

DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE AGUAPARA ENVASADO
DE LA EMPRESA LÁCTEOS SERVIEXPRESS LTDA.,
CHIQUINQUIRA (BOYACÁ)

PAOLA ALEXANDRA FLECHAS MESA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2012

DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE AGUAPARA ENVASADO
DE LA EMPRESA LÁCTEOS SERVIEXPRESS LTDA.,
CHIQUEQUIRA (BOYACÁ)

PAOLA ALEXANDRA FLECHAS MESA

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL, PARA OPTAR
EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICA

DIRECTOR:

DR. JULIO ANDRÉS PEDRAZA AVELLA

CODIRECTOR:

ING. GILMA ROSARIO GRANADOS PUENTES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2012

DEDICATORIA

A Dios, quien fue mi guía durante este camino y me llena de fortaleza y sabiduría para seguir adelante en cada una de las etapas de mi vida.

A mi madre: María Clelia Mesa Avella, quien con su apoyo, su amor incondicional y sus grandes esfuerzos, logró ser mi mayor motivación y la principal participe en la culminación de este gran logro; a ella le debo la vida y lo que soy hoy como persona, LA AMO y es mi ejemplo a seguir por su gran lucha y dedicación,
GRACIAS MAMÁ.

A mis hermanos: Felipe y Fabián, quienes vivieron conmigo este camino y lucha y me han brindado su apoyo y cariño.

A mi padre: Ángel Fabián Flechas Niño, quien a pesar de su ausencia en muchos momentos de mi vida, le tengo cariño y respeto y con él comparto este triunfo.

A toda mi familia, con quienes he transitado a lo largo de este camino.

A mis amigos, amigas y novio durante la carrera, quienes se convirtieron en mi familia en Bucaramanga y llenaron parte del vacío de estar lejos de mi familia, con los cuales compartí mis alegrías y tristezas y me brindaron su apoyo en momentos difíciles, así como celebraron cada uno de los logros adquiridos en este camino.

A todos los que de una u otra forma aportaron para mi desarrollo personal y profesional.

A todos mil gracias.

Paola Alexandra Flechas Mesa.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores, compañeros y amigos de la Universidad Industrial de Santander los cuales hicieron parte vital en mi formación como profesional y como persona.

A los dueños de la empresa Lácteos Serviexpress Ltda. por darme la oportunidad de realizar esta experiencia tan enriquecedora y acada una de las personas que hicieron parte de mi equipo de trabajo por brindarme su apoyo y suministrarme incondicionalmente su conocimiento durante el desarrollo de la práctica.

Al profesor Julio Andrés Pedraza Avella, por haberme brindado su apoyo y conocimiento para la realización de este trabajo de grado.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA AL INICIO DE LA PRÁCTICA | 19 |
| 1.1 UBICACIÓN | 19 |
| 1.2 FUENTE DE CAPTACIÓN DEL AGUA | 19 |
| 1.2.1 Generalidades | 19 |
| 1.2.2 Estado del pozo | 19 |
| 1.2.3 Caracterización del agua cruda | 20 |
| 1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO | 21 |
| 1.3.1 Clarificación | 21 |
| 1.3.2 Filtración | 22 |
| 1.3.3 Cloración | 23 |
| 1.3.4 Almacenamiento | 23 |
| 1.4 PLANTA DE PURIFICACIÓN | 23 |
| 1.4.1 Filtración | 24 |
| 1.4.2 Intercambio iónico | 24 |
| 1.4.3 Microfiltración | 24 |
| 1.4.4 Irradiación con lámpara UV | 24 |
| 1.4.5 Ozonización | 25 |
| 2. METODOLOGÍA | 27 |
| 3. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA Y PROPUESTA DE MEJORAS | 28 |
| 3.1 CALIDAD DEL AGUA TRATADA | 28 |
| 3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO | 29 |
| 3.2.1 Clarificación | 29 |
| 3.2.1.1 Dosificación del agente coagulante | 29 |
| 3.2.2 Filtración | 29 |
| 3.2.2.1 Retrolavado de filtros | 29 |
| 3.2.2.2 Disposición de las aguas de retrolavado | 30 |

| | |
|---|----|
| 3.2.3 Cloración..... | 30 |
| 3.2.2.1 Dosificación del agente desinfectante..... | 30 |
| 3.3 PLANTA DE PURIFICACIÓN | 31 |
| 3.3.1 Filtración | 31 |
| 3.3.2 Intercambio iónico..... | 31 |
| 3.3.3 Microfiltración..... | 31 |
| 3.3.4 Irradiación con lámpara UV..... | 32 |
| 3.4 ASPECTOS OPERATIVOS | 32 |
| 3.4.1 Registros y documentos..... | 32 |
| 3.4.2 Mantenimiento de los equipos | 32 |
| 3.4.3 Personal operativo | 33 |
| 3.4.4 Protección y seguridad laboral..... | 33 |
| 3.5 INFRAESTRUCTURA Y OBRAS CIVILES | 34 |
| 3.5.1 Zona de almacenamiento de insumos químicos | 34 |
| 3.5.2 Planta de tratamiento..... | 34 |
| 3.5.3 Laboratorio..... | 34 |
| 3.5.3.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos | 34 |
| 3.5.3.2 Determinación de parámetros microbiológicos | 35 |
| 3.5.4 Oficina..... | 35 |
| 4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS..... | 36 |
| 4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO | 36 |
| 4.1.1 Clarificación | 36 |
| 4.1.1.1 Dosificación del agente coagulante..... | 36 |
| 4.1.2 Filtración | 39 |
| 4.1.2.1 Retrolavado de filtros | 39 |
| 4.1.3 Cloración..... | 39 |
| 4.1.3.1 Dosificación del agente desinfectante..... | 39 |
| 4.2 PLANTA DE PURIFICACIÓN | 39 |
| 4.2.1 Filtración | 39 |
| 4.2.1 Filtración | 39 |

| | |
|--|----|
| 4.2.2 Intercambio iónico | 40 |
| 4.2.3 Microfiltración | 40 |
| 4.2.4 Irradiación con lámpara U.V..... | 40 |
| 4.3 DOCUMENTACIÓN | 40 |
| 4.3.1 Manual general de la planta..... | 40 |
| 4.3.2 Registros, cronogramas e inventarios..... | 40 |
| 4.4 INFRAESTRUCTURA Y OBRAS CIVILES | 41 |
| 4.4.1 Zona de almacenamiento de insumos químicos | 41 |
| 4.4.2 Planta de tratamiento | 41 |
| 4.4.3 Laboratorio..... | 41 |
| 4.4.3.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos | 41 |
| 4.4.4 Oficina..... | 42 |
| 4.5 CALIDAD DEL AGUA DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS..... | 42 |
| CONCLUSIONES | 43 |
| RECOMENDACIONES | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA | 45 |
| ANEXOS | 47 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Puntos de muestreo de agua..... | 28 |
| Tabla 2. Dosificación hipoclorito de calcio..... | 31 |
| Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del agua cruda..... | 36 |
| Tabla 4. Resultados de la prueba de jarras..... | 37 |
| Tabla 5. Dosificación sulfato de aluminio tipo A. | 38 |
| Tabla 6. Caracterización agua cruda..... | 54 |
| Tabla 7. Propiedades físico-químicas, Sulfato de aluminio tipo A. | 57 |
| Tabla 8. Dosificación de hipoclorito calcio..... | 59 |
| Tabla 9. Especificaciones bomba del pozo..... | 62 |
| Tabla 10. Especificaciones bomba de filtración..... | 63 |
| Tabla 11. Especificaciones hidroflo..... | 63 |
| Tabla 12. Especificaciones bomba dosificadora..... | 64 |
| Tabla 13. Especificaciones bomba dosificadora..... | 64 |
| Tabla 14. Especificaciones tanque sedimentación y floculación. | 64 |
| Tabla 15. Especificaciones tanques de almacenamiento..... | 65 |
| Tabla 16. Rangos de control en puntos de muestreo..... | 74 |
| Tabla 17. Dosificación de sulfato de aluminio tipo A. | 97 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Imagen del pozo El Santuario. | 20 |
| Figura 2. Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento y purificación de agua. | 26 |
| Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología empleada. | 27 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO A. RESULTADOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA | 48 |
| ANEXO B. DOCUMENTOS INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA..... | 52 |
| ANEXO C. PROCEDIMIENTOS | 76 |
| ANEXO D. FORMATOS DE TABLAS Y REGISTROS..... | 103 |

GLOSARIO

AGUA CRUDA: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

AGUA POTABLE O AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es aquella que por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

AGUA TRATADA: Producto líquido que se obtiene al someter el agua de cualquier sistema de abastecimiento a los tratamientos físicos y químicos necesarios para su purificación.

AGUA ENVASADA: Es el agua potable tratada, envasada y comercializada con destino al consumo humano, entendida como un producto de la industria alimenticia.

Agua purificada y empacada para consumo humano. Este producto es considerado como alimento de alto riesgo epidemiológico.

Debe cumplir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estipulados en Resolución 12186 de 1991 del Ministerio de Salud. Condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destino a consumo humano.

CALIDAD DEL AGUA: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

CERTIFICACIÓN SANITARIA: Es el acto administrativo expedido por la autoridad sanitaria competente a través del cual se acredita el cumplimiento de las normas y criterios de la calidad del agua para consumo humano, soportado en el concepto sanitario, preferido a solicitud del interesado o de las autoridades de control.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

INSPECCIÓN SANITARIA: Es el conjunto de acciones que en desarrollo de sus funciones, realizan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras que distribuyen agua para consumo humano, destinadas a obtener información, analizar y evaluar los riesgos que presenta la infraestructura del sistema de abastecimiento del agua, a identificar los posibles factores de riesgo asociado a inadecuadas prácticas operativas y a la determinación de la calidad del agua suministrada, mediante la toma de muestras y visitas técnicas al sistema de suministro, dejando constancia de ello mediante el acta respectiva.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es el establecimiento público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos de la norma que los regula.

LIBRO O REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD: Es aquel donde las persona prestadora que suministra a distribuye agua para consumo humano consigna los resultados obtenidos de los análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua suministrada a la población de acuerdo con los requerimientos del presente decreto, la cantidad de agua captada y enviada a las redes, la cantidad de productos químicos utilizados y las novedades presentadas.

RESUMEN

TITULO:

DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE AGUAPARA ENVASADO DE LA EMPRESA LÁCTEOS SERVIEXPRESS LTDA., CHIQUINQUIRA (BOYACÁ).*

AUTOR:

FLECHAS Mesa Paola Alexandra**

PALABRAS CLAVES:

Agua, calidad, tratamiento, purificación, diagnostico, operación, procedimientos, infraestructura. Planta de tratamiento o de potabilización: conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

DESCRIPCIÓN

El agua tal como se encuentra en la naturaleza, habitualmente no se puede usar en forma directa para consumo humano, por no encontrarse suficientemente pura. A su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, el agua recoge materia en suspensión o solución como arcillas, organismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, materias orgánicas y gases. La presencia de todas estas sustancias obliga a efectuar el tratamiento de las aguas antes de su empleo por los seres humanos.

El agua purificada con destino a ser envasada y consumida por el ser humano es un producto considerado como alimento de alto riesgo epidemiológico; es por ello que debe ser debidamente tratado cumpliendo con los estándares de calidad estipulados por la reglamentación vigente colombiana antes de ser comercializada.

Lácteos Serviexpress Ltda. presentaba deficiencias en las plantas de tratamiento y purificación de agua, debido a esto, surgió este trabajo de grado, con el fin de realizar una etapa de análisis y diagnóstico a los procesos de tratamiento y purificación, documentación, operación e infraestructura de la planta, y así tomar acciones frente a la evaluación.

La estandarización de procedimientos, elaboración de documentos y registros, así como el mejoramiento de la infraestructura y el proceso de la planta en cuanto al establecimiento del agente coagulante y su dosis óptima corresponden a las acciones emprendidas frente a los objetivos trazados.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Dr. PEDRAZA Avella Julio Andrés. Codirector: Ing. GRANADOS Puentes Gilma Rosario.

ABSTRACT

TITLE:

DIAGNOSTIC AND IMPLEMENTATION OF IMPROVEMENTS IN THE PLANTS OF TREATMENT AND PURIFICATION FOR PACKAGING OF THE COMPANY LÁCTEOS SERVIEXPRESS LTDA., CHIQUINQUIRA-BOYACA*

AUTHOR:

FLECHAS Mesa Paola Alexandra **

KEY WORDS:

Water, quality, treatment, purification, diagnostic, operation, procedures, infrastructure.

DESCRIPTION

The water as he is in the nature, habitually it is not possible to use in direct form for human consumption, for being sufficiently pure. To his step along the soil, the subsoil or the air, the water gathers matter in suspension or solution like clays, alive organisms like plants, bacteria, virus and eggs of parasites, dissolved salts, organic matters and gases. The presence of all these substances forces to effect the treatment of the waters before his employment for the human beings.

The water purified with I destine to being packed and consuming by the human being it is a product considered as food of high epidemiological risk; it is for it that must be due an agreement expiring with the quality standards stipulated by the in force Colombian regulation before being commercialized.

Lácteos Serviexpress Ltda was presenting deficiencies in the plants of treatment and water purification, due to this, this work of degree arose, in order to realize a stage of analysis and diagnosis to the processes of treatment and purification, documentation, operation and infrastructure of the plant, and this way to take actions opposite to the evaluation.

The standardization of procedures, production of documents and records, as well as the improvement of the infrastructure and the process of the plant as for the establishment of the coagulating agent and his ideal dose correspond to the actions undertaken opposite to the planned aims.

* Graduate paper

** Faculty of Physicochemical Engineering's. Chemical Engineering Department. Director: Dr. PEDRAZA Avella Julio Andrés. Codirector: Ing. GRANADOS Puentes Gilma Rosario.

INTRODUCCIÓN

Lácteos Serviexpress Ltda. es una empresa ubicada en el municipio de Chiquinquirá (Boyacá) que fue creada el 29 de enero de 2003 con el fin de fabricar y comercializar productos lácteos. La empresa empezó con la adquisición de los terrenos, pozos y equipos pertenecientes a Lácteos El Jordán Ltda. para el tratamiento, purificación y envasado de agua y la producción de leche y sus derivados. Sin embargo, se dedicó exclusivamente al servicio de enfriamiento de leche desde su inicio hasta el 2010, año en que quedó abandonada.

En diciembre de 2011, la empresa cambió de dueños quienes se propusieron poner nuevamente en funcionamiento los equipos con el fin de aprovechar la infraestructura instalada. Como primera medida se decidió fortalecer la línea de producción agua potable tratada envasada, ya que el agua sólo estaba siendo captada y tratada para abastecimiento propio. Por tal razón, surgió la necesidad del presente trabajo de grado, realizado en la modalidad de práctica empresarial del 4 de mayo al 30 de octubre de 2012, que tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de las plantas de tratamiento y purificación de agua e implementar mejoras para producir agua con los estándares de calidad estipulados por la normatividad colombiana vigente^{1,2}, para que posteriormente pueda ser envasada y comercializada.

Para el diagnóstico y la implementación de mejoras, se tuvieron en cuenta los procesos de tratamiento y purificación del agua, así como aspectos relacionados con la documentación, operación e infraestructura de la planta.

¹Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

²Resolución 12186 de 1991 del Ministerio de Salud. Condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destino a consumo humano.

La realización de las obras civiles sugeridas para el mejoramiento de la infraestructura, la selección del agente coagulante y el establecimiento de la dosis optima por medio de ensayos de jarras, la estandarización de procedimientos y la creación de documentos y registros, constituyen las principales acciones emprendidas con el fin de lograr el objetivo trazado.

1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA AL INICIO DE LA PRÁCTICA

1.1 UBICACIÓN

La planta operativa de Lácteos Serviexpress Ltda. se encuentra localizada a 5 km de Chiquinquirá (Boyacá) por la vía que conduce a Bogotá D.C. en las fincas El Santuario y El Jordán, que tienen una extensión aproximada de 6 ha, de las cuales el 5% se encuentra construida; mientras que su dependencia administrativa está ubicada en el km 29 de la vía Bogotá-Cajicá.

1.2 FUENTE DE CAPTACIÓN DEL AGUA

1.2.1 Generalidades

La planta de tratamiento de Lácteos Serviexpress Ltda. capta agua cruda de un pozo subterráneo de 180 m de profundidad ubicado en la finca El Santuario. El pozo fue construido por el Ing. Carlos Julio Rodríguez de Perfoaguas Ltda. el 23 de agosto de 2001 y actualmente suministra un caudal de 324 L/día para abastecimiento de la empresa. La autorización para captar 4250 L/h (máxima capacidad de la bomba instalada) se encuentra en trámite ante la Corporación Autónoma Regional (CAR) para producir agua potable tratada envasada.

1.2.2 Estado del pozo

Teniendo en cuenta que hacía 11 años no se daba mantenimiento al pozo y no se tenía ningún registro de su estado y comportamiento, a principio de año la empresa contrató personal especializado para llevar a cabo dicha labor. Este proceso se inició el 27 de febrero de 2012 y consistió en remover por medio de agitación y aumento de presión hasta 100 psi la costra de óxido que estaba adherida en la pared interna de la tubería de revestimiento del pozo, así como las gelatinas ferruginosas y viscosas, arena, limo y arcillas que taponaban las

aberturas o ranuras de los filtros y obstruían el libre paso del agua de los acuíferos hacia el centro de la tubería de revestimiento, evacuando inmediatamente los sedimentos. Al cabo de 20 días el agua del pozo quedó clara y sin sedimentos. Posteriormente se instaló una bomba centrífuga de 7.5 hp a 3450 rpm, con su respectiva tubería de succión a una profundidad de 180 m, capaz de suministrar un caudal de aforo de 4250 L/h³.

Figura 1. Imagen del pozo El Santuario.



1.2.3 Caracterización del agua cruda

El 23 de marzo de 2012 la empresa solicitó el muestreo⁴ y análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del pozo a Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud⁵.

Los resultados fueron entregados, el 26 de marzo de 2012, los cuales mostraron que el agua cruda presentaba valores de algunos parámetros fisicoquímicos (color, turbiedad y hierro total) y microbiológicos (coliformes totales y Escherichia Coli), ver Anexo A.1, que no la hacen aceptable para consumo humano según la Resolución 2115 de 2007. Sin embargo, se concluyó que dicha agua puede tratarse sin ningún inconveniente y los citados parámetros pueden ser corregidos

³Cardenas Chacon, Juan. Informe técnico de lavado y desinfección del pozo profundo. Obras civiles Cárdenas: Perforación de pozos artesianos para abastecimiento de agua, estudios geoeléctricos, mantenimiento de equipos y diseño de plantas de tratamiento..

⁴ Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667.

⁵ Laboratorio de Chiquinquirá (Boyacá) inscrito para participar en el programa interlaboratorios de control de calidad para agua potable - PICCAP, en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el año 2012, dando cumplimiento al Artículo 27 del Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

por medio de procesos como aireación, coagulación, floculación, filtración y cloración.

Estos resultados constituyeron el punto de partida del presente trabajo.

A continuación se hará una breve descripción de los procesos de tratamiento y purificación de agua de la empresa Lácteos Serviexpress Ltda., los cuales se ilustran en la figura 2.

1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO

1.3.1 Clarificación

El agua cruda suministrada por la bomba a través de una tubería en acero al carbón, pasa por una torre de aireación (A1) constituida por 5 bandejas cada una cargada con 500 kg de carbón coque con un tamaño de 5 a 15 cm. Su objetivo es poner el agua en contacto con el aire, con el fin de reducir la concentración de las sustancias orgánicas volátiles e incrementar la concentración del oxígeno disuelto y de esta forma corregir las características de olor y sabor, así como promover y acelerar la oxidación y precipitación de hierro y manganeso⁶. En seguida, el agua llega a los tanques de almacenamiento 1 y 2 (TA1 y TA2).

Posteriormente el agua es enviada por medio de una bomba centrífuga a una segunda torre de aireación (A2) ubicada en la finca El Jordán donde cae directamente a un floculador hidráulico de flujo horizontal, que consiste en un tanque de concreto dividido por tabiques que hacen que el agua fluya haciendo un recorrido de ida y vuelta alrededor de sus extremos libres. En este tanque se adiciona al agua el agente coagulante (previamente disuelto en agua en el tanque de preparación 1, TP1) por medio de una bomba dosificadora y allí se llevan a cabo los procesos de coagulación y floculación.

⁶ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Calidad del Agua para Estudiantes de Ciencias Ambientales. Capítulo 21: Pruebas de tratabilidad. Bogotá D.C.

La coagulación consiste en la desestabilización de los sólidos suspendidos en el agua por la adición de un agente capaz de neutralizar la carga eléctrica de las partículas coloidales (generalmente negativa) y que conduce a la formación de coágulos. La floculación es el proceso mediante el cual los coágulos se aglomeran formando flóculos de tamaño y densidad apropiada para facilitar su separación por gravedad mediante un proceso de sedimentación⁷.

Por esta razón, el agua pasa del floculador a un tanque sedimentador a través de un sistema de vasos comunicantes que incluye dos rejillas o colmenas que permiten retener los flóculos formados.

Finalmente, el agua libre de flóculos llega al tanque de almacenamiento 3 (TA3) de donde se envía a la etapa de filtración.

1.3.2 Filtración

Los sólidos suspendidos remanentes se remueven haciendo pasar el agua por gravedad a través de 2 filtros de lecho de arena y antracita que funcionan en paralelo (F1 y F2). La antracita, de mayor tamaño de partícula y por consiguiente con espacios intergranulares más grandes, retiene los sólidos más gruesos y la arena cumple una labor de pulimento.

La filtración implica una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos donde la adsorción juega un papel muy importante, pues a medida que el agua pasa a través del filtro las partículas suspendidas hacen contacto con la superficie de los granos del lecho, se adsorben y son retenidas⁸.

Es importante señalar que después de esta etapa los parámetros de turbiedad, hierro total y color deben quedar en el rango establecido por la norma.

⁷ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Calidad del Agua para Estudiantes de Ciencias Ambientales. Capítulo 21: Pruebas de tratabilidad. Bogotá D.C.

⁸ ROMERO ROJAS, Jairo A. Acuípurificación. Universidad Nacional de Colombia - Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.

1.3.3 Cloración

El principal objetivo de la cloración es la destrucción de los gérmenes ocasionada por el gran poder bactericida del cloro (desinfección del agua). Adicionalmente, su elevado poder oxidante puede contribuir a la eliminación del hierro, manganeso, sulfuros y otras sustancias reductoras⁹.

Para esta operación se utiliza hipoclorito de calcio (previamente disuelto en agua en el tanque de preparación 2, TP2) el cual se adiciona por medio de una bomba dosificadora a la conducción del agua entre los filtros y el tanque de almacenamiento 4 (TA4), en donde el agua permanece en contacto con el cloro disuelto.

1.3.4 Almacenamiento

El agua sale de la planta de tratamiento con un caudal de 1812 L/h y pasa al tanque de almacenamiento 5 (TA5), el cual abastece a la empresa.

En este punto, el agua ha sido potabilizada, siendo apta para el consumo humano y los servicios domésticos. No obstante, para alcanzar la calidad de agua exigida por la Resolución 12181 de 1991 para ser envasada y comercializada, esta debe ser enviada a la planta de purificación.

1.4 PLANTA DE PURIFICACIÓN

Es importante señalar que si bien la empresa contaba con una planta de purificación de agua ésta no se encontraba en funcionamiento al inicio de la práctica.

⁹ ROMERO ROJAS, Jairo A. Acuípurificación. Universidad Nacional de Colombia - Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.

1.4.1 Filtración

El agua potable se hace pasar por 1 filtro de lecho de carbón activado (F3), para eliminar el cloro residual y mejorar sus características organolépticas¹⁰, y llega a un sistema hidroflo (HF) compuesto por una bomba y un tanque que se encarga de elevar y mantener la presión constante (60 psi) en todo el sistema de conducción de aguas de la planta de purificación.

Seguidamente, el agua pasa por 2 filtros de antracita que funcionan en serie (F4 y F5), con el fin de eliminar cualquier sólido suspendido que no haya sido removido.

1.4.2 Intercambio iónico

En esta etapa se remueven los iones de carga positiva que generan dureza (principalmente Ca^{+2} y Mg^{+2}) al hacer pasar el agua por un tanque que contiene una resina catiónica que intercambia sus iones H^{+} con los cationes más altamente cargados.

Si bien los iones más comunes que se encuentran en las aguas son de carga positiva, estas también contienen iones de carga negativa (como SO_4^{-2} , Cl^{-} , SiO_4^{-4} , NO_2^{-} , NO_3^{-} , CO_3^{-2}) que pueden removerse con una resina aniónica intercambiando sus iones OH^{-11} .

1.4.3 Microfiltración

El agua se hace pasar por 5 microfiltros de cartucho (de 4,5 × 20"): 2 de fibra de vidrio, 2 de celulosa poliéster y 1 de carbón activado, con el fin de lograr un pulido físico del agua y retener microorganismos que van de 10 a 0.5 μm .

1.4.4 Irradiación con lámpara UV

El agua es irradiada con luz ultravioleta proveniente de 1 lámpara de mercurio (Pura20-463, 48,5 cm.), para eliminar virus, bacterias, hongos, etc. .

¹⁰ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y Práctica de la purificación del agua. Acodal. Bogotá, 1992.

¹¹ JUAN MARTÍNEZ, José; SOLORIO ELIZALDE, Nahielli. Diseño de un tren de tratamiento terciario avanzado para obtener agua embotellada. Trabajo de grado Ingeniero en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación.

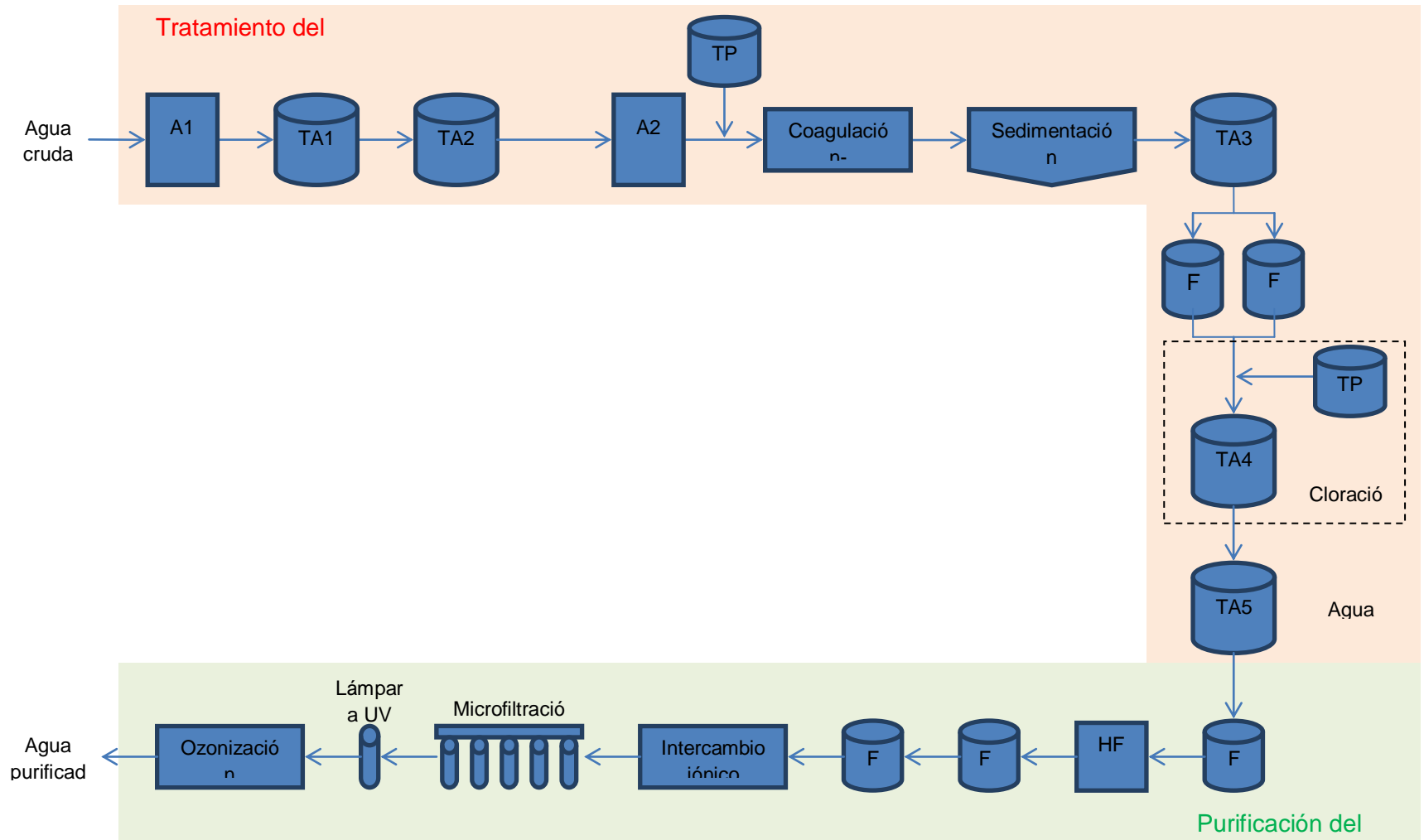
1.4.5 Ozonización

Finalmente, el agua es puesta en contacto durante 20 min. con ozono, producido a partir del oxígeno del aire a través de un arco eléctrico, con el objetivo de lograr la oxidación avanzada de los compuestos orgánicos remanentes sin generar productos intermediarios¹².

La planta de purificación está diseñada para producir un caudal de 475 L/h de agua a ser envasada.

¹² ROMERO ROJAS, Jairo A. Acuípurificación. Universidad Nacional de Colombia - Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.

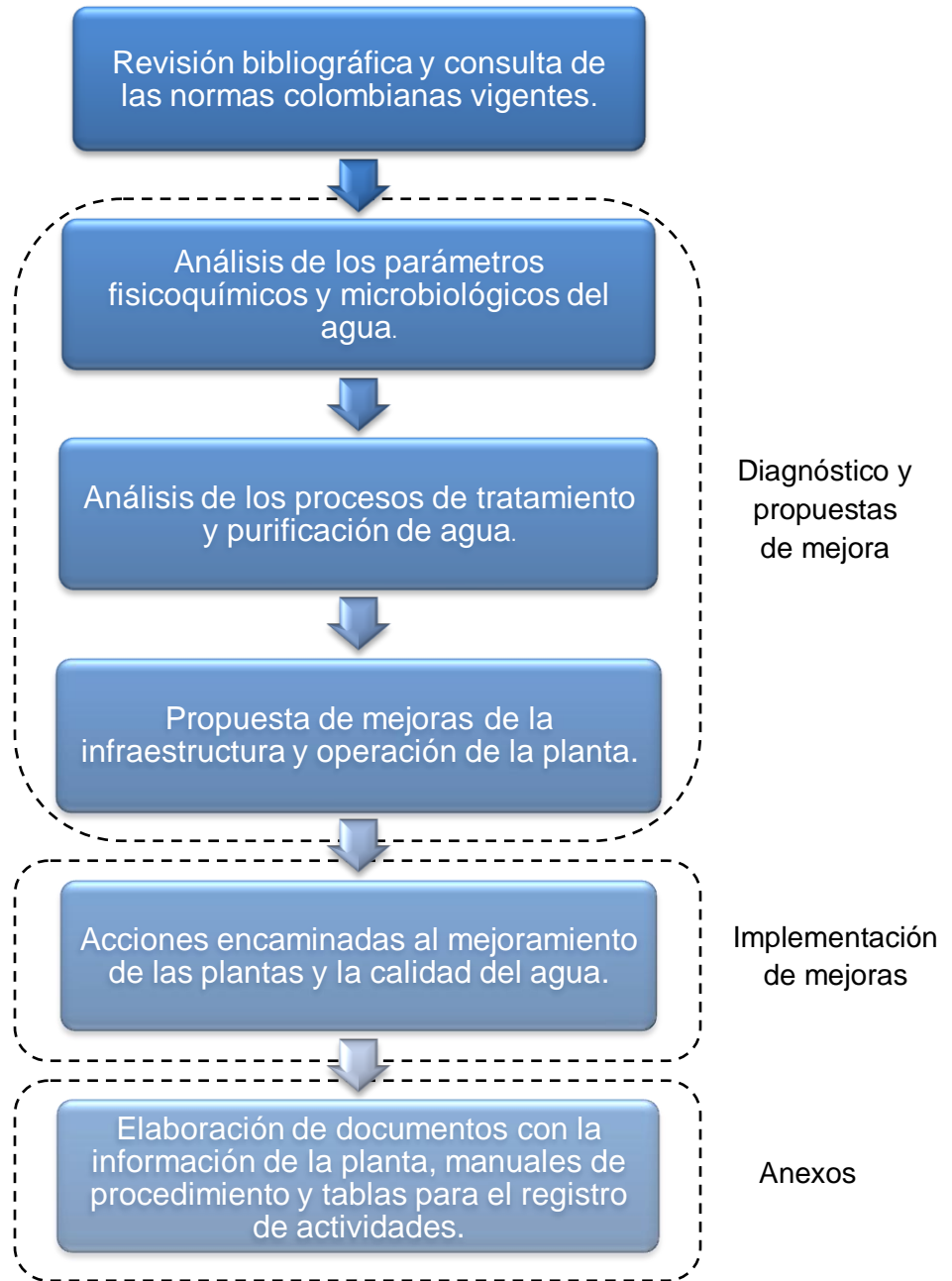
Figura 2. Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento y purificación de agua.



2. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió durante el desarrollo de este trabajo se muestra en la Figura 3.

Figura 3.Diagrama de flujo de la metodología empleada.



3. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA Y PROPUESTA DE MEJORAS

3.1 CALIDAD DEL AGUA TRATADA

Para hacer un seguimiento de la calidad del agua durante de los procesos de tratamiento y purificación se solicitó el análisis de 14 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (pH, color aparente, olor, conductividad, turbiedad, nitritos, cloruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos disueltos totales, coliformes totales, Escherichia Coli) en los 5 puntos de muestreo indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de muestreo de agua.

| Muestra | Punto de muestreo |
|---------|----------------------------|
| 1 | Tanque de almacenamiento 1 |
| 2 | Tanque de sedimentación |
| 3 | Tanque de almacenamiento 4 |
| 4 | Tanque de almacenamiento 5 |
| 5 | Tanque de ozonización |

Estos análisis fueron realizados por Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud y los resultados fueron entregados el 26 de marzo de 2012, los cuales se muestran en el Anexo A.1. De acuerdo con estos, el agua que sale de la planta de tratamiento cumple con los parámetros de pH, conductividad, nitritos, cloruros, sulfatos, dureza total, cloro residual libre, coliformes totales y Escherichia Coli, pero no cumple con la turbiedad. El agua que sale de la planta de purificación cumple con los mismos parámetros anteriores, pero no cumple con la turbiedad, los sólidos disueltos totales y el cloro residual libre.

Resulta necesario corregir los parámetros que se encuentran por fuera del rango establecido y controlar otros, como conductividad y color, que se encuentran ya casi en el límite del valor máximo aceptable. Para ello deben mejorarse cada etapa de los procesos de tratamiento y purificación.

3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO

3.2.1 Clarificación

3.2.1.1 Dosificación del agente coagulante. Se encontró que en la planta se emplea sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) tipo Aal 17% como agente coagulante. La mezcla del producto químico sólido granulado y el agua cruda, se realiza inicialmente por agitación manual en el tanque de preparación 1. y se complementa con un mezcla rápida por resalto hidráulico, que aprovecha la turbulencia del agua en el tramo de tubería comprendido entre el punto de dosificación y el floculador (que incluye 4 codos de 90°) para lograr la homogenización.

La dosificación del sulfato de aluminio que era empleada fue desarrollada por el operario a prueba y error para ciertos niveles del agua en el tanque de preparación 1 y por tanto los valores no resultan confiables puesto que pueden implicar exceso o defecto del agente coagulante. Esta situación se ve reflejada en la calidad del agua tratada, cuyos análisis indican que no se alcanzan los resultados esperados. Para la selección del agente coagulante adecuado y su correcta dosificación que garantice una calidad satisfactoria del agua tratada, se propone realizar una evaluación a escala de laboratorio mediante la prueba de jarras.

3.2.2 Filtración

Al realizar el diagnóstico de esta etapa, se encontró que la planta no cuenta con un registro histórico del mantenimiento de los filtros de arena y antracita, ni se conoce la fecha de su instalación. Debido a esto se sugirió realizar un mantenimiento general de los filtros y determinar su estado.

3.2.2.1 Retrolavado de filtros. El lavado de los filtros es un procedimiento rutinario que consiste en hacer pasar agua a través del lecho filtrante en sentido contrario al del funcionamiento normal del filtro (de abajo hacia arriba), a una velocidad tal

que los granos del medio filtrante puedan moverse con el flujo, se froten unos contra otros y se limpien de los depósitos formados sobre ellos¹³.

Los operadores de la empresa lavan los filtros cuando se observan flóculos en el efluente, color y turbidez. Por tal motivo, se identificó la necesidad de estandarizar el procedimiento de retrolavado de los filtros y establecer la frecuencia con la cual se deberían llevar a cabo dichas labores.

3.2.2.2 Disposición de las aguas de retrolavado. *El agua proveniente del retrolavado de los filtros, así como el agua del drenado de los tanques con fines de saneamiento y limpieza, está siendo desechada lo cual implica un elevado sobrecosto económico y constituye sin duda alguna un gran impacto ambiental. Para evitar dichas consecuencias, se propone la construcción de un tanque recuperador con el fin de almacenar estas aguas y someterlas a un tratamiento que permita su reutilización.*

3.2.2 Cloración

3.2.2.1 Dosificación del agente desinfectante. *En la planta se emplea hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 70% como agente desinfectante. La dosificación empleada se presenta en la tabla 2. Ésta garantiza que a la salida de la planta de tratamiento el cloro residual libre de como resultado 1,6 ppm, el cual se encuentra en el rango exigido por la Resolución 2115 de 2007 (0,3 a 2,0 ppm), además como se observa en el anexo A.1, con esta dosificación se garantiza la eliminación total de los parámetros microbiológicos (coliformes totales y *Escherichia Coli*).*

¹³ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Calidad del Agua para Estudiantes de Ciencias Ambientales. Capítulo 21: Pruebas de tratabilidad. Bogotá D.C.

Tabla 2. Dosificación hipoclorito de calcio.

| Nivel del agua (cm) | Volumen de agua en TP2 (L) | Hipoclorito de calcio (gr) |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 10 | 36,86 | 18,85 |
| 15 | 55,29 | 28,27 |
| 20 | 73,72 | 37,70 |
| 25 | 92,15 | 47,12 |
| 30 | 110,58 | 56,54 |
| 35 | 129,01 | 65,97 |
| 40 | 147,44 | 75,39 |
| 45 | 165,88 | 84,82 |
| 50 | 184,31 | 94,25 |
| 55 | 202,74 | 103,67 |
| 60 | 221,17 | 113,09 |
| 65 | 239,60 | 122,52 |

Fuente: Lacteos Serviexpress Ltda.

3.3 PLANTA DE PURIFICACIÓN

3.3.1 Filtración

A la salida del filtro de carbón activado se detectó la presencia de cloro residual libre, lo que permite indicar la necesidad de realizar un retrolavado al filtro. En caso de continuar con el problema será necesario cambiar el lecho del filtro.

3.3.2 Intercambio iónico

Se recomienda adquirir un tanque para el intercambio aniónico, que permita complementar el proceso existente de intercambio catiónico y lograr la desionización del agua. La completa eliminación de las sales disueltas permitirá corregir los valores de conductividad y solidos disueltos totales, pues estos se encuentran directamente relacionados.

3.3.3 Microfiltración

Después de revisar los cartuchos existentes se encontró que estos no estaban referenciados, no existían registros de su tiempo de uso ni fecha de instalación. Al

observarlos detalladamente se veían desgastados y con materia suspendida, por tanto, se sugirió la adquisición de unos nuevos para tener la seguridad que cumplan con su objetivo. Se deben disponer de mayor a menor tamaño de poro.

3.3.4 Irradiación con lámpara UV

Al poner en funcionamiento la lámpara ultravioleta, se observó que presentaba intermitencia, por lo que se hace necesario adquirir una nueva.

3.4 ASPECTOS OPERATIVOS

3.4.1 Registros y documentos

No se tienen registros que documenten la operación de la planta, tales como inventarios de insumos químicos, dosificaciones empleadas para el tratamiento de diferentes volúmenes de agua, análisis del agua en diferentes puntos de control.

No se cuenta con un archivo de fichas técnicas y de seguridad de los insumos químicos ni con registro de las condiciones de recepción y pureza de los mismos.

No existe un documento que describa los procedimientos que deben realizarse para la operación de las plantas indique posibles modificaciones de acuerdo a las necesidades. La forma en que opera la planta sólo es de conocimiento del personal que labora en la misma.

Se sugirió elaborar documentos con la información de la planta, manuales de procedimiento y tablas para el registro y control de las actividades.

3.4.2 Mantenimiento de los equipos

No se conoce la fecha de puesta en funcionamiento de los equipos ni existe un registro de su mantenimiento.

Se recomendó la planeación de mantenimientos preventivos, tales como, reemplazo del material filtrante, lavado y desinfección de los tanques,

mantenimiento de las bombas, limpieza, reparación o reemplazo del sistema de tuberías.

3.4.3 Personal operativo

El personal cuyo trabajo está relacionado directamente con los procesos de tratamiento y purificación ha adquirido su experiencia con el tiempo que llevan laborando en la empresa. No se han hecho capacitaciones ni se ha contratado personal calificado.

Se consideró importante tener en cuenta la opinión de los operarios para la elaboración de los manuales de procedimiento y documentación de la planta, y una vez estos sean elaborados darlos a conocer a todo el personal y socializarlos.

3.4.4 Protección y seguridad laboral

Legalmente todos los empleadores están obligados a proporcionar a cada trabajador, sin costo para este, elementos de protección personal en cantidad y calidad acordes con los riesgos reales o potenciales en los lugares de trabajo¹⁴.

Sin embargo, se observó que los operarios de la empresa no cuentan con los elementos de protección y seguridad necesarios para llevar a cabo algunas de las labores de la planta.

Uno de los casos que genera más riesgo corresponde a la preparación de las soluciones de los agentes coagulante y desinfectante, donde se hace necesario el uso de guantes, gafas y tapabocas para evitar afectaciones en la piel, irritación de los tejidos y la inhalación de polvos.

Los operarios deben contar con la indumentaria adecuada en caso de la lluvia como botas y capa impermeable.

¹⁴ Ley 9 de 1979 del Congreso de Colombia, por la cual se dictan medidas sanitarias.

Se requiere mejorar la seguridad de las escaleras de la primera torre de aireación y la planta de purificación.

3.5 INFRAESTRUCTURA Y OBRAS CIVILES

3.5.1 Zona de almacenamiento de insumos químicos

Los insumos destinados a las etapas de clarificación y cloración, deben ser almacenados en un sitio adecuado para evitar su contaminación y alteración. Si bien se dispone de un espacio para tal fin, es necesario hacer el respectivo saneamiento.

3.5.2 Planta de tratamiento

Después de inspeccionar la planta se pudo establecer que los tanques floculador, sedimentador y de almacenamiento 3 y 5 (hechos en concreto) requerían el frisado y pintura de sus paredes internas y externas, así como tapas que permitieran proteger el agua tratada de la intemperie.

Se requiere también la adecuación de la caseta donde se encuentran los filtros de arena y antracita y las bombas dosificadoras: cambio de teja, pintura de paredes y arreglo del sistema eléctrico.

3.5.3 Laboratorio

Se observó que la empresa cuenta con un espacio adecuado destinado al laboratorio de la planta, dotado de material de vidrio y balanza analítica.

3.5.3.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos. Se observó, que el laboratorio no cuenta con elequipo para el análisis fisicoquímico de aguas, requerido para monitorear cada etapa de las plantas, por lo cual se propuso la adquisición de un pH-metro, un fotómetro y un turbidímetro.

3.5.3.2 Determina. *Como el laboratorio no contaba con la infraestructura ni los equipos necesarios para la determinación de los parámetros microbiológicos se recomienda continuar con su determinación en Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud.* ción de parámetros microbiológicos

3.5.4 Oficina

La empresa cuenta con un espacio para llevar a cabo las labores de supervisión y seguimiento operativo, donde se almacenara todo tipo de información relacionada con registros, tablas, procedimientos de operación de la planta, entre otros documentos. Sin embargo, se recomiendan labores de limpieza y pintura de las paredes.

4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1.1 Clarificación

4.1.1.1 Dosificación del agente coagulante. *El 19 de junio de 2012 se solicitó a Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud la evaluación mediante la prueba de jarras de tres agentes coagulantes a diferentes concentraciones. Los seleccionados por el laboratorio fueron: sulfato de aluminio tipo A, sulfato férrico y policloruro de aluminio, teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos del agua cruda mostrados en la Tabla 3.*

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del agua cruda.

| Parámetro | Valor |
|--|--------------|
| Temperatura (°C) | 17,2 |
| pH | 7,35 |
| Color aparente (UPC) | 24 |
| Turbiedad (UNT) | 6 |
| Hierro total (mg/L) | 0,36 |
| Alcalinidad a la fenolftaleína (mg/L CaCO ₃) | 22 |
| Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃) | 390 |
| Dureza (mg/L CaCO ₃) | 16 |

Fuente: Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud.

Los mejores resultados obtenidos con cada coagulante se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la prueba de jarras.

| Coagulante | Sulfato de aluminio tipo A | Sulfato férrico | Policloruro de aluminio |
|--|----------------------------|-----------------|-------------------------|
| Concentración (ppm) | 25 | 15 | 15 |
| Color (UPC) | 8 | 14 | 12 |
| Turbiedad (UNT) | 2,0 | 3,0 | 2,5 |
| Hierro total (mg/L) | 0,08 | 0,19 | 0,18 |
| Tiempo de formación de floculo (min) | 2,4 | 3,5 | 3,0 |
| Tamaño de flóculo (índice de Willcomb) | 10 | 8 | 8 |
| Tiempo de sedimentación (min) | 31 | 26 | 21 |

Fuente: Laboratorios Unidos - Ambiente y Salud.

Como se indica con el sombreado, los mejores resultados se obtuvieron con el sulfato de aluminio tipo A utilizando una concentración de 25 ppm. Cabe señalar que este agente coagulante inicialmente se evaluó utilizando concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ppm, destacándose los resultados obtenidos con 20 ppm; posteriormente se evaluó en un rango más estrecho utilizando concentraciones de 15, 20 y 25 ppm, obteniéndose los mejores resultados con 25 ppm.

Es importante destacar que con el sulfato de aluminio tipo A se logró una importante disminución en los valores de color, turbiedad y hierro total, mayor que la alcanzada con el sulfato férrico y el policloruro de aluminio (ver Tablas 3 y 4). Adicionalmente con el sulfato de aluminio tipo A se obtuvo un menor tiempo de formación y mayor tamaño de flóculo que con el sulfato férrico y el policloruro de aluminio. No obstante, el tiempo de sedimentación del flóculo de sulfato de aluminio tipo A fue mayor que el de los otros dos agentes coagulantes (ver Tabla 4). Estos resultados indican que si bien los flóculos de sulfato de aluminio tipo A se forman más rápidamente y con un mayor tamaño, estos resultan menos densos que los flóculos de sus contrapartes.

Aunque el uso de sulfato de aluminio tipo A implica una mayor concentración de agente coagulante y un mayor tiempo de sedimentación es el único que permite

llevar la turbiedad al rango establecido por la Resolución 2115 de 2007 ($\leq 2,0$ UNT).

Con base en estos resultados se realizó la correspondiente dosificación de sulfato de aluminio tipo A en el tanque de preparación 1 de acuerdo con el tiempo de operación (volumen de agua a tratar), teniendo en cuenta que el caudal de agua a tratar es de 1812 L/h y el caudal de la bomba de dosificación es de 4.12 L/h, ver Tabla 5. Nótese que la dosificación que se estaba aplicando antes de la práctica (04/05/2012) era menor que la óptima establecida con la prueba de jarras (30/10/2012).

Tabla 5. Dosificación sulfato de aluminio tipo A.

| Tiempo de operación (h) | Volumen de agua a tratar (L) | Nivel del agua en TP1 (cm) | Volumen de agua en TP1 (L) | Sulfato de aluminio tipo A agregado (kg) | |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|------------|
| | | | | 04/05/2012 | 30/10/2012 |
| 1,0 | 1816,12 | 10 | 36,86 | 1,92 | 2,39 |
| 1,5 | 2724,18 | 15 | 55,29 | - | 3,58 |
| 2,0 | 3632,24 | 20 | 73,72 | 3,84 | 4,78 |
| 2,5 | 4540,3 | 25 | 92,15 | - | 5,97 |
| 3,0 | 5448,36 | 30 | 110,58 | - | 7,17 |
| 3,5 | 6356,42 | 35 | 129,01 | - | 8,36 |
| 4,0 | 7264,48 | 40 | 147,44 | 7,69 | 9,56 |
| 4,5 | 8172,54 | 45 | 165,88 | - | 10,75 |
| 5,0 | 9080,6 | 50 | 184,31 | - | 11,95 |
| 5,5 | 9988,66 | 55 | 202,74 | - | 13,14 |
| 6,0 | 10896,72 | 60 | 221,17 | - | 14,34 |
| 6,5 | 11804,78 | 65 | 239,60 | 11,54 | 15,53 |

Es importante señalar que la planta no puede operar continuamente más de 6,5 h pues al cabo de ese tiempo es necesario preparar nuevamente la solución de sulfato de aluminio tipo A (debido a que el volumen del tanque de preparación 1 es de 250 L). Además, teniendo en cuenta que las bombas deben descansar 2 h por cada 6 h de operación (según la recomendación de quien hizo su mantenimiento),

cabe resaltar, que se dispone del tiempo necesario para realizar una nueva preparación de la solución.

Se elaboró el procedimiento de preparación y dosificación del sulfato de aluminio tipo A al 17%, el cual incluye en el Anexo C.4.

4.1.2 Filtración

Se hizo una revisión general del funcionamiento de los filtros y el mantenimiento de sus válvulas por personal especializado, reemplazando algunas en mal estado.

4.1.2.1 Retrolavado de filtros. *Se estableció el procedimiento de retrolavado de los filtros, incluido en el Anexo C.7.*

4.1.3 Cloración

4.1.3.1 Dosificación del agente desinfectante. *Se elaboró el procedimiento de preparación y dosificación del hipoclorito de calcio al 70%, el cual se incluye en el Anexo C.5.*

4.2 PLANTA DE PURIFICACIÓN

El procedimiento para esta zona de purificación se describe en el Anexo C.6

4.2.1 Filtración

Después de realizar el retrolavado del filtro de carbón activado, se procedió a determinar el cloro residual libre del agua a la salida de este y dio como resultado 0,0 mg/L, lo cual indica que la carga del filtro se reactivó y cumplió con su objetivo de eliminar el cloro residual libre presente en el agua.

Se sugiere programar la frecuencia del retrolavado de este filtro

4.2.2 Intercambio iónico

Se solicitó la cotización del tanque con la resina aniónicaactivada a la empresa Ozono-Filter Ltda. Esta cotización fue aprobada pero aún no se ha logrado realizar la compra.

4.2.3 Microfiltración

De acuerdo con las dimensiones de las carcasas, se compraron a la empresa Rielco Ltda. los siguientes cartuchos:

1. Polipropileno aglomerado (3 cartuchos): 1 μm , 5 μm y 10 μm .
2. Polipropileno encordado (1 cartucho): 20 μm .
3. Carbon en bloque (1 cartucho): 5 μm .

4.2.4 Irradiación con lámpara U.V

Se compró una lámpara de la misma marca y referencia que la existente a la empresa Granizo S.A.S.

4.3 DOCUMENTACIÓN

4.3.1 Manual general de la planta

Se elaboró un documento, el cual contiene la información relacionada con las zonas de distribución de las plantas, generalidades del proceso de tratamiento y purificación, descripción de los equipos, puntos de muestreo y cada uno de los procedimientos de operación de las plantas, de tal forma que este sea empleado como material de consulta y soporte por parte de los funcionarios de la empresa. Este manual se incluye en el Anexo B.

4.3.2 Registros, cronogramas e inventarios

Se implementaran los controles de labores realizadas, inventarios de insumos químicos, control del análisis del agua tratada en diferentes puntos de control, control de funciones de mantenimiento, y saneamiento de la planta; así como las

tablas para llevar el registro de los turnos asignados, capacitaciones y reuniones a desarrollar en cuanto a operación de la planta, seguridad industrial, salud ocupacional, estrategias, metas, entre otras. Estos formatos de tablas y registros se incluyen en el Anexo D.

4.4 INFRAESTRUCTURA Y OBRAS CIVILES

4.4.1 Zona de almacenamiento de insumos químicos

Se llevó a cabo el saneamiento del lugar para el almacenamiento de los insumos químicos.

4.4.2 Planta de tratamiento

De acuerdo a las obras civiles a desarrollar, se realizó la frizada, pintada y puesta de tapas de los tanques floculador, sedimentador y de almacenamiento 3 y 5. Así como la adecuación de la caseta donde se encuentran los filtros de arena y antracita, en cuanto al cambio de la teja, pintura de paredes y arreglo del sistema eléctrico.

4.4.3 Laboratorio

4.4.3.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos

De acuerdo a lo propuesto para el análisis fisicoquímico de aguas, se adquirieron los siguientes equipos a la empresa HANNA Instruments S.A.S.

1. Medidor de pH/EC/TDS/Temperatura con las respectivas soluciones de calibración.
2. Fotómetro: Kit para la determinación de 36 parámetros de calidad del agua. Entre ellos para la determinación de hierro total, nitritos, dureza, sulfatos, color. Junto con los respectivos reactivos.
3. Turbidímetro con las reactivas soluciones de calibración y patrones estándar para medición de turbidez y cloro residual.

Se elaboró el procedimiento de análisis de agua el cual se encuentra descrito en el Anexo C.1.

Para la caracterización completa del agua tratada y purificada, se enviara mensualmente una muestra a un laboratorio externo que cuente con la certificación para que se realicen dichos análisis.

4.4.4 Oficina

Se hicieron los respectivos retoques a la fachada y limpieza general del lugar.

4.5 CALIDAD DEL AGUA DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS

Al concluir la implementación de las mejoras, se determinaron los parámetros fisicoquímicos del agua tratada y purificada con el equipo adquirido para análisis de aguas, los cuales se incluyen en el Anexo A.2. En el Anexo A.3 se establece una tabla comparativa de los resultados fisicoquímicos del agua potable y purificada del 26 de marzo y del 19 de Octubre de 2012.

CONCLUSIONES

Se estableció mediante la prueba de jarras que los mejores resultados se alcanzan con una concentración de 25 ppm de sulfato de aluminio tipo A; la cual permite mejorar parámetros como: turbiedad (de 3,0 a 1,8 UNT), hierro total (de 0,08 a 0,07 mg/l) y color (de 9 a 7 UPC), logrando establecerse en el rango exigido por la norma colombiana vigente.

Con las implementaciones en la planta de purificación en cuanto a retrolavado de filtros y adquisición de cartuchos, se mejoran parámetros como: cloro residual libre, turbiedad (de 3 a 0,7 UNT), hierro total (de 0,07 a 0,06 mg/l) y color (de 9 a 6 UPC).

La elaboración del manual general de la planta y los procedimientos de operación de la planta, constituyen un buen punto de partida para la puesta en marcha de la producción de agua potable tratada envasada.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer la compra del tanque para el intercambio aniónico, el cual permite complementar el proceso existente de intercambio catiónico y de esta manera lograr la desionización del agua, corrigiendo parámetros como conductividad y sólidos disueltos totales.

Se recomienda la construcción de un tanque recuperador con el fin de almacenar las aguas, producto de la sanitización de los tanques y filtros y someterlas a un tratamiento que permita su reutilización.

Establecer jornadas de capacitación en los procedimientos operativos de la planta a todos los empleados, haciendo uso eficiente de los manuales de procedimientos adjuntos en el presente trabajo.

Organizar una visita por parte de la entidad sanitaria con el fin de atender las recomendaciones indicadas en la inspección y de esta manera obtener la certificación sanitaria y los registros que permiten la comercialización del producto.

BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y Práctica de la purificación del agua. Acodal. Bogotá, 1992.

CARDENAS CHACÓN, Juan. Informe técnico de lavado y desinfección del pozo profundo. Obras civiles Cárdenas: Perforación de pozos artesianos para abastecimiento de agua, estudios geoelectrónicos, mantenimiento de equipos y diseño de plantas de tratamiento. Chiquinquirá (Boyacá), 2012.

IBAÑEZ PINEDO, William; MENDOZA GOMEZ, Mónica. Tratamiento de agua potable, operación, procesos, talleres y monitoreo. Monografía especialista en Ingeniería Ambiental. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Especialización Ingeniería Ambiental Bucaramanga, 2006.

JUAN MARTÍNEZ, José; SOLORIO ELIZALDE, Nahielli. Diseño de un tren de tratamiento terciario avanzado para obtener agua embotellada. Trabajo de grado Ingeniero en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo (México), 2003. Disponible en Internet [01/11/2012]: <http://es.scribd.com/doc/34531902/Tratamiento-y-Purificacion-de-Agua>

ROMERO ROJAS, Jairo A. Acuípurificación. Universidad Nacional de Colombia - Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.

Sitio oficial Hanna Instruments. Disponible en Internet [01/11/2012]: <http://www.hannainst.es/catalogo/index.php?pg=7&CodOpcion=4>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Calidad del Agua para Estudiantes de Ciencias Ambientales. Capítulo 21: Pruebas de tratabilidad. Bogotá D.C. Disponible en Internet

[01/11/2012]:http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap21.pdf

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

A.1 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda, potable y purificada del 26 de marzo de 2012.

A.2 Resultados fisicoquímicos de agua cruda, potable y purificada del 19 de octubre de 2012.

A.3 Comparación de resultados (26/03/2012) vs (19/10 2012).

A.1 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda, potable y purificada.

REPORTE DE RESULTADOS - LÁCTEOS SERVIEXPRESS LTDA. (26/03/2012)

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

| Punto de toma | | | Grifo salida agua-pozo | | TA1 | | Tanque sedimentación | | TA4 | | TA5 | | Tanque ozonización | | |
|----------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|--|----------------|-------------|
| Característica | Expresada como | Valor máx. aceptable (Res. 2115/2007) | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor máx. aceptable (Res. 12181/1191) | Valor obtenido | Diagnóstico |
| pH | 0 a 14 | 6,5 –9,0 | 8,25 | A | 8,25 | A | 7,32 | A | 7,25 | A | 7,21 | A | 6,5 –9,0 | 7,21 | A |
| Color Ap. | UPC | 15 UPC | 21 | N.A | 24 | N.A | 10 | A | 9 | A | 9 | A | 15 UPC | 9 | A |
| Olor | A/N.A | Aceptable | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | Aceptable | A | A |
| Conductividad | µs/cm | 1000 µs/cm | 664 | A | 656 | A | 675 | A | 717 | A | 713 | A | 1000 µs/cm | 713 | A |
| Turbiedad | UNT | 2 UNT | 5,0 | N.A | 3,0 | N.A | 5,0 | N.A | 3,0 | N.A | 3,0 | N.A | 2 UNT | 3,0 | N.A |
| Nitritos | mg/l NO ₂ ⁻ | 0,1 mg/L | 0,04 | A | 0,04 | A | 0,01 | A | 0,00 | A | 0,00 | A | 0,1 mg/L | 0,00 | A |
| Cloruros | mg/l Cl ⁻ | 250 mg/L | 15 | A | 13 | A | 13 | A | 12 | A | 12 | A | 250 mg/L | 12 | A |
| Sulfatos | mg/l SO ₄ ⁻² | 250 mg/L | 12 | A | 12 | A | 58 | A | 52 | A | 52 | A | 250 mg/L | 52 | A |
| Hierro total | mg/l Fe | 0,30 mg/L | 0,41 | N.A | 0,34 | N.A | 0,09 | A | 0,08 | A | 0,08 | A | 0,30 mg/L | 0,07 | A |
| Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 300 mg/L | 22 | A | 20 | A | 21 | A | 19 | A | 19 | A | 150 mg/L | 19 | A |
| S.D.T | ppm | --- | 333 | --- | 3,28 | --- | 337 | --- | 359 | -- | 357 | -- | 200 ppm | 357 | N.A |

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|------|-----|------|-----|------|-----|---|---|---|---|---------------------------|---|---|
| Coliformes totales | UFC/100 cm ³ | 0 UFC/100 cm ³ | >100 | N.A | >100 | N.A | >100 | N.A | 0 | A | 0 | A | 0 UFC/100 cm ³ | 0 | A |
| Escherichia Coli | UFC/100 cm ³ | 0 UFC/100 cm ³ | 52 | N.A | >100 | N.A | >100 | N.A | 0 | A | 0 | A | 0 UFC/100 cm ³ | 0 | A |

Fuente: Laboratorio Unidos - Ambiente y Salud.

A.2 Resultados fisicoquímicos de agua cruda, potable y purificada.

REPORTE DE

Fecha:



RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

19/10/2012

| Punto de toma: | | | Grifo salida agua pozo | | TA4 (agua potable) | | Tanque ozonización (agua purificada) | | |
|----------------|--|---------------------------------------|------------------------|-------------|--------------------|-------------|--|----------------|-------------|
| Característica | Expresada como | Valor máx. aceptable (Res. 2115/2007) | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor máx. aceptable (Res. 12181/1991) | Valor obtenido | Diagnóstico |
| pH | 0 a 14 | 6,5 –9,0 | 8,5 | A | 7,2 | A | 6,5 –9,0 | 7,4 | A |
| Color Aparente | UPC | 15 UPC | 29 | N.A | 7 | N.A | 15 UPC | 6 | A |
| Olor | A/N.A | Aceptable | A | A | A | A | Aceptable | A | A |
| Conductividad | µs/cm | 1000 µs/cm | 660 | A | 710 | A | 1000 µs/cm | 720 | A |
| Turbiedad | UNT | 2 UNT | 7,0 | A | 1,8 | A | 2 UNT | 0,7 | A |
| Nitritos | mg/l NO ₂ ⁻ ₁ | 0,1 mg/L | 0,06 | A | 0,04 | A | 0,1 mg/L | 0,03 | A |
| Cloruros | mg/l Cl ⁻ | 250 mg/L | 15 | A | 13 | A | 250 mg/L | 12 | A |
| Sulfatos | mg/l SO ₄ ⁻ ₂ | 250 mg/L | 14 | A | 90 | A | 250 mg/L | 90 | A |
| Hierro total | mg/l Fe | 0,30 mg/L | 0,38 | N.A | 0,07 | N.A | 0,30 mg/L | 0,06 | A |
| Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 300 mg/L | 18 | A | 15 | A | 150 mg/L | 9 | A |
| S.D.T | ppm | --- | 340 | --- | 370 | --- | 200 ppm | 360 | N.A |

A.3 Comparación de resultados (26/03/2012) vs (19/10 2012).


| Punto de toma | | Tanque de almacenamiento 4 (agua potable) | | Tanque de ozonización (agua purificada) | |
|----------------|------------------------------------|--|------------|--|------------|
| Característica | Expresada como | 26/03/2012 | 19/10 2012 | 26/03/2012 | 19/10 2012 |
| pH | 0 a 14 | 7,25 | 7.3 | 7,21 | 7,4 |
| Color Aparente | UPC | 9 | 7 | 9 | 6 |
| Olor | A/N.A | A | A | A | A |
| Conductividad | µs/cm | 717 | 710 | 713 | 720 |
| Turbiedad | UNT | 3,0 | 1,8 | 3,0 | 0,7 |
| Nitritos | mg/l NO ₂ ⁻¹ | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,03 |
| Cloruros | mg/l Cl ⁻ | 12 | 13 | 12 | 13 |
| Sulfatos | mg/l SO ₄ ⁻² | 52 | 90 | 52 | 90 |
| Hierro total | mg/l Fe | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 19 | 15 | 19 | 9 |
| S.D.T | ppm | 359 | 370 | 357 | 360 |

ANEXO B. DOCUMENTOS INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

B.1 Generalidades del proceso del tratamiento del agua y descripción de equipos.

B.2 Identificación de las zonas de la planta de tratamiento de agua

B.3 Rangos de control en puntos de muestreo.

| | | | |
|---|--|------------------|--------------------------|
|  | <p>B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS.</p> | | <p>DIRECCIÓN TECNICA</p> |
| | <p>FECHA: OCTUBRE DE 2012</p> | <p>VERSION 0</p> | <p>PAGINA 1 DE 14</p> |

1. OBJETIVOS

Consignar de una forma general la manera en que se lleva a cabo el proceso de tratamiento y purificación de agua en la planta.

2. GENERALIDADES


2.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La planta de tratamiento de agua, de Lácteos Serviexpress Ltda., se abastece de agua cruda de un pozo subterráneo de 180 metros de profundidad, ubicado en el sector Boquerón vía a la Palestina (Vereda Sucre Oriental), finca el Santuario del Municipio de Chiquinquirá (Boyacá). Para el abastecimiento de agua cruda, se tiene instalado un sistema de bombeo de 7.5 HP a 3450 rpm, el cual suministra agua a través de una tubería en acero al carbón, el agua pasa por una torre de aireación, la cual está constituida de cinco bandejas cargadas con 500 kilos de coquecillo. Cuyo objetivo es poner en el máximo contacto posible el agua cruda con el aire para oxigenarla, con el propósito de modificar la concentración de las sustancias volátiles contenidas en ella e incrementar la concentración del oxígeno disuelto, también tiene como propósito promover y acelerar la oxidación y precipitación del hierro y manganeso y corregir las características de olor y sabor ocasionadas en el agua de sustancias orgánicas volátiles. En seguida el agua llega al tanque de almacenamiento de aguas crudas N°1 la cual es dirigida al tanque de almacenamiento de aguas crudas N°2.

2.1.1 Estado actual del pozo

Según el informe final, acerca del mantenimiento realizado al pozo profundo la conclusión es que fue valioso y eficaz por las siguientes razones:

- a) Se removió la costra de óxido que tenía adherida en la pared interna de la tubería de revestimiento del pozo, las gelatinas ferruginosas y viscosas, arena, limo y arcillas que taponeaban las aberturas o ranuras de los filtros especiales

| | | | |
|---|--|------------------|--------------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 14 |

que obstruían el libre paso del agua de los acuíferos hacia el centro de la tubería de revestimiento, por medio de agitación y disparo de presión hasta 100 PSI evacuando inmediatamente los sedimentos y finalmente el pozo quedo dando agua clara y sin sedimentos.

b) Se determinó el estado mecánico del pozo el cual queda en condiciones aceptables.

Una vez instalada la bomba a una profundidad de 180 metros con su respectiva tubería de descargue nos da un caudal de aforo: 4250 litros por hora.

2.1.2 Caracterización del agua cruda

La tabla N°1, proporciona los rangos en los cuales se encuentran algunos de los parámetros fisicoquímicos del agua cruda. La información suministrada en la tabla será modificada de acuerdo a los análisis efectuados en el laboratorio de la planta.

Tabla 6. Caracterización agua cruda

| PARAMETRO | RANGO |
|---------------------------------|--------------|
| pH | 7,1– 8,3 |
| Dureza (ppm CaCO ₃) | 16 – 23 |
| Hierro (ppm Fe ⁺²) | 0,16 – 0,42 |
| Turbidez (NTU) | 5 – 8 |
| Color Aparente (Pt, Co) | 18 – 57 |

En términos generales el agua subterránea de la zona, es un agua aceptable, que se puede tratar sin ningún inconveniente y así obtener un agua apta para consumo humano.

2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO

2.2.1 Proceso de clarificación

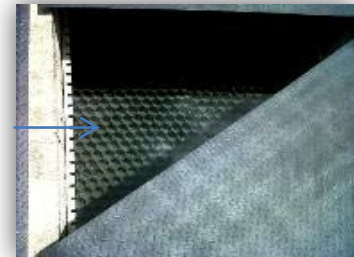


B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS.

DIRECCIÓN TÉCNICA
PAGINA 3 DE 14

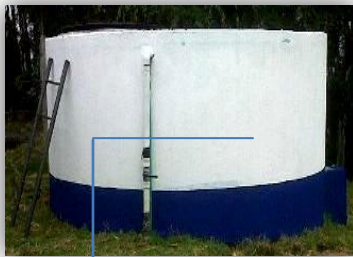
FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0



Pozo Aireación Coagulación – Flocculación

Sedimentación




Almacenamiento
Sistema de purificación

Cloración

Filtración arena y antracita

Abastecimiento de la planta

Figura 2. Diagrama de flujo proceso de tratamiento de agua.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 4 DE 14 |

El esquema N°1, presenta el procedimiento que se lleva a cabo para el tratamiento del agua. La clarificación se lleva a cabo por medio de fenómenos de coagulación y posterior floculación de sólidos disueltos en el agua así facilitar el proceso de sedimentación por gravedad.

En síntesis, la coagulación- floculación hace parte de un proceso físico-químico de potabilización de aguas que tiene por objeto retirar el material coloidal del agua. La coagulación es la desestabilización del coloide mediante la formación de coágulos, originados por la adición de un producto capaz de neutralizar la carga eléctrica de las partículas coloidales, generalmente electronegativas (para este caso: sulfato de aluminio). La floculación es un proceso que permite a las partículas o coágulos suspendidos, aglomerarse unos a otros para formar flóculos de tamaño y densidad apropiada para su separación por gravedad.

Los anteriores procesos se llevan a cabo en el tanque de floculación y por medio de una bomba dosificadora es adicionado el coagulante. Se garantiza que durante todo el tiempo de llenado, se inyecte la cantidad de producto necesario para el tratamiento de la totalidad de volumen de agua, para esto, se establece una tabla de dosificación de químicos, que proporciona los datos relacionados con la cantidad de producto químico a emplear y el volumen de agua a adicionar para preparar la solución que será suministrada durante esta etapa de acuerdo al volumen de agua establecido para el proceso de clarificación. Luego el agua pasa a un tanque sedimentador, el cual está conectado al anterior por medio de vasos comunicantes, compuesto por dos rejillas o colmenas, tiene como objeto retener los flocs creados en la primera etapa.

2.2.1.1 Producto químico empleado para la etapa de clarificación y dosificación empleada actualmente

SULFATO DE ALUMINIO TIPO A: El sulfato de aluminio es una sal inorgánica que por sus propiedades físico-químicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales



B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS.

DIRECCIÓN
TECNICA

FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0

PAGINA 5 DE 14

Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor. Es un sólido granulado, color blanco y soluble en agua.

Tabla 7. Propiedades físico-químicas, Sulfato de aluminio tipo A.

| PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Aluminio, Al_2O_3 | 17 % min |
| Basicidad, Al_2O_3 | 0.60 % |
| Hierro, Fe_2O_3 | 0.05 % |
| Insolubles | 0.20 % |
| Color | Blanco |
| Olor | Inodoro |
| pH, 50 g/L, 25 °C | 3.5 aprox. |
| Punto de fusión | 90 – 95 °C |
| Punto de ebullición | N.D |
| Densidad aparente | 820 kg/m ³ aprox. |
| Descomposición térmica | Desde 90 °C |
| Solubilidad en agua | Fácilmente soluble |

La dosificación empleada actualmente en la planta, según los resultados de la prueba de jarras corresponde a: 25 mg/L

Este producto se dosifica de acuerdo a una tabla implementada en la planta, con la cual se establece la cantidad de químico a emplear para una determinada altura del tanque dosificador y volumen de agua. Esta dosificación me asegura cumplir con dosis óptima en el tanque floculador de 25 mg/l.


| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 6 DE 14 |

Tabla 3. Dosificación sulfato de aluminio tipo A.

| Tiempo de operación (h) | Volumen de agua a tratar (L) | Nivel del agua en TP1 (cm) | Volumen de agua en TP1 (L) | Sulfato de aluminio agregado (kg) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1,0 | 1816,12 | 10 | 36,86 | 2,39 |
| 1,5 | 2724,18 | 15 | 55,29 | 3,58 |
| 2,0 | 3632,24 | 20 | 73,72 | 4,78 |
| 2,5 | 4540,3 | 25 | 92,15 | 5,97 |
| 3,0 | 5448,36 | 30 | 110,58 | 7,17 |
| 3,5 | 6356,42 | 35 | 129,01 | 8,36 |
| 4,0 | 7264,48 | 40 | 147,44 | 9,56 |
| 4,5 | 8172,54 | 45 | 165,88 | 10,75 |
| 5,0 | 9080,6 | 50 | 184,31 | 11,95 |
| 5,5 | 9988,66 | 55 | 202,74 | 13,14 |
| 6,0 | 10896,72 | 60 | 221,17 | 14,34 |
| 6,5 | 11804,78 | 65 | 239,60 | 15,53 |

2.2.2 Etapa de filtración (Filtro arena y antracita)

La planta cuenta con dos filtros de arena y antracita, los cuales funcionan en paralelo, por los cuales se hace pasar el agua tratada una vez completada la etapa de clarificación. En esta parte del proceso, se remueven parte de los sólidos suspendidos que no se asentaron en el tanque de sedimentación y posteriormente el agua es conducida al tanque de almacenamiento de agua potable N°1.

2.2.3 Etapa de cloración

Una vez el agua abandona los filtros de arena y antracita, pasa por la etapa de cloración, en la cual se adiciona la cantidad de cloro necesaria para satisfacer la demanda del mismo en los tanques de almacenamiento. La dosificación se realiza por medio de una bomba dosificadora que lo envía a la conducción de aguas entre



B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS.

DIRECCIÓN TÉCNICA

FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0

PAGINA 7 DE 14

los filtros y el tanque de almacenamiento de agua potable N°1. Esta dosificación debe garantizar que a la salida de la planta el residual de cloro se encuentre según la resolución 2115/2007.

El cloro es el desinfectante de agua más comúnmente usado en aplicaciones de higienización del agua potable y al adicionarse durante la etapa de clarificación, propicia el aglutinamiento con las bacterias, dejando solo una parte de la cantidad original (cloro libre) para continuar su acción desinfectante.

La dosificación se establece en la siguiente tabla la cual me garantiza un cloro residual libre entre 0,3 y 2,0 ppm.

Tabla 8. Dosificación de hipoclorito calcio

| Nivel del agua (cm) | Volumen de agua en TP2 (L) | Hipoclorito de calcio (gr) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 10 | 36,86 | 18,85 |
| 15 | 55,29 | 28,27 |
| 20 | 73,72 | 37,70 |
| 25 | 92,15 | 47,12 |
| 30 | 110,58 | 56,54 |
| 35 | 129,01 | 65,97 |
| 40 | 147,44 | 75,39 |
| 45 | 165,88 | 84,82 |
| 50 | 184,31 | 94,25 |
| 55 | 202,74 | 103,67 |
| 60 | 221,17 | 113,09 |
| 65 | 239,60 | 122,52 |

2.3 PLANTA DE PURIFICACIÓN



| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 8 DE 14 |



Figura 2. Diagrama de flujo proceso de purificación de agua

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 9 DE 14 |

El objetivo de este sistema es entregar a producción un agua libre de sólidos, bacterias y absolutamente cristalina cumpliendo con los más altos estándares de calidad para así ser envasada y entregada al consumidor.

2.3.1 Etapa de filtración

El agua llega al hidroflo el cual mantiene la presión constante en todo el sistema de conducción de aguas de la planta (60psi), en seguida es sometida a una etapa de filtración con lecho de carbón activado el cual elimina el cloro residual que hay en el agua; además de hacer una segunda remoción de sólidos suspendidos así como la disminución de turbiedad, color, olor y sabor.

Luego el agua pasa por dos filtros de arena antracita, los cuales eliminan los sólidos que hayan podido quedar en el proceso de potabilización, remueven la turbidez (coloración que el agua tenga).


2.3.2 Intercambio iónico

Consiste en un tanque que remueve los iones presentes en el agua al pasar el agua a través de una resina catiónica o aniónica dependiendo de la carga de los iones.

Los iones comunes que se encuentran en la mayoría de las aguas incluyen los cationes de carga positiva. El calcio y magnesio son cationes que generan dureza, los cuales hacen que el agua sea “dura”. Los iones cargados positivamente son removidos por la resina catiónica al intercambiar los iones hidrogeno con los cationes más altamente cargados. Los iones cargados negativamente (sulfatos, cloruros, silicio) se intercambian por iones hidroxilo con la resina aniónica. Estos aniones generan alcalinidad.

2.3.3 Microfiltración

La planta de purificación cuenta con un sistema de Microfiltración donde el agua pasa por cartuchos de polipropileno aglomerado y encordado, por una carga de carbón activado y finalmente por una lámpara de luz ultravioleta, la cual

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 10 DE 14 |

degrada cualquier microorganismo dañino que haya escapado del proceso anterior.

2.3.4 Ozonización

Finalmente el agua es ozonificada, esto se logra poniendo en contacto el agua con el ozono el cual tiene propiedades especiales para matar cualquier microorganismo. De allí el agua sale totalmente inocua, apta para ser envasada y consumida por el ser humano.

2.4 CARACTERIZACION DE LOS EQUIPOS Y TANQUES DE LA PLANTA

2.4.1 Bomba del pozo


Las especificaciones dadas, a continuación, corresponden a la bomba que en la actualidad se encuentra en marcha. Esta bomba envía el agua del pozo a los tanques de almacenamiento de aguas crudas N°1 y N°2.

Tabla 9. Especificaciones bomba del pozo

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| Bomba | Grundfos |
| Motor | Franklin Electric en acero inoxidable |
| Modelo | 2343085202 |
| Potencia | 7.5 HP |
| Velocidad | 3450 rpm |

El pozo posee un sello sanitario. Fue revestido con tubería de 6" pulgadas de diámetro en acero al carbón de cero (0) a ciento ochenta (180) metros de profundidad. Alrededor de esta tubería se colocó un pre-filtro en grava de 0.5 a 1 mm con un grosor de 4" para así darle un revestimiento de protección a los filtros, para que no sean obstruidos por arenas, gravas, arcillas y otros elementos. También para darle una mejor purificación al agua.

La bomba es en acero inoxidable con 28 impulsores, una vez instalada a una profundidad de 180 metros con su respectiva tubería de descargue nos da un caudal de aforo de 4250 litros por hora.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 11 DE 14 |

2.4.2 Bomba zona de bombeo

Esta bomba se encarga de enviar el agua de los tanques de almacenamiento de aguas crudas a la planta de potabilización.

Tabla 6. Especificaciones de la bomba

| | |
|------------------|-----------|
| Bomba Centrifuga | BARNES |
| Modelo | 1515HE663 |
| Potencia | 7 HP |
| Velocidad | 3465 rpm |

2.4.3 Bomba de filtración

Tabla 10. Especificaciones bomba de filtración


| | |
|------------------|----------------------|
| Bomba Centrifuga | SIEMENS |
| Engranaje | Lubricada por aceite |
| Potencia | 0.50 HP |
| Velocidad | 3450 rpm |

2.4.4 Hidroflo

Este equipo mantiene la presión constante en el sistema de purificación.

Tabla 11. Especificaciones hidroflo

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| MARCA | IGNACIO GOMEZ IHM S.A |
| Modelo | L 300 H |
| Presión de trabajo máxima | 150 PSI |
| Presión de prueba | 225 PSI |
| Máxima temperatura de operación | 100 °C |
| Capacidad | 300 Litros |
| Membrana | Butyl reemplazable |

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 12 DE 14 |

2.4.5 Bomba dosificadora sulfato de aluminio

Empleada para la adición del producto utilizado para el proceso de clarificación.

Tabla 12. Especificaciones bomba dosificadora

| | |
|---------------------------|-----------|
| MARCA | CHEM-FEED |
| Modelo | C-660P |
| Presión de trabajo máxima | 60 PSI |
| Máximo caudal | 6.0 gph |

2.4.6 Bomba dosificadora cloro


Tabla 13. Especificaciones bomba dosificadora

| | |
|---------------------------|-----------|
| MARCA | CHEM-FEED |
| Modelo | C-660P |
| Presión de trabajo máxima | 60 PSI |
| Máximo caudal | 6.0 gph |

2.4.7 Tanque de sedimentación y floculación

Tabla 14. Especificaciones tanque sedimentación y floculación.

| Característica | Tanque sedimentación | Tanque floculación |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Capacidad (m ³) | 3.36 | 5.18 |
| Forma | Rectangular | Rectangular |
| Material | Concreto | Concreto |
| Altura (m) | 1.7 | 1.7 |
| Ancho (m) | 1.22 | 1.22 |
| Largo (m) | 1.9 | 2.5 |

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 13 DE 14 |

2.4.8 Tanques de almacenamiento

Se dispone de 5 tanques de almacenamiento con capacidad total de 101.88 m³.

Las especificaciones de cada tanque se resumen en la tabla N°10.

Tabla 15. Especificaciones tanques de almacenamiento

| Característica | TA1 | TA2 | TA3 | TA4 | TA5 |
|-----------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| Capacidad (m ³) | 5.26 | 13.59 | 0.77 | 55.4 | 26.86 |
| Forma | rectangular | cilíndrico | rectangular | cilíndrico | cilíndrico |
| Altura (m) | 0.9 | 1.8 | 1.15 | 1.0 | 3.08 |
| Diámetro (m) | | 3.1 | | 8.40 | 3.0 |
| Ancho (m) | 2.05 | | 1.22 | | |
| Largo (m) | 2.85 | | 0.55 | | |

Donde,

TA1: Tanque de almacenamiento aguas crudas

TA2: Tanque de almacenamiento aguas crudas

TA3: Tanque de almacenamiento agua en proceso de potabilización

TA4. Tanque de almacenamiento de agua potable

TA5. Tanque de almacenamiento de agua potable


2.4.9 Filtros planta de potabilización

Dos filtros, contruidos en acero, con 97 cm de altura y 55 cm de diámetro. Lecho del filtro: arena antracita. Profundidad del medio: antracita 45 cm, arena 20 cm.

Porosidad del lecho: antracita 0.50, arena 0.45.

2.4.10 Filtros planta de purificación

- Un filtro construido en acero, con 1.13 m de altura y 60 m de diámetro. Lecho del filtro: carbón activado.
- Dos filtros contruidos en acero, con 66 cm de altura y 30 cm de diámetro. Lecho del filtro: arena antracita.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA Y DESCRIPCION DE EQUIPOS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 14 DE 14 |

2.4.11 Intercambio iónico

Tabla 13. Especificaciones del tanque

| | |
|---------------|------------------|
| Marca | Ozono-Filter |
| Resina | Catiónica |
| Material | Acero inoxidable |
| Altura (m) | 1.10 |
| Diámetro (cm) | 30 |

2.4.12 Microfiltros y Lámpara ultravioleta


- Cartuchos filtrantes:
 - ✓ Polipropileno aglomerado 4.5 x 20" 1 micra
 - ✓ Polipropileno aglomerado 4.5 x 20" 5 micras
 - ✓ Polipropileno aglomerado 4.5 x 20" 10 micras
 - ✓ Polipropileno encordado 4.5 x 20" 20 micras
 - ✓ Carbon en bloque de 4.5" x 20" 5 micras

- Lámpara U.V:
 - ✓ Referencia: LAMP N° 20-463
 - ✓ largo: 48.5 cm
 - ✓ voltaje: 120 voltios

2.4.13 Ozonizador

Tanque de ozonización:

- ✓ Capacidad de 2.45 m³
- ✓ Altura: 1.53 m
- ✓ Diámetro: 1.43 m

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 7 |

1. OBJETIVOS

Establecer cada una de las zonas en las cuales se encuentra distribuida la planta, con el fin de implementar la nomenclatura adecuada para cada uno de los equipos y válvulas presentes en cada una de ellas.

Identificar los equipos, válvulas y tableros de control, con la nomenclatura establecida para tal fin, de esta forma manejarse en la planta un mismo lenguaje al referirse a cualquiera de los elementos mencionados.

2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE LA PLANTA

A continuación se detallada uno de los elementos que constituye las zonas en la cual fue distribuida la planta, de igual forma.

2.1 Zona de bombeo

Esta zona se encuentra en la parte baja de los terrenos de la planta, en el predio No. 2 denominado EL SANTUARIO. En esta zona se encuentran los siguientes equipos: Bomba de extracción de agua del pozo (bomba N°1), bomba de agua N°2, contador, torre de aireación N°1, tanque de almacenamiento de aguas crudas N°1, tanque de almacenamiento de aguas crudas N°2, caseta de controles: la cual contiene el tablero de controle de las bombas (Tablero de controles N°1), tanto la del pozo como la que envía el agua a la planta de potabilización.

Válvulas de operación:

- Válvulas de cierre rápido: VZBO 01, VZBO 02, VZBO 03, VZBO 04
- Válvulas solenoides: VZBOS 01, VZBOS 02, VZBOS 03, VZBOS 04
- Válvulas de descargue: VZBOD 01, VZBOD 02, VZBOD 03, VZBOD 04.



B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA.

DIRECCIÓN TÉCNICA

FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0

PAGINA 2 DE 7

Imagen 1. Zona de bombeo



Imagen 2. Contador



Imagen 3. Caseta de controles **Imagen 4.** Torre de aireación N°1 y tanque de almacenamiento de aguas crudas N°1.



Imagen 5. Tanque de almacenamiento de aguas crudas N°2.

Imagen 6. Tablero de control N°1.





B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA.

DIRECCIÓN TÉCNICA

FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0

PAGINA 3 DE 7

2.2 Zona de potabilización de agua

Se encuentra ubicado en el predio el Jordán en su parte media.

2.2.1 Zona de clarificación

En esta zona se encuentran los siguientes equipos y elementos: Torre de aireación N°2, Tanque de floculación, sedimentación y balance.

Válvulas de operación:

- Válvulas de cierre rápido: VZPO 01, VZPO 02
- Válvulas solenoides: VZPOS 01, VZPOS 02, VZPOS 03, VZPOS 04
- Válvulas de descargue: VZPOD 01, VZPOD 02, VZPOD 03, VZPOD 04.

Imagen 7. Zona de potabilización

Imagen 8. Torre de aireación N°2 y tanque de floculación.




| | | | |
|---|--|--------------------------|----------------------|
|  | <p>B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA.</p> | <p>DIRECCIÓN TÉCNICA</p> | |
| | <p>FECHA: OCTUBRE DE 2012</p> | <p>VERSION 0</p> | <p>PAGINA 4 DE 7</p> |

Imagen 9. Tanque sedimentador y tanque de balance



2.2.2 Zona de filtración y dosificación de productos químicos.

Se encuentran ubicados en una caseta al lado de la zona de clarificación. En esta zona se encuentran los siguientes equipos y elementos: Filtros de arena antracita, bomba de agua N°3, tanques de dosificación de químicos y bombas dosificadoras de sulfato de aluminio y cloro, tablero de controles N°2.

Imagen 10. Filtros arena/antracita **Imagen 11.** Bombas de filtración



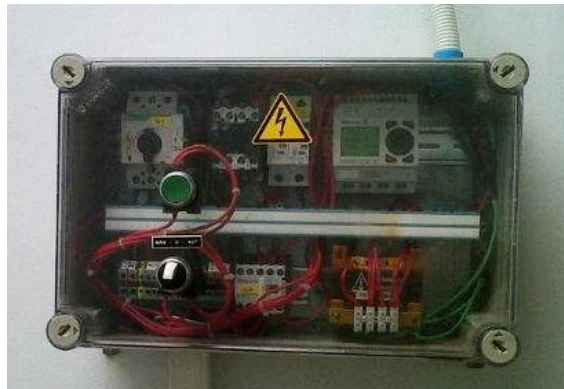
Imagen 12. Tanques de dosificación de químicos.



Imagen 13. Bombas dosificadoras de químicos.



Imagen 14. Tablero de control N°2



2.2.3 Zona de almacenamiento de agua potable

- Tanque de almacenamiento de agua potable N°1 Ubicado al lado de la caseta de filtración arena/antracita y bombas.
- Tanque de almacenamiento de agua potable N°2 Ubicado en la parte externa del área de producción.


| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 6 DE 7 |

Imagen 15. Tanque de almacenamiento de agua potable N°1.



Imagen 16. Tanque de almacenamiento de agua potable N°2.



2.3 Zona de purificación de agua

Para esta zona en primer lugar, en la parte externa del área de producción al lado del tanque de almacenamiento de agua potable N°2. se encuentran el hidroflo y el filtro de carbón activado. En segundo lugar en la parte externa del área de producción al lado de los silos de leche se encuentran los siguientes equipos y elementos: Filtros de arena antracita, suavizador, microfiltros, lámpara U.V, ozonizador, válvulas: VZPU 01, VZPU 02, VZPU03, VZPU 04.

Imagen 17. Hidroflo **Imagen 18.** Filtro carbón activado





B.2 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACION DE AGUA.

DIRECCIÓN TÉCNICA

FECHA: OCTUBRE DE 2012

VERSION 0


PAGINA 7 DE 7

Imagen 19. Filtros de antracita **Imagen 20. Suavizador**



Imagen 21. Microfiltros y lámpara U.V. **Imagen 22. Ozonizador.**



| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.3 RANGOS DE CONTROL EN PUNTOS DE MUESTREO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 2 |

1. OBJETIVO

Establecer los rangos en los cuales debe encontrarse el agua, teniendo en cuenta las necesidades en cada uno de los puntos de muestreo.

2. ALCANCE

Se aplica este procedimiento a los puntos de control que se especifican a continuación

3. FRECUENCIA

Se realizara este procedimiento cada vez que se tomen análisis de agua en los puntos de control establecidos.


4. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de llevar a cabo este procedimiento y el analista de la planta corroborara dicha información.

5. RANGOS DE CONTROL

Tabla 16..Rangos de control en puntos de muestreo.

| PUNTOS DE MUESTREO | RANGOS DE CONTROL | |
|--|-------------------|----------------|
| | pH | Cloro residual |
| Tubería de llenado del tanque de almacenamiento de agua potable N°1. | 6.5 – 9.0 | 1,7 – 2.0 mg/l |
| Tanque de almacenamiento de agua potable N°1. | 6.5 – 9.0 | 1.5 – 1,8 mg/l |
| Salida del filtro de carbón activado. | 6.5 – 9.0 | 0 mg/l |
| Salida planta de purificación de aguas. | 6.5 – 9.0 | 0 mg/l |

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | B.3 RANGOS DE CONTROL EN PUNTOS DE MUESTREO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 2 |

5.1 MEDIDAS DECONTINGENCIA

5.1.1 Tubería de llenado del tanque de almacenamiento de agua potable N°1

Por medio de la bomba de cloración, según el procedimiento *Preparación de solución de cloro y operación de la bomba para esta etapa de cloración*, se logra la estabilidad en este punto de muestreo. Si el procedimiento no funciona, informar al supervisor el cual será el encargado de revisar las dosificaciones empleadas.

5.1.2 Tanque de almacenamiento de agua potable N°1

En este punto se debe verificar constantemente que el residual de cloro no se salga del rango establecido. Si se controla permanentemente las condiciones en las cuales llega el agua al tanque de almacenamiento de agua potable N°1, se está garantizando que en este punto se cumpla con el rango. De no ser así, se restringe el paso del agua al filtro de carbón activado, hasta que esté controlado este punto. Informar al supervisor.

5.1.3 Salida del filtro de carbón activado

Hay que verificar finalmente las condiciones en las que sale el agua de este filtro, ya que su destino será a la planta de purificación y en este punto debemos asegurarnos que los parámetros no se salgan del valor establecido. De no ser así reportar al supervisor y revisar la carga del filtro.

5.1.4 Salida planta de purificación de aguas

Como planes de contingencia en este punto, si las condiciones ameritan el hecho de desechar el agua, es necesario restringir el paso del agua al departamento de envasado. Por ello es importante detectar dichos problemas a tiempo, desde el primer punto de control y evitar pérdidas.

ANEXO C. PROCEDIMIENTOS

C.1 Procedimientos de análisis de agua

C.2 Procedimiento zona de bombeo del pozo


C.3 Procedimiento zona de potabilización de agua

C.4 Procedimiento de preparación y dosificación de químicos para la etapa de clarificación

C.5 Procedimiento de preparación de solución de cloro

C.6 Procedimiento zona de purificación de agua

C.7 Procedimiento retrolavado de filtros

| | | |
|---|---|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 |

1. OBJETIVO

Establecer la metodología llevada a cabo en la realización de los análisis de agua tratada y purificada. De esta forma llevar un control de la calidad del agua riguroso teniendo en cuenta que es agua para ser envasada y consumida por el ser humano, siendo considerado un alimento de alto riesgo epidemiológico.

2. PROCEDIMIENTO ANALISIS FISICOQUIMICOS

2.1 DETERMINACIÓN DEL pH/EC/TDS/Temperatura

Preparación inicial

Cada medidor se suministra completo con una pila de 9V. Retire la tapa del compartimiento de la pila situada en la parte posterior del medidor e instale la pila prestando atención a su polaridad.

Conecte la sonda al conector DIN hembra en la parte superior del medidor alineando las puntas e introduciendo el conector.

Retire siempre la tapa protectora del electrodo antes de realizar mediciones y asegúrese de que el medidor ha sido calibrado antes de realizar mediciones.


Conecte el medidor usando la tecla ON/OFF



➤ Mediciones de pH

Definición

La medida del pH es una de las medidas más importantes. El termino pH es usado para expresar la intensidad de la condición acida o alcalina de una solución e indica la actividad del ion hidrogeno.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 14 |

Durante el tratamiento de agua cruda, es necesario trabajar en el rango adecuado de pH, ya que los químicos dosificados requieren que se apliquen dentro de un valor establecido.

Materiales y Reactivos

Medidor combinado pH/EC/TDS/Temperatura

Sonda amplificada combinada HI 1285-5 de pH/EC/TDS/Temperatura

Vasos para muestras

Solución de almacenamiento HI 70300L

Técnica

Si se ha dejado secar la sonda, sumerja la punta en solución de almacenamiento HI 70300L durante unos minutos para reactivarla.

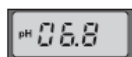
- Para realizar mediciones de pH, simplemente sumerja la punta (4cm) de la sonda a la muestra a analizar.




- Seleccione modo pH



- Agítela brevemente y espere un par de minutos a que la lectura de ajuste y estabilice. El display muestra el valor pH.



- Si se realizan mediciones sucesivas en muestras diferentes, se recomienda enjuagar (limpiar) la zona minuciosamente para eliminar la contaminación cruzada. Tras la limpieza, se recomienda enjuagar la sonda con un poco de la muestra a medir a continuación.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 3 DE 14 |

➤ **Mediciones de EC/TDS**

Técnica

- Sumerja la punta de la sonda (4cm) en la muestra a analizar. Si es posible, use vasos o contenedores de platico para minimizar toda interferencia de EMC.
- De unos ligeros toques con la sonda en el fondo del vaso para eliminar cualquier burbuja de aire que pudiera haber quedado atrapada en la punta.

El valor TDS en soluciones acuosas es directamente proporcional a la conductividad. El ratio entre los dos parámetros depende de la solución.

El equipo HI 9811-5 tiene un factor de conversión fijo establecido en 0,5. Esto significa que 1 μ S equivale a 0,5 mg/l de TDS.

- Seleccione el rango de medición adecuado (EC o TDS)

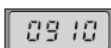



- Espere un par de minutos para que el sensor de temperatura alcance el equilibrio térmico. La pantalla mostrara entonces la medición con compensación automática de temperatura y con las indicaciones apropiadas de entre las siguientes:

El símbolo μ S indica que el medidor está en μ S/cm, modo EC



El que no haya símbolo indica que el medidor está en modo TDS



| | | |
|---|---|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 |

➤ **Mediciones de temperatura**

Técnica

- Sumerja la punta (4cm) de la sonda en la muestra a analizar.



- Seleccione modo °C



- Agítela brevemente y espere un par de minutos a que la lectura se ajuste y estabilice. El display muestra el valor de la temperatura.



Nota: si el display muestra solo un “1” en el extremo izquierdo, la lectura está fuera de rango.




Nota: Se recomienda limpiar la sonda frecuentemente con solución de limpieza HI 700661.

Nota: tras haber completado las dimensiones, se deberá desconectar el instrumento, limpiar la sonda y cubrirla con la tapa protectora.

2.3 DETERMINACION CLORO LIBRE Y CLORO TOTAL

Definición

El cloro presente en el agua se aglutina con las bacterias, dejando solo una parte de la cantidad original (cloro libre) para continuar su acción desinfectante. Si el nivel de cloro libre no es el que corresponde al pH, el agua tendrá un olor y sabor desagradables y el potencial desinfectante del cloro se verá disminuido.

| | | |
|---|---|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 |

El cloro libre reacciona con los iones de amoníaco y compuestos orgánicos hasta formar compuestos de cloro que dan como resultado una disminución de su capacidad desinfectante si la comparamos con el cloro libre.

Los compuestos de cloro junto con las cloraminas forman el cloro combinado. El conjunto de cloro combinado y cloro libre da como resultado el cloro total.

➤ **Medición cloro libre**

Materiales y reactivos

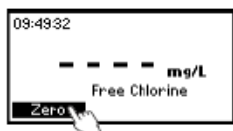
Fotómetro HI 83200-01

Cubetas para muestras

Reactivo en polvo DPD HI 93701-0

Técnica


- Seleccione el método *Cloro Libre*
- Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin tratar (hasta la marca) y ponga la tapa .
- Introduzca la cubeta en la célula de medición y cierre la tapa
- Pulse la tecla ZERO. El instrumento mostrara “-0.0-“ cuando el instrumento este a cero y listo para medición.



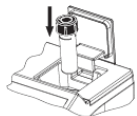
- Retire la cubeta
- Añada el contenido de un paquete de reactivo DPD. Ponga la tapa y agite



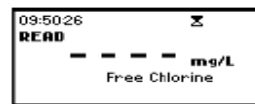
suavemente durante 20 segundos.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 6 DE 14 |

- Espere un minuto para permitir que el reactivo no disuelto se precipite e introduzca la cubeta en la célula de medición.



- Pulse TIMER y el display mostrara la cuenta atrás previa a la medición o, como alternativa, espere 1 minuto y pulse READ. Cuando la cuenta atrás finalice, el instrumento realizara la lectura. El instrumento muestra los resultados en mg/l de cloro libre.



➤ Medición cloro total

Materiales y reactivos

Fotómetro HI 83200-01


Cubetas para muestras

Reactivo en polvo DPD HI 93711-0

Técnica

- Seleccione el método *Cloro Total*
- Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin tratar (hasta la marca) y ponga la tapa

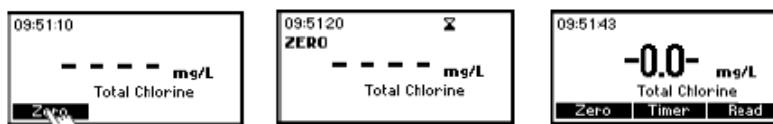


| | | |
|---|---|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 |

- Introduzca la cubeta en la célula de medición y cierre la tapa



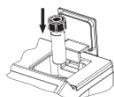
- Pulse la tecla ZERO. El instrumento mostrara “-0.0-“cuando el instrumento este a cero y listo para medición.



- Retire la cubeta
- Añada el contenido de un paquete de reactivo DPD. Ponga la tapa y agite suavemente durante 20 segundos.




- Reinserte la cubeta en el instrumento.



- Pulse TIMER y el display mostrara la cuenta atrás previa a la medición o, como alternativa, espere 2 minutos y 30 segundos y pulse READ. Cuando la cuenta atrás finalice, el instrumento realizara la lectura. El instrumento muestra los resultados en mg/l de cloro total.



| | | |
|---|---|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 |

2.5 DETERMINACIÓN DE COLOR APARENTE Y COLOR REAL

Definición

En la naturaleza no existen aguas incoloras, aunque a pequeña profundidad lo pueden parecer. La coloración del agua puede ser debida a materias orgánicas e inorgánicas disueltas en disolución coloidal. El color del agua tiene importancia desde el punto de vista estético e higiénico, ya que es un indicativo de donde procede el agua.

Materiales y reactivos

Fotómetro HI 83200-01

Cubetas para muestras

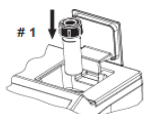
Membrana de 0,45 μ s para medición de color verdadero.

Técnica

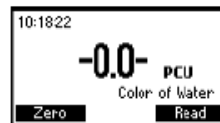
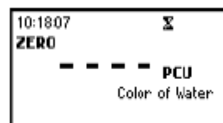
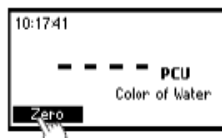
- Seleccione el método *Color del agua*
- Llene una cubeta hasta la marca con agua desionizada y ponga la tapa. Este es el blanco.



- Ponga el blanco (#1) en la célula de medición y cierre la tapa.



- Pulse la tecla ZERO. El display mostrara “-0.0-“cuando el instrumento este a cero y listo para medición.



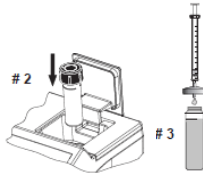


| | | |
|---|-----------|-------------------|
| C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 9 DE 14 |

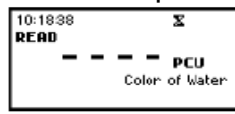
- Retire el blanco
- Llene la segunda cubeta hasta la marca con muestra sin filtrar y ponga la tapa. Este es el color aparente.



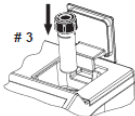
- Filtre 10 ml de muestra a través de un filtro con membrana de 0,45 μ s a la tercera cubeta, hasta la marca de 10 ml y ponga la tapa. Este es el color verdadero.
- Inserte la cubeta de color aparente (#2) en el instrumento y cierre la tapa.



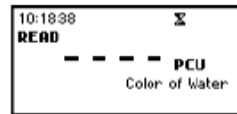
- Pulse READ para iniciar la lectura
- El instrumento muestra el valor del color aparente en PCU.




- Retire la cubeta, inserte la cubeta de color verdadero (#3) en el instrumento asegurándose de que la marca de la tapa coincida perfectamente con la ranura.



- Pulse READ para iniciar la lectura. El instrumento muestra el valor del color real en PCU.



| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 10 DE 14 |

2.6 DETERMINACIÓN HIERRO

Materiales y reactivos

Fotómetro HI 83200-01

Cubetas para muestras

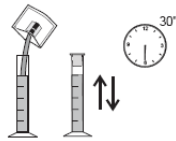
Reactivo TPTZ HI 93746-0

Técnica

- Seleccione el método hierro LR (R. Bajo)
- Llene un cilindro graduado hasta la marca de 25 ml con agua desionizada



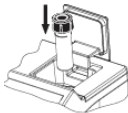
- Añada el contenido de un paquete de reactivo TPTZ, cierre el cilindro y agite vigorosamente durante 30 segundos. Este es el blanco.




- Llene una cubeta con 10 ml del blanco hasta la marca y ponga la tapa.

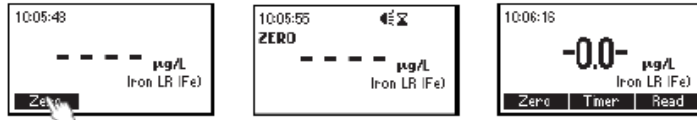


- Introduzca la cubeta en la célula de medición y cierre la tapa.

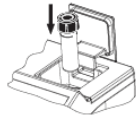


- Pulse la tecla ZERO. El display mostrara “-0,0-” cuando el instrumento este a cero y listo para medición.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TECNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 11 DE 14 |



- Retire la cubeta
- Llene otro cilindro graduado hasta la marca de 25 ml con la muestra.
- Añada el contenido de un paquete de reactivo TPTZ, cierre el cilindro y agite vigorosamente durante 30 segundos. Esta es la muestra tratada.
- Llene una cubeta con 10 ml de la muestra tratada hasta la marca y ponga la tapa.
- Inserte la muestra en el instrumento.




- Pulse TIMER y el display mostrara la cuenta atrás previa a la medición o, como alternativa, espere 30 segundos y pulse READ. Cuando la cuenta atrás finalice, el instrumento realizara la lectura.



2.7 DETERMINACION DE DUREZA TOTAL

Definición

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 12 DE 14 |

La dureza del agua está condicionada por el contenido de sales de metales alcalinotérreos calcio, magnesio, estroncio y bario, los dos últimos en trazas. La indicación de la dureza del agua se refiere solamente al calcio, esto es, que también el contenido de los iones de magnesio se exprese como contenido en calcio.

La valoración se realiza con una solución de EDTA que reacciona con las sales de calcio y magnesio.

El indicador de negro de ericromo en presencia de sales de calcio y magnesio reacciona formando un compuesto de color rojo y el viraje es de coloración azul.

Materiales y reactivos

Kit de dureza

1 frasco de indicador mixto. Reactivo N°1


1 Frasco de solución valorante. Reactivo N°2

Celda de análisis

Técnica

- Enjuagar la celda de análisis con el agua a analizar.
- Adicionar el agua en un beaker hasta 5 ml.
- Adicionar 2 gotas de reactivo N°1 (Indicador), la solución toma una coloración verdosa.
- Adicionar gota a gota el reactivo N°2 (solución valorante) y agitar constantemente hasta viraje de color a color azul permanente.
- Determinar la dureza total basados en la siguiente fórmula:

Dureza total (ppm CaCO_3) = N° gotas adicionadas de reactivo N°2 x 7.92.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 13 DE 14 |

2.8 DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD

Definición

La turbidez se define como una mezcla que oscurece o disminuye la claridad natural o transparencia del agua, o, en términos más técnicos, como una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz se disperse y absorba un lugar de transmitirse en línea recta a través del agua.

Es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos; tales partículas varían en tamaño desde 0,1 a 1,000 nm (nanómetros) de diámetro.

Materiales y reactivos

Turbidímetro portátil HI 98703

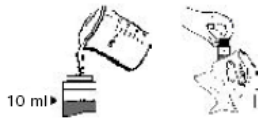
Cubetas de muestras

Técnica


- Conecte el instrumento pulsando ON/OFF
Cuando el LCD muestre guiones, el instrumento está listo.



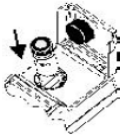
- Llene una cubeta limpia y seca con 10 ml de muestra hasta la marca, teniendo cuidado de sujetar la cubeta por la parte superior.



- Coloque la tapa
- Limpie la cubeta minuciosamente con un paño sin pelusa para eliminar huellas dactilares, suciedad o manchas de agua.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.1 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 14 DE 14 |

- Aplique aceite siliconico sobre la cubeta y límpiela con un paño sin pelusa para obtener una película uniforme sobre toda la superficie de la cubeta.
- Coloque la cubeta en el instrumento. Alinee la marca de la cubeta con la señal en la parte superior del instrumento y cierre la tapa.




- Pulse READ para iniciar la medición. El display mostrara guiones parpadeantes y los iconos de cubeta, detectores y lámpara aparecerán durante la medición.



- Al final de la medición, el instrumento muestra directamente la turbidez en NTU.



| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.2 PROCEDIMIENTO ZONA DE BOMBEO DEL POZO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 3 |

1. OBJETIVOS

- ✓ Extraer el agua del pozo profundo.
- ✓ Someter el agua a contacto con el aire para producir la oxidación, eliminación de hierro y malos olores.
- ✓ Almacenar el agua en tanques para posteriormente, enviarla a la planta de potabilización cuando esta lo quiera.

2. FRECUENCIA

Se realizara este procedimiento mínimo una vez por día, y se efectuara con más frecuencia de acuerdo a la demanda que la planta presente en determinado momento.


3. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de realizar la extracción del agua del pozo por medio de la bomba de extracción, pasar el agua al sistema de aireación y almacenar el agua en los tanques de almacenamiento N°1 y N°2 de aguas crudas y enviar el agua a la zona de potabilización de agua.


4. PROCEDIMIENTO

1. Verificar lo siguiente:


- Que la válvula VZBO 01 se encuentre abierta.
- Que la válvula VZBO 02 se encuentre cerrada.
- Que los tacos del tablero de control N°1 se encuentren activos.
- Que las tapas de los tanques de almacenamiento de agua cruda N°1 y N°2 se encuentren cerradas.
- Que las mallas de los tanques estén completamente estiradas hasta la superficie del tanque.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.2 PROCEDIMIENTO ZONA DE BOMBEO DEL POZO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 3 |

- Que los desagües de los tanques de almacenamiento de agua cruda este cerrados. VZBOD 01, VZBOD 02, VZBOD 03, VZBOD 04.
2. En el cuadro de registro anotar:
 - Hora de inicio de bombeo
 - Contador inicial (número que marca el contador al iniciar el proceso).
 3. Encender el botón de control de la bomba de extracción (Bomba de agua N°1) en automático.
 4. Dejar salir agua hacia el pozo durante 3 minutos.
 5. Con un tubo de ensayo tomar una muestra y observar si el agua contiene solidos o no. Si contiene solidos deje salir más agua hacia el pozo, si no, pase al siguiente punto.
 6. Verificar que la válvulasolenoideVZBOS 01 esté funcionando (apaga automáticamente la bomba de extracción cuando el tanque de almacenamiento de agua cruda N°2 se llena).
 7. Cerrar la válvula VZBO 01
 8. Abrir la válvula VZBO 02. Verificar que esté funcionando.
 9. La bomba N°2 ubicada en esta zona de bombeo, está encendida en automático (envía agua del tanque de almacenamiento de agua cruda N°2 al tanque floculador).
 10. La válvula solenoide VZBOS 02 esté funcionando. Ubicada en el tanque de almacenamiento de agua cruda N°2 (apaga automáticamente la bomba N°2 cuando el tanque de almacenamiento de agua cruda N°2 se vacía)

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.2 PROCEDIMIENTO ZONA DE BOMBEO DEL POZO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 3 DE 3 |

11. Tome una muestra de agua en el frasco para toma de muestras, extraída en el tanque de la torre de aireación (tanque de almacenamiento de aguas crudas N°1).
12. Inmediatamente entregar la muestra al analista químico y anotar en el cuadro de control los resultados obtenidos.
13. Al finalizar el proceso, anote en el cuadro de registro lo siguiente:
 - Hora de terminación del proceso
 - Tiempo total del proceso (hora inicial – hora final)
 - Contador final (número que marca el contador al finalizar el proceso)
 - Calcule el total de agua extraída (contador final – contador inicial)
14. Apague el interruptor de la bomba de extracción. (Bomba N°1)
15. Baje los tacos del tablero general de control. (Tablero de control N°1)
16. Barra y recoja la mugre y suciedad que se pueda encontrar en la caseta.
17. Cierre con candado la puerta de acceso a la caseta.
18. Asegure con candado la puerta de acceso a la zona de bombeo del pozo.

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | C.3 PROCEDIMIENTO ZONA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 2 |

1. OBJETIVO

- ✓ Eliminar el contenido de solidos disueltos en el agua.
- ✓ Eliminar la carga bacteriana del agua.
- ✓ Proveer de agua potable a la planta.

2. FRECUENCIA

Se realizara este procedimiento mínimo una vez por día, y se efectuara con más frecuencia de acuerdo a la demanda que la planta presente en determinado momento.

3. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de realizar el proceso de potabilización.

4. REQUISITOS GENERALES

El llenado del tanque de sedimentación se realizara de manera simultánea con la adición del químico requerido para el tratamiento de volumen de agua bombeado según el valor de *Dosificación de sulfato de aluminio* establecido en el *Procedimiento de Preparación y dosificación de sulfato de aluminio para la etapa de clarificación*.

Se debe tener preparado tanto la dosificación de sulfato de aluminio como la dosificación de cloro, establecida en *Procedimiento de Preparación y dosificación de cloro* para esta etapa de potabilización.


Finalmente se debe completar el registro de *Inventario de productos químicos*.

5. PROCEDIMIENTO

1. Verificar lo siguiente:

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | C.3 PROCEDIMIENTO ZONA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 2 |

- Las válvulas de desagüe se encuentren cerradas: VZPOD 01, VZPOD 02, VZPOD 03, VZPOD 04.
 - Estén listos los tanques dosificadores de sulfato de aluminio y cloro. Según los procedimientos establecidos.
 - Las bombas dosificadoras de sulfato y cloro estén funcionando, esta última enviara cloro a través de la tubería que esta entre el filtro de arena antracita y el tanque de almacenamiento de agua potable N°1.
 - La bomba N°3 este encendida en automático (envía el agua del tanque de balance a los filtros de arena antracita).
 - La válvula solenoide VZPO 01 esté funcionando (apaga la bomba dosificadora de sulfato cuando el tanque de floculación se llena)
 - La válvula solenoide VZPO 02 esté funcionando (apaga la bomba N°3 cuando el tanque de balance se vacía)
 - La válvula solenoide VZPO 03 ubicada en el tanque de almacenamiento de agua potable N°1 esté funcionando (apaga la bomba dosificadora de cloro cuando el tanque este lleno)
2. Encienda el sistema en el tablero de control N°2.
3. Con el tubo de ensayo, en los puntos de muestreo (tubería de llenado del tanque de almacenamiento de agua potable N°1 y tanque de almacenamiento de agua potable N°1), tome una muestra para cada uno y verifique que el pH y cloro residual estén en el rango de control y si no lleve a cabo las medidas de contingencia. Lo anterior se describe en el documento *C.3 Rangos de control en puntos de muestreo*.
4. Con el frasco para toma de muestras, tome una muestra en el tanque de almacenamiento de agua potable N°1 y envíela al analista químico.
5. Llenar el registro de control de labores realizadas.
6. Al terminar el turno verificar que:
- La bomba N°3 este apagada.
 - Las tapas de los tanques de floculación y almacenamiento de agua potable estén cerradas.

| | | | |
|---|--|--------------------------|----------------------|
|  | <p>C.4 PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO.</p> | <p>DIRECCIÓN TÉCNICA</p> | |
| | <p>FECHA: OCTUBRE DE 2012</p> | <p>VERSION 0</p> | <p>PAGINA 1 DE 2</p> |

1. OBJETIVO

- ✓ Preparar correctamente la solución de coagulante establecido de acuerdo a la dosificación optima encontrada por prueba de jarras y con las cuales se garantiza la adición de productos químicos durante todo el tiempo de llenado del tanque de sedimentación.
- ✓ Establecer la *Tabla de dosificación de sulfato de aluminio*.

2. FRECUENCIA

Se realizara este procedimiento cada vez que se realice el llenado del tanque de sedimentación con fines de clarificación.

3. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de realizar la preparación y dosificación de químicos necesarios.

4. REQUISITOS GENERALES

Contar siempre con la tabla de dosificación de sulfato de aluminio, en el momento de realizar la preparación de los mismos y disponer de los utensilios necesarios para medir exactamente las cantidades requeridas de coagulante.

5. PROCEDIMIENTO

1. Una vez se tienen establecidos el caudal del proceso y de la bomba y se tiene la concentración óptima de coagulante según la prueba de jarras (25 mg/l). Se procede a establecer la tabla de dosificación de sulfato de aluminio tipo A al 17% para el tanque dosificador.



| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.4 PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 2 |

Tabla 17. Dosificación de sulfato de aluminio tipo A.

| Tiempo de operación (h) | Volumen de agua a tratar (L) | Nivel del agua en TP1 (cm) | Volumen de agua en TP1 (L) | Sulfato de aluminio agregado (kg) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1,0 | 1816,12 | 10 | 36,86 | 2,39 |
| 1,5 | 2724,18 | 15 | 55,29 | 3,58 |
| 2,0 | 3632,24 | 20 | 73,72 | 4,78 |
| 2,5 | 4540,3 | 25 | 92,15 | 5,97 |
| 3,0 | 5448,36 | 30 | 110,58 | 7,17 |
| 3,5 | 6356,42 | 35 | 129,01 | 8,36 |
| 4,0 | 7264,48 | 40 | 147,44 | 9,56 |
| 4,5 | 8172,54 | 45 | 165,88 | 10,75 |
| 5,0 | 9080,6 | 50 | 184,31 | 11,95 |
| 5,5 | 9988,66 | 55 | 202,74 | 13,14 |
| 6,0 | 10896,72 | 60 | 221,17 | 14,34 |
| 6,5 | 11804,78 | 65 | 239,60 | 15,53 |

2. Preparar la solución de acuerdo a los valores reportados leídos en la tabla.
3. Llenar los siguientes registros:
 - ✓ Registro N°5, Inventario de productos de dosificación
 - ✓ Registro N°1, Control de labores realizadas

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.5 PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE CLORO | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 1 |

1. OBJETIVO

- ✓ Preparar correctamente la solución de cloro que se aplicara durante la etapa de cloración.
- ✓ Graduar por medio de la bomba dosificadora, la cantidad de solución de cloro requerida por el agua tratada que va a ser almacenada.

2. FRECUENCIA

Se aplica este procedimiento al agua tratada que se dispone a ser almacenada en los tanques de almacenamiento.


3. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de verificar que la bomba dosificadora de la solución de cloro esté operando de manera adecuada, de tal forma, que satisfaga los requerimientos de cloro establecidos para el agua que se recolecta en los tanques de almacenamiento.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 SOLUCION DE CLORO GRANULADO

1. Pesar 122,5g de cloro granulado.
2. Adicionar esta cantidad a un volumen de 240 litros de agua tratada. Agitar y mezclar bien haciendo uso del sistema de agitación implementado para dicho fin. Encender este sistema.
3. Completar el registro N°5, inventario de productos de dosificación al tanque de sedimentación. De igual forma llenar el registro N°1, control de labores realizadas.

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.6 PROCEDIMIENTO ZONA DE PURIFICACION DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 2 |

1. OBJETIVOS

Entregar a producción un agua pura con los más altos estándares de calidad y lista para ser envasada.

2. RESPONSABILIDAD

El operario de turno es el responsable de realizar este procedimiento.

3. PROCEDIMIENTO

1. Verifique que:


- La válvula selenoide N°7 ubicada en el tanque de almacenamiento de agua potable N°2 esté funcionando (apaga la bomba N°4 cuando el tanque de almacenamiento de agua potable se desocupa)
- La presión del hidroflo se encuentre entre 60 y 80 psi. (Si no es así avisar al supervisor)
- Que las válvulas del hidroflo se encuentren así:

| | |
|---------------|---------------|
| VH 1. Abierta | VH 2. Cerrada |
| VH 3. Cerrada | VH 4. Abierta |
| VH 5. Cerrada | VH 6. Cerrada |
- Las válvulas VPPTO 1. Y VPPTO 2. Se encuentran cerradas.
- Que las válvulas de la zona de purificación se encuentren así:

| | | |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| ✓ VPPF 1.1. Cerrada | VPPF 1.2. Cerrada | VPPF 1.3 Abierta |
| VPPF 1.4. Cerrada | VPPF 2.1. Abierta | VPPF 2.2 Cerrada |
| VPPF 2.3. Abierta | VPPF 2.4. Cerrada | |
| ✓ VPPSC 1.1. Abierta | VPPSC 1.2. Cerrada | VPPSC 1.3. Abierta |
| ✓ VPP 1. Cerrada | VPP 2. Cerrada | |

| | | | |
|---|---|-----------|-------------------|
|  | C.6 PROCEDIMIENTO ZONA DE PURIFICACION DE AGUA. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 2 |

2. Encienda el hidroflo
3. Realice el retrolavado de la planta de purificación. Ver procedimiento *Retrolavado planta de purificación.*
4. Encienda la lámpara de luz ultravioleta.
5. Encienda la bomba del ozonizador.
6. Abra la válvula VPP 2.
7. Abra la válvula VPPF 1.1
8. Tome una muestra y envíela al analista químico.
9. Cierre la válvula VPP 2.
10. Abra la válvula VPP 1.
11. Finalmente tome una muestra del agua que sale de la planta de purificación. Envíela al analista químico. Allí se tomara la decisión de mandar el agua a producción para ser envasada.

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | C.7 PROCEDIMIENTOS RETROLAVADO DE FILTROS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 1 DE 2 |

1. OBJETIVO

Remover la mayoría de los sólidos adheridos en la superficie del lecho del filtro, cuando este se encuentre saturado.

2. FRECUENCIA

Para los filtros de antracita, se realizara este procedimiento si la turbidez del agua sobrepasa 2 UNT. Para el filtro de carbón activado se hará si los parámetros medidos (cloro residual) a la salida de este se salen del rango.

3. RESPONSABILIDAD


El operario de turno es el responsable de llevar a cabo el retrolavado de filtros.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Retrolavado filtros arena antracita

Este procedimiento se lleva a cabo automáticamente.

1. Verificar que:
 - Haya suficiente agua en el tanque de balance para realizar esta labor
 - Que la bomba N°3 se encuentre encendida
 - Que la válvula de desagüe VZPOD 01 se encuentre abierta.
2. Ender el sistema en automático, accionando el botón verde del tablero de control N°2 y dar paso al retrolavado.
Lo que se realiza es pasar flujo por los filtros en sentido contrario, retirando lodos y solidos acumulados.
3. Realizar este retrolavado hasta que el agua salga cristalina.
4. Completar la hoja de registro N°1 de control de labores realizadas.

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | C.7 PROCEDIMIENTOS RETROLAVADO DE FILTROS. | | DIRECCIÓN TÉCNICA |
| | FECHA: OCTUBRE DE 2012 | VERSION 0 | PAGINA 2 DE 2 |

4.2 Retrolavado de filtro de carbón activado.

1. verificar que:

- La bomba N°4 se encuentre apagada.
- Las válvulas del hidroflo se encuentren así:

- VZPUH 01 Cerrada - VZPUH 02 Abierta
- VZPUH 03 Abierta - VZPUH 04 Cerrada
- VZPUH 05 Cerrada - VZPUH 06 Cerrada

2. La válvula solenoide VZPOS 04 ubicada en el tanque de almacenamiento de agua potable N°2 esté funcionando. (Apaga la bomba N°4 cuando el tanque se desocupa).

3. Encienda la bomba N°4.

4. Realice este proceso hasta que el agua salga cristalina.

5. Finalmente deje las válvulas listas para continuar con los post procesos.

- VZPUH 01 Abierta - VZPUH 02 Cerrada
- VZPUH 03 Cerrada - VZPUH 04 Abierta
- VZPUH 05 Cerrada - VZPUH 06 Cerrada

6. Completar la hoja de registro N°1 de control de labores realizadas.

ANEXO D. FORMATOS DE TABLAS Y REGISTROS

- D.1**Control de labores realizadas
- D.2**Lectura de los contadores del pozo
- D.3**Control de labores de mantenimiento
- D.4**Control de jornadas de saneamientos de la planta
- D.5**Registro de capacitación y/o entrenamiento
- D.6**Seguimiento de muestras de respaldo
- D.7**Prueba de demanda de cloro
- D.8**Registro de entrega de elementos de protección personal
- D.9**Turnos asignados
- D.10**Análisis diarios de parámetros fisicoquímicos del agua
- D.11** Reporte resultados análisis fisicoquímicos
- D.12** Hoja de reporte de resultados
- D.13**Monitoreo del agua en cada punto de muestreo
- D.14**Inventario de productos de clarificación



D.3 CONTROL DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO

| Fecha y Hora | Maquina / Equipo | Descripción de Servicio |
|---------------------------|------------------|-------------------------|
| | | |
| Observaciones Generales: | | |
| | | |
| Quien realiza el servicio | Supervisor | |
| | | |



D.3 CONTROL DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO

| Fecha y Hora | Maquina / Equipo | Descripción de Servicio |
|---------------------------|------------------|-------------------------|
| | | |
| Observaciones Generales: | | |
| | | |
| Quien realiza el servicio | Supervisor | |
| | | |



D.4 CONTROL DE JORNADAS DE SANEAMIENTO DE LA PLANTA

| | | | |
|---------------------|--|---------------------|--|
| Fecha | | | |
| Descripción Jornada | | | |
| Producto | | Cantidad de químico | |
| Observaciones | | | |
| Responsable | | | |



D.4 CONTROL DE JORNADAS DE SANEAMIENTO DE LA PLANTA

| | | | |
|---------------------|--|---------------------|--|
| Fecha | | | |
| Descripción Jornada | | | |
| Producto | | Cantidad de químico | |
| Observaciones | | | |
| Responsable | | | |

D.5



REGISTRO DE CAPACITACION E/O
ENTRENAMIENTO

| FECHA: | | | | |
|--------------------------|--------|-------|-------|-------------|
| OBJETIVO: | | | | |
| TEMA: | | | HORA: | |
| DOCENTE: | | | | |
| PARTICIPANTES | | | | |
| Nº | NOMBRE | CARGO | FIRMA | OBSERVACION |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| COMENTARIOS ADICIONALES: | | | | |



D.7 PRUEBA DE DEMANDA DE CLORO
 Proveedor _____

| Prueba | FECHA | | | FECHA | | |
|--------|-----------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|---------------|
| | Concentración ppm cl2 | Cloro residual libre | Observaciones | Concentración ppm cl2 | Cloro residual libre | Observaciones |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |



D.7 PRUEBA DE DEMANDA DE CLORO
 Proveedor _____

| Prueba | FECHA | | | FECHA | | |
|--------|-----------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|---------------|
| | Concentración ppm cl2 | Cloro residual libre | Observaciones | Concentración ppm cl2 | Cloro residual libre | Observaciones |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |



D.9 TURNOS ASIGNADOS

Desde _____ Hasta _____

| Jornada | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 6:00 am - 2:00 pm | | | | | | |
| 2:00 pm - 10:00 pm | | | | | | |
| 10:00 pm - 6:00 am | | | | | | |

| Jornada | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 6:00 am - 2:00 pm | | | | | | |
| 2:00 pm - 10:00 pm | | | | | | |
| 10:00 pm - 6:00 am | | | | | | |

| Jornada | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 6:00 am - 2:00 pm | | | | | | |
| 2:00 pm - 10:00 pm | | | | | | |
| 10:00 pm - 6:00 am | | | | | | |

| Jornada | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 6:00 am - 2:00 pm | | | | | | |
| 2:00 pm - 10:00 pm | | | | | | |
| 10:00 pm - 6:00 am | | | | | | |

| Jornada | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 6:00 am - 2:00 pm | | | | | | |
| 2:00 pm - 10:00 pm | | | | | | |
| 10:00 pm - 6:00 am | | | | | | |



D.11 REPORTE DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

| PUNTO DE TOMA: | | | Grifo salida agua pozo | | Tanque N°1 | | Tanque sedimentación | | Tanque N°3 | | Tanque ozonización | |
|----------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|-------------|
| Característica | Expresada como | Valor máx. aceptable | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico | Valor obtenido | Diagnóstico |
| pH | 0 a 14 | 6,5 –9,0 | | | | | | | | | | |
| Color | UPC | 15 UPC | | | | | | | | | | |
| Olor | A/N.A | Aceptable | | | | | | | | | | |
| Conductividad | µs/cm | 1000 µs/cm | | | | | | | | | | |
| Turbiedad | UNT | 2 UNT | | | | | | | | | | |
| Nitritos | mg/l NO ₂ ⁻¹ | 0,1 mg/L | | | | | | | | | | |
| Cloruros | mg/l Cl ⁻ | 250 mg/L | | | | | | | | | | |
| Sulfatos | mg/l SO ₄ ⁻² | 250 mg/L | | | | | | | | | | |
| Hierro total | mg/l Fe | 0,30 mg/L | | | | | | | | | | |
| Dureza total | mg/l CaCO ₃ | 300 mg/L | | | | | | | | | | |
| Cloro R.L | mg/l C.R.L | 0,3- 2,0 mg/l | | | | | | | | | | |
| S.D.T | ppm | _____ | | | | | | | | | | |



D.14 INVENTARIO INSUMO DE CLARIFICACIÓN

| | Coagulante: Sulfato de aluminio | | | | |
|----|---------------------------------|------------------|-----------------|--------------|---------------|
| | Fecha | Cantidad inicial | Consumo parcial | Saldo actual | Observaciones |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |

Revisado por: _____