

Trabajo de Diploma

Para el título de Ingeniero Hidráulico

Título: *Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.*

Autor: *Luis Yanier Castro Guevara.*

Tutores: *Ing. Andrés Adolfo Rodríguez Pizarro.*

M.Sc. Prof. Eudel Michel Rojas.

M.Sc. Prof. Onell Pérez Hernández



Bayamo MN 21 junio de 2019.

***Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones
de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.***

PENSAMIENTO



“De manera que a nosotros los fenómenos naturales nos enseñaron y nos formaron la conciencia de la necesidad de crear una voluntad hidráulica”

Fidel Castro

DEDICATORIA

Dedicatoria:

Dedico este trabajo de diploma:

A mis abuelos: Silvia Ester Virelle que ha sido capaz de apoyarme en cada momento de mi vida y a mi abuelo Pedro Castro Acosta por ayudarme a salir adelante y a cumplir mis metas. A las dos gracias por ser incondicionales y por formar parte de mi vida.

A mis padres: Yanelis Guevara Perdomo y a Pedro Luis Castro Virelle por cuidar de mí, guiarme hacer de todo para que yo lograra desarrollar mi vida y estar ahí para mí siempre preocupados y atentos.

A mis hermanos: Lennier y Lisbey los cuales han sido capaces de una forma u otra de estar presente en la realización de este sueño.

A mis tíos: Jorge y Argel quienes siempre se han preocupado por mi formación y por ayudarme en todo para que yo pudiese llegar hasta donde estoy.

A todos ustedes...

***Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones
de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.***

AGRADECIMIENTO

Trabajo de diploma

Luis Yanier Castro Guevara

Agradecimiento:

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra han estado presentes en mi formación profesional en estos años de universidad:

A mis padres Yanelis y Pedro Luis, a mis abuelos Silvia y Pedro, a mis hermanos Lennier y Lisbey, a mis tíos Jorge y Argel,

A mis primas Liannis, Lisandra y Yicenia por creer en mí y ser ejemplos a seguir para mí.

A mi familia en general que estuvieron pendientes en cada momento de mí y de mis estudios.

A mis tutores Andrés Alfonso Rodríguez Pizarro, Onell Pérez Hernández y Eudel Michel Rojas por estar siempre ahí cuando los necesité y por la confianza.

A todos los profesores del departamento de ingeniería hidráulica que formaron parte de mi formación como ingeniera hidráulica.

A mis compañeros de aula en estos años de universidad, por cada aventura y momento de desvelo, de disfrute y de risas en especial a

A todos ustedes:

Muchas gracias.

RESUMEN

Resumen:

Con este trabajo se pretende reevaluar el proceso tecnológico (de potabilización) ajustado a las nuevas condiciones de calidad del agua cruda de la fuente Presa “Batalla de Guisa” de la que en un principio se había previsto captar el agua mediante una estación de bombeo flotante a una profundidad por debajo del nivel de agua entre 3 - 5 m, donde el agua tiene la mejor calidad pero por cuestiones constructivas se cambió para una de las tuberías del desagüe de fondo donde el agua tiene la peor calidad, máxime que este embalse no se había previsto como fuente de agua para el consumo humano por lo que no se limpió su vaso.

ABSTRACT

Abstract

This work intends to reevaluate the technological process (of potabilization) adjusted to the new quality conditions of the raw water of the Presa font "Batalla de Guisa" from which it was originally planned to capture the water through a floating pumping station at a depth below the water level between 3 - 5 m, where the water has the best quality but for construction reasons it was changed to one of the bottom drainage pipes where the water has the worst quality, especially since this reservoir does not it was planned as a source of water for human consumption so it did not clean its glass

ÍNDICE

ÍNDICE

Pág.

Introducción:	1
Diseño de la Investigación:	4
1.1. Estado del arte.	6
1.2. Planta de tratamiento.	7
1.3. Tecnologías capaces de potabilizar el agua, teniendo en común estos tres principios:	7
1.4. La planta potabilizadora de agua lleva a cabo diversos tratamientos hasta conseguir agua apta para el consumo humano:	7
1.5. Ventajas de una planta potabilizadora.	8
1.6. Tipos de plantas de tratamiento.	8
1.7. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	13
1.8. Características del agua potable.	14
1.9. PROCESOS UNITARIOS Y OPERACIONES UNITARIAS.	19
Capítulo 2 -Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de Calidad del Agua y propuesta de tratamiento.	31
2.1. Introducción.....	31
2.2. Clasificación para consumo humano.	31
2.3. Ubicación y características de la fuente.	32
Ubicación:.....	32
Características de la fuente	32
2.4. Valores obtenidos de los muestreos realizados	34
2.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.	36
2.6. Tratamiento de aguas con presencia de hierro	37
2.7. Propuesta del tipo de planta a utilizar.	42
2.7.1 Parte Tecnológica.	42
Conclusiones:	46
Recomendaciones:	47
Referencias bibliográficas:	48
Anexos:	49

INTRODUCCIÓN

Introducción:

El agua es uno de los recursos naturales más importantes de los que dispone el ser humano. Imprescindible para la supervivencia, se ha convertido en un bien preciado en todos los lugares del mundo, especialmente en aquellos que padecen sequía.

Paralelamente al aumento de la exigencia por la calidad de las aguas para uso industrial y humano y a la escasez de fuentes de abasto adecuadas, se han desarrollado procesos y sistemas de tratamiento que permiten la obtención de aguas cada vez mejores. La tecnología actual permite convertir el agua no dulce en un producto que podemos consumir. Poco más del 3 % del agua que existe en el mundo es dulce. Por eso, las plantas potabilizadoras de agua son un recurso indispensable en nuestras sociedades.

Facilitar el acceso al agua potable es una cuestión de vital importancia en ciertas zonas del planeta, de ahí que las infraestructuras que permiten este acceso sean tan necesarias. Y, precisamente, este es el papel de una planta potabilizadora de agua: procesar el agua no potable para el consumo humano.

Conocidas técnicamente como ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable), recogen el agua superficial de los ríos, lagos o embalses y la procesan para garantizar que sea apta para el consumo y tenga la calidad suficiente.

En Cuba se están llevando a cabo diversos proyectos en aras de mejorar la calidad y los servicios que se le prestan a la población, garantizando de esta manera la disponibilidad de agua a los usuarios con la mejor calidad posible, para ello a unos 20 kilómetros al suroeste de la urbe y al pie de la mítica Sierra Maestra, está en fase de pruebas, para ajustar los equipos y verificar la calidad del agua, una moderna planta desalinizadora que favorecerá a más de 34.000 personas a las que entregará unos 50 litros por segundo. En ese lugar está la

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

planta erigida con tecnología italiana tras una inversión gubernamental de unos 20 millones de dólares. Por otra parte con la restitución de una válvula de envergadura en la planta potabilizadora de Paso Bonito, en Cienfuegos esa instalación se insertó en el programa de desarrollo estratégico para el mejoramiento del servicio de agua a la población, además acometen otros trabajos de rehabilitación encaminados a mejorar la calidad del agua, mientras en la referida planta prevén rescatar cinco filtros inhabilitados o en mal estado técnico, lo que elevará la calidad del agua. Entre otras obras ejecutadas se encuentra la planta potabilizadora del acueducto de Baracoa, primera inversión ejecutada en Cuba por la América. La planta filtra 104 litros por segundo, elimina microorganismos resistentes al cloro y partículas en suspensión susceptible de obstruir las redes domésticas. La potabilizadora brinda agua de calidad a más de 30 mil baracoenses y en etapa más avanzada alcanzará los 45 mil beneficiados, entre los que figuran aquellos que habitan la localidad de Mabujabo.

El municipio Guisa limita al norte con los municipios Bayamo y Jaguaní, al sur con Buey Arriba y el Uvero, al este con Contramaestre y Tercer Frente y al oeste con el municipio de Buey Arriba.

La región que comprende el territorio municipal y su cabecera del mismo nombre abarca un área de 3.1 Km², con 20112 habitantes urbanos. Este municipio tiene una extensión superficial de 596.9 Km² y una población de 50 022 habitantes. Se ubica al este del municipio en la porción suroeste de la provincia.

En las faldas de las elevaciones del territorio nacen 18 ríos y arroyos con 370 Km. de curso y se dirigen a la costa noroeste. Dentro de las principales manifestaciones hidrográficas se encuentran: el río Guamá con 20 Km, este nace en la base de Punta de Lanza y atraviesa El Cuartón, Los Horneros y desemboca en el río Bayamo en la zona de El Corojo.

El territorio cuenta además con dos presas la Batalla de Guisa y El corajo, en esta última se encuentra instalada una pequeña central hidroeléctrica la cual produce energía para suministrar a la red nacional.

La planta potabilizadora de agua en Guisa es una importante inversión de Recursos Hidráulicos, en Granma.

Importancia de la calidad del agua.

La calidad microbiológica del agua es importante para evitar la propagación de enfermedades diarreicas, parasitosis, hepatitis, fiebre tifoidea y epidemias como el cólera. Los microorganismos responsables de esas enfermedades se transmiten por vía fecal-oral, la cual puede ser directa o a través del agua -incluido el hielo-, la leche o alimentos contaminados con excretas, así como mediante las manos. Los vectores -insectos y roedores- pueden desempeñar también un papel activo en este proceso. El agua potable garantiza una vida sana y permite el funcionamiento armónico del organismo.

Componentes.

La potabilizadora la componen una sala en la cual se mezclan productos químicos para el tratamiento del agua, dos módulos con clarificadores, tanques sedimentadores, batería de filtros, cisterna, estación de bombeo, locales para el almacenamiento de cloro, socio administrativo, depósito de arena sílice y caseta con grupo electrógeno, más viales interiores. Cerca de un centenar de obreros de la Empresa de Construcción y Montaje Granma (ECMG) son los encargados de levantar su estructura civil.

Capacidad.

La planta tiene capacidad para entregar 110 litros de agua por segundo, bombeada a un depósito construido en la loma La Mañoca, de donde bajará por gravedad al centro urbano del municipio de Guisa.

Presupuesto.

El proyecto se ejecuta con el donativo de 1,6 millones de euros, de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, y el aporte por el gobierno cubano de 13 millones de pesos. Para facilitar el acceso de medios automotores al lugar en que se instala la potabilizadora, fueron reparados más de cuatro kilómetros de un camino desde los límites urbanos de Guisa, a un costo de medio millón de pesos.

Beneficios.

Desde el 2013 se ejecuta la construcción del sistema de acueducto en el municipio de Guisa de la provincia Granma. En este sitio montañoso no existía una infraestructura hidráulica y en tiempos de sequía mostraba impactos negativos, al deprimirse sus fuentes de abasto. Entre las principales acciones del Acueducto de Guisa destaca la colocación de la conductora que viene desde la planta potabilizadora hasta el tanque, se trabajó también en la conductora que va a alimentar la planta desde la toma de fondo de la presa de Guisa hasta planta potabilizadora, se han terminado ya dos de los tres sectores hidrométricos del sistema de acueducto. Cuando sea puesto en explotación, el acueducto de Guisa abastecerá a cerca de 20 mil personas residentes en esa ciudad. Aparejado a las acciones para mejorar el abasto de agua a la población se mejoró el vial de acceso al sistema de acueducto. Alrededor de 4 km están totalmente rehabilitados y con acceso perfecto para el transporte.

Impacto.

En estos momentos el impacto que se ha producido con la ejecución de las redes de los sectores Braulio Coroneaux y La Estrella es que alrededor de 9 mil habitantes están recibiendo agua de calidad, cuando se terminen los tres sectores recibirán unas 20 mil personas el vital líquido.

Diseño de la Investigación:

Problema de la Investigación: La mala calidad del agua existente en la toma de fondo de la presa Batalla de Guisa.

Objeto de la investigación: Planta de tratamiento de agua para consumo humano.

Objetivo General: Evaluar las características del agua cruda y adecuar el proceso tecnológico para garantizar un agua potable.

Objetivos Específicos:

-  Realizar una adecuada revisión bibliográfica referida al tema de estudio.
-  Comparar los datos de calidad obtenidos con los estipulados en la norma.

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

- ✚ Adecuar el proceso tecnológico a las nuevas exigencias.
- ✚ Garantizar un agua de calidad para el consumo humano.

Campo de acción: La calidad del agua a tratar en la fuente presa Batalla de Guisa.

Hipótesis: Si se evaluara las nuevas condiciones de calidad del agua cruda de la presa “Batalla de Guisa”, entonces se podría realizar el diseño hidráulico para el tratamiento del agua para el consumo.

Tareas:

- ✚ Revisión bibliográfica.
- ✚ Estudio de las características de la fuente de abasto.
- ✚ Realizar una caracterización detallada del área de estudio
- ✚ Analizar los resultados obtenidos.
- ✚ Proponer el tipo de tratamiento más adecuado para las condiciones del agua de la fuente.

CAPÍTULO 1

Capitulo1- Fundamentación teórica.

1.1. Estado del arte.

La cobertura de acceso al agua potable en Cuba durante el año 2008 fue de 95,6%,correspondiendo 97,3 al área urbana y 98,2 a la rural. Los recursos hídricos disponibles enel país, así como la utilización por sectores se muestra en la figura 1 En la tabla 1.1 semuestra la distribución de plantas potabilizadoras por provincias. Y se demuestra que laeficiencia de las plantas no es buena, y como tecnología predominan los filtros de arena dediferentes tipos

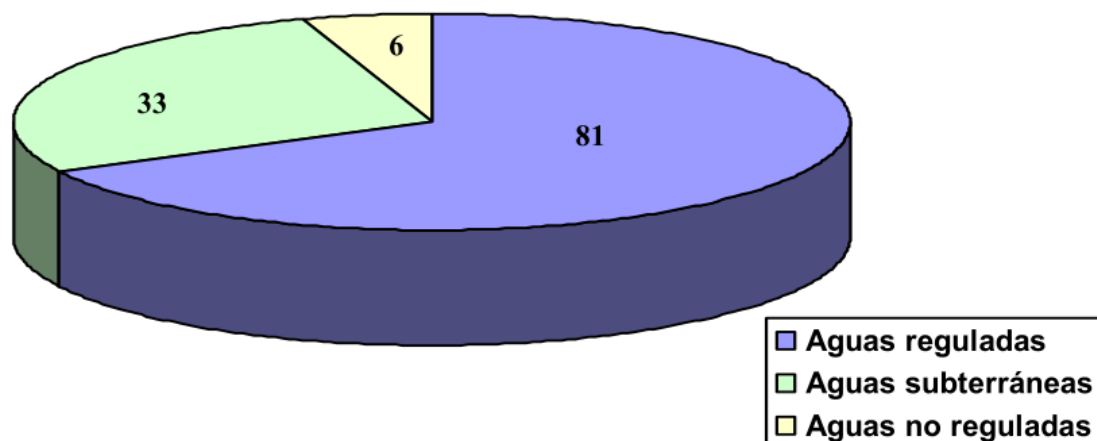


Fig. 1 Distribución de aguas potables

Tabla 1.1- Distribución de plantas potabilizadoras

Plantas potabilizadoras por provincias														
Provincias	PR	LH	CH	CF	VC	SS	CA	CM	LT	HG	GR	SC	GT	CUBA
Plantas	10	5	1	6	3	4	1	5	5	5	5	6	1	57
Potabilizadoras														
Eficientes	6	5	1	4	1	2	1	1	5	5	1	5	1	38

La mayoría de estas plantas fueron construidas en la década del 80, con el nivel de automatización existente por aquellos tiempos y no se les ha venido dando una

continuidaden el desarrollo tecnológico, por lo que se hace evidente que en nuestros días estas plantas ya tienen más de 20 años de explotación y su eficiencia no es la mejor y el nivel tecnológico que presentan es arcaico.

1.2. Planta de tratamiento.

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

1.3. Tecnologías capaces de potabilizar el agua, teniendo en común estos tres principios:

- Combinación de barreras múltiples (existen diferentes etapas en el proceso de potabilización) para que se produzcan bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto deseado.
- Tratamiento objetivo, por el cual, cada etapa del tratamiento tiene una misión específica relacionada con algún tipo de contaminante.

1.4. La planta potabilizadora de agua lleva a cabo diversos tratamientos hasta conseguir agua apta para el consumo humano:

🚧 **Captación:** Capta el agua, sea de un lago río o embalse. Este proceso suele hacerse con un conjunto de electrobombas que elevan el líquido hasta la cámara de carga. El sistema posee en el trayecto rejillas de distintos tamaños que permiten retener componentes sólidos.

🚧 **Coagulación:** Con el líquido ya en los tanques se separan todas las partículas para que floten en el agua y puedan ser extraídas posteriormente. Se forman sólidos que quedan agrupados en pequeñas masas que se conocen como flóculos (floculación), coágulos o grumos. La coagulación consigue eliminar algas y placton en general, así como sustancias productoras de sabor y olor de productos químicos que se utilizan en esta fase.

- ✚ **Sedimentación:** En esta fase la propia gravedad se encarga de realizar la tarea. El flóculo cae al fondo del tanque sedimentador para asentarse allí y pasar a la siguiente etapa.
- ✚ **Filtración:** El agua pasa a través de un medio poroso (arena, carbón) para remover los sólidos suspendidos y coloidales presentes en el agua y producir un efluente con baja turbidez.
- ✚ **Desinfección:** Aquí se completa el proceso de acondicionamiento de las aguas mediante la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. La clarificación y la filtración son procesos preparatorios para la desinfección, pues disminuyen la carga bacteriana y hacen más eficiente este método.

El papel de la planta potabilizadora de agua es ofrecer agua apta para el consumo humano.

1.5. Ventajas de una planta potabilizadora.

- ✚ Alta calidad del agua potable, libre de gérmenes, rica en oxígeno y equilibrada.
- ✚ La planta asegura un largo plazo de suministro de agua potable, sin tratamiento adicional, adecuado para el almacenamiento.
- ✚ Menos susceptibilidad a las fluctuaciones en la calidad del agua de entrada.
- ✚ Funcionamiento completamente automático, registro interno y protocolar.
- ✚ Sin riesgo operacional (no requiere adición de cloro, dióxido de cloro o productos de ozono).
- ✚ Mejor eficiencia energética ambiental y de filtración.
- ✚ Facilidad de adaptación a la capacidad de fluctuaciones.
- ✚ Mejora significativa en el uso de la superficie y espacio.

1.6. Tipos de plantas de tratamiento.

Las plantas de tratamiento de aguas se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de proceso que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar de acuerdo con la tecnología

usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua:

Este tipo de sistema es el más antiguo en nuestro medio. Se ha venido utilizando desde principios del siglo pasado (1910– 1920). Se caracterizan por la gran extensión que ocupan las unidades, principalmente el decantador rectangular de flujo horizontal, el cual normalmente se diseña con tasas comprendidas entre 10 a 60 m³/m².d.

Inicialmente estas plantas carecían de mezcladores y se les agregó retomezcladores. Los floculadores pueden ser hidráulicos o mecánicos, los decantadores rectangulares de flujo horizontal y en algunos casos de vuelta en U, estos últimos con muchos problemas en su comportamiento debido a que el giro del flujo dentro de la unidad ocasiona un camino oblicuo en las zonas adyacentes formándose espacios muertos.

Los filtros son de tasa constante, de 120m³/m².d y de nivel variable. Generalmente el lecho filtrante es simple, solo de arena. Estas instalaciones se caracterizan por una gran galería de tubos a través de los cuales pasas el agua filtrada, el agua para el lavado de los filtros y el desagüe del retrolavado. El agua y la carga para el retrolavado del lecho filtrante normalmente son proporcionadas por un tanque elevado, el cual es alimentado mediante una estación de bombeo desde la cisterna de aguas claras.

Sistemas convencionales de alta tasa o tecnología apropiada:

Esta tecnología se empezó a desarrollar en la década de los 70 y se ha ido perfeccionando cada vez más a la luz de las últimas investigaciones realizadas en los países desarrollados. Las unidades son de alta tasa, ocupan una extensión que constituye el 25–30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad. La reducción del área se debe al empleo de floculadores verticales que por su mayor profundidad ocupan menos área que los horizontales y permiten compactar mejor el sistema.

Sistemas de tecnología patentada.

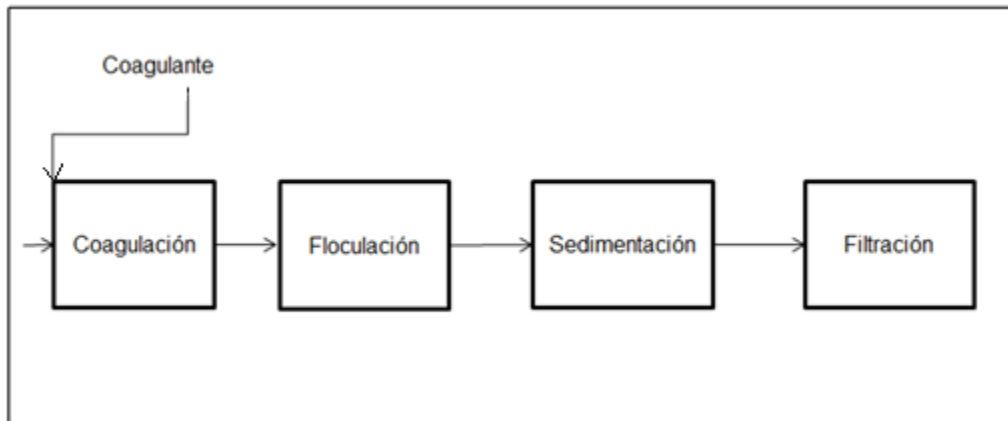
Estas tecnologías están normalmente integradas por decantadores de manto de lodos de suspensión dinámica, unidades que integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación en un solo equipo, o cuando menos, la floculación y decantación. Los filtros son de tasa constante y altura constante, para lo cual se requiere de equipamiento e instrumentación en las galerías de tubos. Las válvulas de accionamiento neumático o eléctrico y la instrumentación para determinar la pérdida de carga, el caudal de lavado, etc., son accionados desde consolas o mesas de operación. Esta tecnología es importada de los países desarrollados y se caracteriza por considerar gran cantidad de equipos y alto grado de complejidad en las soluciones. Son sistemas totalmente mecanizados, por lo que para cumplir con sus objetivos de calidad y cantidad, requieren por lo menos: personal calificado para operación y mantenimiento, programa de mantenimiento preventivo para los equipos y una existencia permanente de repuestos y suministro constante de energía eléctrica. Estos recursos son comunes en los países desarrollados no los son en los países de América latina. La complejidad de estos sistemas va en aumento con el tiempo. Ahora los sistemas son más compactos porque el accionamiento es electrónico, lo cual dificulta aún más el mantenimiento y la calibración. En los países subdesarrollados han sido importados hoy es usual encontrar plantas de este tipo con todos los equipos averiados debido a la mala operación y a la falta de recursos para darles mantenimiento.

Planta Convencional.

Esta tecnología es importada de países en desarrollo se Caracteriza por ser sumamente eficiente, confiable y económico, fácil de construir, operar y mantener.

Esta planta cuenta las siguientes operaciones y procesos unitarios:

- Coagulación.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Filtración.



(Fig. 2) Operaciones y procesos unitarios.

Este tipo de plantas son utilizadas cuando el agua presenta un porcentaje alto de turbiedad, que se puede apreciar en su coloración. Se somete a la coagulación, floculación y sedimentación para la remoción de la turbiedad, y la filtración para remover las partículas que alcancen a pasar del sedimentador además de contener microorganismos patógenos, que afecten la salud humana.

Plantas de filtración rápida.

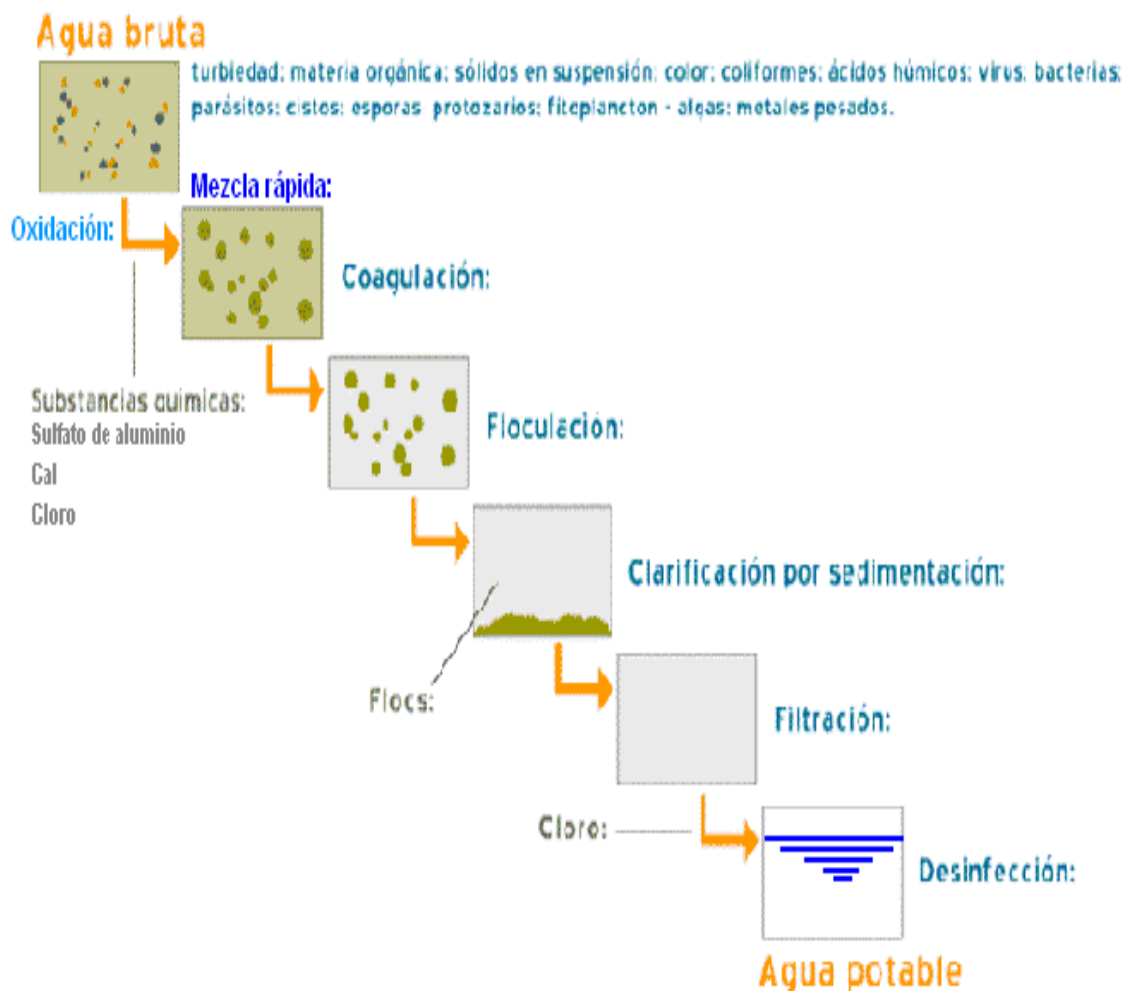
Se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³/m².d, de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones. Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un tiempo de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante, devolviéndoles su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

Las plantas de filtración lenta.

Presentan filtros con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h, tasas que son 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos, de ahí el nombre que tienen. También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen. Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas, etc., a través de los estratos de la corteza terrestre,

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

atravesando capas de grava, arena, arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos. Al igual que la naturaleza, los procesos que utilizan estos filtros son físicos y biológicos. Una planta de filtración lenta puede estar constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua, puede comprender los procesos de desarenado, presedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava y filtración lenta. Los procesos previos al filtro lento tienen la función de acondicionar la calidad del agua cruda a los límites aceptables por el filtro lento.



(Fig. 3) Proceso de tratamiento convencional.

Significado de los parámetros contenidos en la modificación a la NOM-127-SSA1-1994

En la práctica, es muy importante que quien opera un sistema o seleccione una potabilizadora entienda y conozca el significado de los parámetros que contiene la norma de agua potable. En la mayoría de los casos se incluyen los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en ciertos casos la clasificación del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC)

1.7 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Existen diversos organismos presentes en el agua, sin embargo, por la actividad humana, se depositan virus y bacterias perjudiciales, estas bacterias son los coliformes, para los cuales se hacen análisis de riesgo, estos coliformes están presentes en la materia fecal.

La calidad bacteriológica se puede expresar en UFC por su sigla, Unidades Formadoras de Colonias.

Coliformes totales

Los coliformes totales son ampliamente utilizados a nivel mundial como indicadores de potabilidad por ser fáciles de detectar y cuantificar. El término abarca bacterias de tipo bacilos 2, Gram negativas que crecen en presencia de sales biliares o de otros compuestos con propiedades similares de inhibición y que fermentan lactosa a 35-37°C produciendo ácido, gas y aldehído en un plazo de entre 24 y 48 horas. Esta definición aplica aun cuando en la práctica ha sido modificada parcialmente por el empleo de técnicas más modernas de detección. La prueba detecta tanto especies de agua contaminada como otras abundantes en la naturaleza que se multiplican fácilmente en agua de buena calidad, por lo que en realidad no sirve como indicador definitivo de un agua inapropiada para consumo ni de patógenos. Así mismo, los coliformes totales sirven para establecer si un agua ha sido adecuadamente potabilizada si arroja resultados negativos a la salida de una planta, de la misma forma que los coliformes fecales lo pueden hacer. Sin embargo, si se requiere saber si hay o no contaminación fecal se debe hacer la prueba específica. Los coliformes totales son eliminados del agua mediante procesos de desinfección como la cloración, radiación UV y ozonización. El valor guía de la OMS y el de la NOM-127 en ambos casos de ausente en 100 ml.

Coliformes fecales.

Los coliformes fecales son todos los bacilos cortos que difieren del grupo coliformetotal por su capacidad para crecer a una temperatura de entre 44 y 45 °C. Abarca losgéneros Escherichia y parte de algunas especies de Klebsiella, Enterobacter yCitrobacter. De ellos, sólo E. Coli es específicamente de origen fecal y se encuentrasiempre presente en las heces de humanos, otros mamíferos y gran número de aves.Los coliformes fecales no se encuentran en aguas y suelos que no han estado sujetos a contaminación fecal. Por ello desde el punto de vista de la salud, el grupocoliformes fecal es mucho más útil que el total, pues se relaciona con la probabilidadde encontrar patógenos excretados.

Ventajas de este grupo como indicador:

- El 95 % dan una respuesta positiva a la prueba de temperatura.
- Pueden estar ausentes, si la contaminación no es de origen fecal.
- Sobreviven menos tiempo en la naturaleza que los totales por lo que permiten suponer contaminación reciente si se encuentran en altas concentraciones.
- Son más exigentes que los coliformes totales para reproducirse en el ambiente extraintestinal.
- Los procedimientos de laboratorio para su cuantificación son relativamente sencillos. Sin embargo, algunas cepas dan respuesta negativa a la prueba de temperatura en el laboratorio.
- Tienen la capacidad de reproducirse en aguas ricas en nutrientes, en sedimentos y aún en aguas poco contaminadas; algunas cepas de Escherichiacoli sobreviven menos tiempo que Salmonella en aguas a bajas temperaturas y otras son patógenas al hombre.

Los coliformes fecales al igual que los totales, son eliminados mediante procesos dedesinfección. Cabe mencionar que la filtración rápida elimina aproximadamente el80% de estas bacterias coliformes en tanto que la lenta logra niveles de potabilidad,aunque esta última trabaja a velocidades mucho menores a las utilizadas en elproceso en estudio.

1.8. Características del agua potable.

Físicas.

Las características físicas del agua son aquellas perceptibles a los sentidos (gusto, visión, olfato, etc.); están ligadas directamente sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. El color, sabor y aroma del agua, pueden no ser perjudiciales para la salud humana, sin embargo, son características que impiden al ser humano consumirla por cuestiones netamente llamativas.

Turbidez.

La turbidez ocurre cuando el agua pierde su transparencia. Esta pérdida se debe a la presencia de sólidos en suspensión, es decir que la cantidad de sólidos será directamente proporcional a la turbidez en el agua. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) la turbidez máxima del agua apta para el consumo humano debe ser de 5 NTU siendo el ideal igual o menor a 1 NTU (unidad nefelométrica de turbidez o NTU).

Temperatura.

La temperatura es uno de los aspectos más importantes ya que de esta dependerá la absorción de oxígeno, los tiempos de retención en los procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración. La temperatura dependerá de factores medioambientales y de turbidez, así como se mencionó anteriormente. De la temperatura depende la velocidad de las reacciones, los tipos de organismos existentes, los gases disueltos y la facilidad de desinfección.

Color.

El color del agua puede presentarse junto a la turbiedad o independiente de esta. Esta característica se produce por la presencia de materia orgánica, metales como el hierro o el manganeso, descomposición de materia entre otras.

Existen factores como el pH y la temperatura del agua que pueden influir en la formación del color.

Color Aparente: Se le denomina así al color presente en el agua cruda o al color que tiene el agua en la fuente, (componentes en suspensión).

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Color Verdadero: Es el color que toma el agua luego del proceso de tratamiento, después de que el agua es filtrada, (componentes disueltos).

Olor y Sabor.

El olor y el sabor del agua son dos de los factores de mayor rechazo por parte del consumidor, existen diversos orígenes para los diferentes olores y sabores que toma el agua. El agua cruda tiene olor y sabor más intenso cuando hay mayor presencia de compuestos orgánicos producto de microorganismos y algas; así mismo cuando las descargas industriales son mayores.

Olor: Este se puede contrarrestar aumentando el tiempo de aireación del agua o con la adición de carbón activado.

El olor del agua se puede deber a la presencia de arcillas, de peces, de aguas de alcantarilla, de hojas en descomposición, entre otras; y cada origen le da un olor diferente.

Sabor: El agua puede presentar cuatro tipos de sabores, ácido, salado, dulce y amargo. Sales como el cloruro de calcio, cloruro de magnesio, sulfato de hierro, ácido sulfúrico entre otros, son los responsables del sabor del agua.

Aunque la OMS no especifica valores admisibles en cuanto a olor y sabor para una fuente de abastecimiento si recomienda que esta esté libre de estas características.

Químicas.

Potencial de Hidrógeno (pH).

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua.

Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua.

Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales.

Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis.

El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización.

Durante la coagulación, la remoción de la turbiedad es eficiente por lo general en un rango de pH de 6,0 a 7,8, mientras que la remoción del color se consigue con un pH de entre 4 y 6. Sin embargo, es necesario puntualizar que el pH óptimo para ambos casos debe determinarse por medio de la prueba de jarras.

La desinfección con cloro es más efectiva a un nivel bajo de pH. Esto se debe a la mayor efectividad del ácido hipocloroso comparado con el ion hipoclorito y al hecho de que el ácido hipocloroso predomina con valores de pH bajos.

La estabilidad del agua depende del pH. Una planta de tratamiento debe producir agua que no sea ni corrosiva ni incrustante. En la práctica, esto significa que el pH del agua tratada debe ser ligeramente mayor que el pH de saturación.

En otras palabras, el índice de saturación debe ser ligeramente positivo.

La medición del pH debe realizarse in situ, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo, debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de CO₂, como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura, etcétera. La variación del pH entre las mediciones en campo y las realizadas en el laboratorio puede llegar hasta la unidad, a pesar de haberse efectuado el mismo día.

El Canadá recomienda como valor guía para agua de bebida un rango 6,5 a 8,5 para el pH.

Alcalinidad.

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.

Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

Durante el tratamiento, las aguas crudas de muy baja alcalinidad pueden requerir la adición de un alcalinizante primario (como el hidróxido de calcio).

La EPA no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua.

Ciertos estudios (Ref. 14) han demostrado que a mayor alcalinidad mayor debe ser la velocidad de la mezcla para de esta manera optimizar el proceso. Aparentemente queda demostrado que la alcalinidad influye en la velocidad y extensión de las reacciones, demorando la formación de los productos de hidrólisis iniciales.

Dureza

Esta característica se presenta cuando hay presencia de alcalinotérreos en el agua. Depende del pH y la alcalinidad.

Causas.

En aguas continentales la disolución y lavado de minerales componentes de rocas como calcio y magnesio producen dureza en el agua.

Consecuencias.

La presencia de los alcalinotérreos en el agua produce problemas de incrustaciones entuberías. Para ablandarla se puede realizar una precipitación de cal o el proceso cal-soda, combinación de cal y soda.

Impacto.

Consumir Agua dura no ha demostrado traer efectos negativos para la salud, investigaciones de la OMS han concluido que consumir agua dura podría reducir el riesgo cardiovascular a largo plazo. Autores como Sengupta [10] creen

que el agua dura en pacientes con cálculos renales puede empeorar su condición, sin embargo, no sé¹⁰ SenguptaPallav. Potential Health Impacts of Hard Water, 2013 August; 4(8): 866-87523 considera una causa originaria. Así mismo la OMS recomienda un mínimo de dureza de 25-50 mg/L de magnesio, como prevención del arterioesclerosis.

Medida.

La dureza cálcica y de magnesio se expresa en miligramos equivalentes de Carbonato de calcio por litro.

Valores admisibles.

En agua cruda, la dureza puede estar entre 100 y 500 mg/L de equivalentes de carbonato de calcio de litro.

La OMS recomienda valores admisibles entre 100 y 300 mg/L.

En Colombia, de acuerdo a la tabla de Calidad Química del Agua el valor máximo de Dureza Total debe ser de 180 mg/L de CaCO_3

Oxígeno Disuelto.

Es una de las características esenciales, los niveles bajos de oxígeno pueden ser sinónimo de contaminación, de presencia de bacterias y materia orgánica. Las altas concentraciones de oxígeno dependen de la temperatura y la presión. En periodos de verano, los niveles de oxígeno descienden ya que el caudal se reduce y la demanda de oxígeno aumenta dada la presencia de plantas. El oxígeno disuelto en el buen sabor del agua.

1.9. PROCESOS UNITARIOS Y OPERACIONES UNITARIAS.

El agua en el momento en que se capta de las fuentes superficiales o subterráneas, presentan unas características físicas, químicas y microbiológicas, que afectan el bienestar y la salud humana, por tanto, se hace necesario someter al agua a una serie de operaciones o procesos unitarios, con el fin de purificarla o potabilizarla para hacerla más segura para el consumo de los seres humanos.

Es fácil deducir que todas las aguas no se tratan de la misma manera, por lo que para escoger los procesos y operaciones unitarias hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

- La calidad del agua a tratar.
- La cantidad de agua a tratar
- Uso al que está dirigido el agua.

Operaciones Unitarias.

Las operaciones unitarias se conocen a los procesos químicos, físicos o biológicos mediante el cual las sustancias objetables que contiene el agua son removidas y transformadas en sustancias inocuas

Floculación.

Cuando se habla del término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas, que forman una partícula de mayor tamaño llamada floculo. El proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agregados preformados. (Ref.12)

La floculación está influenciada por fuerzas químicas y físicas como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de electrolitos. Al tener en cuenta cada uno de los factores que intervienen en la floculación, no están definidas exactamente las formas como se comportará el agua en este proceso, por tanto, se apela a experiencias previas en otras plantas.

El floculador sencillamente es un tanque con algún medio, ya sea hidráulico o mecánico, que efectúe una mezcla suave y lenta, en un tiempo de retención prolongado. Los floculadores se clasifican en dos tipos mecánicos e hidráulicos, los mecánicos realizan la mezcla utilizando rotores de paletas tanto horizontales como verticales y los hidráulicos usan el flujo libre del agua, que produce una ligera turbulencia que genera la mezcla.

En los floculadores, son importantes las siguientes características:

- La forma de producir la agitación
- La gradiente de velocidad

- El tiempo de detención, que es el tiempo que permanece el agua en el floculador

Formas de producir la agitación.

- Floculadores mecánicos.
- Floculadores hidráulicos de flujo horizontal.
- Floculadores hidráulicos de flujo vertical.

Floculadores mecánicos:

En los Floculadores mecánicos se introduce potencia al agua garantizando una mezclalenta mediante agitadores mecánicos. El tipo de agitador más utilizado es el de paletasde eje horizontal como de eje vertical, estos imparten un movimiento rotatorio al aguagenerando una turbulencia interna.

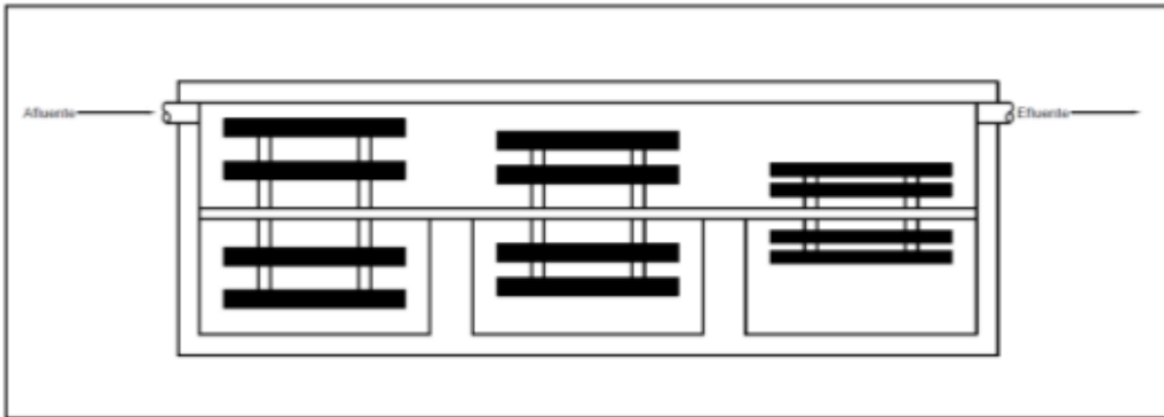


Fig. 5 Floculador mecánico con paletas de eje horizontal (Romero, 2000).

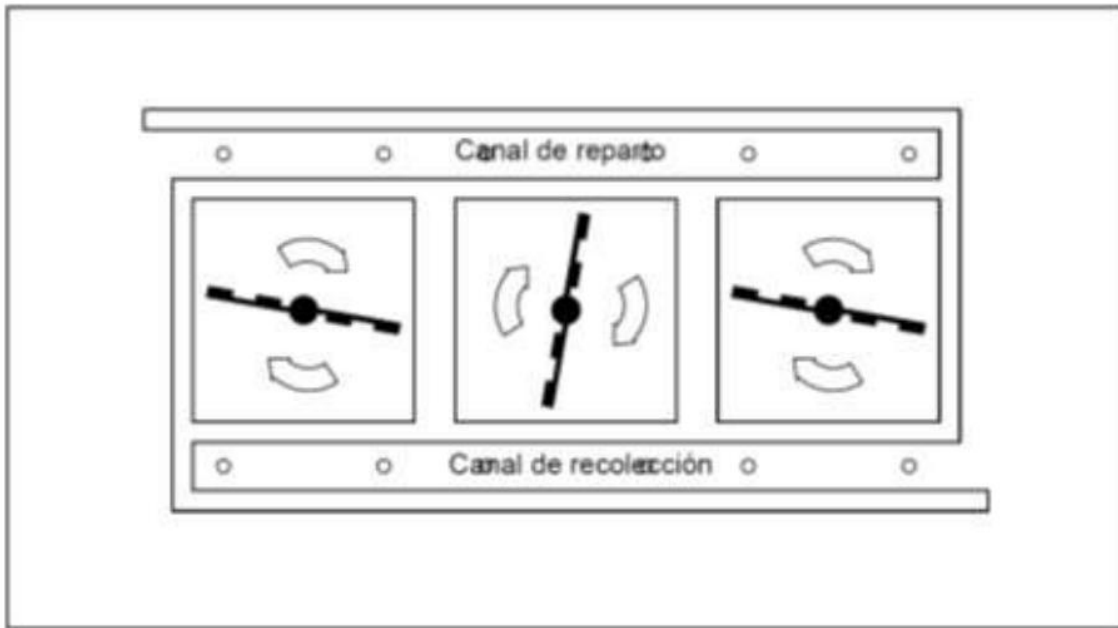


Fig. 5 Floculador mecánico con paletas de eje vertical (Romero, 2000).

Floculadores hidráulicos:

Los floculadores hidráulicos como se menciona anteriormente, trabajan con el flujo libre de agua, por esto los clasificamos en dos grupos, de flujo vertical y de flujo horizontal. En los de flujo vertical es común encontrar tanques con pantallas en las que el flujo cambia de sentido y en este momento es donde se produce la mezcla. En los floculadores de flujo vertical el agua se mueve de arriba hacia abajo dentro de las mismas pantallas.

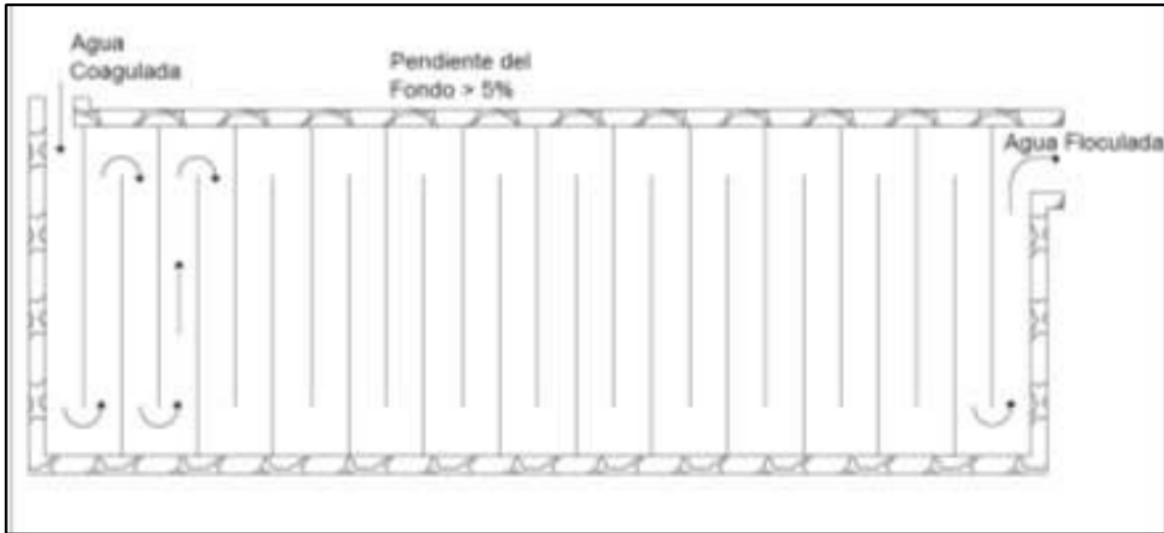


Fig. 6 Floculador hidráulico de flujo horizontal (Romero, 2000).

Sedimentación.

La sedimentación es la operación en la que se remueven las partículas, previamente coaguladas y floculadas, el objetivo del sedimentador es separar las partículas del agua por medio de la fuerza de gravedad. La sedimentación se puede usar de dos formas, una simple, que es en la cual no necesita un proceso químico-físico antes, o después de la coagulación y floculación. La sedimentación se puede dar de distintas formas, según la naturaleza de los sólidos. En los tipos de sólidos se encuentran las partículas discretas, estas no cambian su tamaño, forma o peso cuando se están sedimentando; las partículas floculentas y precipitantes en las cuales la densidad y el volumen cambia cuando se produce el choque entre estas a medida que se están sedimentando.

La sedimentación es posiblemente, la operación unitaria más utilizada en el tratamiento de agua. Para facilitar su estudio, ha sido dividida en varios procesos:

- Sedimentación de partículas discretas.
- Sedimentación de partículas aglomerables.

Sedimentación de partículas discretas.

Es aquella en la que los sólidos no cambian de densidad, tamaño o forma al descender en el líquido.

Sedimentación de partículas algomerables.

Se entiende por sedimentación de partículas algomerables aquellas en que los sólidos al descender en el líquido se adhieren o aglutinan entre sí, cambiando de tamaño, peso específico y forma durante la caída.

Clasificación de los sedimentadores.

Los sedimentadores se clasifican según:

Velocidad del flujo	Clase	Cargas ($m^3/m^2.d$) Superficiales
Baja	Horizontal	15 - 30
	Vertical	30 - 60
Alta	Pantallas y Celdas	60 - 180

Sedimentador de flujo horizontal.

Estos se construyen en tanques rectangulares o circulares, en los cuales la masa líquida se traslada de un punto a otro con una velocidad V_o , mientras las partículas caen con una velocidad V_s . Por lo tanto, se distinguen cuatro zonas: Zona de sedimentación, Zona de entrada, Zona de salida, Zona de lodos.

Filtración.

La filtración es una operación por la cual se pasa el agua a través de medios porosos; generalmente estos medios son arena o la combinación de arena y antracita.

En la filtración se remueve el material suspendido, compuesto de floculo, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración.

Según la dirección de flujo, los filtros pueden ser de flujo hacia abajo, hacia arriba o de flujo dual.

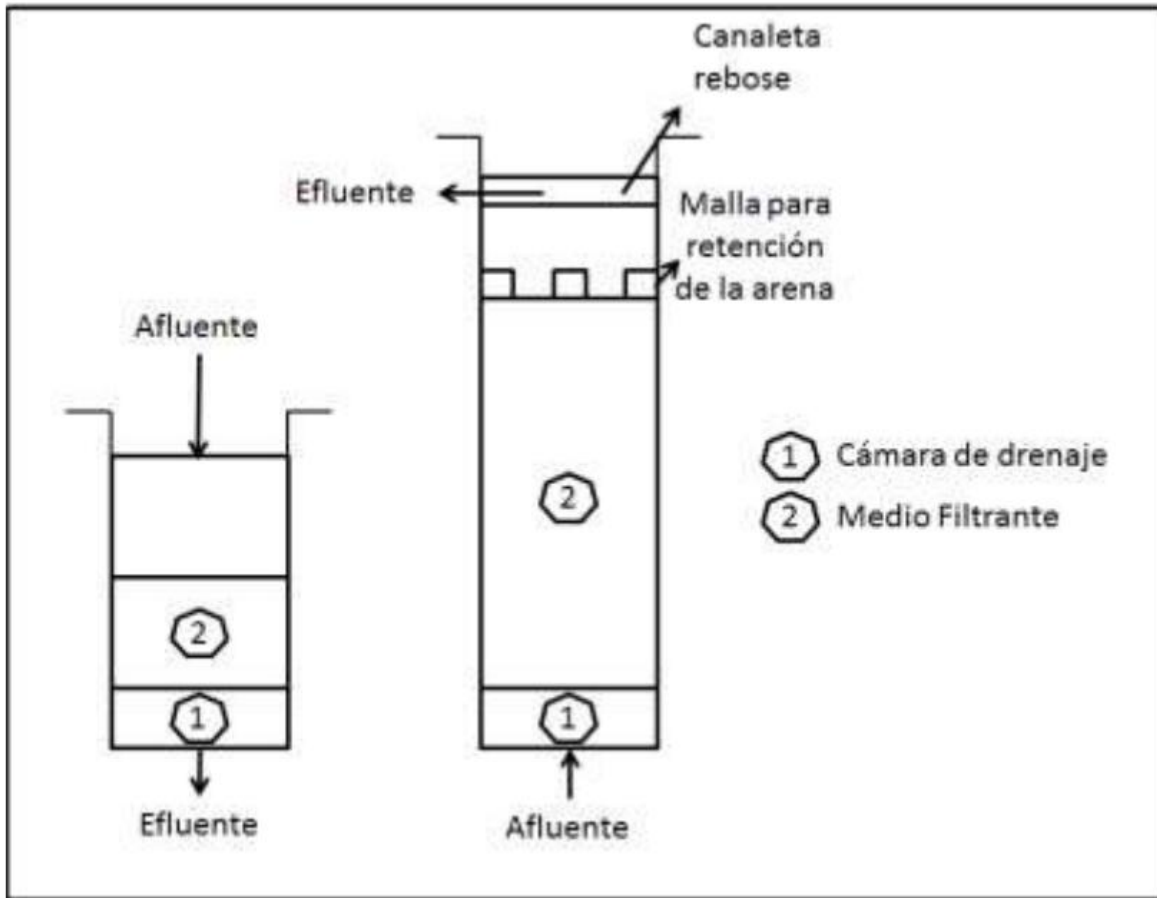


Fig.7 Tipos de filtro, según dirección de flujo (Romero, 2000).

Según tipo de lecho filtrante, generalmente se utiliza un solo medio, arena o antracita, pero también existen medios duales que combinan arena y antracita.

Los primeros filtros usados para el tratamiento de agua fueron los filtros lentos, los cuales utilizan una capa de arena fina de 1 m soportada sobre un lecho de grava. Estos filtros fueron remplazados posteriormente por los filtros rápidos, filtros de arena, generalmente con lavado ascensional, con tasas de filtración mucho mayores. Luego, con el uso de medios filtrantes duales se lograron diseños mucho más económicos en área, al usar tasas de filtración aún más altas.

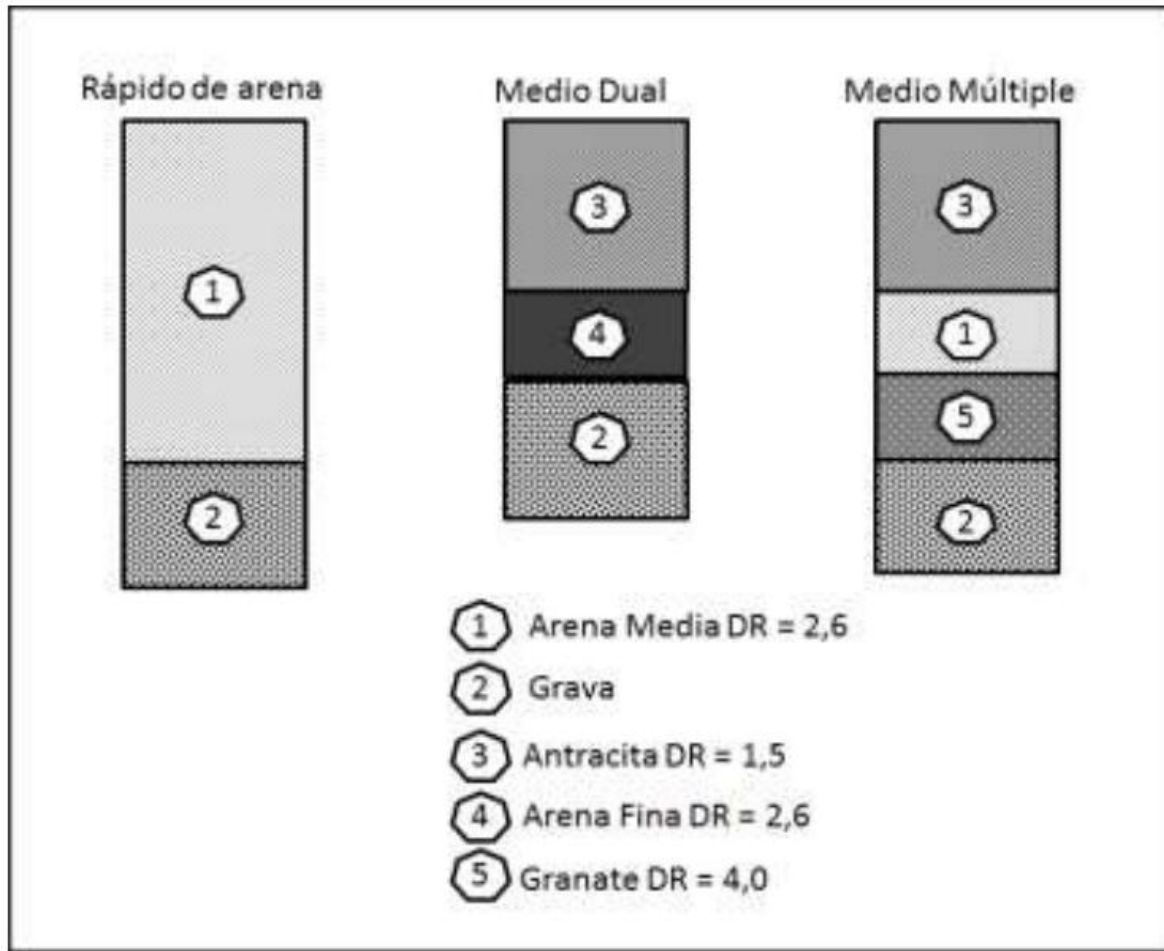


Fig. 8 Tipos de filtro, según lecho filtrante (Romero, 2000).

Procesos Unitarios

Son aquellas transformaciones en las que existe la presencia de una reacción química de por medio y que involucran una o varias operaciones unitarias.

Aireación

La aireación es el proceso por el cual se pone en contacto el agua con el aire, con el fin de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en el agua cruda.

Las funciones más importantes de la aireación son:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el OD
- Disminuir la concentración de CO₂
- Disminuir la concentración de H₂S

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

- Remover gases como metano, cloro y amoníaco
- Oxidar hierro y manganeso
- Remover compuestos orgánicos volátiles
- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores

El proceso de aireación se hace en diferentes formas, pero en esencia se busca que tenga contacto directo con el ambiente, interactuando con acción de la fuerza de gravedad a este tipo de aireadores se le conoce como aireadores de caída de agua como los son los aireadores de fuente o surtidores, aireadores de bandejas múltiples, aireadores en cascada y vertederos.

Los aireadores **de fuente o surtidores consisten** en una serie de toberas fijas, sobre una malla de tuberías, las cuales dirigen el agua hacia arriba, verticalmente o en ángulo inclinado, de tal manera que el agua se rompe en gotas pequeñas.

Un aireador **de bandejas múltiples** consiste en una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre, sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base.

Los aireadores **en cascada y vertederos** dejan caer el agua, en láminas o capas delgadas, sobre uno o más escalones de concreto.

Desinfección

El proceso de desinfección también se conoce como cloración, consiste en la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. ¹⁶

Los compuestos químicos utilizados en la desinfección son:

- Cloro Cl_2
- Dióxido de Cloro ClO_2
- Hipoclorito OCl^-
- Ozono O_3

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

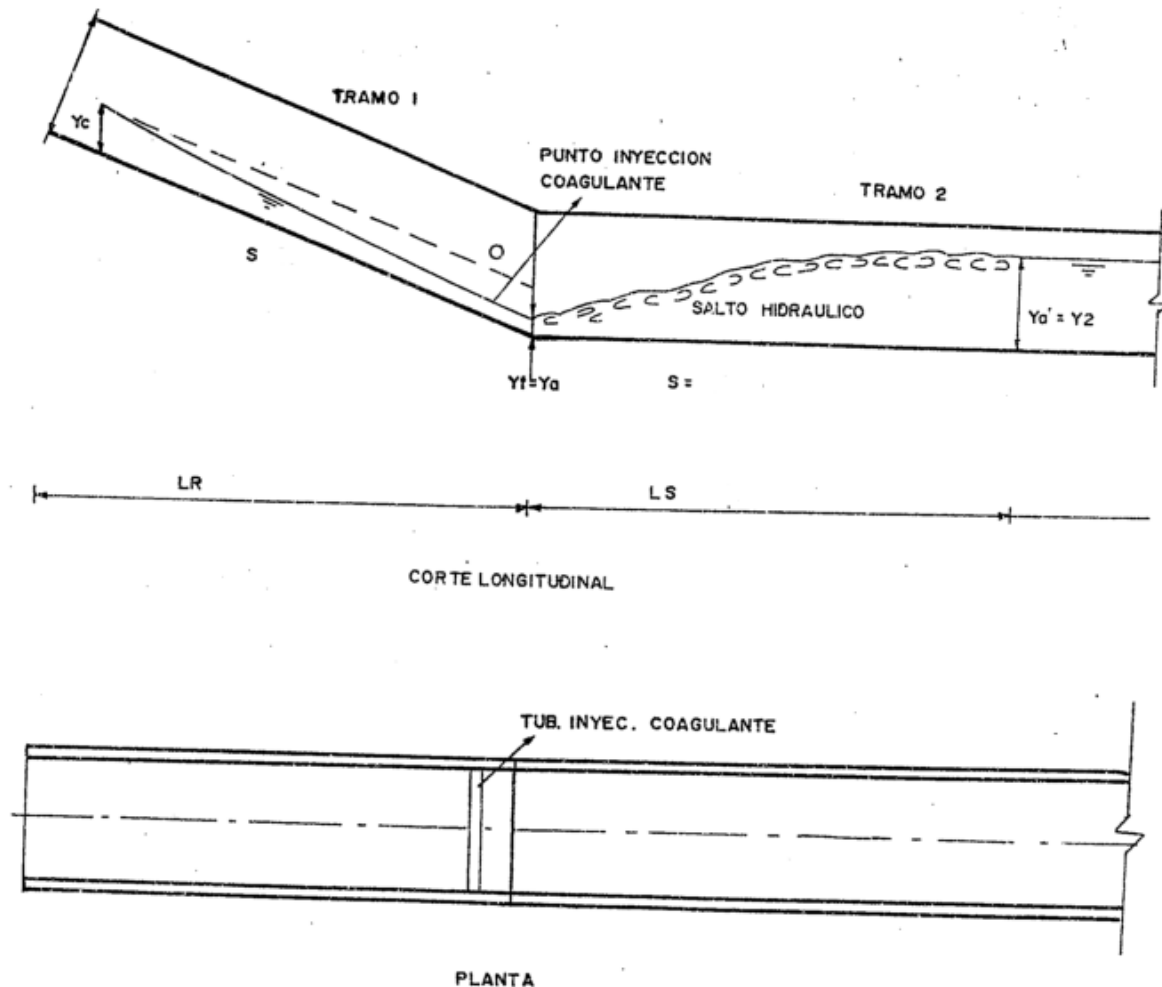
- Halógenos: Bromo Br 2 Yodo I
- Cloruro de Bromo BrCl
- Metales: Cobre Cu ²⁺Plata Ag +
- Permanganato potásico KMnO ₄
- Fenoles
- Alcoholes
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de hidrogeno
- Distintos ácidos y bases

Coagulación o Mescla rápida

A partir del modelo de planta de tratamiento convencional que se toma en el módulo, se desarrolla el método de la mezcla rápida, que es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases en plantas de tratamiento de agua, el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y en forma uniforme el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua.

La rapidez con que se dispersen los coagulantes es de suma importancia para el proceso de clarificación posterior. Se han hecho pocos estudios para analizar a fondo el tiempo que debe durar la mescla rápida

La mezcla rápida puede realizarse por turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall, vertederos rectangulares, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos y tanques con equipo de mezcla rápida.



(Fig. 9) Resaltos hidráulicos en canales

Fases de la dispersión de los coagulantes:

- Hidrólisis de los iones de aluminio y hierro, esta se realiza en un tiempo extremadamente corto ($<10^{-3}$ seg.).
- Polimerización o reacción de los iones hidratados, su tiempo puede variar entre 10^{-2} y 1 seg.
- Difusión de los componentes formados y la absorción de ellos en las partículas coloidales.

Una vez desestabilizados los coloides, empiezan a aglutinarse formando flóculos o partículas con diámetro inferior a 1 micra, lo que puede tardar menos de 60 segundos para luego aglutinarse en partículas mayores.

De acuerdo al tipo de coagulante utilizado para desestabilizar las partículas coloidales, se tendrá la eficiencia del proceso. De aquí se deduce que, si las reacciones físico-químicas entre el agua y los coagulantes se completan antes de que hayan sido absorbidos por las partículas coloidales, la eficiencia del proceso disminuirá notablemente, es decir existirá un desperdicio de coagulante al tener que aumentar la dosificación para la realización del proceso.

Existen autores (Ref.15) que consideran que la velocidad aparente de aglutinación de las partículas puede aumentar hasta 3.5 veces con solo mejorar la mezcla rápida.

Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad de la mezcla, dependiendo esta de la reacción del agua con los coagulantes.

Para conseguir una mezcla eficiente es necesario que el tiempo de mezcla sea menor que el tiempo de reacción; tomando en cuenta que el tiempo de reacción depende de ciertas características del agua, como pH y alcalinidad

Formas de realizar la mezcla rápida en plantas de tratamiento

- Con mezcladores hidráulicos.
- Con mezcladores mecánicos.

En los mezcladores hidráulicos, la adición de coagulantes se hace al pasar la masa de agua por un punto determinado en el cual se produce una fuerte turbulencia inducida por el diseño hidráulico (Resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall).

Cuando se emplean este tipo de mezcladores, los gradientes de velocidad suelen ser altos para un tiempo muy corto. No se conocen datos concretos que permitan fijar normas al respecto, podría decirse tentativamente que gradientes de 1000 a 2000 s^{-1} son los más aconsejables (Ref.1). Para que estos tipos de mezcladores sean eficientes los coagulantes deben estar completamente en solución y su punto de aplicación debe ser en la turbulencia producida por el salto hidráulico. (Ref. 8)

CAPÍTULO 2

Capítulo 2 -Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de Calidad del Agua y propuesta de tratamiento.

2.1. Introducción

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

El enriquecimiento del embalse con nutrientes, se evidencia por el crecimiento masivo de algas en algunos sectores y en diferentes épocas del año, especialmente en la época de seca, situación que requiere atención para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y de su uso posterior.

El embalse Batalla de Guisa, fuente de agua para la Planta Potabilizadora de Guisa, no escapa a esta problemática.

2.2. Clasificación para consumo humano.

Las aguas se clasifican en cuatro grupos (ver cuadro) según su calidad para el consumo humano. En este caso el tipo de agua cruda es A2, ya que por sus condiciones de calidad requiere un tratamiento convencional.

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Tipo	Clasificación de las aguas para consumo humano
A1	Aguas potabilizables con un tratamiento físico simple como filtración rápida y desinfección.
A2	Aguas potabilizables con un tratamiento físico-químico normal, como precloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Potabilizable con un tratamiento adicional a la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

2.3. Ubicación y características de la fuente.

Ubicación:



Características de la fuente

Fuente de agua: obra de toma (1 u de las 2) de la Presa Batalla de Guisa.

Año de creación de la capacidad: 1981.

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Río principal; Guisa.

Tipo: mixta.

Tipo de regulación: Hiperanual.

Uso: Consumo humano.

Área de la cuenca = 95,60 km².

Nivel de aguas máximas = 154,50 m.

Nivel de aguas normales = 151,50 m.

Nivel muerto = 115,00 m.

Volumen máximo = 79,00 Hm³.

Volumen normal = 66,50 Hm³ y

Volumen muerto = 1,8 Hm³.

En el 2009 dentro del programa de desarrollo del Acueducto de la Ciudad de Guisa se planteó utilizar este embalse como fuente de agua donde se había previsto colocar una estación de bombeo flotante en el vaso para tomar el agua en el estrato superior o de circulación, donde el agua mantiene las mejores características, pero por cuestiones subjetivas no se construyó esta obra y en sustitución indicaron colocar una estación de bombeo en una de las tuberías del desagüe de fondo, estrato inferior o de estancamiento donde el agua es de la peor calidad.

En el laboratorio se determinarán los parámetros de tratamiento que requiere la fuente de agua y se introducirán los reajustes necesarios según se requiera.

Recientemente se entregó un estudio de calidad del agua que se utiliza para el riego agrícola, donde se tomaron 183 muestras entre el 26/03/1991 y el 10/12/2005, de las que se analizaron 27 componentes, estudio amplio pero incompleto para los propósitos del tratamiento del agua.

En la tabla siguiente se resumen los resultados obtenidos del laboratorio:

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Tabla 1- Resultados de los análisis de calidad del agua.

	Componente	Temp.	Hidroxilo	Cond.Eléct	Carbonato	Bicarbonato	Cloro	Sulfato	Calcio
	Expresado como	T	pH	Ec	CO ₃	HCO ₃	CL	SO ₄	Ca
Entre	VALOR MÍN	21,0	7,0	191,0	0,0	54,0	7,0	0,0	11,0
26/03/1991	VALOR MED	26,1	8,0	339,3	12,5	172,8	19,3	7,8	43,8
10/12/2015	VALOR MÁX	28,0	8,8	551,0	45,0	311,0	47,0	36,0	93,0
LMA Calidad fuente agua		25,0	6 y 9	800,0			250,0	400,0	200,0

Magnesio	Sodio	Potasio	Sólidos	Nitrato	Nitrito	Nitrog Amoniacal	Turbiedad	Fosfato	Carb.Org.Dis	Oxig. Dis	BORO
Mg	Na	K	SST	NO ₃	NO ₂	NH ₄ ⁺	Turb.	PO ₄	COD	OD	B
1,0	0,4	0,2	151,0	0,0	0,002	0,1	0,0	0,1	1,0	1,0	0,0
10,9	11,5	1,4	270,4	0,3	0,008	0,1	7,6	0,1	11,2	3,4	0,3
50,0	44,0	5,0	454,0	0,7	0,01	0,4	9,7	0,11	81,6	4,0	0,7
150,0	200,0	10,0		1,0	0,01	0,5	10,0			4,0	1,0

Oxi.Dis.Cons	Organismos Ciliformes		Fluor	Mangan	Oxid.Silic	Materia
DBO ₅	COLIS T.	COLIS F.	F	Mn	SiO ₃	Azolves
0,2	2,0	2,0	0,0		4,0	0,0
140,0	20206,4	5691,2	0,2		17,6	4,7
528,3	1,20E+06	3,90E+05	1,0	0,0	39,0	23,1
4,0	-	< 1 000	1,0	0,1		

Al tratarse de un estudio para riego no se observaron algunos componentes elementales que están presentes y que son básicos para la selección de una fuente de agua para el abasto de agua a la población y del tipo apropiado de proceso a aplicar, como son: olor, sabor, color, dureza, alcalinidad, CO₂, Fe, Cu, STD, SST, DQO, plantón y otros componentes orgánicos e inorgánicos (sustancias toxicas y plaguicidas).

En el año 2018 se tomaron nuevas muestras de las cuales se obtuvo como resultado que todos los valores están dentro de los rangos permitidos, excepto el hierro está por encima de lo estipulado en la norma, además de otros componentes como son el Calcio (Ca), el Magnesio (Mg), el Cloruro (Cl), Olor y Color y la Turbiedad.

2.4. Valores obtenidos de los muestreos realizados

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA POTABLE

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Características	Concentración máxima deseable (CMD)	Concentración máxima admisible (CMA)
Turbiedad	12 U	10 U
Color	7 U	15 U
Olor y sabor	desagradable	No desagradable

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA POTABLE

Componente	CMD (mg/L)	CMA (mg/L)
Sólidos totales disueltos	600	1 000
Sulfoalquilbenceno	0.30	0.5
Aceite mineral	0.02	0.3
Extracto de carbón con cloroformo	0.01	0.15
Compuestos fenólicos (referidos al fenol)	0.001	0.002
Dureza total (como carbonato de calcio)	200	400
Calcio	78	200
Cloruro	210	250
Cobre	0.06	1.0
Hierro total	0.5	0.3 (*)
Magnesio	30 (si existen 50 mg/L ó más de sulfato)	150 (*) (Si existen menos que 250 mg/L de sulfato)
Manganeso	0.1	0.1
Sulfato	250	400
Cinc	5	15
Sodio	50	200
Plata	0.05	0.05
Aluminio	0.05	0.2
Níquel	0.01	0.02
Alcalinidad	- (**)	- (**)

(*) Cuando se utilicen aguas subterráneas sin tratamiento para la eliminación de hierro, se permitirá que entre el sistema de abastecimiento hasta 1 mg/L

(**) Se valorará junto con el pH y la dureza total.

Nota: El pH será: deseable de 7 a 8 y máximo admisible de 6.5 a 8.5.

2.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

La toma de muestra se realizó entre los periodos de lluvia y seca, muestreo que cumple con lo establecido en las regulaciones y normas para fuentes de agua superficiales donde se plantea realizar como mínimo cuatro tomas de muestras en las dos estaciones. Este muestreo no responde para los propósitos de las aguas para el consumo humano, que deben considerarse para seleccionar el tipo apropiado de tratamiento, para obtener económicamente el agua más apropiada a los fines deseados, pero si brinda una idea general de la condición del agua, sobre lo cual se comenta a continuación.

La turbiedad es ligeramente alta lo que indica que en las aguas de fondo existe mezcla y acumulación de materia orgánica.

El valor de la DBO₅ da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas.

En temporadas a la salida de la toma de fondo se emana un olor característico de la materia orgánica en descomposición, como a huevos podridos o azufre. La materia orgánica puede ser, en muchos casos, la responsable del olor, color y el sabor del agua, los cuales deben ser eliminados durante el tratamiento a fin de hacer al agua potable.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante un tratamiento convencional de coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección

como en esta planta se implementa, además de que existen otras variantes posibles, de cuya selección de una u otra es función de la calidad del agua. Sin embargo, cuando las fuentes de agua cruda tienen una carga orgánica y bacteriana muy grande - caso de la DBO₅ y los CF, será necesaria una precloración, que debe constituirse en un proceso cuidadosamente controlado en la planta.

Para eliminar el mal olor presente en el agua será necesario colocar en los filtros una capa de zeolita y de carbón activado, el mismo es provocado por la biodegradación de las algas.

2.6. Tratamiento de aguas con presencia de hierro

Las fuentes de abastecimiento de agua subterránea son las que se más ven afectadas por la presencia de hierro (Fe) y, los cuales se encuentran en forma soluble, que, al oxidarse, ya sea al momento de la cloración o con el oxígeno del aire, se precipitan generando un color oscuro que provoca el rechazo de los consumidores, manchan la ropa, obstruyen tuberías, accesorios y bombas. Hasta el momento no se conocen efectos nocivos para la salud de estos elementos, sin embargo.

Las aguas almacenadas en represas en cuyo fondo quedan sumergidas formaciones mangano-ferruginosas, tienden a acumular hierro debido a que la descomposición de la materia orgánica acumulada en la parte más profunda de la presa resulta en la eliminación del oxígeno y CO₂, de tal manera que los compuestos de hierro existentes en el suelo y en las rocas sumergidas se convierten en compuestos solubles. Las aguas próximas a la superficie de las represas probablemente tienen menos hierro y manganeso.

Hierro.

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En la naturaleza se presenta en dos formas: asimilable y no asimilable.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables.

Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.

Por consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico, pero no el hierro soluble Fe (II), las guías de calidad de la OMS y del Canadá recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/L de hierro.

Remoción de hierro

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su

concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo. Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables. Por lo general, en el agua es más difícil de controlar el manganeso que el hierro.

Su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto. Es necesario elevar el pH de 8,5 a 10,0, pero la precipitación es mejor cuando la aeración está acompañada por un contacto de dióxido de manganeso o un lecho de mineral de pirolusita.

Cuando se remueve el hierro, estos se pueden acumular en los sistemas de distribución, transmitir sabor y olor al agua, darle color, interferir en la determinación del residual de cloro y provocar manchas en la ropa y en los sanitarios.

Diversos son los métodos que permiten la eliminación de estos cationes metálicos. El sistema más extendido es el de la oxidación del hierro y manganeso disuelto mediante permanganato potásico. Las concentraciones de estos metales son variables y es necesario establecer un control periódico que adecue la dosis del reactivo oxidante, a las necesidades de tratamiento

Eliminación de hierro.

Limitándose sólo a la eliminación del hierro, podemos considerar dos aplicaciones diferentes:

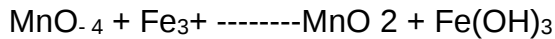
1. Con dosis en continuo de productos químicos oxidantes.
2. Aireación simple del agua y regeneración batch de lecho catalítico.

En el caso de dosis en continuo de productos químicos oxidantes, el proceso de oxidación cataliza la oxidación del hierro y manganeso según las siguientes reacciones:

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

- Formulación de permanganato bajo el estrato superficial de la granulometría de bióxido de manganeso.

•Oxidación del hierro disuelto en el agua.

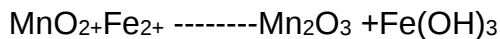


(Óxido insoluble en el agua)

Durante el contralavado son periódicamente eliminados los hidróxidos de hierro. Por este motivo la secuencia de reacciones que se produce convierten a este sistema en un proceso que se autoregenera.

El proceso puede también llevarse a cabo sin el aporte de productos químicos oxidantes simplemente explotando la capacidad catalítica del lecho, la cual es regulada por la siguiente reacción;

• Oxidación del Hierro disuelto en el agua



(Óxido insoluble en el agua)

Para restablecer las condiciones iniciales es necesaria la regeneración del lecho catalítico, que puede ser efectuada a través del contralavado periódico, dosificando hipoclorito u otro oxidante químico.

El proceso de oxidación se desarrolla durante el contacto entre el agua y el lecho catalítico filtrante. En éste se produce la formación de los óxidos insolubles de hierro, los cuales son retenidos en el propio lecho.

La oxidación catalítica con el lecho, permite, además de la eliminación del hierro, la eliminación del anhídrido sulfuroso, arsénico (a nivel trazas) y de otros metales pesados eventualmente presentes en el agua. Estas aplicaciones deberían evaluarse caso por caso. Considerando todas las características del agua a tratar.

Aireación.

El proceso de aireación se recomienda para agua con alta concentración de hierro (mayor de 5 mg/L) con el fin de disminuir los costos en reactivos. El equipo usado en este proceso incluye comúnmente un aireador, un tanque de retención y filtros. El oxígeno de la atmósfera reacciona con las formas solubles de hierro (Fe_{+2}) del agua cruda para producir óxidos relativamente insolubles (Fe_{+3}) de estos elementos. La velocidad de reacción depende del pH de la solución, siendo más rápida a valores de pH altos.

Dependiendo de las características del agua cruda puede ser necesario un tiempo de reacción hasta de algunas horas después de la aireación. Si las concentraciones de hierro total son altas, algunas veces se usan tanques de sedimentación con dispositivos de colección y remoción de lodos en vez de tanques de retención simples. Las principales desventajas del proceso de aireación son el costo inicial alto, y el requerimiento de un tiempo de retención.

Oxígeno.

En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico. Esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5. Con un pH mayor de 2,2, el hidróxido férrico es insoluble. El ion ferroso lo es con un pH mayor de 6. De acuerdo con ello, las aguas subterráneas que, por estar fuera del contacto con el aire, se encuentran en un medio natural fuertemente reductor y podrán tener en solución cantidades notables de hierro ferroso.

Métodos de aeración.

La aireación se efectúa mediante caídas de agua en escaleras, cascadas, chorros y también aplicando el gas a la masa de agua mediante aspersión o burbujeo. Se usa en la remoción de hierro, así como también de anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico y sustancias volátiles, para controlar la corrosión y olores. En la aeración, el hierro se puede oxidar.

Este caso se utilizará la aplicación del O_2 a la masa de agua en la entrada del canal de mezcla rápida mediante inyección, el cual se tomara de los aireadores ubicados en la estación de bombeo.

El hierro en general, la remoción se efectúa por oxidación y precipitación como hidróxido

Lo deseable es que la fuente de agua no presente una carga orgánica elevada.

2.7. Propuesta del tipo de planta a utilizar.

2.7.1 Parte Tecnológica.

Descripción general del sistema.

Planta potabilizadora para beneficiar al final del periodo de diseño a unos 26 330 habitantes y tratar un caudal de 110 L/s dividido en dos módulos de 55 L/s, es un proyecto que se enmarca dentro de la Ingeniería Reversa donde se han tomado en cuenta criterios de confiabilidad operacional: flexibilidad, garantía y facilidad de aislamiento de las unidades para no interferir con el funcionamiento de las restantes. Esto, incide en un mayor costo inicial del sistema, pero garantiza la construcción modular de la planta y así, se facilita una mayor flexibilidad en la explotación.

El proceso tecnológico de esta planta se diseño sin una base de investigación convincente (ver tarea de proyección en los anexos) por lo que ahora y a raíz de

los nuevos análisis de la calidad de agua de la fuente y de su evaluación, se llegó a la conclusión de que algunos componentes como el Fe y el olor sobrepasan los índices exigidos por la norma NC 1021-2014 por lo que se requerirá agregar al proceso de diseño una forma de eliminar estos componentes.

No se tiene toda la información mínima necesaria para tomar una decisión que fuese significativa a este respecto por lo que se decidió y atendiendo al tipo de agua cruda, agua superficial del Embalse Guisa, la tecnología a utilizar será del **tipo convencional** la cual incluye los procesos de: mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. Asimismo, se han considerado canales de recolección y distribución de agua floculada a los sedimentadores y de agua sedimentada a los filtros con vertedores para controlar el flujo de entrada y salida, con ello se permite, además sacar una unidad de operación, incrementando hasta un 50 % las tasas de las unidades remanentes. Los filtros tienen compuertas ciegas y válvulas a la salida, lo cual facilitará sacar fuera de servicio una unidad, mientras las restantes siguen operando.

Se previó para el diseño y de acuerdo a las facilidades constructivas, dos módulos de 55 L/s cada uno, para construir en dos etapas, para la mitad del periodo de diseño, cada unidad está compuesta por:

Un mezclado rápido con la inyección de reactivos, capaz de crear la energía suficiente para obtener una difusión rápida de los mismos en el agua cruda.

Una floculación, con un tiempo de contacto de más de 20 minutos para garantizar la formación de los flóculos.

Una sedimentación que funcionará a la velocidad entre 20 a 30 m³/m²/día y un tiempo de estancia de aproximadamente 4 horas. EL concentrador de lodos funcionará por gravedad hacia el sistema de recolección y evacuación que conjuntamente con el resto de los desechos los llevará hasta un sistema de dos

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

lagunas de decantación. Su gran volumen permite realizar un mínimo de extracciones diarias con aguas crudas normales.

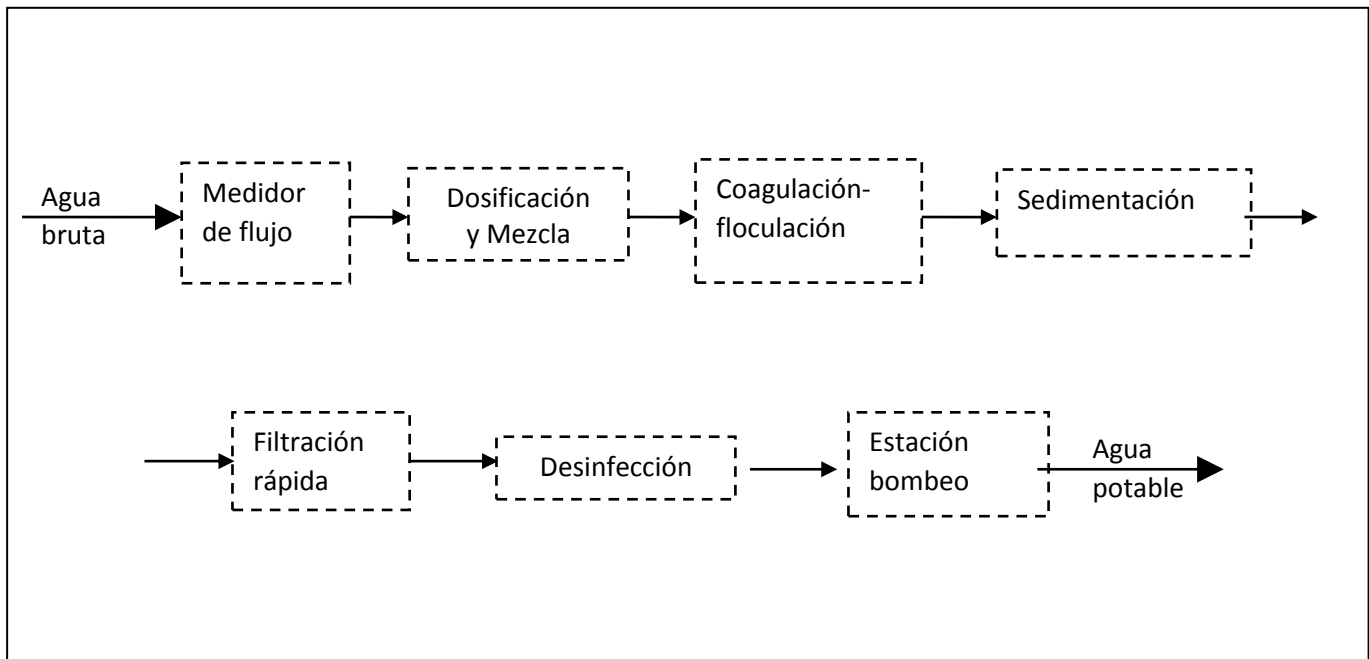
Una filtración de tipo abierto por gravedad que funciona a la velocidad de 6 m/h. Este filtro está cargado de arena de talla efectiva 0,5 y uniformidad de 1,6, lavable por agua y aire.

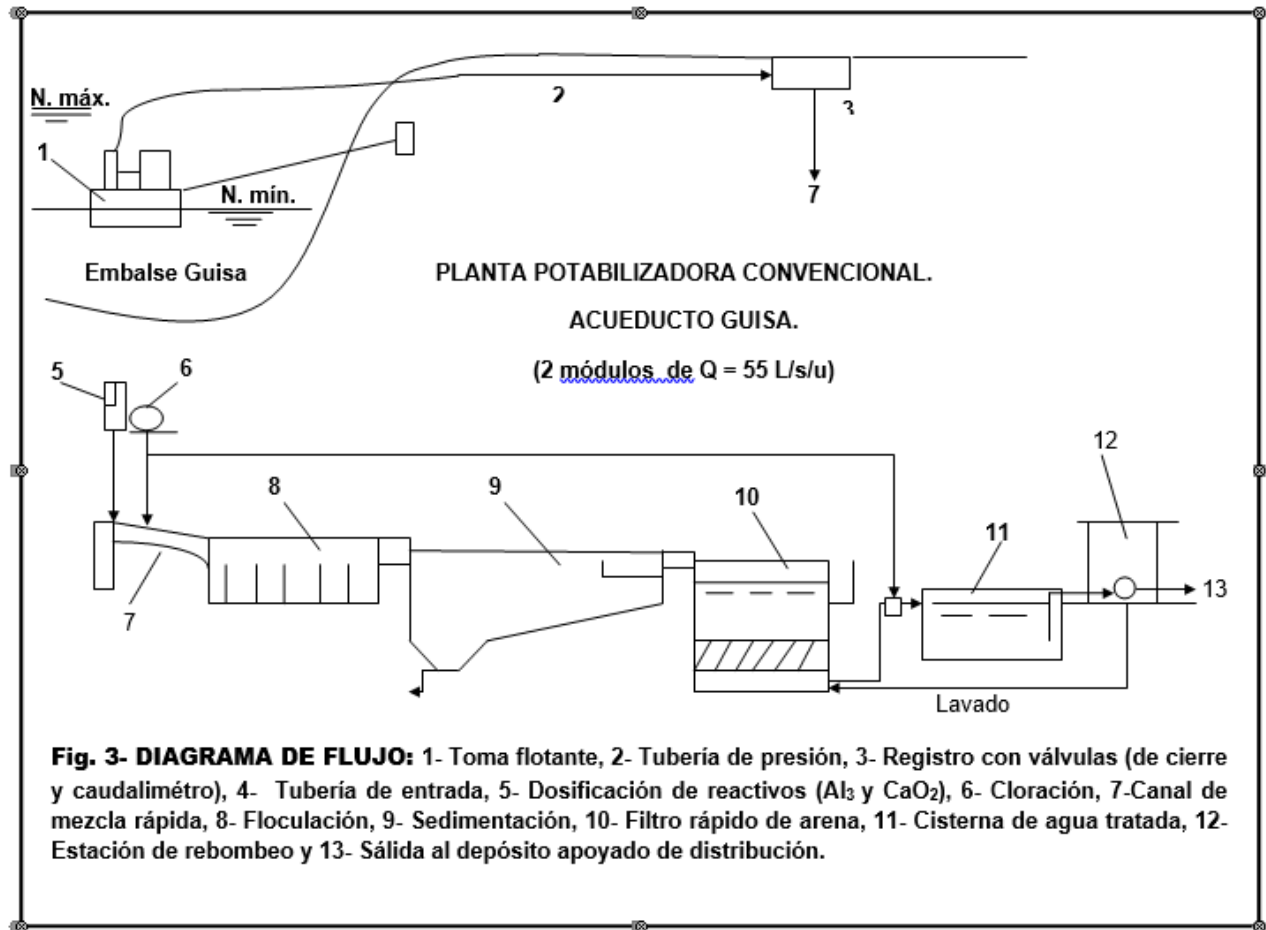
El agua filtrada será conducida, por gravedad al depósito de almacenamiento y desde este será rebombada al depósito de distribución que se ubicará en la loma La Mañoca desde el cual el agua se distribuirá a los consumidores por gravedad.

Esquema tecnológico.

El proceso de tratamiento se asumió por literatura, el cual quedó como sigue:

Fig. 1- Disposición sistema.





CONCLUSIONES

Conclusiones:

Aunque no se dispuso en un inicio de la información requerida para el diseño, se pudo cumplir con el objetivo propuesto, al tener los análisis actualizados, se pudieron hacer los reajustes necesarios al proceso de tratamiento para que la planta pudiera asumir el incremento de algunos componentes del agua cruda y así, obtener los resultados previstos, un agua en cantidad y calidad apta para el consumo humano.

Los procesos unitarios propuestos que garantizan la remoción de las sustancias que no cumplen con los límites máximo admisibles son: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, además de otros métodos que se utilizaran para la eliminación del hierro, ya que el olor se elimina con los procesos y operaciones ya antes mencionados, la oxidación con O_2 que se tomará desde los aireadores ubicados en la estación de bombeo e inyectándolo a la entra del canal de mezcla con resalto hidráulico.

Las plantas de tratamiento son un aspecto muy importante en el abastecimiento de agua y deben ser ejemplo de limpieza y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones:

De acuerdo al análisis anterior y como aún se está en la fase de construcción de la obra, se recomienda lo siguiente:

-  Implementar las soluciones propuestas para eliminar el hierro, el manganeso y el olor excedentes.
-  Elaborar el Manual de Operación de la planta en Multimedia.
-  Mantener un chequeo de laboratorio constante de la calidad del agua que entra y sale de la planta

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas:

¹ Arboleda, J. “Estructura de los Procesos de Clarificación del agua” (1973)

⁸ Dujil, L.A. van y Trifunovic N. “Applied Hydraulic in Sanitary Engenier” IHE, Delf (oct. 1993)

¹² Romero Rojas, Jairo Alberto. Purificación del Agua. Bogotá. 2000. p. 79

¹⁴ Stengquist, P.S. Kaufman W.S. “Initiant Mixing in Coagulation Processes” SerlReport No.72-2 (Feb 1972)

¹⁵ Urale, L. y Jordan, R.M. “Rapid Mixing in Water Treatment” Jour. AWW Vo. 63 (Feb 1972)

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815-F-00-007, 2000.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Diseño de plantas potabilizadoras. Bogotá. 2013. p.50.

¹⁶ Lenntech, ¿Qué es la desinfección del agua?

NC 827: 2012 AGUA POTABLE – REQUISITOS SANITARIOS

NC 1021:2014- HIGIENE COMUNAL - FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA — CALIDAD Y PROTECCIÓN SANITARIA

NC 1021:2014. HIGIENE COMUNAL - FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA - CALIDAD Y PROTECCIÓN SANITARIA.1ra. Edición de abril 2014

***Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones
de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.***

ANEXOS

Anexos:

Anexo 1- Calidad de la fuente

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Método ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4	> 4
Máximo diario mg/L			1 – 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio Mensual		D-3870	0 – 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
PH promedio	3651	D 1293	6,0 - 8,5	5,0 - 9,0	3,8 - 10,5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			< 10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1,2	< 1,2	< 1,2	> 1,7
GRADO DE TRATAMIENTO						
Necesita un tratamiento convencional			No	No	Sí, hay veces (Ver requisitos para uso FLDE literal C.7.4.3.3)	Si
Necesita unos tratamientos específicos			No	No	No	Si
Procesos de tratamiento utilizados			Desinfección + Estabilización	Filtración lenta o filtración directa	Pretratamiento + coagulación + sedimentación + filtración rápida o filtración lenta	Tratamientos Específicos
Fuente RAS – 2000. Titulo B - Sistemas de Acueductos						

Anexo 2: NC 1021:2014- HIGIENE COMUNAL - FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA — CALIDAD Y PROTECCIÓN SANITARIA

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Tabla 3- Características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas de fuentes de abastecimiento que requieren tratamiento convencional.

Características	Unidades	Límite Máximo
pH	U	De 6,0 a 9,0
Temperatura	°	Condiciones normales más 25
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20°C)	mg/L	4
Oxígeno Disuelto	mg/L	4 (Límite mínimo)
Aceites y grasas	mg/L	0,3
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Turbiedad (escala sílice)	NTU	Reducible por métodos convencionales de tratamiento hasta obtener un máximo de 10 NTU
Color (escala platino-cobalto)	U	Reducible por métodos convencionales de tratamiento hasta obtener un máximo de 15 U
Olor y sabor		Reducible por métodos convencionales de tratamiento hasta que no sean desagradable
Materia flotante		Ausente
Nitratos	mg/L	45
Fluor	mg/L	1,0
Sustancias tóxicas y plaguicidas	Según NC-827:2012	
Alaclor	µg/L	20
Aldrin y dieldrín (suma de ambos)	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Benceno	µg/L	10
Benzo (a) pireno	µg/L	0,7
Bromodiclorometano	µg/L	60

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Bromoformo	µg/L	100
Dibromoclorometano	µg/L	100
Cloroformo	µg/L	200
Clorpirifos	µg/L	30
2,4 – D	µg/L	30
DDT y sus metabolitos (suma)	µg/L	1
Dimetoato	µg/L	6
Endrin	µg/L	0,6
Lindano	µg/L	2
Simazine	µg/L	2
Tetracloruro de carbono	µg/L	4
Trifluralin	µg/L	20
Trihalometanos (suma de las razones de las concentraciones de bromodichlorometano, bromoformo, dibromoclorometano y cloroformo entre sus respectivos valores de referencia)	µg/L	1
Otras sustancias	Según NC-827:2012	
Calcio (Ca)	mg/L	200
Hierro (Fe)	mg/L	0,3
Manganeso (Mn)	mg/L	0,1
Cobre (Cu)	mg/L	2,0
Magnesio (Mg)	mg/L	150
Sulfato (SO ₄)	mg/L	400
Cinc (Zn)	mg/L	5,0
Coliformes totales	NMP/100 mL o UFC/100 mL	En las aguas superficiales que se le haga coliformes totales se va a encontrar un alto número de ellos, por lo tanto no se norman.
<i>Escherichia colio</i> Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL o UFC/100 mL	100 NMP/100 mL. En no menos del 10 % de las muestras se permitirá hasta 1000

Anexo 3: NC 827: 2012 AGUA POTABLE – REQUISITOS SANITARIOS

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Tabla 1 — Características físicas y componentes químicos que pueden afectar la calidad organoléptica del agua potable

Tipo	Característica	LMA
Físicas	Olor y sabor	Inodora y sabor agradable característico
	Turbiedad	5 UNT
	Color real	15 UC
Químicas	pH	6,5 – 8,5
	Sólidos totales disueltos	1 000 mg/L
	Dureza total (como carbonato de calcio)	400 mg/L
	Cloruros	250 mg/L
	Sustancias activas al azul de metileno	0,5 mg/L
	Compuestos fenólicos (referidos al fenol)	0,002 mg/L
	Aluminio	0,2 mg/L
	Cobre	2,0 mg/L
	Hierro	0,3 mg/L
	Sodio	200 mg/L
	Sulfatos	400 mg/L
	Zinc	5 mg/L

NC 827: 2012

© NC

3.2 Los valores de LMA para los componentes inorgánicos prioritarios que influyen sobre la salud se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 — Componentes inorgánicos que influyen sobre la salud

Componentes	LMA (mg/L)
Amoniaco	No presencia
Arsénico	0,05
Cadmio	0,005
Calcio	200
Cianuro	0,07
Cloro libre	2,0
Cromo total	0,05
Fluoruro	1,5
Magnesio	150
Manganeso	0,1
Mercurio total	0,001
Niquel	0,02
Nitrato	45
Nitrito	0,01
Plomo	0,05
Selenio	0,01

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.



DELEGACIÓN PROVINCIAL GRANMA

Bayamo MN 10 de Mayo del 2010.

“Año 52 de la Revolución”

A: Ing. Aixa Wilson Bonal.

Directora UEBPI Granma.

De: Eric Benítez González.

Subdelegado Inversiones DPRH Granma.

Ref. Planta de Tratamiento Acueducto Guisa.

Debido a la falta de datos de los resultados de los análisis químicos del agua de la Presa Guisa que es la fuente de se utilizará para el acueducto de la cabecera municipal y la necesidad que se tiene de contar con el Proyecto Técnico Ejecutivo de la Planta de Tratamiento le informamos que se tenga en cuenta para el diseño considerar como valores críticos del agua del embalse con una turbiedad hasta 1500 mg/L y color hasta 500 grados.

Saludos...

Lic. Eric Benítez González

Subdelegado Inversiones

Evaluación del Proceso Tecnológico para las nuevas condiciones de la Calidad del Agua, Planta Potabilizadora, Acueducto Guisa.

Plan General, Planta Potabilizadora Guisa

