IMPUREZAS DEL AGUA NATURAL

El agua que usa el hombre, no se encuentra en estado puro, como se conoce desde el punto de vista químico, se puede considerar como $H_2O + x$, donde x es el conjunto de impurezas, las cuales se clasifican en: Suspensión sólida con tamaño de

partículas entre 50 mm y 1μ , soluciones y suspensiones coloidales con tamaño de partículas desde $0,001\mu$ hasta $0,1\mu$, la dispersión del tipo iónica y/o molecular con dimensiones de las partículas son menos de $0,001\mu$ y no son capaces de depositarse por sí misma y crecimientos biológicos de diferentes tamaños que van desde algas, hongos, virus, bacterias, protozoos, etc.

Tabla 1.2. Tipos de impurezas presentes en las superficiales y subterráneas.

	Tipos de impurezas	Tamaño	Características
1	Suspensión sólida	Desde 50 mm hasta 1μ	Formada por arena, arcilla y sustancias orgánicas arrastradas por la lluvia o las corrientes de agua
2	Impurezas coloidales	Desde 1μ hasta $0,001\mu$	Impurezas coloidales están formadas, fundamentalmente, por compuestos de silicio, aluminio y hierro.
3	Dispersión molecular e iónica Moléculas de gases Moléculas de sales Moléculas de ácidos Moléculas alcalinas Cationes Aniones	Menores de $0,001\mu$	O_2 , NH_3 , N_2 , SH_2 , CO_2 $CaHCO_3$, NH_4Cl , $NaAC$ HAc , H_2CO_3 , H_3PO_4 NH_4OH , H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-
4	Crecimientos biológicos Reino Vegetal Células microscópicas que carece de envoltura nuclear Protistas son unicelulares pero	Desde tamaño microscopicos hasta macroscopicos.	Hongos. Sombrerillo Algas: verdes, azules y carmelitas. Bacterias. Sulfatoredutoras, productoras de ácidos, depositadoras de metal, formadoras de babaza,

	poseen envoltura celular. Los Metazoos		nitrificantes. Amebas y giardias Esponjas, escaramujos, etc.
--	---	--	--

SUSPENSIÓN SÓLIDA.

La suspensión sólida puede tener una variada composición, aunque por lo general está formada por arena, arcilla y sustancias orgánicas arrastradas por la lluvia o las corrientes de agua. Estas partículas tienen un comportamiento condicionado por las fuerzas gravimétricas e hidrostáticas y se subdividen en: suspensión gruesa, las cuales tienen una dimensión desde 50 a 1 mm, son visibles fácilmente y se sedimentan o flotan sin dificultad (las impurezas de mayores dimensiones no se consideran suspensiones, aunque pueden acompañar al agua que se debe tratar); y suspensión sólida fina, las cuales tienen tamaños desde 5 μm hasta 1 μm y son visibles con cristales de aumento (estas partículas participan en el movimiento browniano y son capaces de sedimentar o flotar, aunque con una velocidad muy lenta.

IMPUREZAS COLOIDALES

En las aguas naturales las impurezas coloidales están formadas, fundamentalmente, por compuestos de silicio, aluminio y hierro, mientras en las aguas residuales contienen sustancias orgánicas coloidales tales como proteínas fibrosas, grasas aceitosas, etc.

Las partículas en este tipo de dispersión tienen dimensiones que van desde 0,001 μm hasta 0,1 μm o sea demasiado pequeñas para precipitar y demasiado grandes para formar solución verdadera, si el agua está en estado de reposo un tiempo prudencial, se observa que las partículas de mayor peso específico se encuentran cercanas al fondo y las de menor peso específico cerca de la superficie.

Si dentro de un líquido existen partículas dispersas estas son bombeadas constantemente por las moléculas del líquido. Las partículas muy grandes no son

afectadas por estas débiles fuerzas y caen hacia el fondo del recipiente. Pero los corpúsculos menores, de tamaño coloidal Pueden ser empujados hacia delante y hacia atrás, hacia arriba y hacia abajo, con lo que la fuerza de gravedad puede estar equilibrada en parte o totalmente y las partículas pueden permanecer suspendidas. Este movimiento al azar de las partículas pequeñas se llama movimiento Browniano.

Este movimiento contribuye a impedir que las partículas coloidales se depositen, pero estas no pueden permanecer suspendidas solo por la acción de estas fuerzas. Los coloides permanecen dispersos debido principalmente a sus cargas eléctricas. Todas las partículas sólidas de un determinado sistema coloidal son o bien electropositivas o electronegativas. Debido a que las cargas iguales se repelen las partículas se mantienen separadas. Si la carga es neutralizada por la electricidad de tipo opuesto, las partículas coloidales se depositan.

DISPERSIÓN MOLECULAR E IÓNICA

El agua disuelve una gran cantidad de sustancias debido a su polaridad, la cual aporta la energía necesaria para el proceso de hidratación. La solubilidad de muchas depende fuertemente de la temperatura y algunas presentan máximos en esta dependencia.

La dispersión del tipo iónica y molecular es la que presenta mayor variedad en sus componentes y en las fuentes a partir de las cuales se forman. Las dimensiones de las partículas son menos de $0,001\ \mu\text{m}$ y no son capaces de depositarse por si misma.

En la mayoría de los casos, en la composición de las aguas naturales se encuentran presenten las siguientes impurezas moleculares e iónicas.

- Moléculas de ácidos débiles disueltas en el agua: Ácido carbónico, ácidos orgánicos, etc.
- Sales procedentes de la neutralización de un ácido fuerte con una base fuerte o viceversa: cianuro de sodio, citrato de sodio, bicarbonato de sodio, etc.
- Gases disueltos en el agua: Oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, etc.
- Iones negativos: carbonatos, silicatos, fosfatos, etc.
- Iones positivos: calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, cobre, etc.

CRECIMIENTOS BIOLÓGICOS

El comienzo de la vida tuvo lugar en el agua. Tanto en el medio marino de origen, como en los lagos, ríos, estanques, embalses, etc., se desarrollaron muchos fenómenos vitales. La vida en el agua constituye, sin embargo de forma general un problema para el hombre, cuando se quiere conseguir un agua con determinados propósitos.

Los crecimientos orgánicos se encuentran presentes en todo tipo de agua, aunque con mayor variedad y profusión en las aguas superficiales. Hay realmente, miles de variedades. Algunas son visibles a simple vista, otras se hacen visibles con un aumento muy pequeño, mientras que otras requieren todo el poder de resolución de un microscopio. Algunas son plantas y otros animales; en algunos casos su estado no es completamente conocido, muchas parecen plantas siendo animales; por otra parte, muchos animales parecen plantas.

Los crecimientos biológicos pueden ser de reino vegetal y de reino animal, a continuación se explica cómo los reinos van desde el vegetal hasta los animales superiores:

- El reino vegetal se encuentra presente en el hábitat acuoso los hongos y algas.
- Las bacterias células microscópicas de núcleo difuso, que se encuentra en el límite de los dos reinos. Por ejemplo bacilo de Koch que produce el cólera.
- Los virus, grandes moléculas de ácido nucleico (combinado con proteínas), se sitúan en la frontera de la vida. Por ejemplo: Virus de la gripe, hepatitis, etc.
- En el reino animal debe comenzarse por los animales unicelulares (protozoos) que adoptan numerosas formas parásitas. Por ejemplo las amebas.
- Los Metazoos comienzan con las esponjas y concluyen con los animales superiores el mamífero. Por ejemplo los escaramujos.

Los crecimientos biológicos son muy perjudiciales en el agua potable, en la mayoría de las aguas industriales y en menor medida en las de regadíos.

PRINCIPALES INCONVENIENTES DE LAS IMPUREZAS DEL AGUA

Las impurezas del agua producen diferentes inconvenientes en el uso cotidiano, entre los principales son: suciedades, incrustaciones en superficies, corrosión en superficies metálicas, formación de espumas y los organismos patógenos causan diferentes enfermedades.

FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES

Las diferentes impurezas contenidas en el agua producen en condiciones determinadas deposiciones o incrustaciones que pueden causar disminución de la transferencia de calor, incremento de la energía de bombeo por disminución del área de trabajo y corrosión en las superficies metálicas, etc.

Las formas de deposiciones se puede clasificar en deposiciones primarias, producidas por precipitaciones de sales que alcanzan el punto de saturación y deposiciones secundarias que se incluyen el resto, entre ellas las más frecuentes son por deposiciones de lodos en superficies calientes y crecimientos de microorganismos.

Las incrustaciones primarias se forman comúnmente en las superficies de calentamiento, las cuales se pueden dividir, según las sustancias químicas que las componen en:

- Incrustaciones alcalinas térreas
- Incrustaciones ferrosas.
- Incrustaciones cúpricas.
- Incrustaciones de sílice.

✓ Las incrustaciones alcalinas térreas

Las incrustaciones alcalinas térreas se forman en los casos, cuando en el agua (se acelera la precipitación de las impurezas con el aumento de la temperatura del agua) se encuentran a la vez cationes de calcio y magnesio y aniones carbonatos, sulfatos y silicatos, con los cuales se forman los compuestos insolubles de carbonato de calcio y magnesio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y de magnesio, silicato de calcio y magnesio.

De estas sales las más incrustantes por presentar muy baja solubilidad son los carbonatos de calcio y de magnesio que no están presentes generalmente como tal,

sino que se producen al descomponerse los bicarbonatos correspondientes por efecto del calor. Produciendo además CO_2 que acompañando al vapor resulta altamente corrosivo para las líneas de condensado si no se toman las medidas técnicas adecuadas.



Las acciones preventivas para evitar las deposiciones consistentes en la disminución de las impurezas incrustantes presente en el agua antes de entrar en los procesos y las correctivas la limpieza de estos depósitos sobre la superficie metálica, por medios mecánicos y químicos.

✓ **Incrustaciones ferrosas.**

Las costras de óxido de hierro, fundamentalmente de Fe_2O_3 y FeO se forman cuando no estén presentes en el agua de alimentación los metales alcalinos térreos o cuando aparecen por desprendimiento de los productos de corrosión. En los generadores de vapor pueden surgir las incrustaciones fosfato-férricas como resultado de un régimen químico deficiente. Las más frecuentes son los fosfatos ferrosos y fosfato de hierro sodio. El óxido de hierro conocido como magnetita Fe_3O_4 , es útil su formación como una fina película en los generadores de vapor para evitar la corrosión. La capa de magnetita se forma con la adición de oxidante fuerte como nitrito y se mantiene con la adición permanente de un medio alcalino, que mantenga el pH alrededor de 11.

✓ **Incrustaciones cúpricas**

Las costras de óxido de cobre, fundamentalmente de CuO y Cu_2O se forman cuando estén presentes en el agua de alimentación o cuando aparecen por desprendimiento de los productos de corrosión. No son muy frecuentes en las instalaciones, pero su presencia en las calderas en las etapas de lavado químico son muy dañinas, porque aceleran la corrosión ácida.

✓ **Incrustaciones de sílice**

Otra incrustación importante y más difícil de eliminar es la de sílice, muy peligrosa en los sistemas de vapor de alta presión. La sílice se elimina modernamente por intercambio iónico del agua. El principal problema de la sílice es su presencia en las turbinas que pueden hasta desbalancearlas.

✓ **Conclusiones sobre las incrustaciones**

No existe una incrustación que sea completamente de un sólo tipo y la clasificación se refiere a cuáles sustancias son mayoritarias.

Para evitar las incrustaciones el método más efectivo es la disminución de impurezas indeseables en el agua. Para sistemas domésticos que se trabaja con agua caliente lo más efectivo técnico y económico es la aplicación de los tratamientos de clarificación (sedimentación-coagulación-filtración), desinfección y eliminación de dureza total cuando el agua contiene demasiado calcio y magnesio. Cuando se utiliza calderas, lo más aconsejable es la aplicación un tratamiento externo y un tratamiento interno adecuado de adiciones de sales y extracciones para evitar la formación de incrustaciones.

La aplicación ineficiente de un tratamiento a las calderas trae como consecuencia la deposición de una capa de depósitos que disminuyen apreciablemente el intercambio de calor y entonces hay que someter a la caldera a un lavado químico con ácidos, muy costoso y perjudicial para la caldera desde el punto de vista técnico.

CORROSIÓN

Las pérdidas que se producen por la acción del medio corrosivo aparecen reflejadas en toda la literatura especializada, y de forma general se caracterizan por las pérdidas directas y las indirectas que se producen.

Las pérdidas directas son las relacionadas con el recambio de los equipos, estructuras y accesorios, mientras que las indirectas están relacionadas con las pérdidas en la producción, productos dañados y tiempo de parada debido a estos trabajos.

En Cuba estas pérdidas son cuantiosas, pudiendo citar la corrosión la corrosión de tuberías por el uso de agua muy agresiva y en las calderas por la utilización de tratamientos externos e internos poco eficientes.

Por estas razones es necesario conocer las causas del fenómeno y los medios de protección, por ello hoy en el mundo se dedica mucho dinero y esfuerzo en este sentido.

La corrosión como proceso espontáneo es donde los metales y sus aleaciones tienden a pasar a sus formas más estables, ya sea como sales o como óxidos del metal, aunque hoy día este concepto es aún más amplio y se incluye el estudio de los fenómenos en otros materiales como la degradación de los polímeros, la acción de la atmósfera sobre las estructuras de hormigón, la durabilidad de materiales cerámicos, etc.

La causa de la corrosión de los metales radica en la tendencia termodinámica de los mismos a pasar a su estado natural, por ello se clasifican como:

- De alta estabilidad termodinámica.
- Limitada estabilidad termodinámica.
- Pasivación de metales.

✓ **De alta estabilidad termodinámica:**

Este fenómeno está presente en sistema de energía libre ($\Delta G > 0$) mayor que cero y no ocurre oxidación del metal, o sea la velocidad de reacción es prácticamente cero, es el caso de metales nobles (Pt, Au, Ag) en contacto con el agente agresivo. Desde punto de vista corrosivo sería idóneo de usar estos metales en la construcción, pero en la mayoría de los casos no se puede por alto costo de éstos.

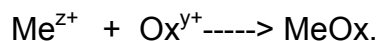
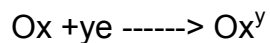
✓ **Limitada estabilidad termodinámica:**

La corrosión se presenta cuando la variación de energía libre del sistema es menor

que cero, en este caso la velocidad de reacción es apreciable y provoca la oxidación del metal. En la mayoría de las construcciones metálicas ocurre este fenómeno, para lograr la protección de esta hay que recurrir a los métodos de protección anticorrosiva. Este es el caso de las estructuras de acero en contacto con la atmósfera que se aplica pintura.

De forma general la corrosión se clasifica en dos grandes grupos: Corrosión química y corrosión electroquímica.

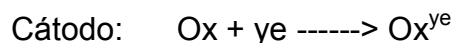
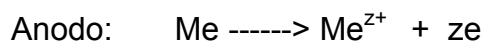
La corrosión química es un proceso de oxidación reducción que ocurre sobre la propia superficie del metal y no existe ningún medio electrolito.



Depende termodinámicamente del valor de la variación de la energía libre y cinéticamente de la ecuación de la velocidad de reacción:

$$V_r = dm/dt = K_c \text{Ox}^n.$$

La corrosión electroquímica se caracteriza por la presencia de un medio electrolito y de áreas anódicas y catódicas definidas. Está presente en los medios acuosos.



Pero en este caso termodinámicamente depende de la actividad del metal y la velocidad de reacción viene dada por la relación:

$$V_r = dm/dt = i_{corr}/nF$$

Donde $i_{corr} = i_a - i_c$ y la magnitud del proceso puede calcularse a partir de las leyes de Faraday $dm/dt = M i_{corr}/nF$.

La semireacción catódica que ocurre prácticamente en todos los casos de la corrosión electroquímica, es:



Para evitar la corrosión se debe eliminar la presencia de oxígeno, como ocurre en el interior de los generadores de vapor con la adición de sulfitos e hidracina. En la atmósfera se debe mantener una humedad muy baja, generalmente menor del 70 % para evitar la presencia de una película de agua sobre la superficie metálica.

✓ **Pasivación de los metales.**

La Pasivación ocurre cuando sistema que tienen una variación de energía libre menor que cero, pero no hay prácticamente corrosión, ya que sobre la superficie se ha formado capas protectoras que evita la oxidación del metal. El aluminio en atmósferas neutras se forma una capa de óxido de aluminio que protege al metal.

Atendiendo a la naturaleza se clasifica en dos grandes grupos: corrosión química y corrosión electroquímica.

La corrosión de los metales pueden clasificarse en dos grupos: corrosión general o uniforme y corrosión no uniforme o localizada, así como existen cuatro grandes grupos de vías de protección de los metales y sus aleaciones, entre las que se encuentran:

- Alteración de la composición del metal o de su estructura: aleaciones, tratamientos térmicos.
- Alteración de la composición del medio corrosivo: usos de inhibidores, alteración del pH, deshumidificación de la atmósfera.
- Aplicación de protección catódica o anódica: desplazamientos de los potenciales para disminuir la velocidad de corrosión.
- Aplicación de recubrimientos protectores: aislantes al metal del medio corrosivo, pueden ser metálicos como el niquelado, inorgánicos (esmalto del acero) y orgánicos (pinturas, grasas y gomas).

FORMACIÓN DE ESPUMAS.

Otro de los inconvenientes que trae consigo las impurezas del agua es la **formación de espuma** que es indeseable en cualquier sistema de agua y generalmente se asocia a la presencia de sólidos disueltos por encima de los normados para el sistema, presencia de álcalis o de grasa.

En un sistema de producción de vapor es donde la formación de espuma tiene un efecto más catastrófico porque incide directamente en los arrastres de aguas de caldera que se incorporan al vapor. En generadores de vapor equipados con sobre-calentadores esto aumenta el sobrecalentamiento en los mismos y los fallos en los tubos del equipo sobre-calentador. Es aún más grave cuando a continuación los sobre-calentadores el uso de ese vapor es en turbinas de vapor.

Para evitar las espumas se controlan los sólidos, la alcalinidad, los ingresos de grasas y otros. Las medidas correctivas son el control de estos parámetros anteriores así como el uso de antiespumantes y minimización de los productos de corrosión en circulación. Los agentes químicos antiespumantes reducen el consumo de combustible significativamente por permitir bajar las extracciones produciendo un vapor de alta calidad. Poliglicoles y poliamidas son agentes típicos utilizados con éste fin.

Desde hace varias décadas, se ha generalizado en la industria azucarera la utilización en amplia escala del bagazo como combustible, tratando de alcanzar la operación estable y eficiente de la fábrica así como un excedente que permita la diversificación con el incremento del valor agregado de la producción. Ya desde los años 70 se comenzó la modificación de los hornos y calderas para la utilización definitiva del bagazo como combustible, logrando la mayor eficiencia energética del generador de vapor.

La introducción del bagazo como combustible en las calderas de los centrales ha permitido entre algunos aspectos, el alcanzar valores de eficiencia cercanos al 80 %, la eliminación de los problemas de corrosión y deterioro de los tubos, que se presenta fundamentalmente cuando se quema petróleo, dada la escasa presencia de azufre en su composición elemental, así como la ausencia de sodio y vanadio en las cenizas. Así las calderas bagaceras están sometidas a la erosión provocada por las partículas sólidas en la corriente de gases, fenómeno atribuible a los altos niveles de materia extraña en la caña, siendo la corrosión causada por las impurezas del agua la que tiene una especial importancia, por ser una de las principales causas de roturas en los tubos/6/.

El agua destinada a la alimentación de los equipos productores de vapor, presenta a menudo una serie de dificultades, surgidas principalmente por impurezas contenidas en la misma, que provoca que la caldera y los equipos accesorios no trabajen de

forma normal, estas precipitan en las superficies internas de calentamiento, formando sedimentos que poseen un coeficiente de conductividad térmica muy bajo provocando un sobre calentamiento del metal de los tubos, así como incrustaciones que obstruyen el paso del agua a través de los mismos/5,6/

Por lo antes expuesto es necesario eliminar o reducir su contenido hasta valores admisibles que garanticen una buena operación de los equipos. Varias son las medidas encaminadas para prevenir la formación de incrustación y corrosión en las calderas. Una de ellas es el uso de la técnica de magnetización sobre los fluidos, que provoca la interacción del campo magnético con los iones presentes en las soluciones acuosas del fluido que se desplaza a través del mismo /8/.

Como se evidencia el tratamiento magnético de fluidos constituye una solución a los problemas antes planteados en los generadores de vapor en la industria azucarera, constituyendo este trabajo una continuación y un cumplimiento de la metodología empleada en el diagnóstico y evaluación de estos problemas en los centrales de la provincia de Holguín.

Varias son las tecnologías existentes para tratar el agua de alimentación a los generadores de vapor de cualquier industria de procesos, y se clasifica en dos grandes grupos, según se plasma en los trabajos de De La Cruz (1999); Betancourt (2006); (De La Cruz, 2008). Entre éstas tecnologías se destacan los tratamientos químicos y físico-químicos, los tratamientos por intercambio de iones, la ósmosis inversa y el tratamiento magnético del agua.

Los citados autores reportan que en los últimos años, ésta última tecnología ha cobrado gran fuerza sobre todo como tratamiento del agua de alimentación a los generadores de vapor, por medio del cual se hace pasar el agua dura por un campo magnético alto (del orden de 500 Gauss) a una velocidad media del orden de algunos litros por minuto, luego de aplicado, el agua adquiere una propiedad singular, no produce incrustaciones.

No se reportan evidencias de estudios que se extienden a evaluar el papel de las tecnologías de tratamiento de aguas en el aseguramiento de la fiabilidad y la disponibilidad operacional, disminuyendo los riesgos por incrustaciones y corrosión lo cual conduce a mejorar los problemas de indisponibilidad en los generadores de vapor como parte de los sistemas auxiliares de la industria de procesos químicos, consumiendo menos reactivos químicos que encarecen los procesos y contaminan el

medio ambiente.

En la actualidad existen tres tipos generales de métodos populares de acondicionamiento de fluidos: químicos, intercambio de iones y ósmosis reversa.

El acondicionamiento químico de fluidos se usa primordialmente en la industria. Este método emplea productos químicos añadidos al fluido de proceso (generalmente agua). Estos aditivos controlan cualquier tipo de factores:

1. pH.
2. Capacidad térmica.
3. Corrosión.

De La Cruz (1999); Betancourt (2006); (De La Cruz, 2008), destacan las principales desventajas de los tratamientos químicos al agua, entre ellos:

- Los químicos son muy costosos.
- Los sistemas dependientes de químicos requieren un monitoreo y mantenimiento constante para asegurar adecuados niveles de acondicionamiento.
- Los químicos, en sí mismos, pueden ser peligrosos para los empleados y para el medio ambiente (causando generalmente problemas siempre que los fluidos de proceso son descargados o regados).
- El método de introducir químicos puede producir una no deseada caída de presión dentro del sistema que puede incrementar los requerimientos de energía y los costos de producción.

Los suavizadores por intercambio de iones: ablandadores de agua basados en el uso de sal han sido usados en muchas aplicaciones por años.

Este sistema utiliza el intercambio iónico entre el sodio en una sal (NaCl), por el calcio, CaCO_3 (u otros minerales) en el agua. Al tiempo que este método produce agua suave acondicionada lo hace a un elevado costo.

Empezando con el suavizador: el equipo está diseñado para acumular y almacenar sales minerales. A su vez, los depósitos minerales lentamente dañan el sistema.

Este daño rápidamente empobrece la efectividad del sistema y como resultado, reduce la eficiencia del mismo desde su primer día de uso. Con respecto a las

tuberías y sistemas de calentamiento, el sodio liberado en el agua ablandada es corrosivo. Con este solo intercambio, la corrosión debido a las incrustaciones ha sido reemplazada por la corrosión debido al sodio, un efecto indeseable.

Finalmente, la preocupación más importante está relacionada con la salud de los individuos y el medio ambiente. Individualmente, los efectos negativos del sodio en el cuerpo humano son de conocimiento común.

Ambientalmente, en cantidades corrientes, las comunidades están prohibiendo los sistemas de intercambio de iones debido al siempre peligro de contaminación por sodio de las aguas subterráneas.

Ósmosis reversa o ultrafiltración, es un método normalmente usado en la industria. El proceso involucra el forzar agua no tratada a través de una membrana que selectivamente filtra ciertos constituyentes fuera del fluido. Este sistema requiere de muy altas presiones debido a que la membrana usada como filtro es esencialmente no porosa. En áreas con alto contenido de minerales o sal, las membranas deben ser lavadas frecuentemente y remplazadas a menudo. Esto requiere siempre de un tiempo de paro y un uso mayor (pérdida) de agua. Las unidades de ósmosis reversa desperdician típicamente la mitad del agua procesada.

En oposición a lo planteado, De La Cruz (1999); Betancourt (2006); (De La Cruz, 2008), reportan en sus estudios que el tratamiento magnético tiene grandes ventajas para su uso en comparación con los anteriores métodos de acondicionamiento de fluidos, entre las cuales se pueden destacar:

1. No tiene partes móviles.
2. Su tiempo de uso es ilimitado siempre y cuando se mantengan la hermeticidad del mismo.
3. Con el tratamiento magnético del agua no es necesario dar tratamientos químicos.
4. La utilización del magnetizador permite el uso de grandes concentraciones de sales en agua a tratar y mejora el pH.
5. Disminuye sensiblemente la corrosión al crear una capa pasivadora sobre las superficies metálicas.
6. Al no existir incrustaciones en los intercambiadores que funcionan con agua tratada magnéticamente, mejora la transferencia de energía térmica y disminuyen los costos operativos para lograr esa transferencia de calor.

7. Son de fácil colocación, solamente debe de reemplazarse un tramo de cañería conductora de agua a tratar o la colocación de una derivación en el caso de que solo sea necesario tratar una parte del agua.
8. No hay tiempo desperdiciado, ni para la instalación, ni para la operación o mantenimiento.
9. Nada se añade al fluido. El magnetismo trabaja reacondicionando las moléculas presentes en el fluido. No se requiere aditivos.

Estos argumentos inducen la necesidad de evaluar la influencia del tratamiento magnético del agua de calderas, en el mantenimiento preventivo y en la indisponibilidad industrial para lograr la reconversión de la actual industria de procesos en Cuba.

Se tomaron muestras de agua antes y después de magnetizar. El magnetizador utilizado es de imanes permanentes, el cual se encuentra en la línea de alimentación de agua al generador de vapor en el central Siboney.

Se realizaron diferentes análisis para seguir el comportamiento de diferentes indicadores como son:

1. Acidez (mg/L)
2. Alcalinidad (mg/dm³)
3. Dureza (mg/L de Ca CO₃)
4. Conductividad (μs)
5. pH

La evaluación cinética se efectuó a través de ensayos de campo, empleando el método gravimétrico que es el más difundido en la práctica.

Este método basa sus resultados en el número de repeticiones y en la calidad de preparación y limpieza superficial llevada a cabo en las muestras objeto de ensayo.

El procedimiento se realiza a través de los siguientes pasos recogidos en la norma nc: 12-00-10:81.

Una vez determinado el peso inicial y final en cada una de las muestras y sus dimensiones se procede a calcular el índice gravimétrico negativo o disminución del espesor:

CONCLUSIONES

1. El tratamiento magnético no varía la composición química del agua, solo el indicador pH incrementa significativamente posterior al tratamiento magnético, lo cual es favorable pues propicia la pasividad de las superficies expuestas al agua tratada.
2. El mismo incrementa la estabilidad de las superficies metálicas expuestas al agua tratada y reduce a cero el espesor de las incrustaciones creando una película no adherente en forma de fina arenilla.
3. Los tiempos de limpieza pueden prolongarse a períodos superiores a los 15 días.
4. El ahorro energético producido es significativo para el caso de los centrales (con tratamiento magnético), comparado con el central Cristino Naranjo (sin el tratamiento).
5. Las pérdidas económicas directas e indirectas se reducen por el empleo del agua magnetizada en los generadores de vapor.
6. Sustituye o alivia el tratamiento de agua por vías tradicionales, sobre todo para generadores de vapor de baja presión.

RECOMENDACIONES

- Mejorar el manejo del agua por parte de la población para lograr preservarla.
- Implementar leyes que permitan dar continuidad a las acciones previstas en cuanto a la preservación del agua y promover inversiones por parte de los usuarios, estados y municipios para lograr un mejor servicio del sistema de tuberías.
- Dada la poca disponibilidad del agua en diversas zonas, es fundamental, su uso eficiente y rehúso en diferentes actividades productivas.
- A través del Ministerio del CITMA coordinar con los centros de cada localidad la realización de actividades tales como: elaboración de periódicos, afiches y boletines sobre el tema de la preservación del agua, charlas para concientizar a los obreros acerca del uso adecuado del agua.
- Garantizar la participación en diversas actividades que conllevan al buen uso y preservación del agua, de diferentes entidades en esta tarea, como son: consumidores urbanos, campesinos, agricultores, industriales, escuelas, centro de investigación, autoridades locales, entidades financieras, ministerios y autoridades ambientales.
- Toda propuesta de mejoramiento de manejo de los recursos hídricos debe incrementar las actitudes y conductas del propio individuo, también debe involucrar a los usuarios afectados por el mal uso del agua, además, generar y fomentar espacios de participación de los ciudadanos para lograr el objetivo de conservación del agua.
- Sería de gran beneficio para la humanidad si este estudio pudiera extenderse a un mayor número de personas y las conclusiones obtenidas en el mismo, se hicieran del conocimiento de la mayoría de las personas, pues, ello nos beneficiará a todos y muy especialmente a las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA.

- Ing. Río Alcides de Carvalho Junqueira, *Plan para el manejo conservacionista de la cuenca del río Chama del estado Mérida*. 1990.
- Ing. Agrónomo Alberto Daghero, *Políticas, prioridades y estrategias nacionales para la conservación de cuencas hidrográficas en Venezuela*. Octubre del 1997.
- Gilberto Carreño. *El agua se acabará primero que el petróleo*. El Universal 30/04/1986.
- Mirley Márquez García. *Mérida se asoma al abismo del desierto*.
- Frontera 26/07/1996.
- Mohamed Larbi Bouguera. *La batalla planetaria por el "oro azul"*. El Nacional 31/01/1998.
- Maruja Dagnino. *Agua: nuestra fuente de vida en peligro*. Frontera 22/03/2001.
- Edgar Hernández Becerra. *El agua en el Estado Mérida*. Frontera 17/03/2002.
- Francisco W., López E. y Monteagudo J.: *Gestión y uso racional del agua*. Editorial Universo Sur, UCF. ISBN 978-959-257-179-2. Universidad de Cienfuegos. 2008.