

Estudio de la planta de tratamiento de agua de la Industria Aceitera Olojjoya CIA LTDA

Study of the water treatment plant of the Oil Industry Olojjoya CIA LTDA

Rosalba Mercedes Lara-Tambaco
rosalba.lara@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5899-4261>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de
Esmeraldas-Ecuador

Karina Elizabeth Torres-Mendoza
karina.torres.mendoza@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7673-3409>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de
Esmeraldas-Ecuador

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo principal el estudio de la planta de tratamiento de agua para la Industria Aceitera Olojjoya CIA LTDA, para ello se procedió a identificar la situación actual de los componentes de la planta de tratamiento de agua (P.T.A), como son: piscinas de tratamiento de agua, filtro de arena, bomba de captación, bomba dosificadora de químicos, válvulas, medidores, entre otros. También se efectuó todos los análisis físicos, químicos al agua de entrada y salida de la misma, para complementar el estado actual de su funcionamiento, verificar si está cumpliendo con los estándares de calidad para el agua clarificada antes de alimentar a la caldera. Estos requerimientos no se realizan continuamente por parte de la empresa. Se realizaron cálculos de caudal de entrada y salida, volumen total de la P.T.A que sirvieron conjuntamente con los resultados obtenidos en el equipo de prueba de jarras, para determinar la dosis óptima de químicos, pues la dosificación se hace de manera empírica y sin ningún sustento. Se concluye que la propuesta busca el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua, con la finalidad de que se lleve un monitoreo de la calidad del agua que ingrese a caldera, y evitar inconvenientes posteriores.

Palabras claves: Planta de tratamiento de agua, aceite, dosificación, calidad de agua.

ABSTRACT

The main objective of this article is the study of the water treatment plant for the Olojjoya CIA LTDA Oil Industry, for which we proceeded to identify the current situation of the components of the water treatment plant (P.T.A), such as: water treatment pools, sand filter, collection pump, chemical dosing pump, valves, meters, among others. All the physical, chemical analyzes of the inlet and outlet water were also carried out, to complement the current state of its operation, verify if it is complying with the quality standards for clarified water before feeding the boiler. These requirements are not made continuously by the company. Calculations of inlet and outlet flow, total volume of the P.T.A were made, which were used together with the results obtained in the jug test equipment, to determine the optimal dose of chemicals, since the dosage is done empirically and without any support. It is concluded that the proposal seeks to improve the water treatment plant, in order to monitor the quality of the water that enters the boiler, and avoid subsequent inconveniences.

Keywords: Water Treatment Plant, Oil, Dosage, Water Quality.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido vital para el desarrollo de las actividades humanas, dependiendo de su uso se clasifica en aguas potables, de riego, domésticas y de uso industrial. Para este último uso, las aguas no pueden ser utilizadas tal como viene de la naturaleza, requiere un tratamiento previo. El tratamiento de agua, consiste en la eliminación de condiciones físico-químicas que pueden afectar, en este caso los procesos industriales o alimentación de agua para caldera.

Olojjoya Industria Aceitera posee su planta de tratamiento de agua, construida en el año 2008, para tratar el agua cruda captada del río Tehone, debido a que las condiciones de la misma no son las adecuadas para utilizarla en los procesos de la industria. Esta planta de tratamiento de agua es tipo convencional, posee diez piscinas, un filtro, una bomba dosificadora y otra de captación, medidores de agua, líneas de conducción, red de distribución, válvulas. Se pudo observar que desde su construcción no se ha realizado un mantenimiento adecuado y continuo.

Ante esta situación, es urgente realizar un estudio de la planta de tratamiento de agua para identificar los puntos críticos y comprobar mediante la realización de análisis físico-químicos, las condiciones en que se encuentra el agua de la planta y así, buscar propuestas para una mejora inmediata. Ante la necesidad de mejorar la calidad de los productos obtenidos de Olojjoya industria aceitera, que se dedica a la refinación de aceite crudo de palma y elaboración de productos como margarinas, mantecas y aceite, nace la necesidad de realizar un estudio a la planta de tratamiento de agua.

En los procesos utiliza vapor generado por la caldera, ya sea para calentar o enfriar, por medio de la alimentación de agua, dicha agua es captada del río y ha sido aparentemente optimizada en la planta de tratamiento de agua, la cual no lleva ningún tipo de control de la calidad del agua de salida, ni se realizan análisis rutinarios, por lo que en poco tiempo en los procesos tendrían inconvenientes.

Por lo antes mencionado en este trabajo de investigación proponemos realizar el estudio inmediato a la planta de tratamiento e identificar las fallas existentes, para la remediación de la misma y producir agua apta para alimentar a la caldera y obtener un vapor de calidad y sin ningún inconveniente en los procesos de refinación de aceite crudo de palma.

Desarrollo: Parte experimental

Situación actual y diagnóstico de la P.T.A.

La industria aceitera Oliojoya Cía. Ltda., posee su propia planta de tratamiento de agua, captada del río Teaone en la provincia de Esmeraldas, la cual clarifica el agua para que pase por ablandadores de agua y posteriormente alimenta a la caldera. Actualmente el agua es tratada con dos químicos: hipoclorito de sodio y quipac F que es poli-cloruro de aluminio.

- La planta de tratamiento es de construcción de hormigón, es de tipo convencional, posee diez piscinas.
- Tiene dos bombas para la captación de agua cruda, una bomba de impulsor abierto y otra de impulsor cerrado, que es la que está actualmente en funcionamiento.
- Cuenta con un filtro de arena en posición horizontal, ubicado al lado lateral de la P.T.A, actualmente sucio y deteriorado.
- Posee dos medidores de agua uno de entrada y otro a la salida para la distribución a la planta de tratamiento de agua.
- Posee una bomba dosificadora, para los químicos Quipac e Hipoclorito.

La planta de tratamiento de agua está integrada por

- Piscinas de tratamiento
- Válvulas
- Bomba de captación de impulsor cerrado
- Bomba de dosificación de químicos
- Filtro de arena
- Línea de conducción
- Tanque de almacenamiento
- Red de distribución
- Medidores de agua de entrada y salida

De las partes de la P.T.A. mencionadas abordaremos las que están en estado crítico o sin mantenimiento ni control alguno.

Piscinas de tratamiento

Conformada por diez piscinas de construcción de hormigón en donde el agua es tratada, con la dosificación de dos químicos quipac F que es poli-cloruro de aluminio e hipoclorito de sodio. En las paredes de las piscinas de agua se observa mohos, producido por la falta de mantenimiento e inadecuada dosificación de hipoclorito de sodio.

Figura 1. Piscinas de la planta de tratamiento de agua



Fuente: Autor

Bomba dosificadora de químicos

De la observación realizada puedo decir que la dosificación de los químicos se la realiza sin considerar la carga contaminante del agua según época del año (invierno o verano).

Figura 2. Bomba dosificadora de químicos



Fuente: Autor

Filtro de arena

El filtro de arena es muy importante en la clarificación del agua cruda de río, pues se usa para separar materias orgánicas en suspensión, que por su baja densidad no pueden ser separadas fácilmente. Y de acuerdo con la observación realizada, el filtro se encuentra deteriorado por oxidación, presencia mohos en su parte exterior y fugas de agua en la parte superior debido a la falta de mantenimiento.

Figura 3. Filtro de arena



Fuente: Autor

Medidores de agua

La planta de tratamiento de agua posee dos medidores uno a la entrada y la otra salida, los cuales se encuentran dañados, no teniendo ningún control sobre la cantidad de agua captada al igual que de la cantidad de agua tratada, por lo tanto, se desconoce el volumen total de agua extraída del río Teaone.

Figura 4. Medidor de agua



Fuente: Autor

Línea de conducción

Las líneas de conducción presentan fugas de agua y la tubería que llega a la primera piscina no es la adecuada y se encuentra remendada.

Figura 5. Líneas de conducción de agua cruda de río

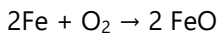


Fuente: Autor

Red de distribución

Actualmente, las tuberías de distribución de la planta de tratamiento de agua se encuentran en estado de deterioro, en consecuencia, de proceso destructivo que sufre el material metálico llamado corrosión, por acción de la oxidación.

La oxidación se da por la combinación del oxígeno y en este caso con un metal. La Ecuación es la siguiente:



La falta de mantenimiento de las dichas tuberías ha ayudado a que la oxidación aumente notablemente como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Red de distribución



Fuente: Autor

Proceso en la planta de tratamiento de agua

Captación: La captación se la realiza por medio de una bomba de succión, para la alimentación de agua cruda a la primera piscina de la planta de tratamiento.

Conducción del agua: Se realiza mediante tuberías adaptadas a la bomba de succión, transporta el agua cruda desde el lugar de captación, hacia la planta de tratamiento.

Dosificación: Consiste en la adición de los químicos correspondientes para ayudar a la purificación del agua. Los

químicos son quipac F o poli-cloruro de aluminio e hipoclorito de sodio. Se lo realiza mediante una bomba dosificadora.

Para saber la dosificación óptima para el agua, a veces una empresa externa realiza un ensayo de prueba de jarras.

Desinfección: Consiste en la purificación, mediante la adición de cloro al agua cruda, con la finalidad de eliminar microorganismos presentes en el agua. La floculación-coagulación, es el proceso en el cual se incrementan el tamaño de las partículas, que no es posible retirar por decantación.

Pre-sedimentación: Una vez formado los flóculos, pasa a una piscina para su sedimentación.

Sedimentación: En este proceso el agua pasa por una piscina, en donde se sedimentan todos los flóculos que no lograron sedimentarse en el proceso de pre-sedimentación.

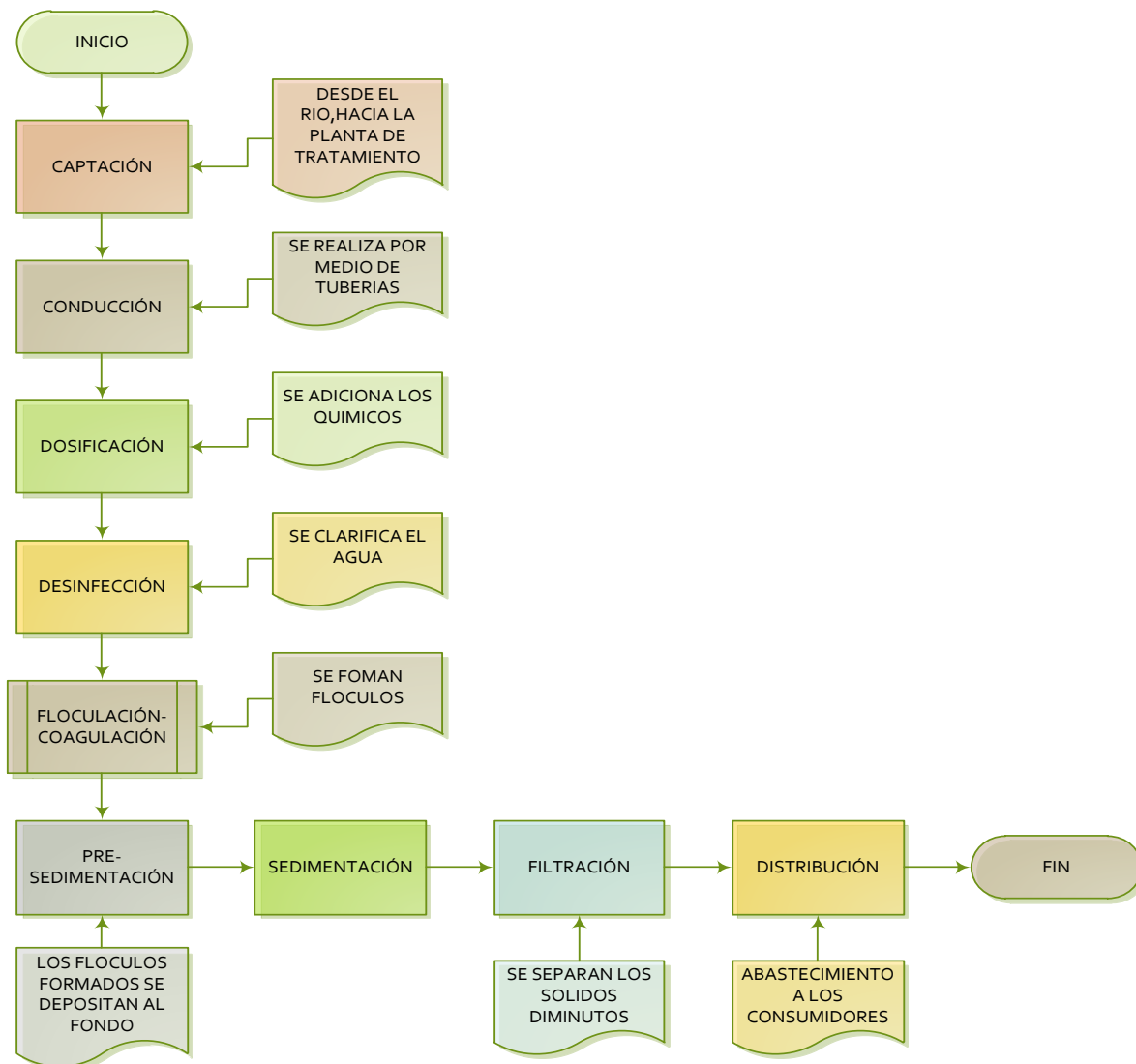
Filtración: Se realiza mediante un filtro de arena vertical, ubicado al lado derecho de la planta de tratamiento y separa los sólidos diminutos que puedan quedar presentes en el agua.

Distribución: Después del proceso, el agua tratada es transportada un tanque de almacenamiento de donde se distribuye el agua para los procesos de la planta de refinación, como calderas y torre de enfriamiento.

Diagrama de proceso de la P.T.A

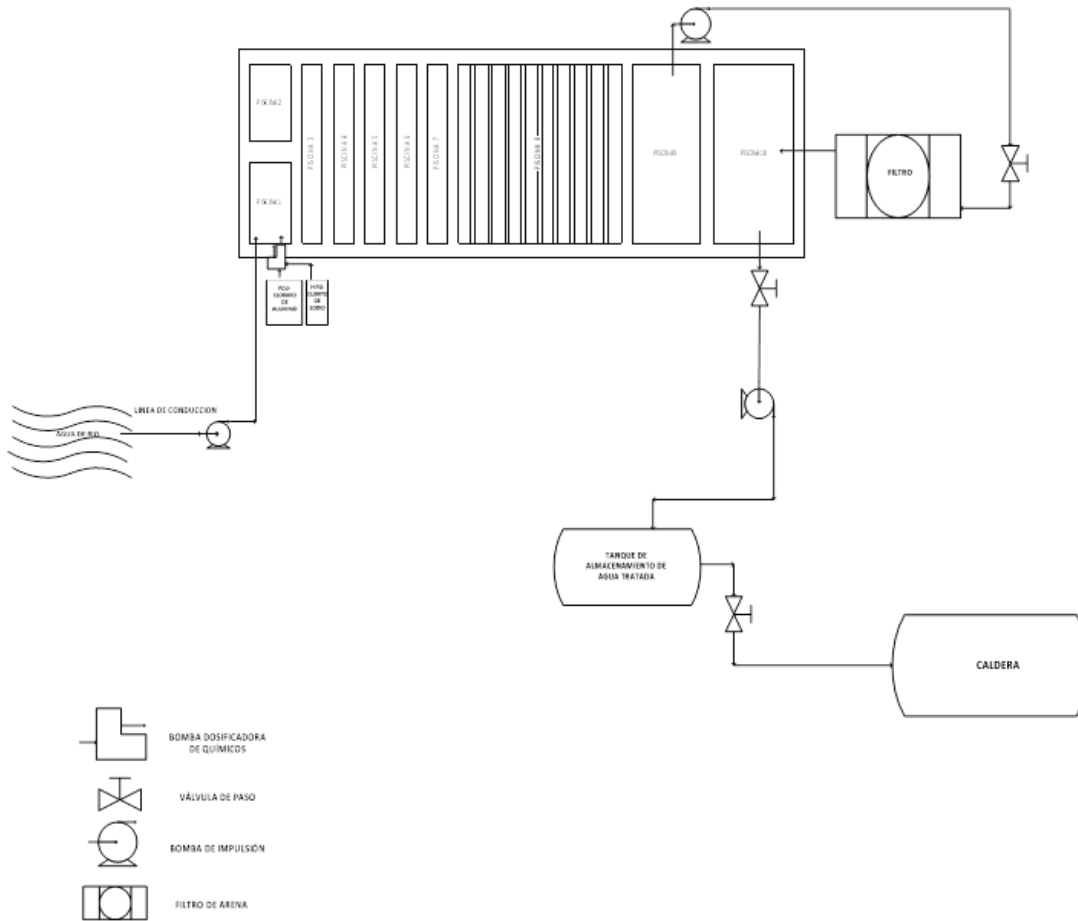
En la Figura 7, se indica el proceso actual del tratamiento de agua cruda.

Figura 7. Diagrama del proceso de la planta de tratamiento de agua de Oliojoya



Fuente: Autor

Diseño de la planta de tratamiento de agua



Fuente: Autor

Análisis físico-químico del agua

Muestreo

El muestreo se lo realizara en las instalaciones de la industria, en la planta de tratamiento de agua y en el río, una vez realizados los análisis, se identificarán los parámetros del agua que estén fuera de norma. Las muestras serán tomadas directamente desde la fuente, utilizando recipientes esterilizados y homogenizados con el agua a la que se le realizarán los análisis.

METODOLOGIA

Se efectuará, mediante la determinación de las características físicas, químicas del agua, para ello se realizará análisis de los parámetros como: turbidez, pH, dureza, conductividad, sólidos totales disueltos, alcalinidad, hierro, nitratos, cloro.

Tabla 1. Métodos para el análisis del agua

Aspecto	Método	Descripción
Muestreo	Práctico	Se recogen las muestras en la PTA
pH	Electrométrico	Utilización de un equipo denominado pH metro
Color	Colorimétrico	Por medio de un comparador de color
Turbidez	Turbidímetro	Con la utilización de un equipo, multiparámetro
Cloro Residual	Colorimétrico	Indicador orthotolidine (color amarillo, si hay presencia de cloro en la muestra)
Dureza	Volumétrico	Solución buffer + negro de eriocromo + titulación con EDTA
Alcalinidad	Volumétrico	Solución Verde Bromo Crisol + Titulación con ácido Sulfúrico
Hierro (Fe)	Colorimétrico	Mediante un equipo, con un tubo comparador
Cloruros	Volumétrico	Dicromato de potasio + titulación con nitrato de plata
Conductividad	Electrométrico	Con la utilización de un equipo conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	Electrométrico	Con la utilización de un equipo multiparámetro

Técnicas

Determinación de cloro residual

El cloro residual, es el cloro que se encuentra remanente después de 30 minutos de contacto en el agua tratada (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2011).

Reactivos: Indicador Orthotolidine y Muestra de agua.

Materiales: Dual test kit (kit de prueba doble)

Procedimiento

- Enjuagar el recipiente del kit de tapa amarilla, con agua destilada.
- Colocar la muestra en el recipiente que viene en el kit, hasta la línea superior que indica, en el lado de la tapa color amarillo.
- Adicionar 5 gotas de Orthotolidine OTO.
- Coloque la tapa al recipiente y agítelo varias veces para que se mezcle bien.
- Comparar el color que se presenta con la tabla comparativa del kit.

Determinación de potencial hidrogeno pH

El pH es un parámetro que determina acidez o alcalinidad del agua. De acuerdo a valores, 7 indica que el agua es neutra, de 7 hacia abajo es acida, de 7 hacia arriba es básica (Harris, Análisis Químico Cuantitativo, 2003).

Reactivos: Muestra de agua y Agua destilada.

Materiales: pH-metro

Procedimiento

- Encender el equipo.
- Verificar si el pH-metro está calibrado, En caso de no estarlo, calibrarlo con solución patrón.
- Colocar en un vaso de precipitación limpio y homogenizado la muestra de agua.
- Sumergir el electrodo en la muestra, agitando suave una vez, esperar hasta que se estabilice y observar la lectura en la pantalla (American Public Health Association, 1992).

Determinación de dureza

La dureza, se refiere las sales de calcio (Ca) y magnesio (Mg) disueltos en forma de bicarbonatos, y que con la temperatura se transforman en carbonatos presentes en el agua (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany, 1976).

Reactivos: Solución Buffer, Negro de Eriocromo y Solución EDTA 0.02N

Materiales: Una pipeta, Vaso de precipitación de 50 ml y Matraz erlenmeyer de 250 ml.

Procedimiento

- Medir 50 ml de la muestra.
- Colocar la muestra medida en un matraz erlenmeyer de 250ml.
- Adicionar 1ml de solución buffer.
- Añadir una pizca de negro de eriocromo.
- Titular con solución de EDTA hasta el vire de color lila a azul y anotamos el consumo (American Public Health Association, 1992).

Calculo

Dureza = Consumo en ppm sol. EDTA * N sol. * Eq. * 1000 / ml de muestra

Dureza = ppm sol. EDTA * 0.02 * 50 * 1000 / 50

Dureza = ppm sol. EDTA * 20

Dureza = 1,9 ppm * 20

Dureza = 38 ppm

Determinación de alcalinidad

Alcalinidad es una medida de sustancias alcalinas como (OH), presentes en el agua y se expresa como carbonatos o bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio en ppm equivalente. (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany, 1976)

Reactivos: Solución Verde Bromo Crisol y Ácido Sulfúrico H₂SO₄.

Materiales: Vaso de precipitación de 50 ml y Matraz Erlenmeyer de 250 ml.

Procedimiento

- Medir 50 ml de muestra en un vaso de precipitación de 50 ml.
- Trasvasar la muestra a un matraz de 250ml.
- Adicionar 10 gotas de verde de bromo crisol.
- Titular con ácido sulfúrico 0.02N, hasta el vire de color de azul a amarillo.
- Anotar el consumo del reactivo (American Public Health Association, 1992).

Cálculo

Alcalinidad = Consumo en ppm de H₂SO₄ * N *Eq. * 1000 / 50 ml

Alcalinidad = ppm de H₂SO₄ * 0.02 * 50 *100 / 50 ml

Alcalinidad = ppm de H₂SO₄ * 20

Alcalinidad = 1,4ppm *20

Alcalinidad = 28 ppm

Determinación de hierro (Fe)

El hierro es un metal que presente en el agua como óxido de hierro que afecta considerablemente en los procesos industriales, por su capacidad de dejar manchas y residuos de óxido al oxidarse en las aguas (Rigola, Tratamiento de Agua Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, 1990).

Reactivos: Phenanthroline (fenaltolina).

Materiales: Colorímetro (equipo) y 2 Tubos plásticos para colorimetría con tapa.

Procedimiento

- Llenar un tubo para colorimetría, hasta la primera marca, con la muestra.
- Colocar el tubo en la abertura izquierda del equipo.
- Llenar otro tubo para colorimetría, hasta la primera marca con la muestra añadir el reactivo phenanthroline.
- Agitar para mezclar bien.
- Colocar el segundo tubo en la abertura derecha del equipo.
- Llevarlo a un lugar donde de la luz solar o de una lámpara.
- Hacer girar el disco hasta que coincidan los dos colores.
- Leer en el disco del equipo la concentración de hierro. En este caso el disco marco cero, indicando así que no hay presencia de hierro en la muestra (Hach Company, 1997).

Determinación de conductividad

La conductividad es la capacidad que tiene el agua para la conducción de corriente eléctrica, depende de la presencia y concentración de iones en el medio acuoso (Creus, 2011)

Materiales: Dos celdas para equipo multi-parámetros.

Procedimiento

- Tomar 10 ml de la muestra de agua a analizar.
- Encender el equipo multi-parámetros y presionar el botón programa y seleccionar código 94, dar enter.
- Colocar la celda con el blanco (agua destilada) en el equipo y encerrar.
- Tomar la muestra de agua a analizar, colocar en el equipo tapar y presionar lectura (read).
- El resultado será expresado en ppm.

Determinación de sólidos totales disueltos

Los sólidos totales disueltos STD o salinidad total, es la medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, la elevada concentración de sólidos disueltos puede ocasionar espumas en la caldera (Rigola, Tratamiento de Agua Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, 1990).

Determinación de turbidez

Es un indicador de la presencia de materia en suspensión se mide en unidades nefelométricas NTU (Rigola, Tratamiento de Agua Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, 1990).

En este caso se realiza la medición de turbidez del agua en un equipo turbidímetro marca OAKLON.

Materiales: Dos celdas para el equipo turbidímetro

Procedimiento

- Tomar de 5 a 10 ml de muestra de agua a analizar.
- Encender el equipo y presionar el botón programa y seleccionar el código 95, dar enter.
- Colocar la celda con el blanco (agua destilada) y encerrar.
- Luego tomar la muestra y colocar en el equipo tapar y presionar read.
- El resultado obtenido será expresado en NTU (American Public Health Association, 1992).

Determinación de sílice (SiO₂)

Contribuye ligeramente a la alcalinidad del agua. En la industria puede causar incrustaciones en las calderas (Rigola, Tratamiento de Agua Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, 1990).

Evaluación de los parámetros del agua de ingreso y salida de la P.T.A

Se realizaron los análisis al agua de entrada (río) y de salida de la planta de tratamiento, durante dos meses, para determinar la calidad del agua tratada y realizar los siguientes cuadros evaluativos, demostrando la situación actual de funcionamiento PTA, en época de verano e invierno.

Tabla 2. Análisis del agua captada del río Teatone en época de Verano

Parámetros	Unidad	Muestras				Promedio	Norma ASME
		M1	M2	M3	M4		
Ph	-	7,5	8,0	8,1	7,9	7,8	8,3-9
Conductividad	µs/cm	583,7	359,1	805,7	301,4	512,5	3500
Dureza	mg/L	375,5	420,4	408,1	416,6	405,15	0,300
Alcalinidad	mg/L						320
Turbidez	NTU	17,1	18,8	18,1	17,8	17,9	< 10
Hierro	mg/L	0,79	0,80	0,89	0,84	0,83	0,10
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	98,5	78,2	68,9	89,1	83,67	150
Sílice SiO ₂	mg/L	40	48	50	49	46,75	150

Fuente: Autor (2023)

Tabla 3. Análisis del agua captada del río Teaone en época de invierno

Parámetros	Unidad	Muestras				Promedio	Norma ASME
		M1	M2	M3	M4		
pH	-	7,9	7,5	7,1	7,8	7,5	8,3-9
Conductividad	µs/cm	274	281	277	274	276,5	3500
Dureza	mg/L	124	122	123	125	123,5	0.300
Alcalinidad	mg/L	90	80	85	90	86,25	320
Turbidez	NTU	126	56	91	110	95,75	< 10
Hierro	mg/L	0,82	0,89	0,83	0,81	0,83	0,10
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	152,2	142,8	150,9	149,3	148,8	150
Sílice SiO ₂	mg/L	50,7	54,2	52,1	50,9	51,9	150

Fuente: Autor (2023)

Tabla 4. Análisis del agua tratada en la planta de tratamiento en época de verano

Parámetros	Unidad	Muestras				Promedio	Norma ASME
		M1	M2	M3	M4		
pH	-	7,3	7,2	7,1	7,0	7,2	8.3-9
Conductividad	µs/cm	484	585	975	1089	783,25	3500
Dureza	mg/L	124	122	125	122	123,25	0.300
Alcalinidad	mg/L	60	85	70	65	70	320
Turbidez	NTU	6	4	6	7	5,75	< 10
Hierro	mg/L	0,10	0,13	0,13	0,11	0,12	0,10
Cloro	mg/L	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	155,7	180,2	169,1	157,3	165,5	150
Sílice SiO ₂	mg/L	145,1	170,1	41,5	43,5	92,55	150

Fuente: Autor (2023)

Tabla 5. Análisis del agua tratada en la planta de tratamiento en época de invierno

Parámetros	Unidad	Muestras				Promedio	Norma ASME
		M1	M2	M3	M4		
pH	-	7,6	7,9	7,8	7,7	7,75	8.3-9
Conductividad	µs/cm	122	275	128	129	138,5	3500
Dureza	mg/L	122	120	121	125	122	0.300
Alcalinidad	mg/L	110	60	70	85	81,25	320
Turbidez	NTU	30	45	59	75	52,3	< 10
Hierro	mg/L	0,14	0,12	0,13	0,15	0,13	0,10
Cloro	mg/L	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	152,7	146,2	165,1	153,3	154,3	150
Sílice SiO ₂	mg/L	48,3	47,5	45,1	44,6	46,37	150

Fuente: Autor (2023)

Parámetros fuera de norma

Una vez realizados los análisis del agua de salida de la P.T.A se compararon los valores obtenidos, con los límites máximos permisibles y de esta manera identificamos los parámetros físicos-químicos fuera de norma, en época de verano:

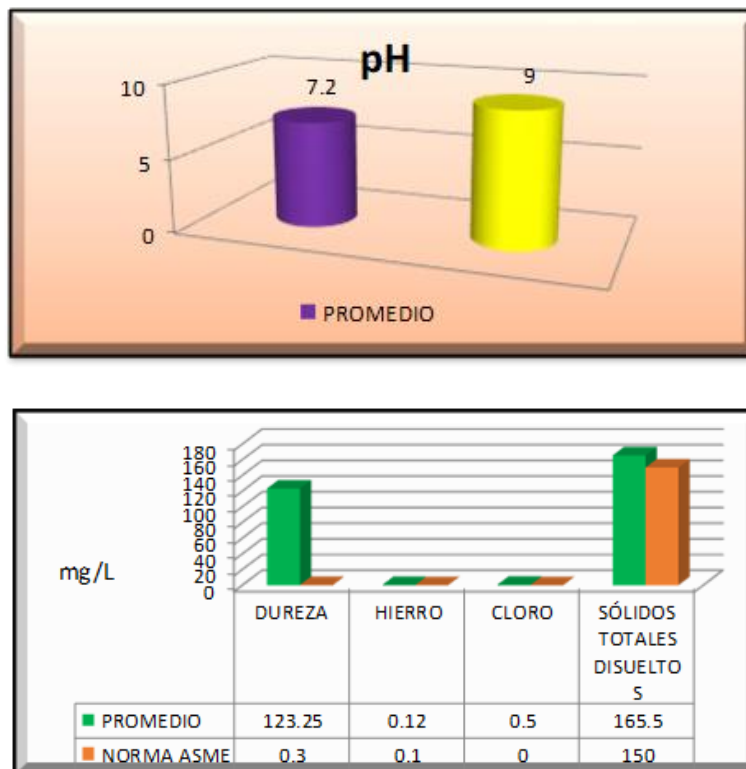
pH, dureza, hierro, sólidos totales disueltos, cloro y en época de invierno: pH, dureza, hierro, turbidez, sólidos totales disueltos, cloro.

Cuadro 1. Parámetros fuera de norma en época de Verano

Parámetros	Unidad	Promedio	Norma ASME
pH	-	7,2	8.3-9
Dureza	mg/l	123,25	0.300
Hierro	mg/l	0,12	0,10
Cloro	mg/l	0,5	0
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	165,5	150

Fuente: Autor (2023)

Gráfico 1. De los parámetros fuera de norma en época de Verano



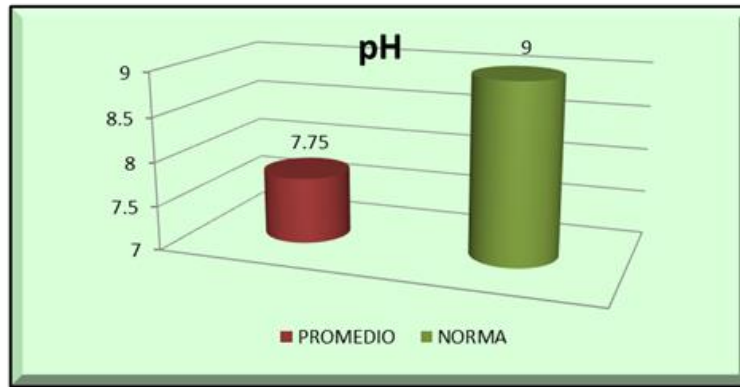
Fuente: Autor

Cuadro 2. Parámetros fuera de norma en época de invierno

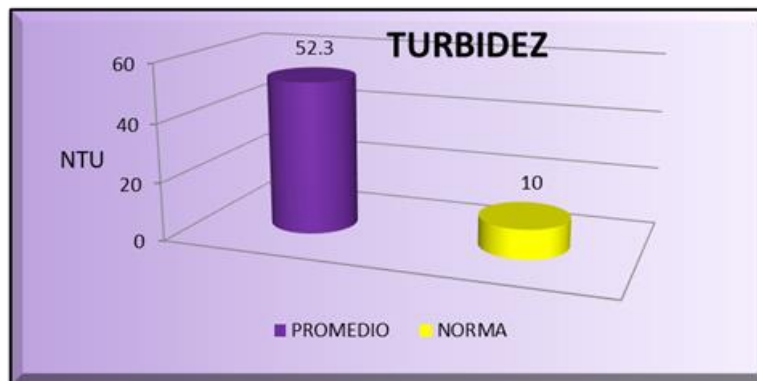
Parámetros	Unidad	Promedio	Norma ASME
pH	-	7,75	8.3-9
Dureza	mg/l	122	0.300
Turbidez	NTU	52,3	< 10
Hierro	mg/l	0,13	0,10
Cloro	mg/l	0,2	0
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	154,3	150

Fuente: Autor

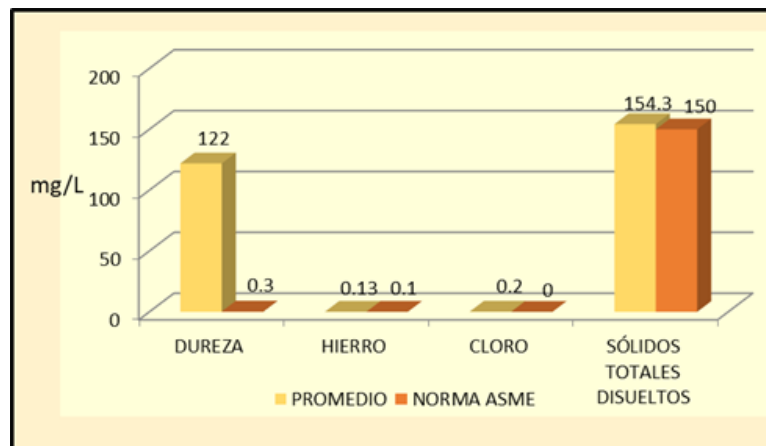
Gráfico 2. De los parámetros fuera de norma en época de invierno



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor

DISCUSIÓN

Según los resultados de los análisis realizados en época de verano, se observó que los parámetros fuera de norma son: pH, dureza, cloro, hierro, solidos totales disueltos.

En época de invierno los parámetros fuera de norma fueron: pH, turbidez, dureza, hierro, cloro, solidos totales disueltos. Podemos decir que la variación que hubo en el agua fue que en época de verano tiene una turbidez muy baja y se encontraba dentro de la norma, y en época de invierno la turbidez es muy alta, esto se debe a que en invierno llueve por ende crece el río y causa turbulencia lo que ocasiona que el agua no sea clara y tenga apariencia de agua sucia lodosa.

Cálculos

Procedimos a realizar los cálculos respectivos, para determinar la capacidad de la planta de tratamiento de agua.

Cálculo de caudal de entrada a la P.T.A

La empresa cuenta un medidor de flujo de agua dañado, por lo que es necesario realizar el siguiente cálculo, para conocer el valor del caudal de entrada en la planta de tratamiento de agua.

Se procedió a llenar en un balde de 20 litros de capacidad del agua que se bombeaba desde el río a la primera piscina de la P.T.A, tomando el tiempo de llenado y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q \text{ (Caudal Entrada)} = m^3/h$$

$$Q \text{ entrada} = \text{Volumen de agua} / \text{Tiempo de llenado}$$

$$Q \text{ entrada} = \frac{20 \text{ Lt}}{4.13 \text{ seg}}$$

$$Q \text{ entrada} = 4.84 \frac{\text{Lt}}{\text{seg}}$$

Conversión de Unidades

$$Q \text{ entrada} = \frac{4.84 \text{ litros}}{\text{seg}} * \frac{1 m^3}{100 \text{ litros}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}}$$

$$Q \text{ entrada} = 17.42 \frac{m^3}{h}$$

Capacidad de la planta de tratamiento de agua

Para determinar la capacidad de la planta de tratamiento de agua se procedió a medir las tres últimas piscinas, a lo largo de la planta de tratamiento, si como el ancho y profundidad aplicando la siguiente fórmula.

Dónde:

L = Largo

A = Ancho

h = Altura

$$V \text{ (piscina 8)} = L * A * h$$

$$V = 4.86m * 4.20m * 2.42m$$

$$V = 49.39m^3 //$$

$$V \text{ (piscina9)} = L * A * h$$

$$V = 3m * 4.20 * 2.42$$

$$V = 30.49m^3 //$$

$$V \text{ (piscina 10)} = L * A * h$$

$$V = 4.64m * 4.20m * 2.42m$$

$$V = 47.17m^3 //$$

Cálculo de volumen total

$$V \text{ (total)} = V8 + V9 + V10$$

$$V \text{ (total)} = 49.39m^3 + 30.49m^3 + 47.17m^3$$

$$V \text{ (total)} = 127.05m^3 //$$

Cálculo del tiempo de llenado de la P.T.A

Una vez obtenido el volumen total de la P.T.A (127.05m³), se divide para el caudal de entrada de la P.T.A (17.42m³/h)

$$T \text{ de llenado} = V \text{ de P.T.A} / Q \text{ de entrada}$$

$$T \text{ de llenado} = \frac{127.05m^3}{17.42m^3/h}$$

$$T = 7.3 \text{ h} //$$

Cálculo del caudal de salida

Para calcular el caudal (m³/h) de salida de la planta de tratamiento, aplicamos la siguiente fórmula:

Dónde:

V = volumen de la última piscina de la P.T.A

T = tiempo de llenado

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q_{\text{salida}} = \frac{47.17 \text{ m}^3}{7.3 \text{ h}}$$

$$Q_{\text{salida}} = 6.46 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} //$$

Tabla 4. Datos generados de los cálculos de la planta de tratamiento de aguas

Parámetro	Símbolo	Resultado	Unidad
Caudal de Entrada	Q entrada	17.42	m ³ /h
Capacidad de la P.T.A	V de P.T.A	127.05	m ³
Tiempo de Llenado	T de llenado	7.3	h
Caudal de Salida de la P.T.A	Q salida	6.46	m ³ /h

Fuente: Autor

Aplicación de la prueba de tratabilidad

Conociendo la calidad del agua de la Industria Aceitera Oliojoya y conociendo los parámetros que la afectan son: turbidez, dureza, alcalinidad, sílice, sólidos disueltos, cloro, conductividad, pH, aplique el ensayo de prueba de jarras que permita corregir el valor de dichos parámetros. Comencé utilizando una solución de poli-cloruro de aluminio, para determinar la dosis correcta. Este ensayo permite que obtengamos agua adecuada para alimentar a caldera.

La prueba se realiza con la utilización del equipo de jarras que está compuesto por 4 jarras, 4 agitadores y el equipo que lo contiene. Se realizó el ensayo colocando en tres jarras de 1000ml con una concentración del 1%, realizando una dosificación de 15ppm en J1, 20ppm en J2, 25ppm en J3.

Preparación de la solución al 1%

Densidad del policloruro de aluminio= 1.25 kg/l

Conversión a mL.

$$\frac{1 \text{ gr} * \text{mL}}{1.25 \text{ gr}} = 0.8 \text{ mL}$$

Cálculos de volumen de policloruro de aluminio a dosificar en las jarras

$$V1 * C1 = V2 * C2$$

$$\frac{800 \text{ ml} * 15 \text{ ppm}}{10000 \text{ ppm}} = V2$$

$$1, 2 \text{ ML} = V2 \text{ (JARRA 1)}$$

$$\frac{800 \text{ ml} * 20 \text{ ppm}}{10000 \text{ ppm}} =$$

$$1,6 \text{ ML} = V2 \text{ (JARRA 2)}$$

$$\frac{800 \text{ ml} * 25 \text{ ppm}}{10000 \text{ ppm}} = V3$$

$$2 \text{ ML} = V2 \text{ (JARRA 3)}$$

Procedimiento

Una vez determinado los volúmenes de policloruro de aluminio a dosificar, se procede a agregar las diferentes dosificaciones a las jarras de 800ml de capacidad que contienen agua cruda de río. Las dosificaciones son:

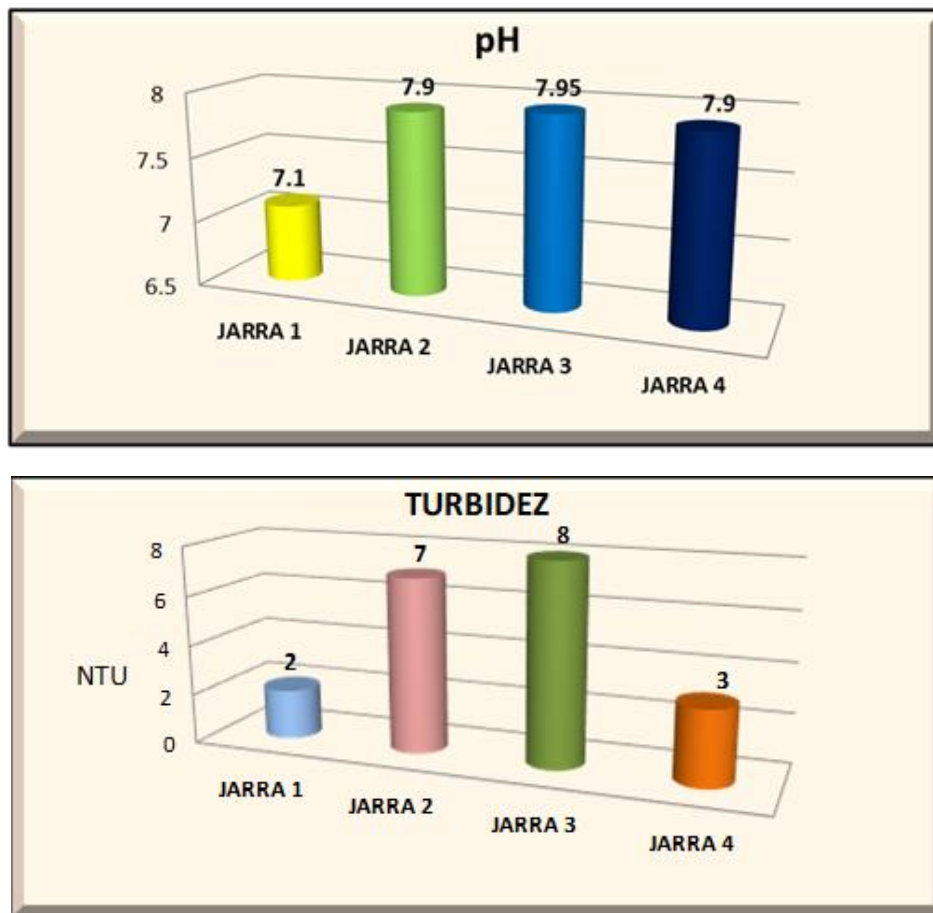
- 1,2ml a la jarra1,

- 1,6ml a la jarra 2.
- 2ml a la jarra 3.
- Se añade estos volúmenes de químico al mismo tiempo en las jarras.
- Se conecta el equipo y se enciende regulando las revoluciones de las aspas a 120 rpm (revoluciones por un minuto).
- Luego de ese tiempo bajamos la revolución a 20 rpm y esperamos de 20 minutos.
- Procedemos a realizar los análisis de pH y turbidez a las 4 jarras.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de jarras en época de verano (policloruro de aluminio)

Parámetro	J1 (15ppm)	J2(20ppm)	J3(25ppm)	J4 (30ppm)
pH	7,1	7,9	7,95	7,9
Turbidez	2	7	8	3

Gráfico 3. Resultados de la prueba de jarras en época de Verano



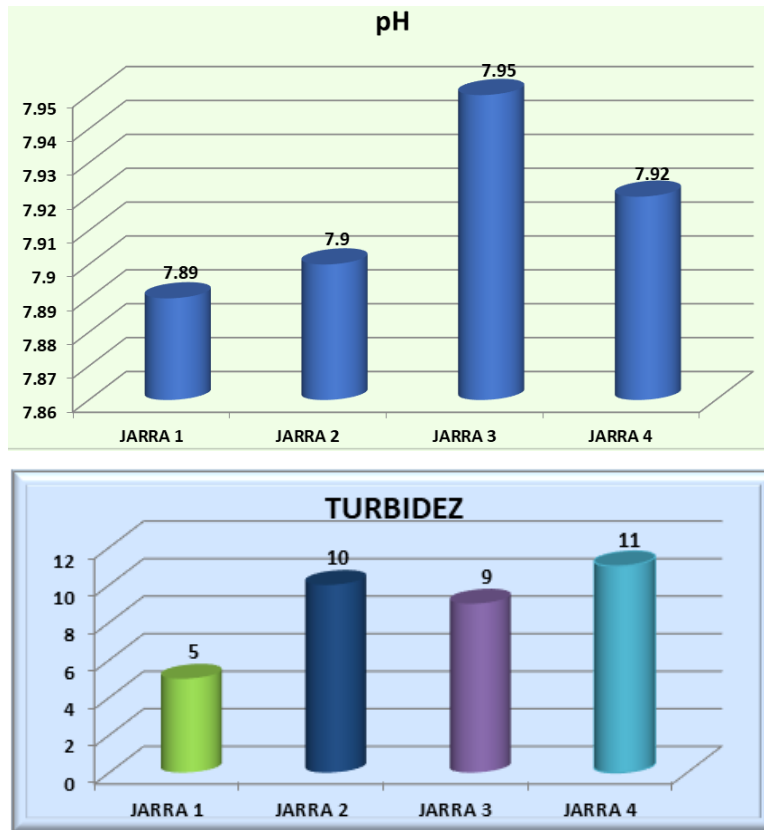
Fuente: Autor

Como se puede divisar en las gráficas de pH y turbidez los mejores resultados determinados en la prueba de jarras en época de verano fueron de 15 ppm de policloruro de aluminio.

Cuadro 4. Resultados de la prueba de jarras en época de invierno (policloruro de aluminio)

Parámetro	J1 (15ppm)	J2(20ppm)	J3(25ppm)	J4 (30ppm)
pH	7,86	7,9	7,95	7,92
Turbidez	5	10	9	11

Gráfico 4. Resultados de la prueba de jarras en época de invierno

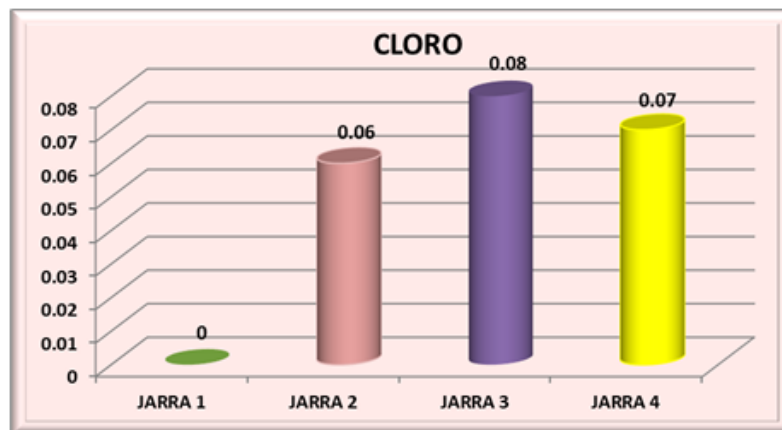


Según los resultados obtenidos una vez aplicada la prueba de jarras se pudo divisar que la dosis óptima para época de invierno debe hacerse con 20 ppm de policloruro de aluminio.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de jarras en época de verano (hipoclorito de sodio).

Parámetro	J1 (4ppm)	J2(6ppm)	J3(8ppm)	J4(10ppm)
Cl	0	0,06	0,08	0,07

Gráfico 5. Resultados de prueba de jarras en época de verano (hipoclorito de sodio)

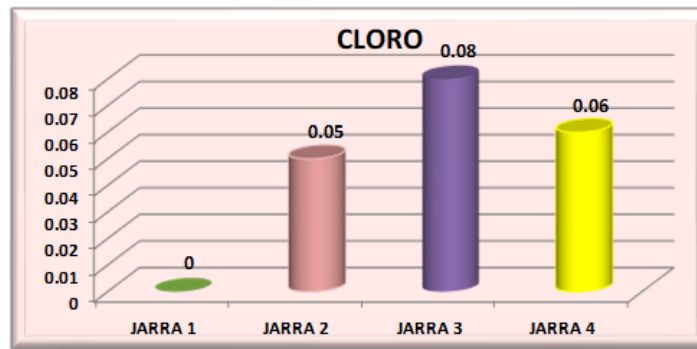


Según la prueba de jarras, la dosis óptima de hipoclorito de sodio es de 4 ppm en época de verano, pues el residual de cloro es cero.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de jarras en época de invierno (hipoclorito de sodio)

Parámetro	J1 (4ppm)	J2(6ppm)	J3(8ppm)	J4(10ppm)
Cl	0	0,05	0,08	0,06

Gráfico 6. Resultados de la prueba de jarras en época de invierno (hipoclorito de sodio)



Para época de invierno, la dosis óptima es de 4ppm según el ensayo de jarras realizado.

Dosificación para la planta de tratamiento de agua

Plocloruro de aluminio

Una vez realizado el ensayo de jarras, se procedió a determinar la dosis para la planta de tratamiento, mediante el siguiente cálculo.

Datos

D= dosificación ml/min

Q= Caudal de entrada m³/h

C= Concentración de la solución a dosificar ppm (g/m³)

d = Densidad del policloruro de aluminio ml/g

$$D = Q * C * d$$

$$D = \frac{18m^3}{h} * \frac{15g}{m^3} * \frac{1h}{60min} * \frac{100ml}{12.5g}$$

$$D = \frac{36ml}{min} /$$

Hipoclorito de sodio

Para determinar la dosis que debe añadirse a la planta de tratamiento se procede a realizar el cálculo similar al que se realizó para el policloruro de aluminio.

Datos

D= dosificación ml/min

Q= Caudal de entrada m³/h

C= Concentración de la solución a dosificar ppm (g/m³)

d = Densidad del hipoclorito de sodio ml/g

$$D = Q * C * d$$

$$D = \frac{18m^3}{h} * \frac{4g}{m^3} * \frac{1h}{60min} * \frac{1ml}{1.155g}$$

$$D = \frac{1.5ml}{min} //$$

Propuesta

Mejoramiento de la planta de tratamiento de agua

Se ha sugerido mejorarla, para ello se ha realizado un estudio de la misma, determinando así lo siguiente:

- Se debe realizar un mantenimiento cada seis meses a la planta de tratamiento de agua, esto involucra la limpieza de todas las piscinas de forma externa y principalmente interna.
- Revisar, realizar limpieza y mantenimiento a las tuberías de conducción, distribución y de igual manera a las válvulas de agua.
- Verificar el ideal funcionamiento de bombas de ingreso y dosificadora de químicos.

- Ejecutar retrolabados del filtro de arena, cuando se observe que no está filtrando bien.
- Implementar un equipo de prueba de jarras para determinar la dosis óptima de químicos que deben adicionar al agua en época de verano y época de invierno.
- Efectuar los análisis diarios físico-químicos al agua de entrada y salida de la P.T.A, verificando así, si cumple con las normas de calidad de agua de alimentación para calderas.

CONCLUSIONES

En el diagnóstico de la situación de la planta de tratamiento de agua se identificó, los daños en las diferentes partes de la misma, mediante la observación, para plantear propuestas de mejora. Se realizaron análisis físicos-químicos al agua de entrada y de salida de la planta de tratamiento y se identificó la calidad del agua de acuerdo a la norma ASME para agua de alimentación de caldera.

Una vez analizados los resultados de 15 parámetros físico-químico, de los cuales se pudo denotar que 2 químicos y 1 físico no cumplía la norma. Se efectuó propuestas, en busca del mejoramiento de la planta de tratamiento de agua, con la finalidad de que se lleve un monitoreo de la calidad del agua que ingrese a caldera, y evitar inconvenientes posteriores.

REFERENCIAS

- Aguamarket. (3 de noviembre de 2000). Productos: Aguamarket. Recuperado el 25 de Septiembre de 2014, de sitio web de Aguamarket: <http://www.aguamarket.com>
- American Public Health Association. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washinton: Arnold E. Greenberg, APHA, Chairman.
- Blue-White Industries, Ltda. (2008 йил 10-Febrero). Products:Blue-White Industries, Ltda. Retrieved 2014 йил 29-Septiembre from sitio Web de Blue-White Industries, Ltda: <http://blue-white.com>
- Brière, F. (2005). Distribucion de Agua Potable y Colecta de Desagues y de Agua de Lluvia. Quebec: Ecole Polytechnique de Montreal.
- Campos, I. (2000). Saneamiento Ambiental. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Creus, A. (2011). Instrumentación Industrial. Barcelona: Marcombo.
- Departamento de Sanidad del Estado de Neva York, Albany. (1976). Manual de Tratamiento de Aguas. Mexico: Limusa Wiley, S.A.
- Eduardoño Soluciones Ambientales. (10 de Enero de 2000). Planta de Tratamiento de Agua Compacta. Recuperado el 11 de Septiembre de 2014, de sitio web Eduardoño Soluciones Ambientales: <http://www.eduardono.com/site/LinkClick.aspx?fileticket=3doQsxtLakQ%3d&tabid=1564>
- Enme Nueva Minería y Energía. (7 de Agosto de 2013). Noticias: NME Nueva Minería y Energía. Recuperado el 25 de Septiembre de 2014, de sitio web de nme Nueva Minería y Energía: <http://www.nuevamineria.com/revista/minera-inauguro-planta-de-tratamiento-en-huanuara/>
- Enriquez, G. (2003). Manual de Instalaciones Electromecánicas en Casas y Edificios . Mexico: Limusa S.A.
- Fraume, N. (2006). Abecedario Ecologico. Bogota: Alberto Palomino Torres.
- Gaffert, J. (1981). Centrales de Vapor. Barcelona: Reverté.
- Harris, D. (2007). Análisis Químico Cuantitativo. Barcelona: Reverté.
- Hach Company. (1997). Iron test Kit. Colorado: Hach Company.
- INCAV Colombia. (3 de Febrero de 2009). Laboratorio de aguas: INCAV Colombia. Recuperado el 16 de Septiembre de 2014, de sitio web INCAV Colombia: <http://www.incavcolombia.com/analisis-de-aguas/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (Junio de 1 de 2011). Definiciones: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Recuperado el 8 de Agosto de 2014, de sitio web Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>
- Jiménez, B. (2005). La Contaminación Ambiental en México. México: Limusa S.A.
- Leidenger, O. (1997). Procesos Industriales. Perú.
- Manahan, S. E. (2007). Introducción a la Química Ambiental. México: Reverté.
- Marín, R. (2003). Físicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos Tratamiento y Control de Calidad del Agua. Madrid: Diaz de Santos, S.A.
- Molina, J. (2010). Automatización y Telecontrol de Sistema de Riego. Barcelona: Marcombo.
- Pongutá, J. (2005). Guía para el Almacenamiento, Manejo y Conducción. Bogota: CAB.
- Quiminet. (15 de Enero de 2000). Usos y aplicaciones de hipoclorito de sodio: Quiminet. Recuperado el 6 de Agosto de 2014, de sitio web Quiminet.com: <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-hipoclorito-de-sodio-2555821.htm>
- Quimicos y Servicios S.A. (15 de Febrero de 2000). Productos: Quimicos y Servicios S.A. Recuperado el 6 de Agosto de 2014, de sitio web SYQUEM: <http://syquem.com/poli.html>
- Radulovich, R., Rodriguez, R., & Moncada, O. (1994). Captación de Agua de Lluvia en el Hogar Rural. Turrialba: Cidia.
- Re-pre Agua Tratamiento Integral de Aguas Potables y Residuales. (5 de Febrero de 1999). Plantas de Tratamiento de Agua Potable. Recuperado el 11 de Septiembre de 2014, de sitio web Re-pre Agua: <http://repreagua.com/productos/planta-de-tratamiento-agua-potable.html>
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). El Agua en el Medio Ambiente: Muestreo y Análisis. México: Plaza y Valdés, S. A. de C. V.
- Rigola, M. (2003). Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Procesos y Residuales. Barcelona: Marcombo.
- Roldan, G., & Ramírez, J. (2008). Fundamento de Limnología Neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Varetto, R. (2012). Conducción de Generadores de Vapor. Argentina: Alsina.
- Weber, W. (2003). Control de Calidad del Agua Procesos Físicoquímico. Barcelona: Reverté.
- Zapata, D. (2009). Semana de la Ciencia y la Tecnología: El Agua. Madrid: Reverte.