

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

**PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN EL DISTRITO DE AYNA (LA
MAR–AYACUCHO) Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
EN EL DISTRITO DE KIMBIRI (LA CONVENCIÓN–CUSCO)**

PRESENTADO POR: BACHILLER VLADIMIR RAMÍREZ MARTÍNEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AYACUCHO – PERÚ

2019

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	5
1.1 Descripción general	5
1.2 Ubicación, geografía y política	7
1.3 Vías de comunicación	12
1.4 Población, número de personas beneficiarias	12
1.5 Aspectos geográficos	12
1.5.1 Altitud	12
1.5.2 Clima	13
1.5.3 Topografía	13
1.5.4 Aspectos ambientales	13
1.5.5 Ecología	14
1.6 Organización de la Municipalidad de Ayna San Francisco-Ayacucho	15
1.7 Organización de la Municipalidad de Kimbiri-Cusco	16
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1 Distribución del agua en la naturaleza	17
2.1.1 Constitución de la hidrósfera	17
2.1.2 El ciclo hidrológico	18
2.2 Usos y características del agua potable	20
2.2.1 Usos del agua	20

2.2.2 Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano	22
2.3 Sistemas de abastecimiento de agua potable	28
2.3.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad	28
2.3.2 Sistema de abastecimiento de agua por bombeo	28
2.4 Consideraciones para seleccionar sistemas de abastecimiento de agua	29
2.4.1 Consideraciones técnicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua	30
2.4.1.1 Dotación	30
2.4.1.2 Fuente	30
2.4.1.3 Rendimiento de la fuente	30
2.4.1.4 Ubicación de la fuente	30
2.4.2 Consideraciones sociales para la selección del sistema de abastecimiento de agua	30
2.4.2.1 Categoría de la población	30
2.4.2.2 Características de la población	31
2.4.2.3 Tipo de servicio	31
2.4.3 Consideraciones económicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua	31
2.5 Procesos unitarios de tratamiento	32
2.5.1 Proceso de mezcla	32
2.5.2 Coagulación-floculación	32
2.5.3 Sedimentación	34
2.5.4 Filtración	39
2.5.5 Desinfección	44

CAPITULO III PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE AYNA-SAN FRANCISCO	50
3.1 Captación y conducción	50
3.2 Medidor de caudal: canaleta Parshall	50
3.3 Cámara de mezcla rápida	51
3.4 Cámara de mezcla lenta o coagulación	52
3.5 Decantación	53
3.6 Sedimentación	54
3.7 Filtración	55
3.8 Desinfección	56
3.9 Reservorios	57
3.10 Reacciones químicas en el proceso de tratamiento de agua potable	58
3.11 Balance de materia en la planta de tratamiento de agua (marzo 2013)	59
3.12 Balance de materia en función de sulfato de aluminio	59
CAPÍTULO IV PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE KIMBIRI, Y SU MANTENIMIENTO	64
4.1 Captación y conducción	64
4.2 Embalse	65
4.3 Medidor de caudal: canaleta Parshall	65
4.4 Cámara de mezcla rápida	66
4.5 Cámara de mezcla lenta o coagulación	66
4.6 Decantación	67
4.7 Sedimentación	67
4.8 Filtración	68
4.9 Desinfección	69

4.10 Reservorios	69
4.11 Reacciones químicas en el proceso de tratamiento de agua potable	70
4.12 Balance de materia de la planta de tratamiento de agua	71
4.13 Balance de materia en función de sulfato de aluminio	72
CAPÍTULO V CONTROL DE CALIDAD DE AGUA	76
5.1 Generalidades	76
5.2 Control de calidad	77
5.3 Funciones del área de control de calidad	79
5.4 Evaluación fisicoquímico y microbiológica	80
5.5 Parámetros de evaluación de control de calidad	83
5.5.1 Turbiedad (método nefelométrico)	84
5.5.2 Potencial de hidrógeno (pH)	85
5.5.3 Conductividad	85
5.5.4 Temperatura	86
5.5.5 Acidez (CO ₂)	86
5.5.6 Alcalinidad	88
5.5.7 Dureza total	90
5.5.8 Dureza cálcica y magnésica	91
5.5.9 Determinación de cloro residual	93
CAPÍTULO VI APORTES	94
6.1 Participación en la puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua del distrito de Ayna San-Francisco-Ayacucho	94
6.2 Área de control de calidad	95
Determinación de aluminio en agua para consumo humano por espectrofotometría	95
6.3 Área de procesos: Determinación de dosis óptima de sulfato de aluminio utilizando	

la prueba de jarras	96
6.4 Área de control de calidad: Determinación de la dosis óptima de cloro	97
6.5 Participación en la elaboración del Plan Operativo de Seguridad	97
6.6 Participación en la elaboración e implementación de un plan de capacitación para operadores de plantas de tratamiento de agua	98
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXO 1	105
Participación en la puesta en marcha de la planta de tratamiento del distrito de Ayna-San Francisco-Ayacucho	105
1.1 Personal requerido	105
1.2 Aspectos de puesta en marcha (Inspección preliminar de la planta)	106
ANEXO 2	110
Determinación de aluminio en agua para consumo humano por espectrofotometría	110
2.1 Fundamento teórico	110
2.2 Guía para la determinación de aluminio	110
2.3 Materiales e instrumentos	111
2.4 Curva de calibración	113
ANEXO 3	114
Área de procesos: Determinación de dosis óptima de sulfato de aluminio utilizando la prueba de jarras	114
3.1 Equipo	114
3.2 Procedimiento	114
ANEXO 4	118

Control de calidad: Determinación de la dosis óptima de cloro	118
4.1 Fundamento teórico	118
4.2 Materiales y reactivos	118
4.3 Procedimiento	119
4.4 Resultados	119
ANEXO 5	121
Manual de elaboración del plan operativo de seguridad	121
5.1 Fundamento teórico	121
5.2 Definiciones	121
5.3 Marco legal	122
5.4 Descripción del local	122
5.5 Plan operativo de seguridad	122
5.6 Instrucciones sobre seguridad	124
5.7 Primeros auxilios	127
ANEXO 6	128
Manual de un plan de capacitación para operadores de plantas de tratamiento de agua	128
Introducción	128
6.1 Aspectos biológicos de calidad del agua	128
6.2 Tratamiento de agua	131
6.3 Aeración del agua	133
6.4 Coagulación	134
6.5 Dosificadores	137
6.6 Cámaras de mezcla	139
6.7 Decantadores	140
6.8 Filtración	140

6.9 Desinfección	142
ANEXO 7	145
PANEL DE FOTOGRAFIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA - KIMBIRI	145
ANEXO 8	149
REPORTES DEL CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE AYNA-SAN FRANCISCO Y DEL DISTRITO DE KIMBIRI	149

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más por su amor.

En especial a mis dos hijos Thiago V. y Mía E. los más valiosos que Dios me pudo dar y que son mi principal motivación e inspiración para seguir adelante y crecer profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

A las autoridades y trabajadores de la Municipalidad distrital de Ayna San Francisco y Kimbiri, por la confianza brindada a mi persona.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron durante el desarrollo de mi formación profesional.

Al Ing. Bernardo Enciso, por su apoyo en la redacción y corrección del presente informe.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial, aunado a la escasez de las fuentes de suministro de agua especialmente en las zonas urbanas, ha establecido la preponderancia de una mayor dependencia del uso del agua incrementando sus costos de captación, transporte, tratamiento y distribución. Ha hecho que la relación del recurso hídrico y la sostenibilidad desarrollen una “nueva cultura del agua”, mediante nuevos modelos de gestión hídrica, por lo que la toma de decisiones debe ir más allá de una gestión eficiente, así como todos los subsistemas interdependientes que componen el conjunto de ríos, lagos, humedales y acuíferos que, además de suministrar el recurso, conforma un patrimonio con un capital natural que albergue vida y produce servicios ambientales para el bienestar social.

Debe comprender un enfoque que exhiba y ponga de manifiesto las interacciones de los sistemas fluviales y la gestión del recurso, por lo que debe ampliarse con una visión integral, holística y reforzar la visión eco-sistémica, es decir, que atienda los problemas de equidad entre los demandantes y la disponibilidad hídrica u oferta de la misma, a través de una legislación que especifique las bases del uso en el presente sin comprometer el suministro en el futuro a los diversos usuarios y lo concerniente a la sistemática y complejidad de la funcionalidad de la cuenca hidrográfica.

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, en este contexto era necesario actualizar el "reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano", tarea que el 26 de setiembre del 2010 a través del D.S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada. Este nuevo Reglamento, no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también les asigna nuevas y mayores responsabilidades a los gobiernos regionales, respecto al tratamiento y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

El problema de salud pública y la falta de servicio de agua potable en ésta y otras provincias de nuestro país, conlleva a que se planten como medidas de solución la construcción de planta de tratamiento de agua, evaluando costos de construcción, operación y mantenimiento, hecho que armoniza con los objetivos de desarrollo del país.

El objetivo de los gobiernos locales es mejorar la calidad de vida de los habitantes de su entorno a través de la evaluación continua la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), debido a que según la revisión bibliográfica realizada, el índice de riesgo por la calidad de agua es alto, lo que podría representar una de las causas de enfermedades de tipo gastrointestinales, es por ello que la necesidad de prevenir la baja calidad del agua y de

llevar a los administradores de este servicio a mejorar su calidad de la misma por medio del mejoramiento de la PTAP.

El presente informe es el resultado de mi experiencia desarrollada en las municipalidades de Ayna San Francisco y Kimbiri en el periodo comprendido de enero 2013 y diciembre 2015.

El funcionamiento de las plantas de tratamiento comprende la captación, la conducción la potabilización, el almacenamiento la distribución, abastecimiento del agua potable a la población y mantenimiento de los sistemas.

Establecer los lineamientos para elaborar un plan estratégico en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento

En concordancia con lo expuesto se presentan las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas realizadas tanto a la fuente de la cual se capta, como al agua durante el tratamiento en la PTAP.

OBJETIVOS

Objetivo General

1. Describir el proceso de potabilización de agua en el distrito de Ayna (La Mar–Ayacucho) y el mantenimiento del sistema de agua potable en el distrito de Kimbiri (La Convención–Cusco), lugares donde fui responsable del funcionamiento de las mencionadas plantas de potabilización de agua.

Objetivos Específicos

1. Especificar las operaciones del proceso de tratamiento de agua en las plantas de Ayna (La Mar–Ayacucho) y Kimbiri (La Convención–Cusco), para la obtención de agua potable de buena calidad de acuerdo con las normas vigentes.
2. Mostrar los resultados de los análisis organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron en las mencionadas plantas de tratamiento de agua potable.
3. Explicar los sistemas de control de calidad y mantenimiento de las correspondientes plantas de tratamiento de agua potable de acuerdo a las normas establecidas y además los aportes que realicé en las mismas.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Los distritos de Ayna San Francisco y Kimbiri, cuentan con nuevas plantas de tratamiento de agua potable, que fueron inaugurados en enero 2013 y marzo de 2010, respectivamente. Los cuales cuentan con un proceso de purificación acorde con las grandes ciudades, contando para ello con un sistema de filtro rápido, una sala de cloración, sala dosificadora de sustancias químicas y un laboratorio de análisis físico químico y bacteriológico.

Esta nueva planta como cualquier otra, requiere de un proceso de operación y mantenimiento frecuente a fin de garantizar el servicio para la cual fue instalada y proyectada. Por lo que se ha venido incrementando el número de personas, recursos, a la fecha se viene realizando su mantenimiento cada veinte días normalmente, contando para ello con un presupuesto municipal que respalda las labores realizadas.

Uno de los principales problemas que conlleva al mantenimiento de la planta, es la falta de conciencia de los pobladores en el uso incorrecto del servicio, observándose pérdidas por el mal estado de las instalaciones en sus domicilios y el uso para otros fines que no son domésticos, así mismo el uso inadecuado de alcantarillas que tienden a obstruirse, por la irresponsable disposición de todo tipo de desperdicios y desechos. Por ello se debe controlar y limpiar permanentemente los buzones para evitar posibles colapsos de los mismos.

El clima y topografía de la zona también afectan las estructuras, por ello es necesario un constante desbroce de la vegetación y limpieza del terreno de las instalaciones del sistema de agua potable y alcantarillado, también se requiere el permanente mantenimiento en los procesos de captación, en los equipos desarenadores, pre sedimentadores, filtros, reservorio y la distribución de agua a la ciudad, mediante el control y regulación de válvulas. Sobre todo, en tiempo de crecida donde los caudales y torrentes tienden a deteriorar y obstruir algunos puntos, debiéndose en algunos casos cerrar los puntos de captación por la cantidad de sedimentos que traen consigo.

En la parte del sistema de alcantarillado con que cuenta las ciudades es necesario realizar el mantenimiento preventivo a fin de evitar las obstrucciones y roturas de las tuberías y prolongar el tiempo de vida útil de las mismas, especialmente en los tramos donde se tiene la pendiente mínima, es necesario también el cambio de las tuberías y buzones, algunos de los cuales se encuentran deteriorados por el esfuerzo de soportar cargas máximas de vehículos pesados.

La falta de este servicio de mantenimiento provocaría, la merma de la calidad de agua que consume la población, volviendo a situaciones anteriores de casos epidemias, como cólera y tifoidea, entre otras enfermedades endémicas.

En la actualidad las ciudades de Ayna San Francisco alberga aproximadamente 4,500 habitantes, equivalente a 980 viviendas y Kimbiri 8,000 habitantes, equivalentes a 1,354 viviendas. Asimismo, la capacitación técnica y administrativa del personal favorecerá a las comunidades ubicadas en el distrito de Ayna San Francisco y Kimbiri. Las labores realizadas en las comunidades comprenden la frecuente enseñanza y supervisión de los sistemas, tanto de agua y alcantarillado, realizado conjuntamente con el personal encargado de la zona, las labores de limpieza y mantenimiento de estructuras, sin dejar de mencionar la negligencia de algunos pueblos para garantizar el buen funcionamiento

de sus respectivos sistemas, viéndose colapsados y deteriorados por la vegetación y lodos, producto de las intensas lluvias.

1.2. UBICACIÓN, GEOGRAFÍA Y POLÍTICA

La ubicación de las plantas de tratamiento de agua potable, muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Ubicación de plantas de tratamiento de agua*

Planta	Ayna San Francisco	Kimbiri
Región	Ayacucho	Cusco
Provincia	La Mar	La Convención
Distrito	Ayna San Francisco	Kimbiri

Fuente: Elaboración propia

Los sectores y barrios beneficiarios del servicio de agua, se encuentran ubicados dentro del casco urbano de la ciudad de Ayna San Francisco y Kimbiri, a las comunidades o poblados que se encuentran en los distrito se les brinda capacitación en la constitución de la Junta Administradora de los Servicio de Saneamiento “JASS”, en las operaciones de mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillados, para ello se realicen trabajos de inspección y evaluación frecuente en cumplimiento de la Ley General de Servicios de Saneamiento. Se les brinda materiales para reparaciones de instalaciones y de accesorios deteriorados.

La posición geográfica del distrito de Ayna San Francisco, está comprendida entre las coordenadas 12°37'50" longitud Oeste y 73°47'40" latitud Sur, a partir del meridiano de Greenwich. En la parte nor-Este del Perú, en el departamento de Ayacucho, y el distrito de Kimbiri está comprendida entre las coordenadas 11°64' 13°22' latitud Sur y 73°11'y 75°35' longitud Oeste, a partir del meridiano de Greenwich. En la parte Sur Este del Perú, en el departamento de Cusco y al Norte de la misma en la provincia de la Convención.

Los límites político administrativos de los distritos son:

AYNA SAN FRANCISCO

Norte Con el distrito de Sivia
Este Con el Rio Apurímac
Oeste Con el distrito de Huanta

KIMBIRI

Norte Con el distrito de Pichari
Este Con el distrito de Echarate
Oeste Con el departamento de Ayacucho

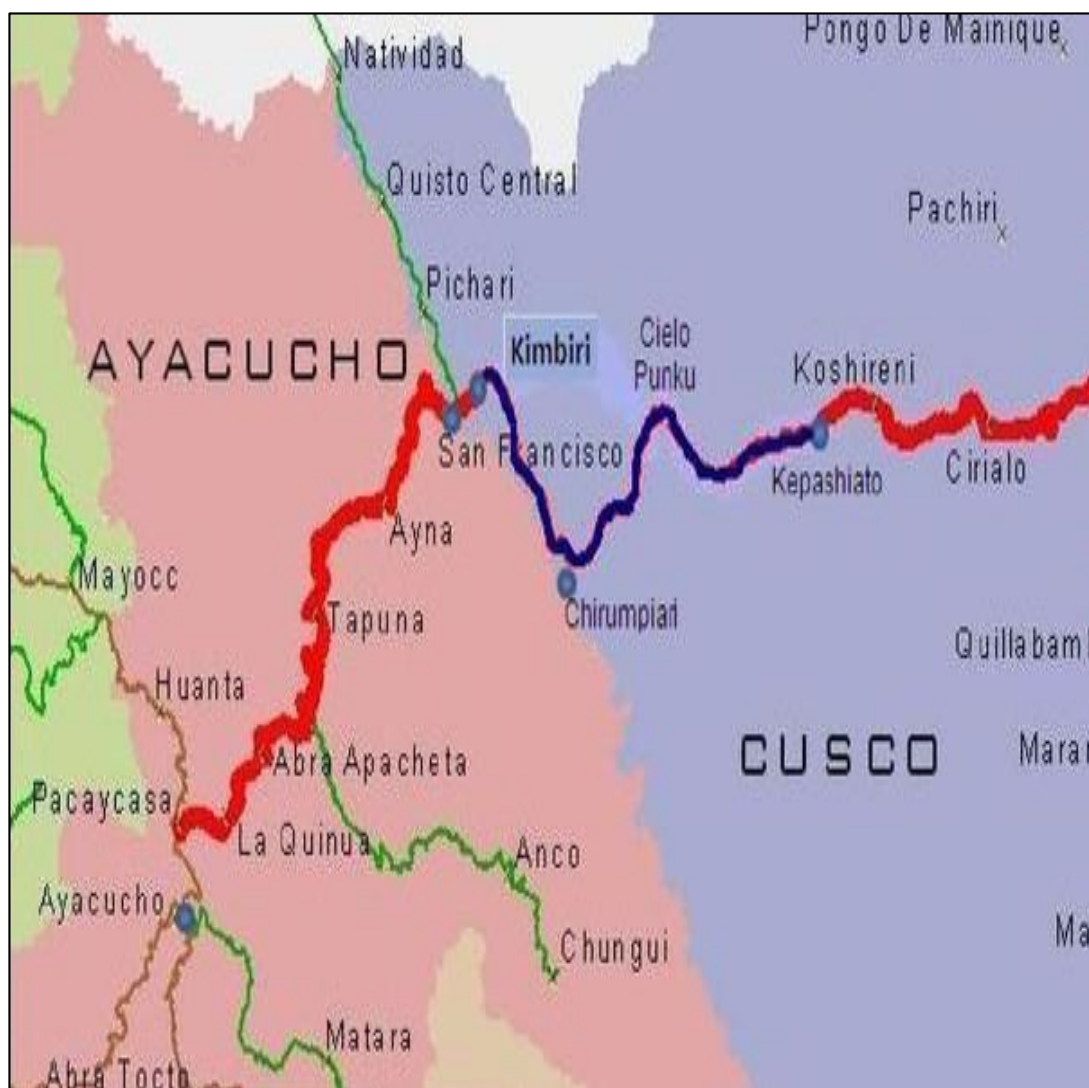


Figura 1. Ubicación de los distritos de Ayna San Francisco y Kimbiri

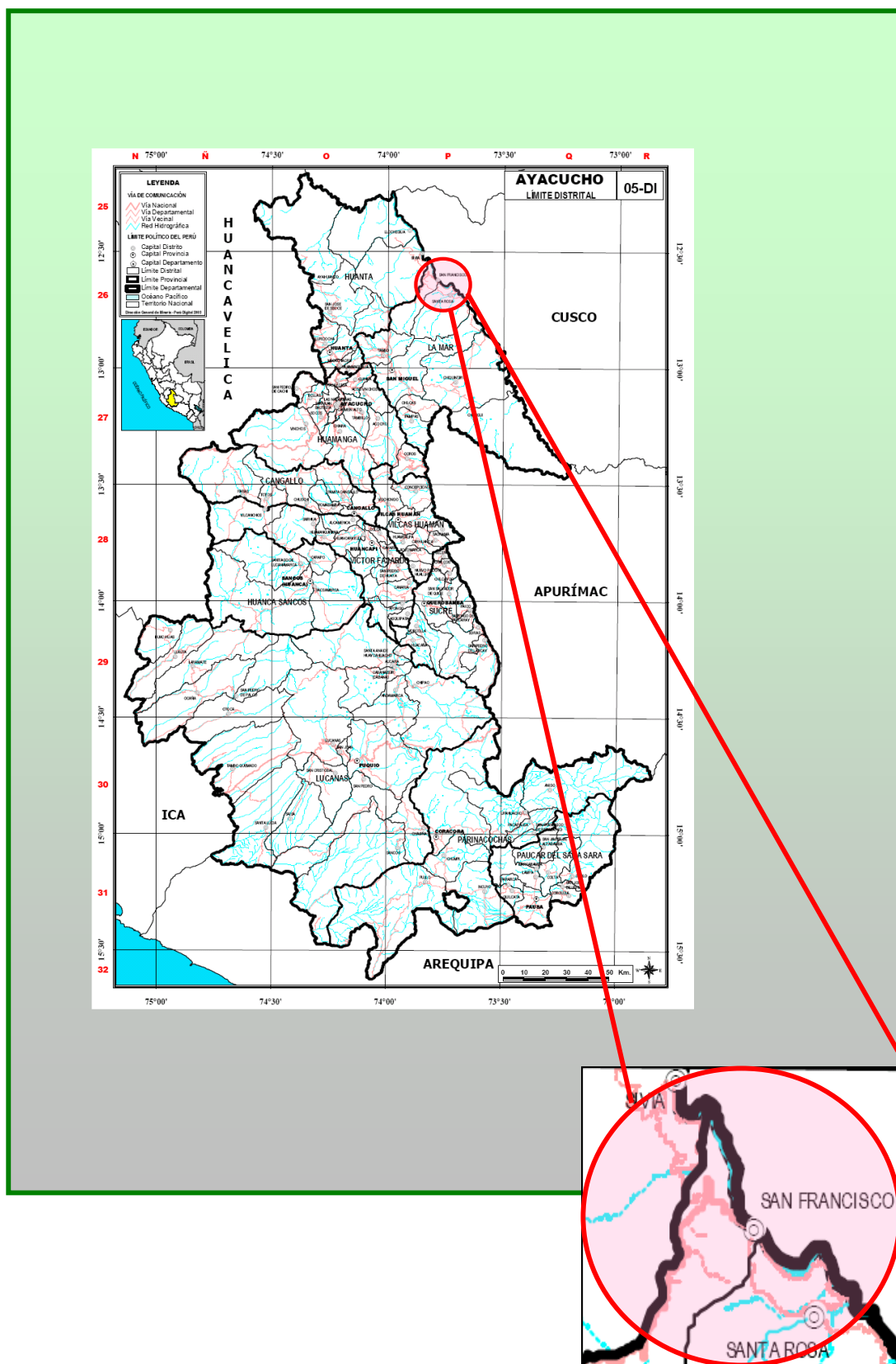


Figura 2. Ubicacion satelital de la planta de tratamiento de Ayna san Francisco



Figura 3. Mapa del distrito de Kimbiri



Figura 4. Planta de tratamiento de Ayna San Francisco



Figura 5. Ubicación satelital de planta de tratamiento de Kimbiri

1.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN

Se puede acceder a la zona de la actividad mediante la carretera vía Libertadores de Lima hacia Ayacucho, Ayacucho–San Francisco por la red Ayacucho–San Francisco, San Francisco–Kimbiri por el puente San Francisco, en una longitud total aproximada de 720 Km. En la Tabla 2, se aprecian las vías de acceso y el tipo de carretera para llegar a la planta de tratamiento de agua potable.

Tabla 2. *Vías de acceso a las plantas de tratamiento de agua potable*

ORIGEN/ DESTINO	TIPO DE VÍA	DISTANCIA (Km)
Lima –Ayacucho	Asfaltado	575
Ayacucho –San Francisco	Afirmado	196
San Francisco – Planta SF	Trocha	5
San Francisco – Kimbiri	Afirmado	0,50
Kimbiri – Planta Kimbiri	Asfaltado	10

Fuente: Ministerio de Transportes de Ayacucho 2005.

1.4. POBLACIÓN, NÚMERO DE PERSONAS BENEFICIARIAS

La población actual beneficiaria directa son las familias residentes dentro del casco urbano del distrito de Ayna San Francisco, aproximadamente 4 900 habitantes (Oficina Técnica de Rentas-MDASF) y en el distrito de Kimbiri, aproximadamente 8 000 habitantes (Oficina Técnica de Rentas-MDK), y las constantes capacitaciones e inspecciones en las comunidades del distrito de Ayna San Francisco y Kimbiri.

1.5. ASPECTOS GEOGRÁFICOS

1.5.1 Altitud

Los sectores y barrios beneficiarios cuentan con un territorio accidentado, típico relieve de la selva alta. Los barrios y sectores, están a una altitud de 600 msnm llegando hasta los 700 msnm en la parte alta que corresponde a terrenos o estancias agrícolas. Las comunidades están ubicadas en una altitud desde los 550 hasta 1500 msnm (**Fuente: PDC 2003-2013**).

1.5.2 Clima

Por su ubicación geográfica, el clima tropical con temperatura promedio es de 25°C que llegan como máximo hasta 30°C, con una precipitación de 2,000 a 2,500 mm/año y con una humedad de 85%.

Fuente: <http://vraeperu.blogspot.com/2012/03/quieres-conocer-el-vrae.html>

La época de lluvia corresponde a los meses de noviembre a marzo y la época de estiaje los meses de abril a septiembre. El módulo pluviométrico es casi uniforme en toda la zona de la actividad siendo la media mensual de 145 mm en épocas de lluvia y 75 mm en época de estiaje **Fuente:** PDC 2006

1.5.3 Topografía

De la evaluación efectuada en los barrios y sectores beneficiarios mencionados, se observa que el área de estudio se encuentra sobre depósitos sedimentarios, con una morfología suave en la parte central de la ciudad y zonas con posiciones horizontales a medida que nos alejamos del centro.

El desarrollo geomorfológico del área, es el resultado de evoluciones tectónicas sobre impuestos por procesos geodinámica que han generado el relieve actual de la zona. Entre los procesos tectónicos que han controlado el relieve se tiene a los diversos plegamientos que existen; aunados a esto la intensa erosión causada por ríos y quebradas adyacentes existentes.

Fuente: <http://desarrollosocialpichari.blogspot.com/2013/01/distrito-de-pichari-vrae.html>

1.5.4 Aspectos ambientales

Las características de su ubicación geográfica, el relieve y factores geológicos, determinan que los barrios y sectores involucrados sea un espacio propenso a procesos erosivos permanentes. Por otro lado, el carácter que ha asumido el crecimiento urbano desde el año 1993, además del desarrollo de determinadas actividades económicas, está generando alteraciones en el medio

ambiente. Ello está relacionado con el crecimiento poblacional, que ocasiona desequilibrios entre la oferta y demanda de servicios sociales entre ellos el de educación, construcción y saneamiento básico.

Por el incremento poblacional, se ha producido una tala indiscriminada de árboles y arbustos para integrar áreas de terreno a la agricultura; asimismo no existe un plan de uso adecuado de los suelos, hecho que perjudica el medio ambiente, ocasionando erosión y empobrecimiento de suelos principalmente en las partes donde la pendiente es pronunciada.

Fuente: <https://es.scribd.com/document/363068745/Pdc-Ayna-Actualizado>

1.5.5 Ecología

El valle del río Apurímac se extiende entre las formaciones geológicas sub andinas y sub tropicales, que conforman valles y quebradas. Estas formaciones presentan características especiales que condicionan el entorno ecológico.

Es evidente la presencia de bosques densos con una gran variedad de especies arbóreas, arbustivas y gramíneas, que albergan una variada fauna, conformando todo ello la biodiversidad local que es invaluable. En este mismo espacio también habita el ser humano desarrollando sus actividades económicas, principalmente la agricultura de rotación que despoja al suelo de su cobertura vegetal, ello ocurre principalmente en pendientes pronunciadas con aptitud forestal, provocando la degradación por erosión de suelos. Así también la caza y pesca indiscriminada, como la falta de inversión en la recuperación de espacios naturales, ocasionan inestabilidad en los ecosistemas en desmedro del bienestar humano.

Fuente: https://www.researchgate.net/publication/327172888_Ecologia_Geografica_del_Cusco

1.6. ORGANIZACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE AYNA SAN FRANCISCO- AYACUCHO

La organización de la Municipalidad de Ayna San Francisco fue establecida en el Concejo Municipal, cuya estructura es la siguiente

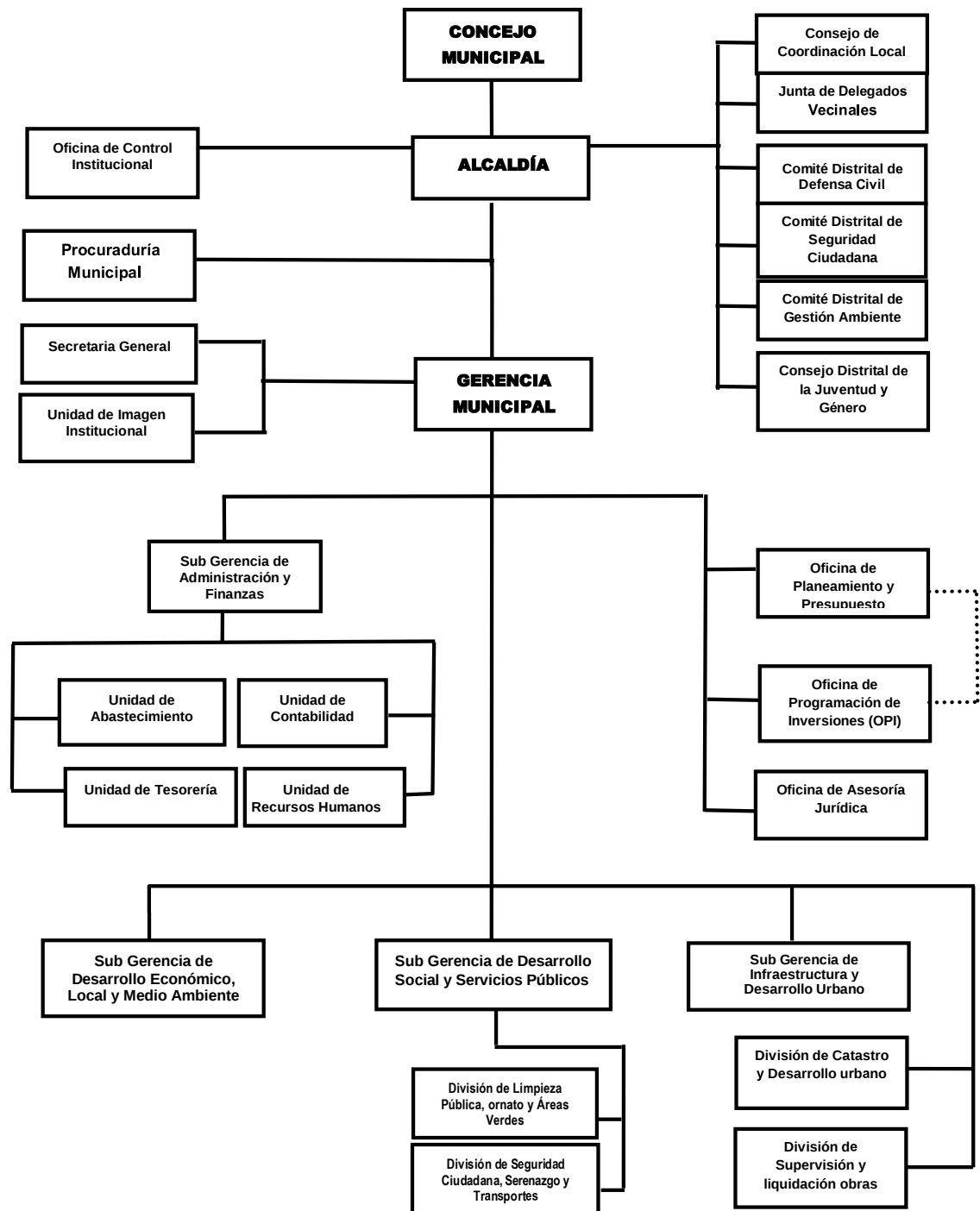


Figura 6. Organigrama de la Municipalidad distrital de Ayna San Francisco – 2014

Fuente: Municipalidad Distrital de Ayna San Francisco – Documentos de gestión

1.7. ORGANIZACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE KIMBIRI-CUSCO

La organización de la Municipalidad de Kimbiri fue establecida en el Concejo Municipal, cuya estructura es la siguiente

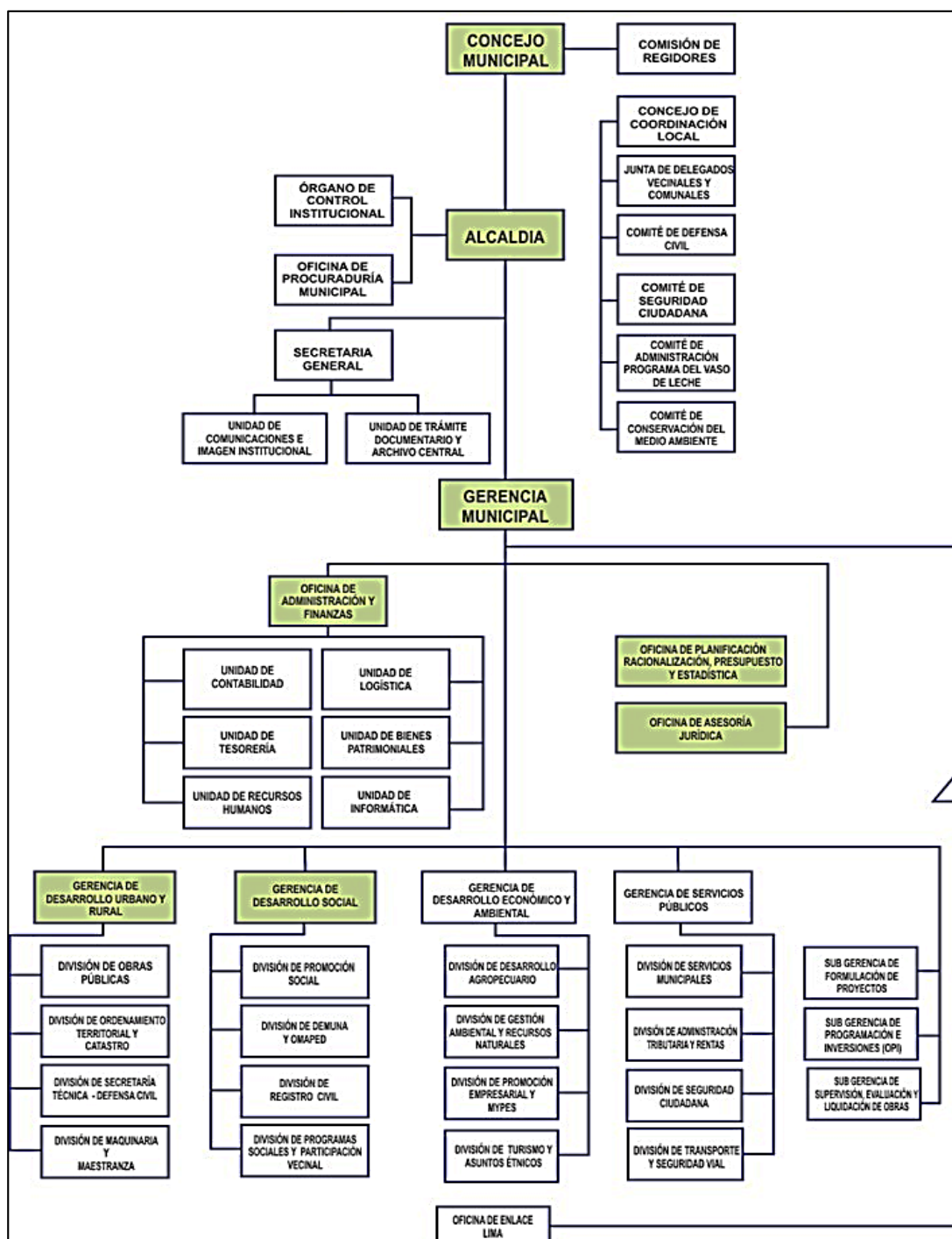


Figura 7. Organigrama de la Municipalidad distrital de Kimbiri – 2015

Fuente: <http://www.munikimbiri.gob.pe/images/pdf/Organigrama%20Kimbiri>

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA NATURALEZA

El agua cubre casi tres cuartas partes (71 %) de la superficie de la Tierra. Se puede encontrar en prácticamente cualquier lugar de la biósfera y es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido, encontrándola en forma de pantanos, ríos, mares, océanos, en las nubes formada por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación.

En estado sólido (hielo), se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, así como en las superficies en invierno; también en forma de granizo, nieve y escarcha, y en las nubes formadas por cristalitas de hielo. En estado gaseoso se presenta en forma de gas o vapor de agua, en forma de niebla, vapor y nubes. **(Meléndez Talledo G. , 2000)**

2.1.1 Constitución de la hidrósfera

El total del agua presente en el planeta, en todas sus formas, se denomina hidrósfera. Se considera que la hidrósfera se reparte en cuatro grandes conjuntos.

En la Tabla 3 se aprecia la forma como se distribuye el agua en la hidrósfera.

Tabla 3. *Constitución de la hidrósfera en cuatro grandes conjuntos*

LOCALIZACIÓN	VOLUMEN (millones de m ³)	PROPORCIÓN (% del total)
Mares y océanos	1 350	97,2
Aguas continentales:		
- Glaciares	29,2	2,15
- Aguas subterráneas	8,4	0,62
- Aguas superficiales	0,23	0,017
Atmósfera	0,013	0,001
Biosfera	0,006	0,0005

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/8536291>

La hidrósfera incluye los océanos, mares, ríos, lagos, agua subterránea, hielo y nieve. La Tierra es el único planeta del Sistema Solar en el que está presente de manera continuada el agua líquida, que cubre aproximadamente dos terceras partes de la superficie terrestre, con una profundidad promedio de 3,5 km, lo que representa el 97 % del total de agua del planeta. El agua dulce representa 3 % del total y de esta cantidad aproximadamente 98 % está congelada, de allí que tengamos acceso únicamente a 0,06 % de toda el agua del planeta. El agua migra de unos depósitos a otros por procesos de cambio de estado y de transporte que en conjunto configuran el ciclo hidrológico o ciclo del agua.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3sfera>

2.1.2 El ciclo hidrológico

Existe un trasvase continuo de agua entre los diferentes compartimentos de la hidrósfera movido por la energía solar y la fuerza de la gravedad, constituyéndose un circuito prácticamente cerrado denominado ciclo hidrológico, que pone en movimiento grandes cantidades de agua y de energía (Tabla 3).

Los procesos que encierra el ciclo hidrológico se pueden explicar de la siguiente manera:

La energía solar produce la evaporación del agua superficial, tanto continental como oceánica, que pasa a la atmósfera y, al evaporarse el agua, acumula una gran cantidad de energía como calor latente. Por otro lado, una pequeña cantidad de vapor de agua procede por transpiración de la biosfera y, a veces, ambos procesos se expresan de manera conjunta, bajo la denominación de evapotranspiración.

Corrientes ascendentes de aire llevan el vapor a las capas superiores de la atmósfera, donde la menor temperatura causa que el vapor de agua se condense y forme las nubes.

Las corrientes de aire mueven las nubes sobre el globo terrestre, las partículas de nube colisionan, crecen y según el grado de enfriamiento, dan lugar a precipitaciones sólidas o líquidas, que caen sobre la superficie terrestre gracias a la fuerza de la gravedad. Las precipitaciones pueden caer directamente sobre los océanos, o continentes y, en este último caso, el agua puede seguir diversos caminos.

Una parte de las precipitaciones discurre sobre la superficie terrestre (escorrentía superficial), en forma de corrientes de agua líquida o de glaciares, desembocando en el mar. Otra parte se infiltra en el terreno, pasando a constituir las aguas subterráneas, que también acaban por desembocar en el mar (escorrentía subterránea). También, parte del agua, puede quedar transitoriamente retenida en los continentes de diferentes maneras: incorporada a la biosfera, en los lagos, en glaciares y en aguas subterráneas muy profundas (agua fósil), que representan la herencia de un clima más húmedo en el pasado y cuya explotación, al tratarse de depósitos no recargables, debe hacerse con gran cuidado.

Pero, en último término, el agua de las precipitaciones continentales vuelve a la atmósfera por evapotranspiración, o al mar por escorrentía debida a la gravedad, cerrándose el ciclo.

El volumen de agua evaporada en el mar es mayor que el de las precipitaciones caídas en el mismo, mientras que en los continentes es menor. Es decir, existe un déficit de precipitación en los océanos, que se compensa con el superávit de los continentes, el cuales devuelto al océano mediante la escorrentía.

(Meléndez Talledo G. , 2000)

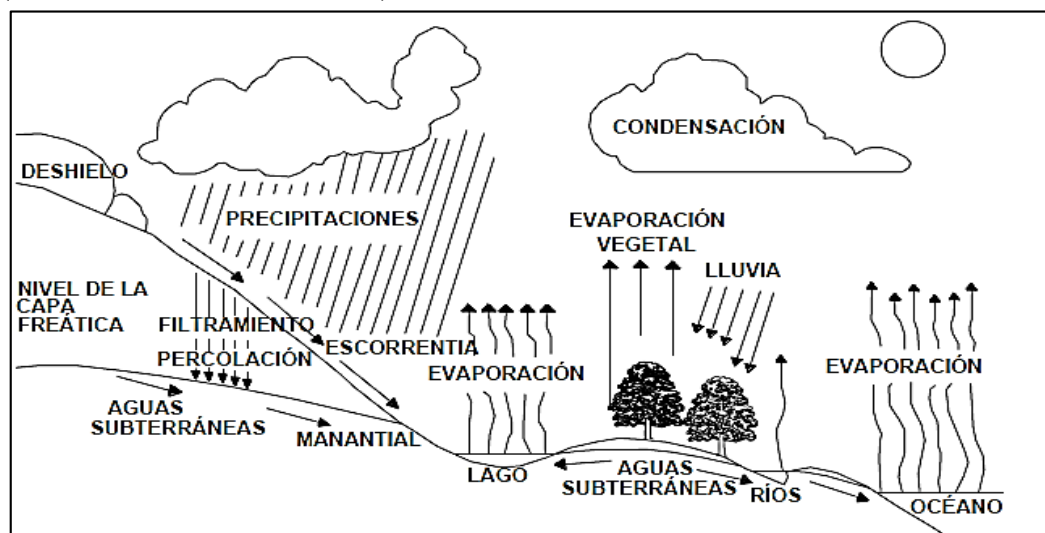


Figura 8. Ciclo hidrológico

Fuente: Ricardo Alvarado, Manual sobre Tratamiento de agua, 2002.

2.2 USOS Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE

2.2.1 Usos del agua

El agua es necesaria para el consumo doméstico y para llevar a cabo las diversas actividades económicas como: la agricultura, la ganadería, la industria o la minería. Está presente en todas las actividades humanas, se necesita el agua para la alimentación, higiene, para cultivos que aseguran nuestros alimentos y para fabricar gran cantidad de productos que hacen más comfortable la vida.

El agua ofrece una variedad de usos, dependiendo del tipo y disponibilidad del abastecimiento de agua. Éstos son:

Uso para consumo doméstico: Comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de viviendas, en el lavado de ropa y en la higiene.

Uso para consumo público: En la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.

Uso en agricultura y ganadería: En agricultura, para el riego de los campos; en ganadería, como parte de la alimentación de los animales; y, en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.

Uso en la industria: En las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres y en la construcción.

Uso como fuente de energía: Se aprovecha el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua). En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserradero, etc.).

Uso como vía de comunicación: En los mares, ríos y lagos, enormes embarcaciones pueden llevar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.

Uso recreativo: En los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, se practican un gran número de deportes: vela, submarinismo, windsurf, natación, esquí acuático, waterpolo, piragüismo, etc., y se pasa parte del tiempo libre disfrutando del agua o, simplemente, contemplando y sintiendo su belleza en los ríos, las cascadas, los arroyos, las olas del mar, etc.

Existe una relación entre la calidad de agua y los usos a los que se le destina, estableciéndose dos tipos de uso:

Uso consuntivo: Es el que implica que el agua, después de ser empleada, no puede ser usada de nuevo con el mismo fin, ya que su calidad varía. Éste es el caso del consumo doméstico, agropecuario, minero, etc.

Uso no consuntivo: El agua puede volver a ser utilizada muchas veces. Éste es el caso del uso de agua como transporte, actividades recreativas, o centrales hidroeléctricas.

En las zonas rurales el agua tiene los siguientes usos:

- **Uso doméstico:** Comprende el consumo de agua como bebida, preparación de alimentos, limpieza de viviendas, lavado de ropa e higiene personal.
- **Uso en agricultura:** Para el riego de pequeños huertos.
- **Uso en ganadería:** Abrevadero del ganado y animales de corral. Alimentación y limpieza debidas a la cría de animales.
- **Otros usos:** incluyendo eliminación de excretas.

2.2.2 Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano

Al seleccionar la fuente de abastecimiento de agua para un proyecto determinado, el proyectista debe tener en cuenta como factor importante no sólo la cantidad, sino también la calidad de agua como criterio técnico para evitar efectos nocivos en la salud de la población; particularmente en sistemas de abastecimiento de agua potable de comunidades rurales donde las alternativas de la fuente y la posibilidad de tratamiento del agua son limitadas.

Habitualmente el agua potable es captada de manantiales o extraída del suelo mediante túneles artificiales o pozos de un acuífero. Otras fuentes de agua son: el

agua de lluvia, los ríos y los lagos. Las fuentes de abastecimiento sean superficiales o subterráneas, no pueden ser utilizadas hasta que no se asegure la calidad del agua y esto puede hacerse mediante un análisis de laboratorio.

El agua debe ser tratada para el consumo humano y es necesaria la remoción de sustancias disueltas, de sustancias sin disolver y de microorganismos perjudiciales para la salud.

La calidad de agua se define en función de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que indican las características del agua y que la hacen apropiada o no para el uso (bebida, baño, etc.) al que se vaya a destinar.

Cada país regula por ley la calidad de agua destinada al consumo humano. Normas nacionales e internacionales sobre la calidad del agua potable protegen la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de aguas, garantizando su salubridad y limpieza; por ello, no puede contener ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud.

Las características generales que debe tener el agua destinada al consumo humano son:

- Debe estar libre de organismos patógenos (causantes de enfermedades gastrointestinales).
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbiedad, poco color).
- No salina (salobre).
- Que no contenga compuestos que causen sabor u olor desagradables.

- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, ni que manche la ropa lavada con ella.

El parámetro más importante que determina si el agua es apta o no para beber es la calidad bacteriológica. Los parámetros biológicos indican la cantidad y especies de microorganismos en el agua. Los más importantes son las bacterias coliformes, los coliformes totales, estreptococos fecales y clostridiosulforreductores. Los coliformes y los estreptococos fecales, son gérmenes, en principio inofensivos, que se hallan en el intestino de los seres humanos y de los animales. Sin embargo, su presencia indica contaminación fecal reciente, que normalmente está asociada con la presencia de gérmenes patógenos. Muchos tipos de bacterias coliformes están presentes en el suelo, como por ejemplo los conocidos como *Escherichia coli* (E-coli) y *Estreptococo Fecal*. El agua debe estar totalmente exenta de estas bacterias o no puede considerarse apta para ser bebida. **(Meléndez Talledo G. , 2000)**

En la Tabla 4, se muestran los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), establecidas en el Perú, por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Tabla 4. Parámetros y Valores Consolidados

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden Potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento
FÍSICO – QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO₃⁻)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO₂⁻)	mg/L	3	3	**
Amoniac- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGANICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05

Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

ORGANICOS

I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	**	**

Compuestos Orgánicos Volátiles

1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**

BTEX

Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**

Hidrocarburos Aromáticos

Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**

Organofosforados:

Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
----------	------	------	--------	----

Organoclorados

Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**

Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamatos:				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Policloruros Bifenilos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLOGICOS				
Coliformes Totales (35- Coliformes	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple

(c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C(\text{cloroformo})}{ECA(\text{cloroformo})} + \frac{C(\text{dibromoclorometano})}{ECA(\text{dibromoclorometano})} + \frac{C(\text{bromodiclorometano})}{ECA(\text{bromodiclorometano})} + \frac{C(\text{bromoformo})}{ECA(\text{bromoformo})} \leq 1$$

Dondé:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

2.3 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

El diseño de un sistema de abastecimiento de agua exige como elementos básicos: fijación de las cantidades de agua a suministrar, que determinarán la capacidad de las diferentes partes del sistema; estudios sobre cantidad y calidad del agua disponible en las diferentes fuentes; reconocimientos del suelo y subsuelo; reunión de informaciones y antecedentes indispensables para el diseño, para la justificación de las soluciones adoptadas, para la preparación de su presupuesto, etc.

2.3.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

En estos sistemas el agua cae por acción de la fuerza de la gravedad desde una fuente elevada ubicada en cotas superiores a las de la población a beneficiar. El agua fluye a través de tuberías para llegar a los consumidores finales. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura. Las ventajas principales de este tipo de sistema son:

- No tienen gastos de bombeo.
- El mantenimiento es pequeño porque apenas tienen partes móviles.
- La presión del sistema se controla con mayor facilidad.
- Robustez y fiabilidad.

Incluso los sistemas bombeados suelen diseñarse para distribuir el agua por gravedad a partir de un punto determinado.

2.3.2 Sistema de abastecimiento de agua por bombeo

En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento y regulación ubicados en cotas superiores al centro poblado.

Generalmente los sistemas bombeados son diseñados para que el agua sea distribuida por la fuerza de la gravedad, saliendo desde un punto determinado. Estos sistemas ayudan a que se pueda distribuir una gran cantidad de agua para cada una de las personas, por un precio que puede ser pagado por toda la comunidad. **(Arrocha Pinto, 1980)**

2.4 CONSIDERACIONES PARA SELECCIONAR SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Los factores que generalmente inciden en la selección apropiada de una solución tecnológica para el abastecimiento de agua son de tipo técnico, económico, social y cultural. La secuencia de su aplicación debe ser analizada de forma tal que permita establecer la opción tecnológica y el nivel de servicio más convenientes y que mejor se ajusten a las condiciones de las comunidades rurales a ser atendidas.

Se define como opción tecnológica a la solución de ingeniería que pueda aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad. Son ejemplos de opción tecnológica los sistemas de abastecimiento de agua con o sin tratamiento y por bombeo o gravedad. Así mismo, el nivel de servicio se define como el grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas, pudiendo ser familiar o multifamiliar. Son ejemplos de nivel de servicio: el abastecimiento a escala individual o multifamiliar, a partir de pequeñas fuentes de agua de uso exclusivo; de alcance comunitario, por medio de piletas públicas; y a nivel individual, por conexiones domiciliarias enlazadas al servicio público de abastecimiento de agua. Hay que tener en cuenta determinados factores que constituyen una herramienta indispensable para la toma de decisiones en la implementación de servicios de abastecimiento de agua en el medio rural. Estos factores se refieren básicamente a aspectos técnicos, económicos, sociales y culturales que al interrelacionarse permiten la selección de la opción

tecnológica y el nivel de servicio que mejor se ajusten a las necesidades y expectativas de las comunidades evaluadas.

2.4.1 Consideraciones técnicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua

2.4.1.1 Dotación: La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 L/hab/día, en clima frío y de 250 L/hab/día, en clima templado y cálido. Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 L/hab/día respectivamente.

2.4.1.2 Fuente: Es indispensable identificar el tipo y procedencia de las fuentes existentes para analizar cuál de todas es la más conveniente.

2.4.1.3 Rendimiento de la fuente: Determina la cantidad y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento de agua, y permite definir el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad a ser beneficiada.

2.4.1.4 Ubicación de la fuente: La fuente de agua puede estar ubicada por encima o por debajo de la localidad y permite definir si el abastecimiento es por gravedad o por bombeo.

2.4.2 Consideraciones sociales para la selección del sistema de abastecimiento de agua.

2.4.2.1 Categoría de la población: Se considera como comunidad rural a las localidades cuya población normalmente no es mayor a 2000 habitantes. Sin

embargo, el algoritmo puede ser aplicado a localidades con mayor número de habitantes, si su patrón corresponde a la de una localidad rural.

2.4.2.2 Características de la población: La característica está vinculada con la distribución espacial de la población y puede ser:

- Concentrada: Corresponde a las localidades con viviendas agrupadas formando calles y vías que determinan un crecimiento con tendencia a un núcleo urbano.
- Dispersa: Son localidades con viviendas distanciadas unas de otras y sin un orden de desarrollo preestablecido.

2.4.2.3 Tipo de servicio: Viene a estar representado por el resultado o la definición de la opción tecnológica y nivel de servicio que mejor se adecúan a las necesidades de la comunidad y que responden a las características físicas, económicas y sociales de la misma. Al efecto, se han considerado tres niveles básicos: familiar, multifamiliar y comunal.

- Familiar: Permite la atención de una a cinco familias.
- Multifamiliar: Facilita la atención a grupos que van de cinco a 25 familias.
- Comunal: Permite la atención de grandes grupos de familia.

2.4.3 Consideraciones económicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua.

La condición económica es un factor muy importante porque permite limitar la opción tecnológica y el nivel de servicio, al afectar directamente el monto de inversión para la construcción del sistema o los gastos de operación y mantenimiento. Teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de las poblaciones a ser atendidas, puede ser bajo, medio o alto.

a) Bajo: Cuando los ingresos familiares corresponden a la mitad del valor de la canasta familiar básica.

b) Medio: Corresponde a ingresos familiares equivalentes al valor de la canasta familiar básica.

c) Alto: Cuando los ingresos familiares equivalen a dos o más veces el valor de la canasta familiar básica. **(Arocha Ravelo, 1985)**

2.5 PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO

El diseño de una planta simplificada de tratamiento cuenta con procesos de mezcla, floculación hidráulica, sedimentación acelerada con placas inclinadas, filtración rápida con tasa declinante y auto lavado y desinfección.

2.5.1 PROCESO DE MEZCLA

La mezcla puede ser definida como la reacción que ocurre al momento de la adición de los coagulantes al agua.

Los factores que influyen en el proceso son:

- Las características físicas del agua (turbidez y color)
- La alcalinidad
- pH
- La temperatura
- La velocidad
- La velocidad de agitación

2.5.2 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Se denomina coagulación-floculación al proceso por el cual las partículas suspendidas dentro del agua que originan la turbidez y el color se asocian al coagulante y forman pequeñas motas o masas denominadas flóculos o flocs.

La Prueba de Jarras (Jar Test) ha demostrado que para la adecuada formación de éstos flocs se requiere agitación hidráulica que disminuya progresivamente en intensidad para aumentar la posibilidad de colisión entre flóculos que cada vez sean de mayor tamaño y peso para ser removidos fácilmente en la sedimentación. Esta agitación se logra fácilmente con equipos mecánicos, el reto es lograr agitación con velocidad progresivamente menor sin utilizar equipos mecánicos ni eléctricos.

El modelo matemático para la velocidad de aglomeración de las partículas, dado que un grupo de partículas que colisionan se aglomeran, otras no se aglomeran y otras se rompen dependiendo del coagulante y del flujo y considerando al tanque de floculación como un reactor en serie con “m” número de cámaras demostró que:

$$\frac{n_1}{n_m} = \left(1 + n \cdot \phi \cdot G \cdot \frac{T}{m} \right)^m \quad (\text{Ec.2.1})$$

Donde (n_1) y (n_m) representando a las concentraciones de las partículas en la primera cámara y en la cámara de orden “m” respectivamente, (T) el tiempo total de floculación, (G) el gradiente de velocidad, (n) coeficiente de aglomeración y (ϕ) la fracción del volumen del flóculo. Esto demuestra que la eficiencia puede ser obtenida en tiempos cada vez menores a medida que aumenta el número de cámaras de floculación.

Los parámetros físicos que afectan directamente la eficiencia de un floculador son: el tiempo de residencia, los compartimentos y distribución, la potencia total desarrollada y las características del campo de turbulencia.

Para un tiempo de residencia, la eficiencia se incrementa en forma casi lineal con el gradiente de velocidad; la compartimentalización de un sistema de flujo continuo ejerce una influencia considerable en la eficiencia.

Villegas y Letterman, realizaron un estudio de gran importancia práctica en la cual relacionaron el tiempo de floculación (T), el gradiente de velocidad (G), con la dosis de coagulante, determinando que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s⁻¹ y el tiempo de retención entre 10 y 30 minutos dependiendo de la calidad del agua.

Entre los factores que influyen en la floculación podemos encontrar: la naturaleza del agua, las variaciones de caudal, la intensidad de agitación y el tiempo de floculación.

2.5.3 SEDIMENTACIÓN

Se entiende por sedimentación al proceso de remoción de partículas en suspensión de un fluido por efecto de gravedad en un determinado intervalo de tiempo. Promover las condiciones de reposo para remoción o caída gravitacional de las partículas es el objetivo del diseño de sedimentadores o decantadores.

La sedimentación es en esencia un fenómeno físico que está relacionado con las propiedades de caída de las partículas suspendidas en el agua; el resultado será un fluido clarificado.

Las partículas en suspensión sedimentan en diferente forma, dependiendo de las características de las partículas, así como de su concentración y peso. A las partículas que no cambian de tamaño, forma y densidad se les denominan partículas discretas, y partículas floculentas a aquellas producidas durante el tratamiento del agua es decir a la unión de partículas coloidales con agentes químicos como los coagulantes, es decir los flocs producen partículas floculentas que cambian de tamaño, forma y densidad.

El asentamiento de los coágulos o flocs no es constante sino creciente con el tiempo y depende de las características hidráulicas del sedimentador. Con el

propósito de mejorar las eficiencias remocional es en función de velocidades de asentamiento, se ha propuesto el diseño de sedimentadores laminares o de alta tasa con sedimentación interferida de flujo horizontal.

El proceso de sedimentación se ve afectado por una serie de variables entre las que podemos considerar:

- Corrientes de densidad térmica de concentración, las obstrucciones o la alta velocidad en el ingreso puede alterar el equilibrio produciendo flujos envolventes o sinuosos muy diferentes a los calculados.
- Corrientes debido al viento, pueden producir corrientes de suficiente intensidad para inducir cambios en la dirección del flujo y alterar el equilibrio de las masas de agua interfiriendo la sedimentación.
- Corrientes cinéticas, que se producen por alteraciones en la entrada, obstrucción del sedimentador y alteraciones de la salida.

En cuanto a la concentración de partículas, se conoce que la alta concentración de partículas floculentas superiores a 500 mg/l las partículas se encuentran a distancias reducidas y se adhieren entre sí y sedimentan masivamente creándose una clara superficie de separación entre los flóculos y el líquido sobre nadante dando origen a la sedimentación conocida con el nombre de decantación o sedimentación interferida; esa interferencia se puede crear a través de placas inclinadas paralelas instaladas en el sedimentador.

Los efectos que favorecen la remoción de las partículas suspendidas son: el aumento del área, la disminución de la altura de caída de la partícula y el régimen de flujo laminar. Los sedimentadores de alta velocidad o sedimentadores laminares, consisten esencialmente en una serie de láminas o placas paralelas colocadas en un tanque apropiado con un ángulo θ de inclinación de 60° , de modo

que ascienda el agua con flujo laminar, esto permite cargas superficiales entre 4 y 10 veces superiores que las usadas en sedimentadores horizontales o sea entre 120 y 300 m³/m²/d y períodos de sedimentación menores de 10 minutos.

Los sedimentadores horizontales trabajan con cargas de 20 a 60 m³/m²/d y períodos de sedimentación superiores de 1,5 a 3,5 horas.

La velocidad de asentamiento en los sedimentadores laminares es de 0,14 a 0,42cm/s, en los sedimentadores convencionales la velocidad de asentamiento rara vez excede de 0,07 cm/s.

Para que un sedimentador pueda trabajar con alta velocidad es necesario que exista flujo laminar, esto se obtiene cuando el número de Reynolds es menor que 500 preferentemente menor que 250, cualquier turbulencia podría crear arrastre de partículas y bajaría la eficiencia.

En forma general el número de Reynolds está dado por la expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_o \cdot \lambda_L}{\mu} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Donde:

$\lambda_L = 4R_H$, siendo R_H el radio hidráulico para flujo entre placas paralelas (ancho infinito)

$\lambda_L = m$, para escurrimiento entre placas paralelas de ancho (b)

$$Re = \frac{4\rho \cdot V_o \cdot R_H}{\mu} = \frac{4\rho \cdot m \cdot V_o \cdot b}{2\mu(m + b)} = \frac{2\rho \cdot m \cdot V_o}{\mu(\frac{m}{b} + 1)}$$

Si $b \gg m$, resulta:

$$Re = \frac{2\rho \cdot V_o \cdot m}{\mu} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Si el número de Reynolds se mantiene constante en 250 y $b/m < 10$, la eficiencia de remoción disminuye; por tanto, el número de Reynolds no debe ser considerado en forma aislada.

La eficiencia del sedimentador laminar depende de factores intrínsecos a la carga superficial adoptada, a las características propias del agua tratada, al diseño del sedimentador y al tiempo de detención dentro del reactor.

En la sedimentación laminar la eficiencia decrece a medida que aumenta la carga superficial (q) en las celdas o placas paralelas.

En cuanto a la carga superficial, se aprecia que en el diseño de sedimentadores laminares se considera como parámetro de diseño la carga por unidad de superficie o parámetro de Hacen, la cual representa la velocidad crítica de sedimentación de una partícula. Es recomendable determinar la velocidad de sedimentación en base a ensayos de laboratorio, para que después de trazada la curva de eficiencia remoción al versus velocidad de sedimentación se adopte la velocidad cercana al punto de quiebre de la curva para optimizar la eficiencia remocional del sedimentador. (Agüero Pittman, 1997)

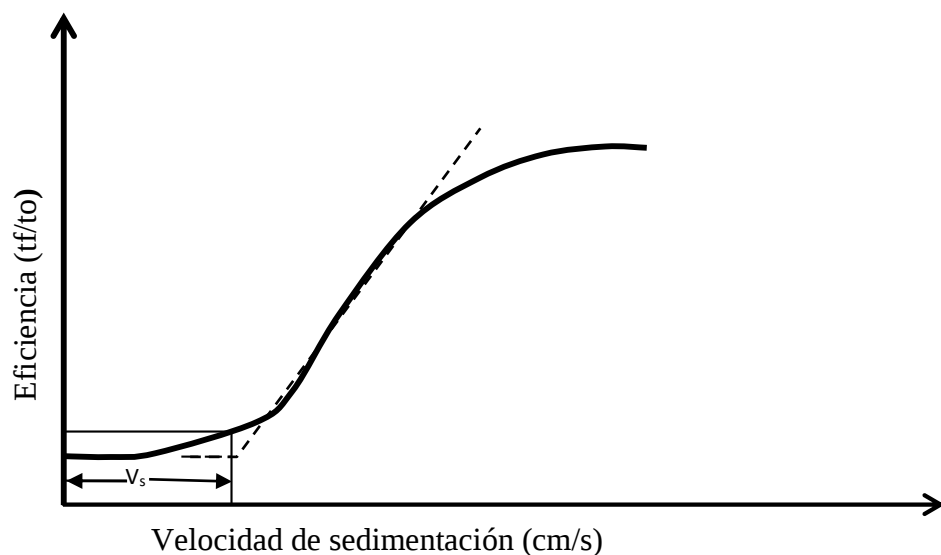


Figura 9. Comportamiento de la eficiencia del proceso de sedimentación

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente- (CEPIS), año 1989

La evaluación de sedimentadores laminares construidos en varios países de América Latina demuestra la variación de la eficiencia al variar las cargas superficiales, así mismo demuestra la elevada eficiencia de esta técnica comparando con sedimentadores considerados como excelentes en los EEUU.

Los resultados obtenidos en la evaluación de Plantas de Tratamiento, diseñadas con esta tecnología realizada por el CEPIS, con auspicio de la universidad de Oklahoma, Usaid y el centro internacional de investigación para el desarrollo (CIID) demuestran la elevada eficiencia de los sedimentadores laminares.

Entre las características de las aguas que más influencia tienen en la eficiencia del sedimentador laminar cabe mencionar: la turbiedad, el color, la temperatura, la coagulación y floculación, tiempo de operación de los sedimentadores, materia en suspensión y densidad de las partículas en suspensión.

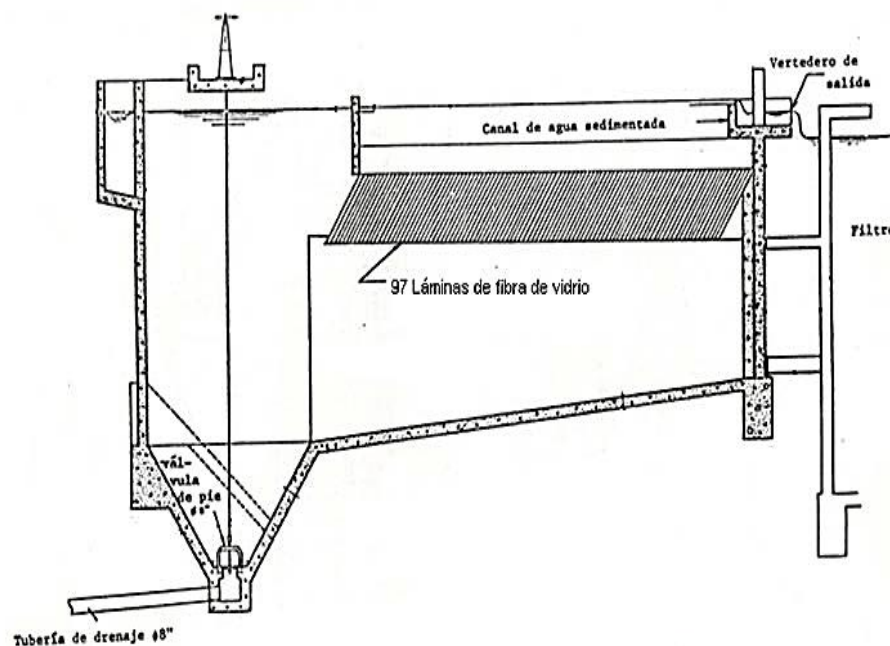


Figura 10. Esquema de un sedimentador laminar de flujo ascendente

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), año 1989

El comportamiento hidráulico de los sedimentadores depende de varios parámetros tales como: la velocidad de entrada del flujo, el número de Reynolds del sedimentador, la cantidad y forma de depósitos de lodos, las velocidades en la zona de salida, las corrientes de densidad térmica o de concentración y las corrientes debidas al viento.

2.5.4 FILTRACIÓN

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurra a través de un medio poroso. En general la filtración es la operación final que se realiza en una planta de tratamiento de agua, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de calidad coincidente con los patrones de potabilidad.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal_ef/cap02.pdf

El objetivo de la filtración es separar las partículas y microorganismos objetables que no hayan quedado retenidos en los procesos de coagulación y sedimentación. En consecuencia el trabajo que desempeñan los filtros, depende directamente de la mayor o menor eficiencia de los procesos anteriores.

<https://www.cuevadelcivil.com/2011/04/filtracion-del-agua.html>

Durante la filtración se produce una colmatación progresiva de los poros del medio filtrante debido a dos mecanismos: transporte y adherencia.

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico afectado por los parámetros que gobiernan la transferencia de masas. La adherencia entre las partículas y granos es básicamente un fenómeno de acción superficial que es influenciado por parámetros físicos y químicos. La formación de un manto de partículas removidas se localiza encima de las primeras capas del medio filtrante y es responsable de aproximadamente el 90 % de la pérdida de carga total.

La adherencia entre partículas y granos resulta del contacto entre ambos, la eficiencia de remoción, es elevada al principio, pero a medida que la superficie de los granos se colmata, la eficiencia disminuye. Durante la filtración se produce una colmatación progresiva de los poros y por consiguiente varía la eficiencia de remoción de las diversas sub capas con el correr del tiempo de uso, por tanto cada sub capa removerá una porción diferente en relación a la suspensión afluyente, lo que se acentuará con el transcurso del tiempo.

La variación de la eficiencia de un filtro se debe a las variaciones de la geometría de los poros causada por la retención de partículas. La obstrucción de los poros en un medio filtrante debido a la retención de partículas es conocida con el nombre de pérdida de carga.

El filtro recibe un agua de calidad variable y produce a su vez un efluente cuya calidad es también variable. En el proceso retiene cierta cantidad de partículas pudiendo establecerse un balance de material retenido debido a las siguientes causas:

- La remoción de material suspendido efectuada por el filtro es proporcional a la cantidad de material suspendido presente en el agua.
- Las características de remoción de un filtro dependen de la superficie disponible en los granos del medio filtrante, de la tortuosidad del flujo dentro de los poros y de la velocidad intersticial.
- Las principales fuerzas que operan para remover las partículas suspendidas en las líneas de flujo son gravitacionales, aun cuando las fuerzas de adsorción sean las dominantes. Cuando la partícula alcanza los granos del filtro la siguiente expresión establece una relación directa entre la

reducción de la concentración de la suspensión en la capa y la concentración que entra en esa capa:

$$\lambda = - \frac{\frac{c_1 - c_2}{d_L}}{c_1} \quad (\text{Ec.2.4})$$

Donde:

λ : eficiencia de la capa o coeficiente de remoción

c_1, c_2 : concentración volumétrica de partículas (volumen de sólidos por volumen unitario de líquido)

d_L : capa de soporte

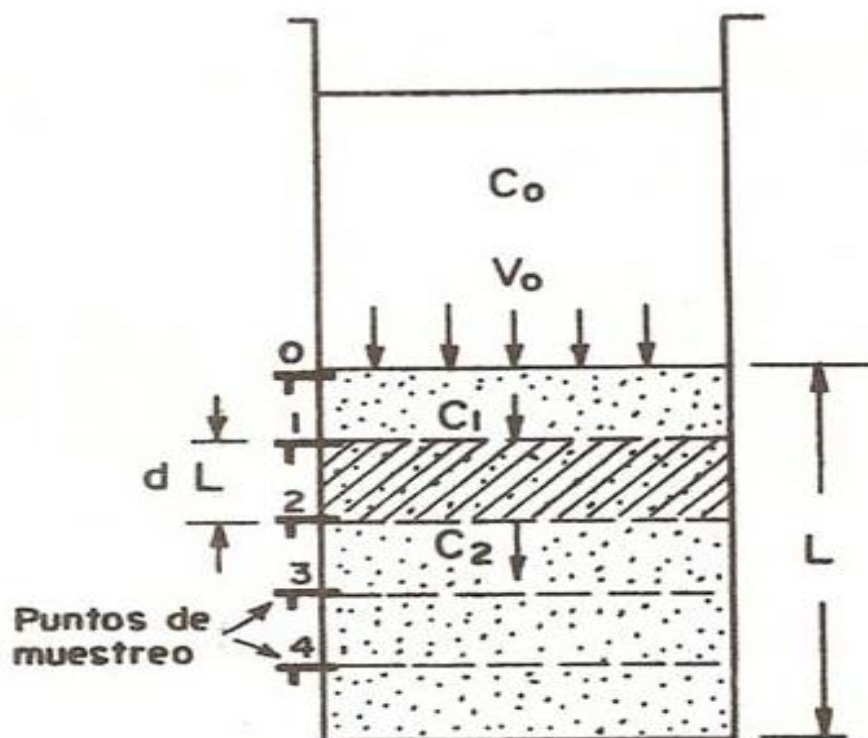


Figura 11. Representación de estratos de una capa filtrante

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS),

año 1989

El volumen de floc removido del flujo es igual al volumen depositado en los granos el medio filtrante. Al principio de la carrera de filtración, los granos del lecho están limpios por tanto $\lambda = \lambda_i$ (coeficiente inicial), al prolongarse la carrera

los depósitos se acumulan por efecto de la gravedad como pequeñas cúpulas encima de los granos.

Sin embargo, llega un momento en que la acumulación de material dentro del lecho es tan grande que los poros se llenan y la superficie disponible para nuevos depósitos es cada vez más pequeña con lo cual la eficiencia (λ) empieza a disminuir. El agua en una planta de tratamiento contiene sólidos en suspensión que irán recubriendo los granos del lecho disminuyendo su porosidad inicial (P_0) en cierta cantidad, con lo que la pérdida de carga (h_0) se irá incrementando en función al tiempo de uso, por tanto:

$$h_f = h_o + h. \phi(t), \text{ en forma diferencial}$$

$$\frac{dh}{dL} = \left[\frac{dh}{dL} \right]_o + \left[\frac{dh}{dL} \right]_t \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

h_0 : pérdida de carga inicial

$h\phi(t)$: pérdida de carga por colmatación que está en función del tiempo

dh : aumento de diámetro o tamaño de los granos del lecho

dL : capa de soporte o profundidad del lecho

La pérdida de carga final está en función de la forma como se distribuyen los depósitos específicos (σ) en el lecho filtrante o disminuye su porosidad inicial (P_0) y se puede expresar así:

$$h_f = h_o + \psi \int_0^L \sigma. dL \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

h_0 : pérdida de carga inicial

h_f : pérdida de carga final

ψ : coeficiente de pérdida de carga (que depende del tipo de medio filtrante usado, de la tasa de filtración de la viscosidad del agua y de las características de la suspensión)

σ : depósito específico

dL: profundidad del lecho

El depósito de sólidos generalmente queda en las capas superiores del lecho, a medida que la colmatación superficial se hace mayor, se incrementa la pérdida de carga reduciéndose la porosidad inicial (P_0) en un valor (σ).

Los factores que influyen en la filtración son:

- Tipo de medio filtrante.
- Velocidad de filtración.
- Tipo de suspensión: características físicas (volumen, densidad y tamaño de la suspensión) y características químicas del agua (pH, alcalinidad).
- Influencia de la temperatura

El tipo de medio filtrante debe seleccionarse basándose en la calidad de agua que se desea para el agua filtrada, adicionalmente debe tenerse en cuenta la duración de la carrera y la facilidad de lavado.

Un medio filtrante ideal es aquel que tiene una determinada granulometría y los granos tienen un cierto peso específico, que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado eficientemente y es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un afluente de buena calidad. El material granular para los filtros se selecciona por medio del cernido en tamices de la serie estándar americana y la Tyler, siendo la arena uno de los medios filtrantes utilizados en los filtros.

2.5.5 DESINFECCIÓN

La desinfección del agua es un proceso unitario de tratamiento que tiene como objetivo garantizar la potabilidad del agua desde el punto de vista microbiológico, asegurando la ausencia de organismos patógenos.

Se considera fundamental este proceso de tratamiento dentro de la tecnología del tratamiento del agua, debido a que los procesos anteriores no remueven el 100 % de microorganismos patógenos. Sin embargo, para cumplir con los estándares de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) o las normas de Organización Mundial para la Salud (OMS) y para proteger de brotes infecciosos, se realiza la desinfección.

Las aguas de consumo pueden sufrir re contaminación al ser distribuidas a la población a causa del deterioro en los tanques de almacenamiento y redes de distribución, por lo que la desinfección debe actuar como un seguro contra estas situaciones posteriores al tratamiento.

La desinfección es un proceso selectivo, no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos, como si ocurre en la esterilización, razón por la que debe diferenciarse estos términos, el desinfectante sólo destruye gérmenes patógenos. En el caso del agua se puede considerar 3 categorías de microorganismos: virus, bacterias y quistes de amebas o helmintos, los quistes de la entamoeba no son destruidos por los desinfectantes comunes.

En resumen, la desinfección es uno de los procesos más importantes en el tratamiento del agua y prácticamente es un proceso que no debe faltar en todo sistema de potabilización. En cuanto a los tipos de desinfectantes, actualmente se dispone de varias sustancias o medios de desinfección, que deben utilizarse de

acuerdo con las características de cada caso. Sin embargo, los desinfectantes deben cumplir una serie de requisitos con el fin de garantizar un tratamiento efectivo.

Los requisitos que deben cumplir los desinfectantes son:

- Deben destruir en un tiempo razonable los organismos patógenos, los que deben ser eliminados en las condiciones que tenga el agua.
- No deben ser tóxicos para el hombre ni para animales domésticos. En las dosis usuales, no deben dar olor ni sabor al agua que la hagan rechazable por el consumidor.
- Deben tener un costo razonable y condiciones que faciliten y den seguridad al transportar, almacenar, manipular y aplicar el producto.
- Su concentración en el agua debe ser fácil y rápidamente determinable (de preferencia automáticamente).
- Deben producir residuales persistentes en el agua de manera que actúen como una barrera sanitaria para posibles recontaminaciones.

Los desinfectantes más comunes son:

- El cloro (Cl_2) en forma líquida envasada en cilindros a presión.
- El hipoclorito de sodio (NaClO) con un contenido de cloro activo del 10 al 15 %.
- El hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, con un contenido de 60 % de cloro activo.
- El dióxido de cloro (ClO_2) que se produce en la misma planta de tratamiento de acuerdo con la reacción:



- La monocloramina (NH_2Cl) formado por la adición de cloro y amonio al agua que va ser desinfectada.
- El ozono (O_3) gas producido en el punto de aplicación debido a su inestabilidad. Se utiliza aire seco y energía eléctrica para su aplicación.



- El permanganato de potasio (KMnO_4).
- El yodo (I_2).
- El bromo (Br_2) que es utilizado en la desinfección de piscinas debido a que es menos irritante para la vista.

Los factores que favorecen la desinfección son: naturaleza del desinfectante, concentración del desinfectante, tiempo de contacto con el agua, características físico químicas del agua, temperatura del agua, pH del agua, naturaleza de los organismos a ser destruidos y mezcla con el agua. La acción de un desinfectante o tasa de destrucción se plantea como una reacción química de primer orden, definido por la Ley de Chick.

$$-\frac{dn}{dt} = kn \quad (\text{Ec.2.7})$$

Donde:

n: número de microorganismos por litro.

t: tiempo en minutos.

k: constante de velocidad (dependiendo de los factores mencionados anteriormente).

La integración de la ecuación anterior desde $t=0$ a $t=t$, y desde $n=n_0$ a $n=n_t$ da lo siguiente:

$$1. n. \frac{n_t}{n_0} = -k. t. \sigma. \frac{n_0}{n_t} = e^{kt} = R \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

n_0 : número de microorganismos por litro a $t=0$.

n_t : número de microorganismos por litro a $t=t$.

R: factor de reducción.

En la desinfección se utiliza al cloro como agente desinfectante de mayor uso en América Latina. La cloración puede ser usada con otros objetivos además de la desinfección debido a la fuerte acción oxidante del cloro. Los objetivos de la cloración son: la desinfección, remoción de amonio y otros compuestos orgánicos nitrogenados, remoción de compuestos orgánicos diversos, remoción de compuestos orgánicos oxidables, remoción de compuestos utilizados en el tratamiento, remoción de color. El cloro y algunos compuestos clorados tienen poder desinfectante debido a la acción sobre el protoplasma celular de los microorganismos vivos, su acción depende: de su concentración, del tiempo de contacto, de las características químicas del agua y de la temperatura del agua.

El cloro es más activo en la forma de ácido hipocloroso HClO . El cloro es un gas muy tóxico y su manejo requiere mucho cuidado. A pesar de los relativamente seguros sistemas de inyección, los cilindros de cloro gas deben ser transportados, almacenados y cambiados con mucho cuidado y por personal técnico entrenado.

(Arboleda Valencia, 2008)

Tabla 5. *Características de los cilindros de cloro*

Peso del contenido del cilindro		Peso del cilindro solo		Peso total del cilindro		Máximo flujo de cloro que se puede extraer de un cilindro	
Lb	Kg	Lb	Kg	Lb	Kg	Lb	Kg
100	46.5	73	33	173	83	26	11.7
150	75	90-130	50-59	240-280	115-134	40	18.2

Dependiendo de la forma que se utilice el cloro: gas envasado en cilindros o compuestos de cloro en polvo o en solución existe una gran variedad de equipos para aplicar el cloro al agua.

Tabla 6. *Clasificación de aparatos cloradores*

Tipo	Sistema de montaje	Capacidad	
		Kd/día	Ib/día
Presión	En pedestal	2 a 140	4 a 300
	Directamente en los cilindros	1 a 34	2 a 95
Vacío	En la pared	14 a 100	3 a 200

Para el almacenaje de estos cilindros, se tiene la siguiente recomendación:

- El almacén debe tener necesariamente techo para evitar que los cilindros se recalienten y las paredes deben tener orificios en la parte inferior para procurar la máxima ventilación.
- Todos los cilindros están equipados con fusibles que se funden entre 70-75 °C, en los cilindros de 50 y 75 kilogramos este fusible está colocado en la válvula de salida del cloro y no deben bloquearse estos fusibles.
- Los cilindros pequeños deben almacenarse en posición vertical y deben asegurarse con cadena o barras metálicas.
- No debe incluirse en el almacén equipos o actividades que produzcan fuego o chispas que puede alimentar la combustión del acero.

Los implementos de protección más importantes son: el sistema de alarma, las máscaras con tanque de aire o de oxígeno, el equipo para taponamiento de fugas y las botellas de amoniaco para detención de fugas. La cámara de contacto tiene por finalidad promover el tiempo de contacto necesario para permitir la acción bactericida del cloro con un máximo de eficiencia. Normalmente se

dimensionan para un tiempo de contacto entre 20 y 30 minutos, dependiendo de las características del agua. Los factores que pueden dar lugar a una baja eficiencia del desinfectante pueden ser: la turbidez, organismos resistentes (giardia), compuestos oxidables, gran cantidad de materia orgánica, depósitos de fierro y manganeso. **(Alvarado, 2002)**

CAPITULO III

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN AYNA - SAN FRANCISCO

3.1. CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN

El agua es captada del riachuelo Arroyo Negro, ubicada aproximadamente a 8 km de la localidad de Aurora Alta, siendo transportada mediante tuberías de 6 pulgadas con un caudal promedio de 32 L/s.

3.2. MEDIDOR DE CAUDAL: CANALETA PARSHALL

Para poder medir el caudal de ingreso a la planta de tratamiento se utiliza la canaleta Parshall, posee una zona de estrangulamiento y otra de relieve donde se conecta una boya que comunica la medida del nivel y por medio de una ecuación se puede determinar el caudal de agua que ingresa a la planta, la canaleta Parshall va acompañado de una placa de madera que provoca la turbulencia del agua, cuyo fin es la homogenización de la solución de sulfato de aluminio que se adiciona en toda la masa de agua; es decir, este tipo de canaleta cumple doble función, la de medir el caudal del agua y la de mezclar.



Figura 12. Canaleta Parshall en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Ayna–San Francisco

3.3. CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA

En la planta de Ayna San Francisco, la cámara de mezcla rápida, tiene el propósito de dispersar rápido y uniformemente el coagulante a través de toda la masa de agua y garantizar un flujo uniforme.

La mezcla rápida se efectúa mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos; es decir, se utiliza la misma energía del agua para realizar esta operación, el mecanismo que proporciona dicha energía es la canaleta Parshall. La cámara de mezcla rápida, posee un tiempo retención determinado en el diseño de construcción aproximadamente de diez segundos, que debe tener el agua en proceso de coagulación; las condiciones en este punto deben ser las óptimas para hacer eficiente el proceso de coagulación.

Además, se debe asegurar que la dosis de sulfato de aluminio sea a cantidad constante para que la dispersión del agua sea uniforme en el agua que llega a la planta de tratamiento.

El mecanismo de coagulación sucede por dos vías:

- Adsorción de las especies hidrolíticas por el coloide.
- Coagulación de barrido.

La forma de coagulación que a nosotros nos interesa es la coagulación por adsorción, que nos explica el mecanismo químico de la desestabilización-adsorción de las partículas suspendidas en el agua son adheridas con las especies hidrolizadas del Sulfato de Aluminio, que permite la formación de flóculos. **(Cánepa de Vargas, 2004)**

3.4. CÁMARA DE MEZCLA LENTA O COAGULACIÓN

La coagulación es el proceso por el cual las diminutas partículas ajenas a las características del agua, se transforman en grandes aglomerados, para así facilitar la sedimentación. Este proceso incluye la desestabilización y la floculación.

Al proceso de vencer la barrera de repulsión que tienen los coloides para permitir la aglomeración, es conocido como desestabilización. La floculación se verá en el siguiente punto.

La coagulación en la planta empieza cuando al agua, al pasar por la etapa de mezcla rápida, se le adiciona el coagulante sulfato de aluminio, y transcurren máximo 35 segundos para que el compuesto químico actúe y luego pasa a la unidad de decantación laminar donde ocurre la floculación. La eficiencia del coagulante está en función de la turbulencia que tenga el agua cuando el compuesto es agregado, y esto se logra con una pendiente correcta en la Mezcla Rápida. La planta de Ayna San Francisco tiene una pendiente correcta, establecida entre los rangos permitidos, el valor es de 0,53 %.

La cantidad de coagulante se determina diariamente mediante la prueba física de Jarras, teniendo como principal factor determinante la turbiedad del agua cruda que ingresa, además de las horas de funcionamiento de la planta. Si el agua cruda ingresa con una turbiedad de hasta 250 NTU el sulfato de aluminio es aceptable, sin embargo, si el agua ingresa con turbiedades mayores se debe emplear un ayudante de coagulación. **(Informe Memoria , 2009)**



Figura 13. Floculador de flujo horizontal

3.5. DECANTACIÓN

Es un proceso mediante el cual se consigue la separación de la materia sólida no disuelta en el agua cruda tratada con sulfato de aluminio, mediante la acción de la gravedad.

La aplicación de la teoría de sedimentación laminar, permite obtener decantadores económicos, altamente eficientes y fáciles de operar y mantener. La eficiencia de remoción de dichos decantadores laminares fluctúa entre 95 y 99 % obteniéndose ventajas mayores a medida que la turbiedad y el tiempo de operación se incrementa.

Normalmente, en condiciones similares de cargas superficiales, son más eficientes que el equipo de prueba de jarras. La eficiencia del pre tratamiento es un factor que influye definitivamente en el comportamiento del decantador laminar. Se consiguen rangos superiores a 90 % con un pre tratamiento adecuado, decreciendo a 40 % en caso contrario, aun con tasas muy convencionales.

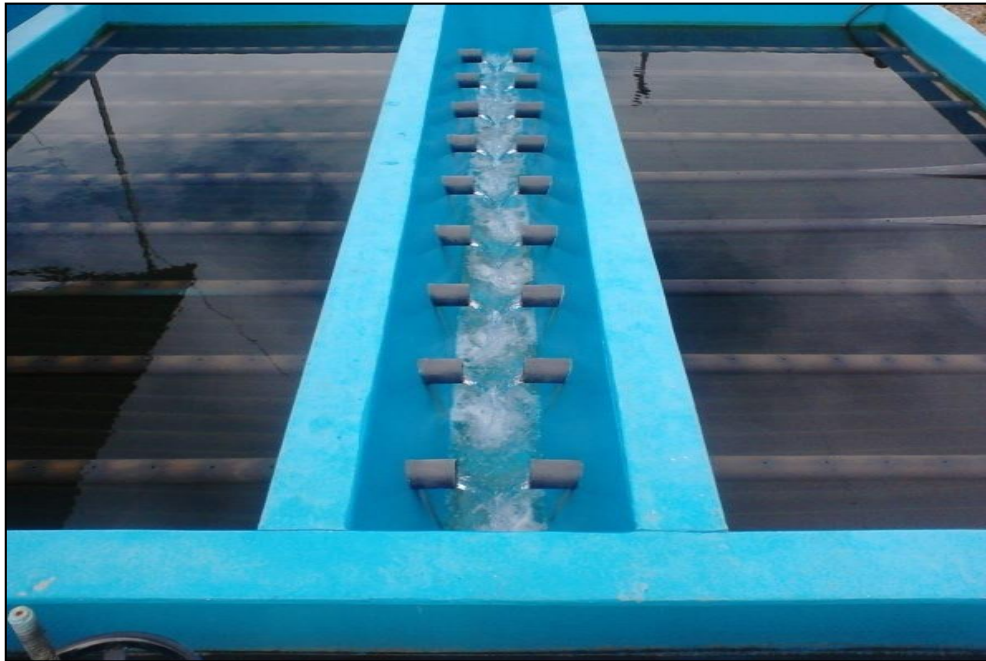


Figura 14. Decantadores Laminares

3.6. SEDIMENTACIÓN

Es el siguiente proceso que continua con la tarea de la clarificación del agua, teniendo como misión la remoción de las partículas en suspensión por efecto de la gravedad. Se denominan “partículas sedimentables” a aquellas que sedimentan en un tiempo elegido, “partículas discretas” a las que no cambian de características durante el proceso, y “partículas flocúlenas” las que se producen por la unión de partículas coloidales gracias a agentes químicos. La sedimentación de estas partículas está en función del tamaño, forma y densidad. **(Informe Memoria , 2009)**

En la planta se maneja un promedio de turbiedad de las aguas crudas de 10,30 NTU que es igual a 10,30 mg/L del polímero formacina, y debido a esta cantidad la suspensión con la que trabajan las plantas son de caída libre. El mecanismo de caída libre es para plantas que tengan índices de turbiedad menores a 500 mg/L, lo que significa que las partículas sedimentan o decantan libremente.

3.7. FILTRACIÓN

Consiste en remover las partículas y coloides presentes en el agua que se van escurriendo a través de un medio poroso. Es con este proceso que se concluye la etapa de la clarificación del agua, y es en esta etapa que la calidad del agua debe coincidir con los patrones del agua potable. En la filtración suceden dos mecanismos complementarios: transporte porque las partículas a removerse son llevadas de la suspensión de la solución acuosa a la superficie de los granos filtrantes; este es un fenómeno físico e hidráulico; y la adherencia que ocurre por fenómeno de acción superficial influenciado por parámetros químicos y físicos. Hay que diferenciar entre la filtración que ocurre en la superficie y la profundidad; son las primeras capas del medio filtrante las que cumplen con el 90 % de la retención de los coloides y suspendidos, es decir sucede una especie de cernido. El tipo de filtro que se utiliza en la Planta de Ayna, son del tipo filtros rápidos de arena, cuyos medios filtrantes no son uniformes, y tienen 3 capas, y cada una de estas presentan características de uniformidad.



Figura 15. Funcionamiento de un filtro rápido

Los medios filtrantes que utiliza la planta son antracita – arena – grava, ordenados de igual manera, de menor a mayor diámetro siguiendo la profundidad, consta de 6 unidades de filtración, con una capacidad de alrededor de 100 y 120 L/s. Además, posee una batería de filtros del tipo tasa declinante y lavado mutuo, esto es, lavado de un filtro con el agua que produce el resto de las unidades que componen la batería., el cual abastece de agua para el lavado. (Cánepa de Vargas, 2010).

3.8. DESINFECCIÓN

Al igual que el proceso de la mezcla rápida, la desinfección es un proceso unitario que tiene como objetivo eliminar cualquier tipo de microorganismos del agua mediante el uso del cloro.

Para llegar a este paso, es necesario haber concluido con la etapa de clarificación del agua. A la salida de la planta se asegura la ausencia de patógenos del agua, sin embargo, pueden contaminarse otra vez dependiendo del grado de deterioro de los reservorios y redes de distribución, por lo que debe existir una cantidad de cloro residual que asegure estas probables nuevas fuentes de contaminación. Sin embargo, el proceso de

Desinfección es un proceso selectivo, ya que no destruye todos los patógenos ni todos los organismos del agua, pero si es condición eliminar todos los seleccionados, se cuenta con sistema de cloración por contacto.

3.9. RESERVORIOS

Luego de la etapa de desinfección, el agua es enviada hacia el reservorio principal con una capacidad de 300 m³. Por lo general el tiempo de residencia en el reservorio de planta es corto, porque a partir de ello, el agua es transportada hacia la ciudad.

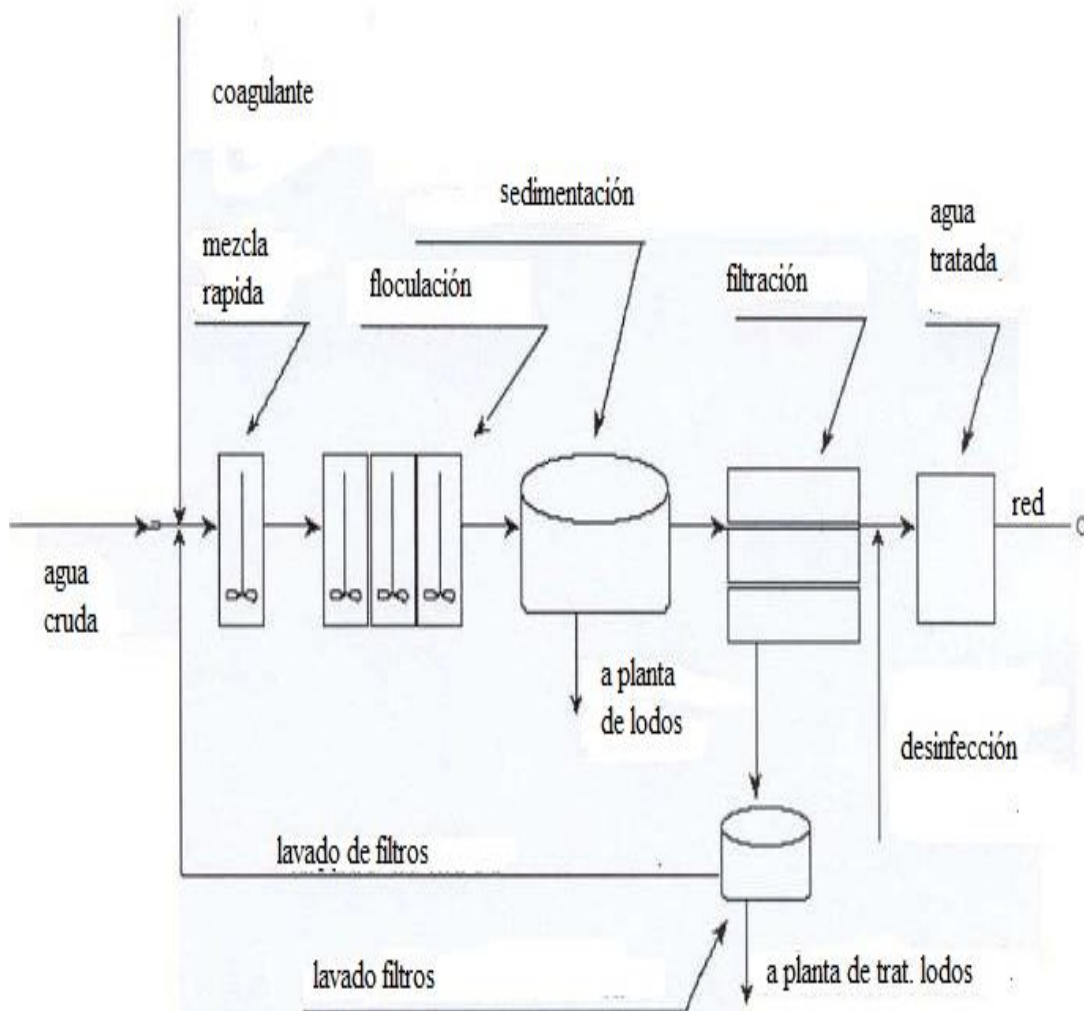


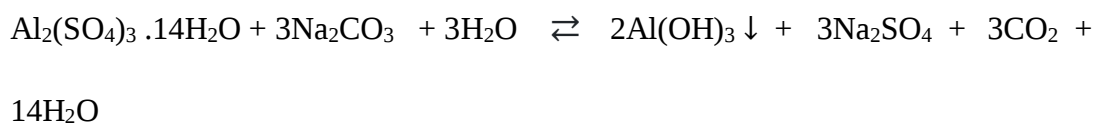
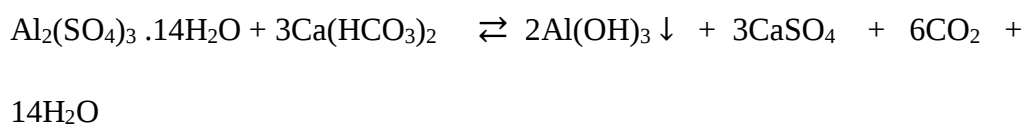
Figura 16. Diagrama de Flujo de la planta de Tratamiento de Agua Potable

3.10. REACCIONES QUÍMICAS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

El proceso de coagulación implica la dispersión del coagulante, su reacción con la alcalinidad para la formación del gel e inclusive la aglomeración de dicha gelatina para la formación del flóculo (floculación).

El sulfato de aluminio es el más utilizado para el tratamiento del agua, se consideran las reacciones asociadas a la adición del sulfato de aluminio hidratado ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), del mismo modo se presenta las reacciones asociadas al proceso de desinfección con cloro.

Para el proceso de coagulación con sulfato de aluminio, las reacciones son las siguientes:



En el proceso de cloración la reacción principal es la siguiente:



3.11. BALANCE DE MATERIA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA (MARZO 2013).

El presente balance de materia se realiza para un mes de operación de la planta de tratamiento de agua Potable de Ayna San Francisco.

- Turbiedad inicial promedio = 10 NTU
- Caudal de ingreso del agua cruda = 0,032 m³/s
- Solidos totales del agua cruda = 36,3 ppm
- Temperatura promedio del agua cruda = 20°C
- Densidad del agua cruda = 1,00052 g/cm³
- pH promedio del agua cruda = 7,20
- Dosis optima de sulfato de aluminio = 10 ppm
- Cloro gaseoso requerido = 2,00 ppm

SOLIDOS TOTALES CON SULFATO DE ALUMINIO

- Agua floculada = 36,2 mg/L
- Agua decantada = 33,4 mg/L
- Agua filtrada = 30,1 mg/L

DENSIDAD DEL AGUA EN TRATAMIENTO A 20°C

- Agua sedimentada = 1,00020 g/cm³
- Agua filtrada = 0,98448 g/cm³
- Agua floculada = 1,00030 g/cm³

3.12. BALANCE DE MATERIA EN FUNCION DE SULFATO DE ALUMINIO

Entrada al Sistema = Masa de Agua Cruda + masa de sulfato de aluminio + masa de cloro.

a) Calculo de la masa del agua cruda

$$\text{Volumen} = \left[0,032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 86\,400 \frac{\text{s}}{\text{dia}} * 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right] = 82\,944 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Masa = volumen * densidad del agua

$$\text{Masa} = 82\,944 \, m^3/\text{mes} * 1,00052 \frac{TM}{m^3} = 82\,987,11 \, TM$$

***Masa de sulfato de aluminio: dosis óptima = 10ppm = 0,010 kg/m³**

$$\text{Masa de sulfato de aluminio} = \left[0,010 \frac{kg}{m^3} * 0,032 \frac{m^3}{s} * 86\,400 \frac{s}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} \right] = 0,82944$$

TM

***Agua filtrada para disolución de sulfato de aluminio: con flujo de 0,08 L/s**

$$\text{Volumen} = \left[0,00008 \frac{m^3}{s} * 86\,400 \frac{s}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} \right] = 207,36 \, m^3$$

$$\text{Masa} = 207,36 \, m^3 * 0,98448 \, t/m^3 = 204,14 \, TM$$

$$\text{Masa total} = 0,82944 \, TM + 207,36 \, TM = 208,19 \, TM$$

b) Calculo de la masa de cloro

Calculo del agua filtrada para la dilución de cloro para el flujo de = 0,06 L/s

$$\text{Volumen} = \left[0,00006 \frac{m^3}{s} * 86\,400 \frac{s}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} \right] = 155,52 \, m^3$$

$$\text{Masa} = 155,52 \, m^3 * 0,98448 \frac{TM}{m^3} = 153,11 \, TM$$

Masa de cloro con una dosis = 2,00 ppm para tratar 82 944 m³ de agua cruda

$$\text{Masa} = \left[0,002 \frac{kg}{m^3} * 82\,944 \, m^3 \right] = 0,1659 \, TM$$

***solución diluida de cloro**

Masa de la solución diluida de cloro = masa de dilución + masa de cloro

$$\text{Masa de la solución diluida de cloro} = 153,11 \, TM + 0,1659 \, TM = 153,28 \, TM$$

$$\text{Entrada al sistema} = 82\,987,11 \, TM + 0,82944 \, TM + 0,16589 \, TM = 82\,988,11 \, TM$$

SALIDA DEL SISTEMA

$$\text{Salida del sistema} = M \text{ de lodo sedimentado} + M \text{ de lavado de filtro} + M \text{ de agua potable}$$

c) Masa de agua floculada

Masa de agua floculada = masa de agua cruda + masa de solución de Al₂(SO₄)₃

$$\text{Masa de agua floculada} = 82\,987,11 \, TM + 208,19 \, TM = 83\,195,3 \, TM$$

Volumen del agua floculada = $83\,195,3\text{ TM} / 1,00030\text{ TM/m}^3 = 83\,170,34\text{ m}^3$

Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador = $\text{STRSed} = \text{STFloc} - \text{STSed}$

$\text{STSed} = 36,2\text{ mg/L} - 33,4\text{ mg/L} = 2,8\text{ mg/L} = 0,0028\text{ kg/m}^3$

Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador = $83\,170,34\text{ m}^3 * 0,0028\text{ kg/m}^3$

Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador = $0,2328\text{ TM}$

Masa de agua de arrastre de lodo: 0,2 % de agua floculada

Masa de agua de arrastre de lodo = $0,002 * 83\,195,3\text{ TM} = 166,39\text{ TM}$

Masa de lodo = masa de STSed + masa de agua de arrastre

Masa de lodo = $0,2328\text{ TM} + 166,39\text{ TM} = 166,62\text{ TM}$

MASA DE LAVADO DE FILTRO

Promedio de lavado de filtros 20 min con un caudal de con un caudal de $0,10\text{ m}^3/\text{s}$

Masa de agua sedimentada para el lavado de filtros

Masa de agua para el lavado = $0,10\text{ m}^3/\text{s} * 0,98448\text{ t} / \text{m}^3 * 20\text{ min} * 60\text{ s/min} * 30\text{ días/mes}$

Masa de agua para el lavado = $3,5441\text{ t}$ (1,000 t que ingresa al filtro)

Masa de sólidos totales removidos en el filtro

- Sólidos totales removidos en el filtro = STRemFilt
- Sólidos totales sedimentados = STSed .
- Sólidos totales filtrados = STFil .

$\text{STRemFilt} = \text{STSed} - \text{STFil} = 33,4\text{ mg/L} - 30,1\text{ mg/L} = 3,3\text{ mg/L} = 0,0033\text{ kg/m}^3$

Masa de agua sedimentada = masa de agua floculada – masa de lodo

Masa de agua sedimentada = $83\,195,3\text{ TM} - 166,62\text{ TM} = 83\,028,68\text{ TM}$

Volumen del agua sedimentada = $83\,028,68\text{ TM} / 1,00020\text{ TM/m}^3 = 83\,012,08\text{ m}^3$

MASA DE SÓLIDOS TOTALES REMOVIDOS EN LOS FILTROS

Masa de $\text{STRFil} = 0,0033\text{ kg/m}^3 * 83\,012,08\text{ m}^3 = 273,44\text{ kg} = 0,274\text{ TM}$

Masa total de lavado de filtro = masa de STRFil + masa del agua de lavado

Masa total de lavado de filtro = 0,274 TM + 3,5441 TM = 3,8181 TM

Volumen total de lavado de filtro = 3.8181TM / 0,98448 TM = 4,5195 TM

***Agua filtrada**

Masa del agua filtrada = masa del agua sedimentada – masa del agua lavado de filtro

Masa del agua filtrada = 83 028,68 TM – 3.8181 TM = 83 024,86 TM

Volumen del agua filtrada = 83 024,86 TM / 0,98448 = 84 333,71 TM

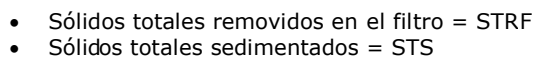
AGUA POTABLE

Masa de agua potable = masa de agua filtrada + masa de la solución diluida de cloro

Masa de agua potable = 83 024,86 TM + 153,2758 TM = 83 178,14 TM

Salida Total = masa del agua potable + masa de lodo + masa de lavado de filtro

Salida Total = 83 178,14 TM + 166,62 TM + 3,8181 TM = 83 348,58 TM



63

CAPÍTULO IV

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE KIMBIRI, Y SU MANTENIMIENTO.

La planta de tratamiento de agua potable de Kimbiri, es considerada por los especialistas como la más grande que existe en la zona sur del país. El mega proyecto fue inaugurado con la presencia de los congresistas Elizabeth León y Luis Wilson, así como de autoridades y pobladores del distrito cusqueño de Kimbiri en el valle de los ríos Apurímac y Ene.

Actualmente la planta de agua potable abastece a los ocho mil habitantes de Kimbiri, en función a doscientos litros por persona, pero tiene capacidad para abastecer en breve tiempo a 20 mil habitantes.

A nivel de los distritos del VRAEM, Kimbiri es el segundo que ha construido su planta de tratamiento de agua potable, siguiendo el ejemplo de Pichari que inauguró una infraestructura similar.

4.1. CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN

El agua es captada del río Cashiroveni, ubicada aproximadamente a 1 200 m de la localidad de Kimbiri Alto, el agua es transportada mediante una tubería de 8 pulgadas con un caudal promedio de 64 L/s.

4.2. EMBALSE

La toma inicial del agua que llega a la ciudad de Kimbiri empieza en el río Cashiroveni. El agua proveniente del río, se almacena en un embalse o laguna artificial, con capacidad de 7 500 m³. Del embalse el agua es conducida a la planta mediante una línea de conducción de 8" donde se aprecian cámaras rompe presión.

La limpieza de los embalses se realiza con una frecuencia de 2 veces al año, dándose la recomendación de parte del Jefe del Departamento de Producción y responsable de las operaciones y planificar el mantenimiento de toda la planta, ya que a su vez cumplen la función de pre-sedimentadores, se asientan grandes cantidades de lodos en el fondo, disminuyendo con el tiempo la capacidad de almacenamiento originalmente diseñada. El agua del embalse es conducida por gravedad hasta la planta.

4.3. MEDIDOR DE CAUDAL: CANALETA PARSHALL

El aforador parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento, así mismo, cumple la función de mezclar el agua con el coagulante.

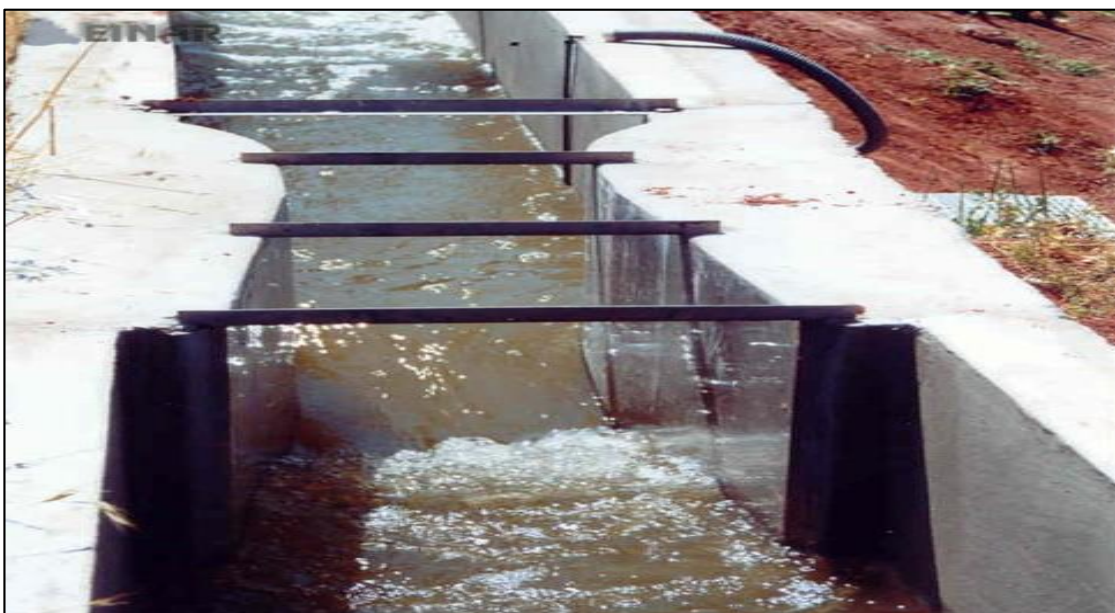


Figura 18. Canaleta Parshall

4.4. CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA

En esta etapa se produce la desestabilización de las partículas mediante el mecanismo de la neutralización de cargas o adsorción tiene que haber transporte o colisión en los coloides y los productos de la reacción hidrológicas.

Este tipo de coagulación con dosis baja de sustancias químicas produce flóculos desestabilizados muy pequeños. La coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

4.5. CÁMARA DE MEZCLA LENTA O COAGULACIÓN

La planta de tratamiento cuenta con flocladores de pantalla, que obtiene una agitación rápida al ingresar y lenta al salir de la cámara, así mismo, tienen tramos con espaciamientos diferentes entre las pantallas, los espaciamientos entre las primeras pantallas es menor, para que la agitación del agua sea mayor que las últimas.

Cuando la cantidad de agua aumenta, el agua pasa rápidamente y la floclación no es buena y cuando la cantidad disminuye la velocidad del agua también lo hace, el flóculo no se forma bien y se produce sedimentación en las pantallas.



Figura 19. Floclador de flujo horizontal

4.6. DECANTACIÓN

Es un proceso mediante el cual se consigue la separación de la materia sólida no disuelta en el agua cruda tratada con sulfato de aluminio, mediante la acción de la gravedad.

La planta cuenta con decantadores lamelares con una inclinación adecuada, aumenta la superficie efectiva de decantación.

En la planta se maneja un promedio de aguas crudas de 57,30 NTU que es igual a 57,30 mg/L del polímero formacina, y debido a esta cantidad la suspensión con la que trabajan la planta son de caída libre. El mecanismo de caída libre es para plantas que tengan índices de turbiedad mayores a 500mg/L, lo que significa que las partículas sedimentan o decantan libremente.



Figura 20. Decantadores lamelares

4.7. SEDIMENTACIÓN

El siguiente proceso continúa con la tarea de la clarificación del agua, teniendo como misión la remoción de las partículas en suspensión por efecto de la gravedad. Se denominan “partículas sedimentables” a aquellas que sedimentan en un tiempo elegido, “partículas discretas” a las que no cambian de características durante el proceso, y

“partículas flocúntas” las que se producen por la unión de partículas coloidales gracias a agentes químicos. La sedimentación de estas partículas está en función del tamaño, forma y densidad.

En la planta se maneja un promedio de turbiedad de las aguas crudas de 57,30 NTU que es igual a 57,30 mg/L (temporadas de lluvias intensas), del polímero formacina, y debido a esta cantidad la suspensión con la que trabajan las plantas son de caída libre. El mecanismo de caída libre es para plantas que tengan índices de turbiedad menores a 500 mg/L, lo que significa que las partículas sedimentan o decantan libremente.

4.8. FILTRACIÓN

En general se considera filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que requiere la materia que se encuentra en suspensión.

La planta cuenta con cinco unidades de filtros abiertos

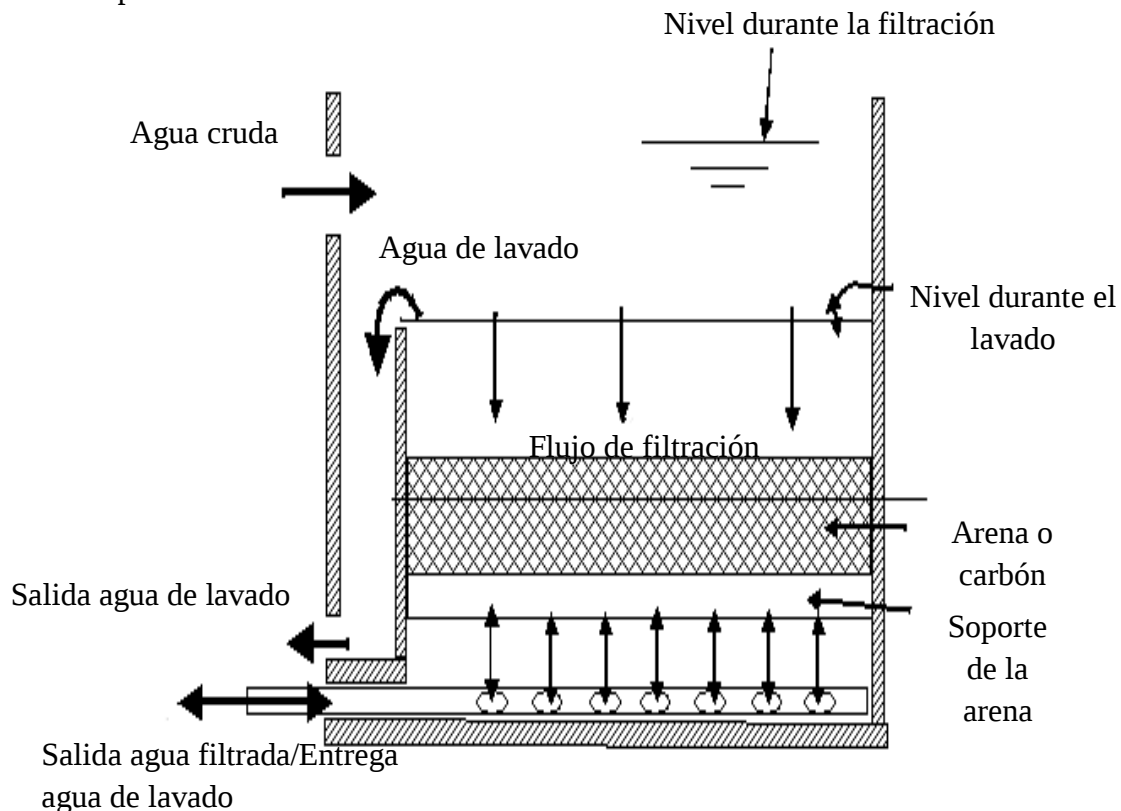


Figura 21. Funcionamiento de un filtro rápido

4.9. DESINFECCIÓN

Al igual que el proceso de la mezcla rápida, la desinfección es un proceso unitario que tiene como objetivo eliminar cualquier tipo de microorganismos del agua mediante el uso del cloro.

Para llegar a este paso, es necesario haber concluido con la etapa de clarificación del agua. A la salida de la planta se asegura la ausencia de patógenos del agua, sin embargo, pueden contaminarse otra vez dependiendo del grado de deterioro de los reservorios y redes de distribución, por lo que debe existir una cantidad de cloro residual que asegure estas probables nuevas fuentes de contaminación. Sin embargo, el proceso de desinfección es un proceso selectivo, ya que no destruye todos los patógenos ni todos los organismos del agua, pero sí es condición eliminar todos los seleccionados.

4.10. RESERVORIOS

Luego de la etapa de desinfección, el agua es enviada hacia el reservorio principal con una capacidad de 650 m³. Por lo general el tiempo de residencia en el reservorio de la planta es corto, porque a partir de él, el agua es transportada hacia los diferentes reservorios que existen en la ciudad.

Las plantas de tratamiento de agua, de San Francisco y Kimbiri, tienen el mismo diseño y las etapas del proceso son los mismos.

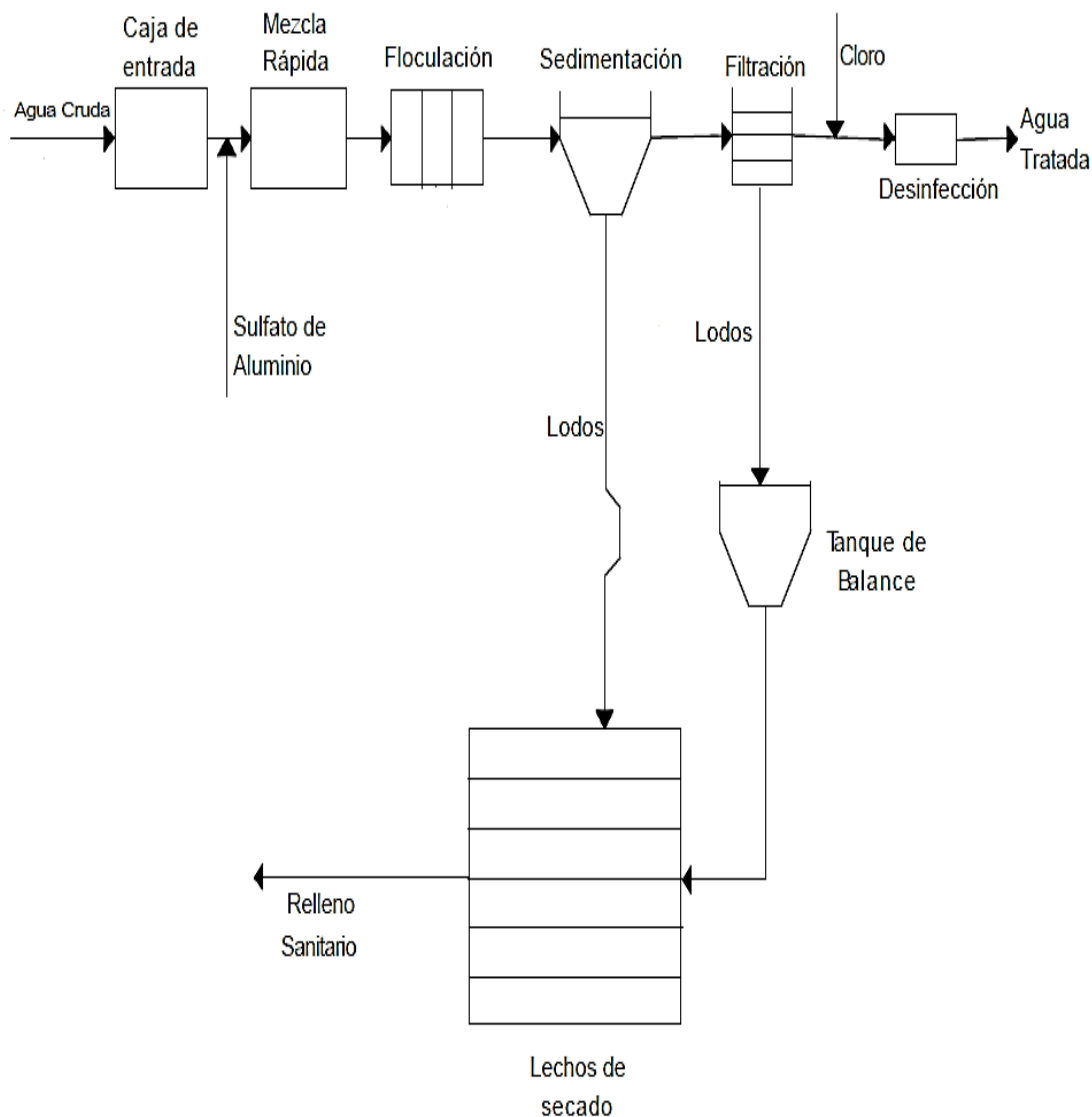


Figura 22. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable en Kimbiri

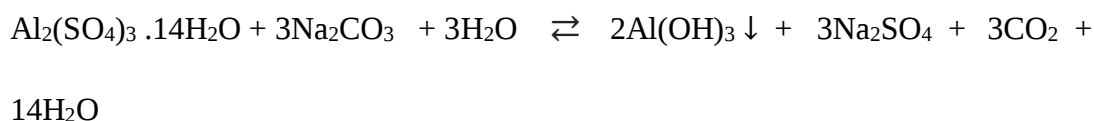
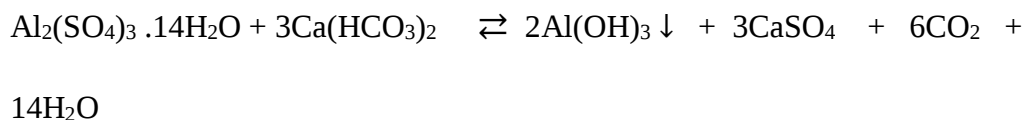
4.11. REACCIONES QUÍMICAS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

El proceso de coagulación implica la dispersión del coagulante, su reacción con la alcalinidad para la formación del gel e inclusive la aglomeración de dicha gelatina para la formación del flóculo (floculación).

El sulfato de aluminio es el más utilizado para el tratamiento del agua, se consideran las reacciones asociadas a la adición del sulfato de aluminio hidratado

($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), del mismo modo se presenta las reacciones asociadas al proceso de desinfección con cloro.

Para el proceso de coagulación con sulfato de aluminio, las reacciones son las siguientes:



En el proceso de cloración la reacción principal es la siguiente:



4.12. BALANCE DE MATERIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El presente balance de materia se realiza para un mes de operación de la planta de tratamiento de agua Potable de Kimbiri.

- Turbiedad inicial promedio = 57.30 NTU
- Caudal de ingreso del agua cruda = 0,062 m³/s
- Sólidos totales del agua cruda = 36,3 ppm
- Temperatura promedio del agua cruda = 20°C
- Densidad del agua cruda = 1,00052 g/cm³
- pH promedio del agua cruda = 7.25
- Dosis optima de sulfato de aluminio = 12 ppm
- Cloro gaseoso requerido = 2,00 ppm

SOLIDOS TOTALES CON SULFATO DE ALUMINIO

- Agua floculada = 33,3 mg/L
- Agua decantada = 31,2 mg/L
- Agua filtrada = 30,4 mg/L

DENSIDAD DEL AGUA EN TRATAMIENTO A 20°C

- Agua sedimentada = 1,00020 g/mL
- Agua filtrada = 0,98448 g/mL
- Agua floculada = 1,00030 g/mL

4.13 BALANCE DE MATERIA EN FUNCION DE SULFATO DE ALUMINIO

Entrada al Sistema = Masa de Agua Cruda + masa de sulfato de aluminio + masa de cloro

a) Cálculo de la masa del agua cruda

$$\text{Volumen} = \left[0,062 \frac{m^3}{s} * 86\,400 \frac{s}{dia} * 30 \frac{seg}{dia} \right] = 160\,704,00 \, m^3$$

Masa = volumen * densidad del agua

$$\text{Masa} = 160\,704,00 \, m^3 * 1,00052 \frac{TM}{m^3} = 160\,787,57 \, m^3$$

Masa de sulfato de aluminio: dosis optima = 12ppm = 0,012 kg/m³

$$\text{Masa de sulfato de aluminio} = \left[0,012 \frac{kg}{m^3} * 0,062 \frac{m^3}{s} * 86\,400 \frac{seg}{dia} * 30 \frac{dia}{mes} \right] = 1,9285$$

TM

Agua filtrada para disolución de sulfato de aluminio: con flujo de 0,08 L/s

$$\text{Volumen} = \left[0,00008 \frac{m^3}{s} * 86,400 \frac{seg}{dia} * 30 \frac{seg}{dia} \right] = 207,36 \, m^3$$

$$\text{Masa} = 207,36 \, m^3 * 0,98448 \frac{t}{m^3} = 204,14 \, TM$$

$$\text{Masa total} = 1,92845 \, t + 207,36 \, t = 209,29 \, TM$$

b) Cálculo de la masa de cloro

Calculo del agua filtrada para la dilución de cloro para el flujo de = 0,06 L/s

$$\text{Volumen} = \left[0,00006 \frac{m^3}{seg} * 86\,400 \frac{seg}{dia} * 30 \frac{seg}{dia} \right] = 155,52 \, m^3$$

$$\text{Masa} = 155,52 \, m^3 * 0,98448 \frac{t}{m^3} = 153,106 \, TM$$

Masa de cloro con una dosis = 2,00 ppm para tratar $160,704 \, m^3$ de agua cruda

$$\text{Masa} = \left[0,002 \frac{kg}{m^3} * 160,704 m^3 \right] = 0,3214 \, TM$$

***solución diluida de cloro:**

Masa de la solución diluida de cloro = masa de dilución + masa de cloro

$$\text{Masa de la solución diluida de cloro} = 153,106 \, TM + 0,3214 \, TM = 153,43 \, TM$$

$$\text{Entrada al sistema} = 160\,787,57 \, TM + 1,92845 \, TM + 0,3214 \, TM = 160\,789,82 \, TM$$

SALIDA DEL SISTEMA

$$\text{Salida del sistema} = M \text{ de lodo sedimentado} + M \text{ de lavado de filtro} + M \text{ de agua potable}$$

c) Masa de agua floculada

Masa de agua floculada = masa de agua cruda + masa de solución de $Al_2(SO_4)_3$

$$\text{Masa de agua floculada} = 160\,787,57 \, TM + 204,14 \, TM = 160\,991,71 \, TM$$

$$\text{Volumen del agua floculada} = 160\,991,71 \, TM / 1,00030 \frac{m^3}{TM} = 160\,943,43 \, m^3$$

Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador = $STR_{Sed} = STF_{Floc} - ST_{Sed}$

$$ST_{Sed} = 33,3 \, mg/L - 31,1 \, mg/L = 2,2 \, mg/L = 0,0022 \, kg/m^3$$

$$\text{Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador} = 160\,943,43 \, m^3 * 0,0022 \, kg/m^3$$

$$\text{Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador} = 354,075 \, TM$$

$$\text{Masa de sólidos totales removidos del Sedimentador} = 0,3540 \, TM$$

Masa de agua de arrastre de lodo: 0.2 % de agua floculada

$$\text{Masa de agua de arrastre de lodo} = 0,002 * 160\,991,71 \, TM = 321,98 \, TM$$

Masa de lodo = masa de ST_{Sed} + masa de agua de arrastre

$$\text{Masa de lodo} = 0,3540 \, TM + 321,98 \, TM = 322,334 \, TM$$

MASA DE LAVADO DE FILTRO

Promedio de lavado de filtros 15 min con un caudal de con un caudal de $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$

Masa de agua sedimentada para el lavado de filtros

Masa de agua para el lavado = $0,10 \text{ m}^3/\text{s} * 0,98448 \text{ TM} / \text{m}^3 * 15 \text{ min} * 60 \text{ s/min} * 30$
días/mes

Masa de agua para el lavado = 2,6581 TM

Masa de sólidos totales removidos en el filtro

- Sólidos totales removidos en el filtro = STRemFilt
- Sólidos totales sedimentados = STSed.
- Sólidos totales filtrados = STFil.

STRemFilt = STSed – STFil = $31,1 \text{ mg/L} - 30,0 \text{ mg/L} = 1,1 \text{ mg/L} = 0,0011 \text{ kg/m}^3$

Masa de agua sedimentada = masa de agua floculada – masa de lodo

Masa de agua sedimentada = $160\,669,36 \text{ TM} - 322,35 \text{ TM} = 160\,669,36 \text{ TM}$

Volumen del agua sedimentada = $160\,669,36 \text{ TM} / 1.00020 \text{ m}^3/\text{TM} = 160\,637,23 \text{ m}^3$

MASA DE SÓLIDOS TOTALES REMOVIDOS EN LOS FILTROS

Masa de STRFil = $0,0011 \text{ kg/m}^3 * 160\,637,23 \text{ m}^3 = 176,71 \text{ kg} = 0,1767 \text{ TM}$

Masa total de lavado de filtro = masa de STRFil + masa del agua de lavado

Masa total de lavado de filtro = $0,1767 \text{ TM} + 2,6581 \text{ TM} = 2,8348 \text{ TM}$

Volumen total de lavado de filtro = $2,8348 \text{ TM} / 0,98448 \text{ m}^3/\text{TM} = 2,8794 \text{ m}^3$

Agua filtrada

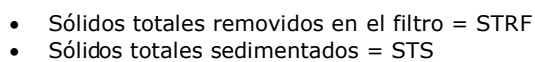
Masa del agua filtrada = masa del agua sedimentada – masa del agua lavado de filtro

Masa del agua filtrada = $160\,669,36 \text{ TM} - 2,8348 \text{ TM} = 160\,666,53 \text{ TM}$

Volumen del agua filtrada = $160\,666,53 \text{ TM} / 0.98448 \text{ m}^3/\text{TM} = 163\,199,38 \text{ TM}$

AGUA POTABLE

Masa de agua potable = masa de agua filtrada + masa de la solución diluida de cloro

$$\text{Salida Total} = 160\,819,96 \text{ TM} + 322,334 \text{ TM} + 2,83404 \text{ TM} = 161\,145,12 \text{ TM}$$


75

CAPÍTULO V

CONTROL DE CALIDAD DE AGUA

En este capítulo se explica la metodología y el control de calidad del agua en las Plantas de tratamiento de Ayna y Kimbiri, desde el agua cruda, el proceso de tratamiento y el agua potable.

5.1. GENERALIDADES

El agua para consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud - OMS, como aquella "adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal". En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores. No obstante, la calidad del agua no es suficiente para asegurar beneficios a la salud humana; es necesario que adicionalmente se satisfagan tres aspectos: cantidad, continuidad y costo razonable.

La Unidad de Control de Calidad que es el área dedicada a la evaluación físico química, microbiológica del agua potable y residuales y generador de informaciones sobre la calidad de las mismas, conjuntamente con la obtenida por las otras áreas que apoyan al Programa de Control de Calidad, sirve para la adecuada toma de decisiones y la consiguiente mejora del servicio que prestan las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Ayna y Kimbiri a sus clientes.

La Unidad de Control de Calidad contempla los Programas de Control de Calidad de acuerdo a las directivas de la SUNASS, para lo cual cuenta con un laboratorio, a fin de que se realice el desarrollo del programa de control de calidad del agua potable y de las aguas residuales.

En lo que respecta al laboratorio, la confiabilidad de los datos analíticos que reporta esta unidad es un aspecto planificado dentro del concepto de calidad total, que incluye infraestructura física, equipamiento, selección de metodología apropiadas, control de calidad analítica y reporte de los datos, así como la capacidad del personal del laboratorio.

5.2. CONTROL DE CALIDAD

Es un proceso regulador a través del cual se efectúa una medición del desempeño de la calidad de un producto, se procesa la comparación de esa medida con estándares establecidos y se sugieren medidas para reducir la diferencia entre el valor medido y el estándar establecido.

En el caso particular de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento, el control de calidad del agua tiene bajo su responsabilidad la actuación en el proceso de producción y distribución de agua para consumo humano.

El control de calidad no agrega calidad al producto; esa función corresponde a la producción y al mantenimiento, que es responsable por implantar las medidas necesarias para attingir los estándares establecidos. Entretanto, el equipo de Control de Calidad desarrolla las gestiones necesarias para que efectivamente se cumpla, por ese motivo será en el punto de conexión entre la producción y operación, la alta gerencia de la empresa, los proveedores y los consumidores

El control y seguimiento de la calidad del agua para consumo humano normalmente se procesa de acuerdo a la secuencia de actividades presentada a continuación:

Inspección: busca verificar directamente la ocurrencia de situaciones que ocasionen la pérdida de calidad

Elaboración de análisis: busca verificar indirectamente la existencia de situaciones que ocasionen la pérdida de calidad.

Acciones correctivas y su seguimiento: con miras a la ejecución de medidas que promuevan el retorno al estado de calidad.

Las actividades indicadas anteriormente son de responsabilidad del Área de Control de Calidad y deberá desarrollarse de forma programada a fin de lograr el objetivo final, que es garantizar que la calidad del agua que llega al usuario esté dentro de patrones de potabilidad vigentes.

Cuando se detecta un problema que implique en pérdida de la calidad, el Área de Control de Calidad recomienda las acciones correctivas, cuya ejecución será de responsabilidad de las áreas de Operación y Mantenimiento. El Control de Calidad realiza el seguimiento de su ejecución para garantizar que los resultados obtenidos son satisfactorios.

El control de calidad del agua es una actividad que se viene desarrollando dentro del sistema operacional, para establecer acciones relacionadas, con la Imagen Institucional, Educación Sanitaria, SUNASS y DIGESA.

Un programa de control de calidad es un instrumento de orientación para captar, producir, almacenar y distribuir agua en calidad y cantidad universalmente aceptable y a satisfacción del cliente.

- El control de calidad es un proceso de evolución permanente de la calidad y permite tomar las medidas correctivas del caso para evitar repetición de errores.
- A través del programa de control de calidad se mejora los sistemas de agua potable y agua residuales.

- Es un proceso dinámico de retro alimentación permanente y expuesta a factores externos. **(Romero Rojas, 1999)**

5.3. FUNCIONES DEL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD

- Detectar, predecir, prevenir, corregir y/o eliminar la fuente de contaminación causante del deterioro de la calidad de agua.
- Indicar los procedimientos y requisitos necesarios para alcanzar los niveles de calidad establecidos en las normas de calidad del agua para consumo humano.
- Evaluar y controlar la calidad del agua que se abastece a través de la red, de manera permanente y sistemática, a fin de garantizar la calidad sanitaria desde las fuentes de abastecimiento y de esta forma prevenir la incidencia de enfermedades de origen hídrico, para finalmente reformular un sistema de control de calidad adecuado a la realidad de la EPS.
- Desarrollar las actividades del control de calidad desde la fuente de abastecimiento hasta la red de distribución pasando por los diferentes procesos.
- Realizar inspecciones sanitarias en los componentes de los diferentes sistemas.
- Control de calidad de aguas residuales en procesos y disposición final.
- Dar cumplimiento a las directivas establecidos por la SUNASS.
- Evaluar y garantizar la calidad de los servicios de abastecimiento de agua para consumo Humano de la ciudad a fin de prevenir los riesgos de enfermedades por transmisión hídrica.
- Identificar y localizar las áreas más vulnerables a la contaminación y que pueden representar riesgos para la salud.
- Coordinar con departamento de control de pérdidas para el control de fugas y detección de conexión cruzadas.

- Conocer los diferentes componentes del sistema de abastecimiento (línea de conducción, estación de bombeo, planta de tratamiento, sistema de cloración) por medios de las inspecciones sanitarias periódicas.
- Control de cloro residual y calidad bacteriológica del agua de camiones cisternas.
- Control de cloro residual en piletas públicas.
- Controlar el cumplimiento de la limpieza de la planta de tratamiento, reservorios y purgas de redes.
- Coordinar con los centros de salud para la obtención de datos estadísticas de enfermedades de origen hídrico más frecuentes.
- Control de cloro residual, bacteriológico físico químico en el sistema de abastecimiento.

5.4. EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA

La evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua permite investigar la calidad del agua y define la aceptabilidad de ella para el consumo humano. En algunos casos comprende desde el muestreo hasta el reporte de la información.

Las muestras de agua deben tomarse en lugares representativos de la fuente de abastecimiento, a la salida del proceso de tratamiento y en diferentes puntos del sistema de distribución como son: reservorios y redes de distribución, componentes varios, red primaria, red secundaria y de ser posible en el nivel domiciliario. Este último permite desarrollar programas de educación sanitaria en la comunidad atendida por el servicio de abastecimiento de agua. La evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua comprende los factores siguientes:

- Lugares o puntos de muestreo
- Indicadores y parámetros
- Muestreo

- Calidad de los análisis y control de calidad

La planificación del Programa de Control de Calidad se desarrolla de acuerdo a las características geográficas, climáticas, estado actual del sistema de abastecimiento y complejidad del servicio de abastecimiento de agua a la ciudad.

Para cumplir con el programa de control de calidad se cuenta con un profesional Ingeniero Químico, que ha recibido capacitación para la ejecución de los análisis, uso adecuado de equipos, utilizando el software para el Programa de Control de Calidad.

Así como practicantes en la especialidad de biología e ingeniería química, y un especialista para la toma de muestras y control de cloro residual en la ciudad.

Los puntos de muestreos se realizan en cada etapa de la fuente de captación así como en la planta de tratamiento, en los reservorios y en las redes de distribución.



Figura 24. Muestreo en la planta de Kimbiri

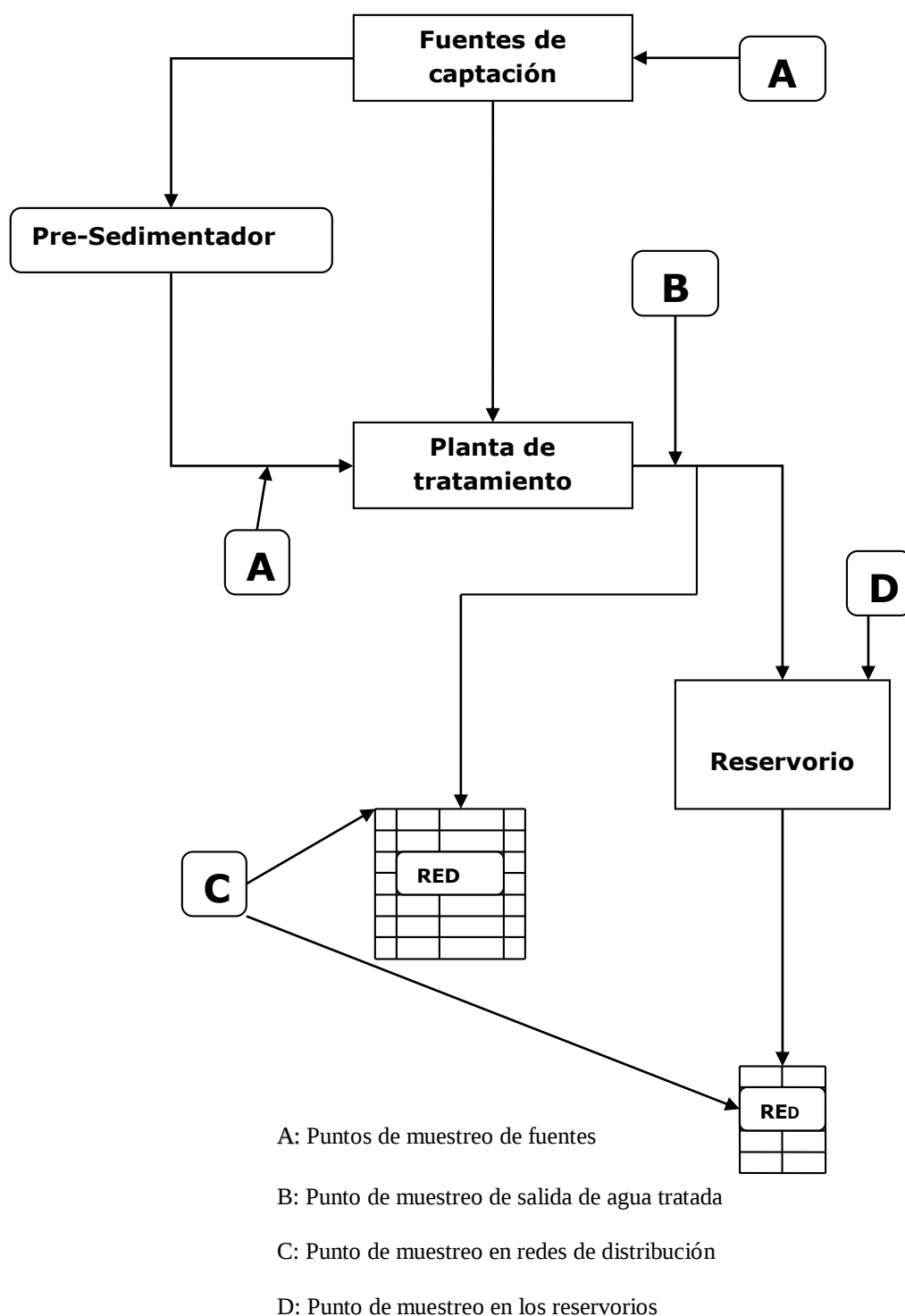


Figura 25. Puntos de muestreo de agua en la ciudad de Kimbiri

Si los puntos muestreados de red, presentan cloro residual por debajo de lo establecido (0,5 ppm) y si además la turbiedad es superior a 1NTU, se toma una muestra para el examen microbiológico, de acuerdo al siguiente diagrama:

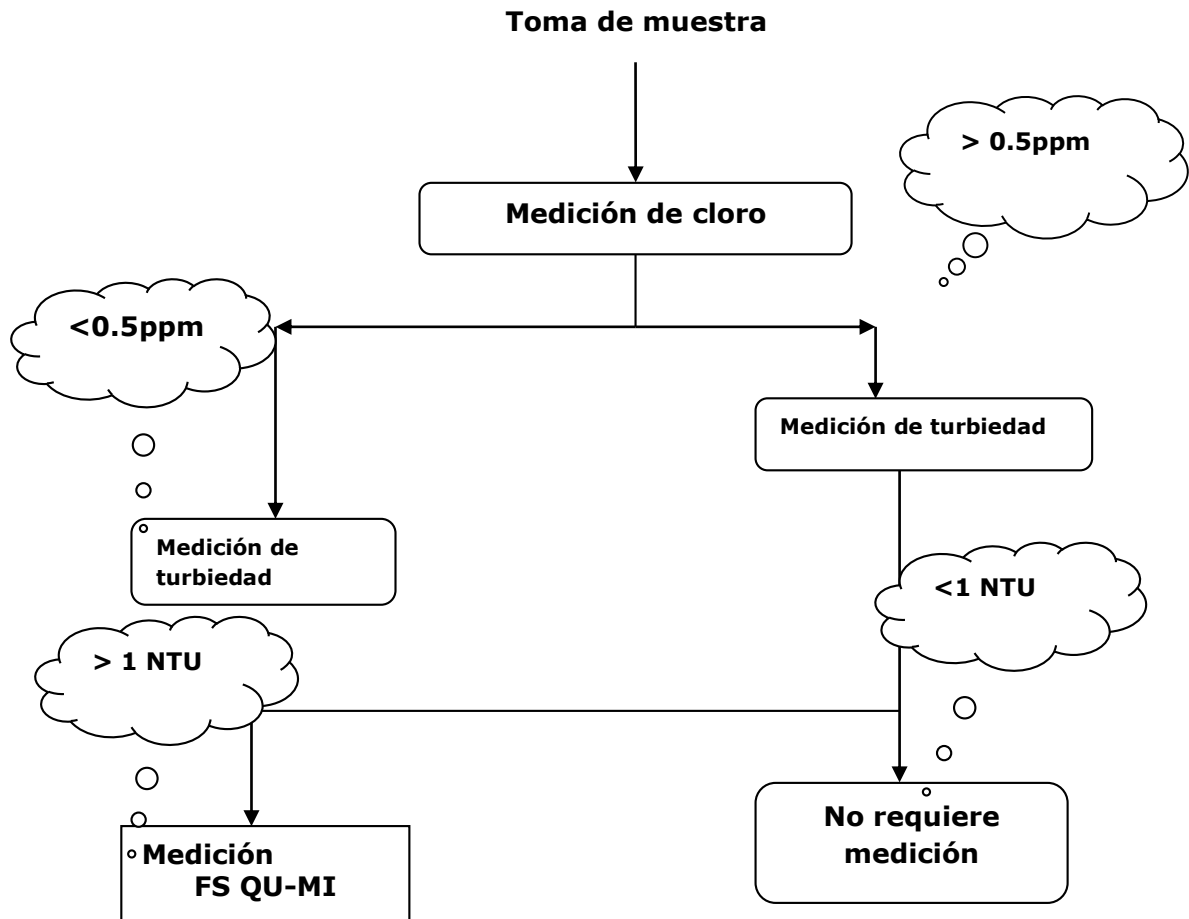


Figura 26. Protocolo de Muestreo de Agua de la Ciudad de Kimbiri

Protocolo de Muestreo: Antes de tomar la muestra, dejar correr el agua por lo menos cinco minutos para que se limpie y homogenice el agua estacionada en la red. Rotular los frascos identificando el punto de muestreo, fecha y hora de muestreo.

5.5. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD

Los parámetros de control de calidad evaluados fueron:

- Análisis instrumental: turbiedad, conductividad, sales, sólidos totales disueltos.
- Análisis físico-químico: acidez, alcalinidad, dureza cálcica, dureza total, cloruros, determinación de sulfatos, aluminio, manganeso, hierro, fosfatos, cloro residual.

A continuación se describen los parámetros de análisis que se realizan en muestras de agua que proceden de la Planta de tratamiento y de red de distribución de la ciudad de Kimbiri.

5.5.1. TURBIEDAD (MÉTODO NEFELOMÉTRICO)

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión presenta el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

a. Material

Tubos de muestra de cristal incoloro transparente.

b. Equipo

Turbidímetro de escala expandida marca HACH modelo 2100P

c. Procedimiento

El equipo HACH cuenta con un juego de estándares de calibración proporcionado por el fabricante que puede ser usado para calibrar cada vez que se realice una medición. Se debe cuidar que las celdas de cuarzo que contienen los estándares y las muestras estén completamente limpios y libres de huellas dactilares o suciedad, tanto externa como internamente, limpiar con papel “Tissue” antes de hacer las mediciones.

d. Manejo del turbidímetro HACH modelo 2100P

- Llené la muestra de agua en la celda de muestreo y limpié la celda.
- Encendí el turbidímetro y seleccioné el rango de medida y nuevamente presioné el botón de encendido y esperé a que se estabilice en 0.00.
- Agité la muestra asegurándose de que no presente huellas de suciedad e inserté la celda en la porta muestra y presioné READ.

5.5.2. POTENCIAL DE IONES HIDROGENO (pH)

El pH es definido como $-\log [H^+]$, y representa la intensidad de acidez de una solución. El objetivo del método es determinar, el valor del pH de muestras de agua potable y residual que se obtiene por medidas potenciométricas usando un electrodo de vidrio.

Medición de pH

Sumergí el electrodo en la primera solución tampón y oprimí la respectiva tecla de valor de pH. En la pantalla apareció <<Cal>>, <<WAIT>>, <<PI>> y el respectivo valor. Cuando estuvo identificada la solución tampón, el indicador <<WAIT << fue intermitente; tan pronto como el valor se estabilizó, se apagó <<WAIT>>. El indicador <<P2>> intermitente invitó a continuación con la calibración. El electrodo se enjuagó con agua destilada y se repitió el proceso con la segunda solución tampón. Cuando el medidor de valor pH asumió la calibración apareció <<CAL>> y <<OK>>, luego el punto Cero del electrodo en <<pH>> y la pendiente en <<%>>. Se encontró preparado el medidor de valor pH con el electrodo para la medición. Si se deseaba que aparezca el punto Cero y la pendiente en forma repetida, era necesario oprimir una de las teclas de valor de tamponamiento y luego la tecla <<pH>>.

5.5.3. CONDUCTIVIDAD

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemen/cm (S/cm), con una magnitud de 10^{-6} es decir micro Siemen/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en 10^{-3} , es decir, mili Siemen (mS/cm).

Medición

- Conecté el conductímetro HACH

- Presioné el botón de encendido I/O
- Efectué la medición sumergiendo el electrodo de conductividad dentro de una celda de vidrio que contenía la muestra de agua.
- Agité la muestra de agua para estar seguro de que no haya burbujas de aire atrapadas cerca del electrodo. Esperé hasta que se estabilice el equipo y aparezca la señal READY, luego tomé la lectura.
- Enjuagué el sensor con abundante agua destilada tratando de que el agua pase por el orificio del sensor.

5.5.4. TEMPERATURA

La temperatura se determina, con un termómetro manual que tiene uso específico, solo para tratamiento de aguas destinados al consumo humano. El punto donde se introduce el bulbo aproximadamente un minuto es generalmente en la parte del agua cruda, es decir antes de la inyección con coagulante. La temperatura promedio oscila entre 14 - 16° C, siendo estos valores óptimos y no son perjudiciales para la salud.

5.5.5. ACIDEZ (CO₂)

La acidez de una muestra es la capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de pH. En aguas naturales, la acidez es causada principalmente por el CO₂ y en algunos casos, por ácidos minerales del tipo H₂S o por la presencia en el agua de sales fuertes provenientes de bases débiles (ácidos conjugados).

a. Reactivos

- Reactivo de NaOH estándar, 0,1N: Preparé la solución pesando 4 g de NaOH, diluyendo a 1L y transfiriendo la solución a un frasco de polietileno, preferiblemente oscuro y con tapa hermética. Estandaricé esta

solución utilizándola para titular 25 mL de la solución anterior en presencia de fenolftaleína (Viraje de incoloro a rosado). Calcule la normalidad del Hidróxido de sodio y rotule el frasco.

- Reactivo de NaOH estándar 0,02N: Diluí 200 mL de la solución estándar de hidróxido de sodio 0,1N hasta 1L y almacené esta solución en una botella plástica, protegida de la luz y del CO₂ atmosférico mediante un tubo de cal o un cierre hermético. Estandaricé periódicamente frente a solución patrón de biftalato ácido de potasio y calcule como se indicó anteriormente.
- Solución alcohólica indicadora de fenolftaleína (pH = 8,3): Diluí 500 mg de fenolftaleína en 50 mL. de etanol al 96 % y 50 mL de agua destilada; adicione gotas de NaOH 0,02N hasta la aparición de una débil coloración rosa.

b. Materiales

- Erlenmeyer
- Pipetas aforadas de 20 y 50 mL.
- Bureta convencional de 25 mL o si se tiene, una bureta tipo “Burette Digital Brand” de 50 mL con capacidad de resolución de 0,01 mL y tamaño gota de 0,02 a 0,03 mL.
- Pipetas volumétricas
- Erlenmeyers
- Matraces volumétricos
- Botellas plásticas y Frasco lavador

c. Procedimiento

- Se tomó una muestra de 50 mL.

- Adicione 5 gotas de solución de fenolftaleína, si la muestra tomara color rosa, entonces no hubo acidez
- Si la muestra permaneció incolora titulé con NaOH 0,02N hasta una coloración rosa débil.
- Anoté el volumen gastado de NaOH y multipliqué por un factor.

Acidez (ppm CO₂)

$$(ppm \text{ de } CaCO_3/L) = \frac{mL \text{ NaOH} * N * 50000}{V \text{ mL de muestra}}$$

$$(ppm \text{ de } CaCO_3/L) = \frac{1.6 * 0.02 * 50000}{50 \text{ mL de muestra}}$$

$$(ppm \text{ de } CaCO_3/L) = 32 \text{ mg/L}$$

5.5.6. ALCALINIDAD

Se define la alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas.

a. Reactivos

- Indicador fenolftaleína.: Disolví 0,5 g de sal disódica de fenolftaleína en 100 mL de agua destilada o 0,5 g de fenolftaleína en 100 g de etanol al 50 %. Las dos soluciones tuvieron igual tiempo de duración y se logró resultados satisfactorios usando cualquiera de estas soluciones.
- Anaranjado de metilo: Disolví 50 mg de indicador en 100 mL de agua destilada.

- Solución stock de ácido sulfúrico 1 N: Tomé 28 mL. de $\text{H}_2\text{SO}_{4(c)}$ y llevé a 1 L. con agua destilada.
- Solución stock de ácido sulfúrico 0,02N: Tomé 20 mL de solución de H_2SO_4 1N y llevé a 1L con agua destilada. Hallé su concentración exacta por el método descrito más adelante (estandarización de la solución de H_2SO_4 0,02N).

b. Materiales

- Bureta graduada de 50 mL.
- Matraz de 250 mL.
- Probeta graduada de 50 mL.

c. Procedimiento

- Se tomó una muestra de 50 mL de agua cruda.
- Agregué 2 – 3 gotas de fenolftaleína
- Adicioné 2 – 3 gotas de anaranjado de metilo.
- Titulé con H_2SO_4 0,02N hasta una coloración rosada.
- Anoté el volumen gastado de ácido sulfúrico y multipliqué con un factor.

Alcalinidad:

$$(\text{ppm de } \text{CaCO}_3/\text{L}) = \frac{A * B * 50000}{V \text{ mL de muestra}}$$

Donde A= mL gasto de H_2SO_4

B= Normalidad de H_2SO_4

50000= Pmeq de CaCO_3

$$(\text{ppm de } \text{CaCO}_3/\text{L}) = \frac{3.6 \text{ mL} * 0.02 * 50000}{50 \text{ mL de muestra}}$$

$$(\text{ppm de } \text{CaCO}_3) = 72 \text{ mg/L}$$

5.5.7. DUREZA TOTAL

Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

a. Interferencias. Algunos iones interfieren produciendo puntos finales débiles o indiferenciados, o provocando un consumo estequiométrico de EDTA. Redúzcase esta interferencia añadiendo inhibidores antes de la titulación, tal como el NaCN. El Mg-EDTA secuestra selectivamente a los metales pesados, libera Mg en la muestra y puede utilizarse como sustituto de inhibidores tóxicos o mal olientes. Solamente es útil cuando el Mg sustituido por los metales pesados no contribuye significativamente a la dureza total. La dureza se expresa en mg/L como CaCO_3 y la clasificación en términos de dureza son como sigue:

- 0 – 75 ppm. CaCO_3 agua suave
- 75 – 150 ppm. CaCO_3 agua poca dura
- 150 – 300 ppm. CaCO_3 agua dura
- más de 300 ppm. CaCO_3 agua muy dura

b. Reactivos: Solución amortiguadora

- Pesé 1,179 g de sal disódica de EDTA y 0,780 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Disolví ambos compuestos en aproximadamente 50 mL de agua destilada.
- Pesé 16,9 g de NH_4Cl y disolví en 143 mg de NH_3 (c)
- Disolví (a) en (b).
- Llevé a 250 mL con agua destilada.
- La solución tuvo tiempo de duración de un mes.

- Indicador sólido de Negro de eriocromo T: Pesé 0,5g de negro de eriocromo T y 100 g de NaCl en cristales. Se puso ambos en un mortero y se mezcló hasta obtener un color completamente uniforme. Se guardó en un frasco herméticamente cerrado.
- Solución estándar de EDTA 0,02N: Pesar 3,723g de sal disódica de EDTA (Na_2EDTA) en agua destilada y llevé a 1L.

c. Materiales

- Matraz erlenmeyer de 250 mL
- Bureta graduada de 50 mL
- Probeta graduada de 50 mL

d. Procedimiento

- Agregué una pizca del indicador de Negro de Eriocromo T, la solución tomó una coloración rojiza.
- Luego titulé con solución de EDTA 0,02N hasta que la solución tomó un color azul claro.
- Anoté el volumen gastado y multipliqué por un factor.
- Dureza total = $\frac{M_{\text{EDTA}} * V_{\text{EDTA}} \times 100000}{\text{mL de muestra utilizada}}$
(mg de CaCO_3/L)
- Dureza total = $0.01\text{M} * 7.2\text{mL} \times 100000 = 144 \text{ ppm}$
(mg de CaCO_3/L)

5.5.8. DUREZA CÁLCICA Y MAGNÉSICA

a. Interferencias

El orto fosfato precipita el calcio al pH del ensayo. El estroncio y el bario dan interferencia positiva, y una alcalinidad por encima de 300 mg/L puede ser la causa de un punto final indistinguible en las aguas duras.

b. Materiales

- Matraz de 250 mL.
- Bureta graduada de 50 mL.
- Probeta graduada de 50 mL.

c. Procedimiento

- Se tomó una muestra de 50 mL en un matraz.
- Adicioné 2 mL de NaOH 1N.
- Agregué una pizca de murexida, la solución tomó una coloración rojiza.
- Luego titulé con solución de EDTA 0,02N, hasta que la solución tomó un color púrpura orquídea intenso.
- Anoté el volumen gastado y multipliqué por un factor.
- Dureza Ca (ppm) = $\frac{\text{mg Ca}^{2+}}{\text{L}}$
- Hallando los milimoles de EDTA
- m.moles EDTA $\text{Ca}^{2+} = (M)(V)$
- m.moles EDTA = $(0.01)(7.2) = 0.07$ m.moles totales
- m.moles EDTA = m.moles $\text{Ca}^{2+} = (M)(V)$
- m.moles $\text{Ca}^{2+} = (0.01)(3.6) = 0.036$
- m.moles $\text{Mg}^{2+} = \text{m.moles totales} - \text{m.moles Ca}^{2+}$
- m.moles $\text{Mg}^{2+} = 0.07 - 0.036\text{Ca}^{2+}$
- m.moles $\text{Mg}^{2+} = 0.034$
- $\text{ppm Ca}^{2+} = \frac{(0.036)(40.084)}{0.05\text{L}} = 28.86$
- $\text{ppm Mg}^{2+} = \frac{(0.034)(24.305)}{0.05\text{L}} = 16.53$

5.5.9.DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL

La cloración tiene como objetivo principal la desinfección, y se ha utilizado tanto con esta finalidad que, en la práctica, los términos cloración y desinfección se confunden. Sin embargo, el fuerte poder oxidante del cloro lo hace útil para otras finalidades, como son: el control de sabor y olor, remoción de sulfuro de hidrógeno, hierro y manganeso, remoción de color, etc.

Determinación de cloro con equipo Hach Pocketm Colorimeter.

En un pequeño aparato de tipo digital con pantalla para la lectura, funciona con batería. Para la determinación de cloro residual se cuenta con dos frasquitos con tapas, cada uno de 10 mL de capacidad. Se toma una muestra en blanco, se coloca en el equipo, debe marcar 0,00 cuando se presiona el botón ZERO, luego se retira el blanco y en seguida se coloca la muestra con (determinación del cloro, dióxido de cloro, clorito y cloraminas en el agua potable) DPD de color rosado previamente agitado, en el equipo y presionar el botón READ, inmediatamente en la pantalla aparecerá el valor del cloro residual.

CAPÍTULO VI

APORTES

Debido a que las plantas de tratamiento de agua potable son relativamente nuevas con solo 3 y 6 años de operación, respectivamente, y en vista de su crecimiento, el área de procesos y control de calidad requiere la corrección e implementación de nuevos equipos para mejorar las etapas de potabilización del agua y de esta manera cumplir con los términos de control de calidad de la SUNASS; dentro de este contexto se realizaron muchos aportes, a continuación, se detallan los más importantes.

6.1 PARTICIPACION EN LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL DISTRITO DE AYNA-SAN FRANCISCO-AYACUCHO

- **Situación Encontrada**

Cuando laboré en la Municipalidad Distrital de Ayna – San Francisco, la planta de tratamiento de agua potable no estuvo en funcionamiento, por lo que se realizó un plan de trabajo conjuntamente con los operadores de planta para la puesta en marcha.

Encontrando los equipos de laboratorio nuevos, comprado por el proyecto en ejecución, como son el turbidímetro, peachímetro, conductímetro, prueba de jarra.

- **Solución**

En la puesta en marcha, la Municipalidad suministró los productos químicos y

reactivos para el tratamiento del agua y ensayos de control de los procesos, verificación de la calidad del agua afluente y efluente del sistema de tratamiento.

Garantizando que la planta se encuentre en capacidad de operar de acuerdo con lo especificado en los diseños.

- **Resultados**

- a) Los equipos de laboratorio se calibraron para el control estricto en las etapas de purificación del agua.
- b) Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en el funcionamiento de la planta estuvieron dentro de los parámetros establecidos por la SUNNAS.
- c) Los operadores de planta fueron capacitados en la operatividad y mantenimiento de la planta. La guía de puesta en marcha se encuentra en el anexo 1

6.2 ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD

DETERMINACIÓN DE ALUMINIO EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR ESPECTROFOTOMETRÍA

- **Situación encontrada:**

Luego de la adquisición del espectrofotómetro para el laboratorio de la planta de Kimbiri, existió la necesidad de implementar un procedimiento analítico para determinar aluminio.

- **Solución:**

Se implementó y estandarizó el método espectrofotométrico para el análisis del aluminio utilizando la cianina de eriocromo-R ($C_{23}H_{15}Na_3O_9S$) es un polvo pardo-rojizo, soluble en agua con un máximo de absorbancia a 446 nm., y se muestra en el anexo 2

- **Resultados:**

Los resultados obtenidos en el laboratorio demostraron que el aluminio estaba dentro

de los parámetros permitidos y se observó en los datos experimentales, la curva de calibración se encuentra en el anexo 2

6.3 ÁREA DE PROCESOS: DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO UTILIZANDO LA PRUEBA DE JARRAS

- **Problema**

Las plantas de tratamiento de agua de Ayna San Francisco y Kimbiri captan aguas superficiales con alta cantidad de coliformes fecales, coliformes totales y material orgánico que tienen problemas de turbiedad, olor y sabor.

- **Solución**

Para mejorar la calidad del agua captada, se realizaron pruebas de jarras en el laboratorio para simular los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica.

Así encontrar la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado TIPO B, seleccionada la dosis en donde los valores de color y turbiedad fueran más bajas y se encontraran dentro del rango permitido.

- **Resultados**

Teniendo los resultados de laboratorio, se preparó la solución de sulfato de aluminio en los tanques con la concentración obtenida en la prueba de jarra y se adicionó la solución a la mezcla rápida. Transcurrido el tiempo de 40 minutos se tomó muestras del agua filtrada para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, obteniendo resultados que estaban dentro de los parámetros permitidos por la organización mundial de la salud, los resultados se muestran en el anexo 3

6.4 ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD: DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO

- **Situación encontrada**

Al realizar el control de cloro residual en los domicilio de la población de Ayna-San Francisco y Kimbiri, se obtuvo como resultados cloro por debajo de los límites permitidos, por no tener un control adecuado en la planta de tratamiento de agua.

- **Solución**

Para mejorar la calidad de agua tratada y eliminar microorganismos existentes en el agua se determinó la dosis óptima de cloro.

- **Resultados**

Se tuvo un mejor control en la dosificación de cloro en la planta de tratamiento, luego de realizar el control de cloro residual en los domicilios de la población se encontraron por encima de 0.5 mg/L.

Se procedió a la confección de una curva de demanda de cloro, representando gráficamente en la abscisa la dosis de cloro adicionada y en la coordenada, la concentración residual obtenida para cada dosis, los resultados se muestran en el anexo 4.

6.5 PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACIÓN DEL PLAN OPERATIVO DE SEGURIDAD

- **Situación Encontrada**

Al hacerme cargo del mantenimiento del sistema de agua potable en Kimbiri La Convención Cusco, encontré a los operadores de planta, personal técnico y administrativo trabajando sin la indumentaria y sin el plan de seguridad.

- **Solución**

Durante mi permanecía en la municipalidad, se desarrolló como parte de la

implementación de la planta de tratamiento de agua el PLAN OPERATIVO DE SEGURIDAD, se muestra en el anexo 5

- **Resultados**

Se logró realizar las señalizaciones de las vías de escape e identificación de zonas internas y externas de seguridad.

Se realizó la ubicación de los extintores en lugares adecuados.

Se gestionó la adquisición de indumentarias y equipos de protección personal.

6.6. PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACION E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE CAPACITACION PARA OPERADORES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

- **Situación encontrada.**

La operación de las plantas de tratamiento se hace una tarea difícil cuando además de la variabilidad propia de la tecnología implementada se le suma por un lado la complejidad simultánea de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos; y por otro lado la variabilidad continua de la calidad del influente. Dicha complejidad resulta en un mal funcionamiento de la planta de tratamiento, donde se pierden los rendimientos esperados de remoción de contaminantes.

Para controlar estos incidentes, se hace un seguimiento de diferentes parámetros en el proceso de tratamiento. Sin embargo, este control es insuficiente cuando no se toman las acciones correctivas necesarias para mantener la planta de tratamiento dentro de su correcto funcionamiento, a ello sumado la falta de experiencia de los operadores de planta.

- **Solución.**

El programa de capacitación tiene como finalidad tener operadores de planta de aguas entrenados en conceptos del tratamiento de forma teórica-práctica en la que se

aprenden los fundamentos para comprender el sistema de tratamiento y una parte práctica en la que los operadores realizan mediciones del caudal de ingreso a la planta, dosificación de sulfato, medición turbiedad, pH, conductividad, sólidos totales disueltos, control del cloro residual y mantenimiento preventivo de la planta de tratamiento para seguir de cerca el funcionamiento que pueda identificar las variables del control del sistema.

- **Resultados.**

La capacitación teórica-práctica a los operadores de plantas de tratamiento, promueve y refuerza un control adecuado de los sistemas de tratamiento. El manual de Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento, resulta una herramienta de consulta fácil para el operador. Se recomienda el mantenimiento de un programa de capacitación continua para reforzar y ampliar los conocimientos adquiridos.

Los operadores de planta conocen las llaves o válvulas de control de las diferentes etapas de potabilización del agua y de las redes de distribución.

Realizan la dosificación del sulfato de aluminio y control de los flóculos.

Los operadores de planta como resultado de la capacitación, manejan con facilidad los equipos utilizados en el control de calidad.

Realizan el mantenimiento de forma periódica de las etapas de potabilización del agua (se realiza el mantenimiento periódico cada 20 días), el manual se encuentra en el anexo N° 6

CONCLUSIONES

1. Las plantas de tratamiento de agua de Ayna San Francisco y Kimbiri en la actualidad están funcionando normalmente con el presupuesto asignado por sus correspondientes municipios. El diseño es similar, siendo las capacidades de 62 L/s para Kimbiri y 32 L/s para Ayna.
2. Se implementó el mantenimiento preventivo en la planta de tratamiento, en las válvulas de aire, válvulas de purga, reservorio y redes de distribución.
3. De acuerdo a las características iniciales del agua cruda, mediante la prueba de jarras en laboratorio, se calculó la dosis óptima de coagulante (30mg/L) que removi6 la mayor cantidad de turbiedad (turbidez final = 0.68 NTU) y mantuvo estable el pH.
4. El uso de sulfato de aluminio como floculante, confirman una alta remoci6n de turbiedad, color, aluminio residual y un potencial de hidrógeno estable, lo cual signific6 una mejor operaci6n, mayor acumulaci6n de lodos y carreras de filtros m6s prolongadas.
5. El control de calidad de agua, se realiz6 mediante exhaustivas pruebas en los puntos de entrada de agua cruda, sedimentaci6n, filtraci6n, desinfecci6n, reservorios y en las redes de distribuci6n, para detectar la presencia de cloro residual se utiliz6 el reactivo DPD.
6. La turbidez de agua en las redes de distribuci6n, fue menor a 2 NTU (unidades nefelométricas de turbidez).
7. La dosificaci6n de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), dependi6 principalmente de la turbiedad, caudal y pH del agua, se consider6 el caudal constante (controlando el ingreso con la canaleta Parshall), el pH fue casi constante debido a que el agua que ingres6 a la planta fue previamente almacenada en un embalse donde se homogeniz6,

siendo la turbiedad la única variable a controlar, por lo que resultó adecuado determinar la dosis efectiva de sulfato de aluminio.

8. Las etapas de tratamiento físico-químico del agua son: la mezcla lenta, decantación, sedimentación y filtración, cumplen con la función de separar los materiales en suspensión en el agua, también de reducir la carga microbiana en casi 98 %; el resto de la carga microbiana fue eliminado con adición de cloro gaseoso, que luego de actuar dejó un residuo de más o menos 1 ppm (medido en el reservorio). Del reservorio enviado a los domicilios y en el transcurso fue eliminando las bacterias en las tuberías; asimismo, se consume cloro por efecto de la variación de la temperatura del medio ambiente y llega a los domicilios con un promedio de 0.49 a 0.50 ppm. de cloro, que fue determinado con el reactivo DPD (dietil-p-fenilen-diamina).

RECOMENDACIONES

1. Fomentar la investigación en el desarrollo y adecuación de tecnologías de tratamiento de agua, en la región a diferentes escalas según sus características propias de la planta de tratamiento de agua.
2. Promover la implementación de plantas de tratamiento convencionales con mayor rendimiento.
3. Realizar trabajos de investigación para la purificación de agua con turbiedades menores a 8 NTU, empleando nuevos floculantes y coagulantes.
4. Supervisar permanentemente la dosificación de floculantes y coagulación.
5. Equipar los laboratorios de la planta de tratamiento adecuadamente para garantizar el control del proceso.
6. Durante la supervisión y el control, el personal debe emplear equipos de protección personal adecuados (guantes largos, botas altas de caucho, pantalón, chaquetas, gafas de seguridad entre otros).
7. Realizar el mantenimiento de las cámaras de floculación, cada 15 días especialmente en las épocas de mayor precipitación de lluvias.
8. Verificar constantemente los canales de conducción del agua cruda para programar su mantenimiento.
9. Implementar una campana extractora en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua de Kimbiri.
10. Durante el control domiciliario de cloro residual, se debe sensibilizar al usuario acerca el tratamiento del agua, el uso correcto del agua, para concientizar a las personas en especial a los niños, con charlas y folletos informativos.
11. Cuando se requiera el uso de cal, la cantidad requerida se determina en la prueba de jarras y se debe añadir en el embalse o en la cámara de mezcla rápida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÜERO, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales, Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*, Lima: Editorial SER.
- ALVARADO, R. (2002). *Manual sobre el Tratamiento de Agua para Abastecimiento Público*. Ayacucho – Perú.
- APHA, AWWA, WPCF. (2000). *Métodos Normalizados para el análisis de potables y residuales*. Ediciones Díaz de Santos, S.A
- ARBOLEDA, J. (2008). *Teoría y Práctica de la Purificación del agua. Tomo I y II*. Bogotá: Editorial Nomos S.A:
- AROCHA, S. (1985). *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. Venezuela: Ediciones Vega.
- AROCHA, J. (1980). *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. Madrid
- CÁNEPA DE VARGAS, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Teoría del proceso de mezcla rápida*. Lima: CEPIS/OPS.
- CÁNEPA DE VARGAS, L. (2010). *Tratamiento de agua para consumo humano. Organización panamericana de Salud OMS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Tomo I* Lima: CEPIS/OPS.
- CÁNEPA DE VARGAS, L. (2010). *Tratamiento de agua para consumo humano Tomo III Evaluación de Plantas de tecnología Apropriada*. Lima: CEPIS/OPS.
- CÁNEPA DE VARGAS, L. (2010). *Tratamiento de agua para consumo humano Tomo IV Operación, mantenimiento y control de calidad*. Lima: CEPIS/OPS.
- CÁNEPA DE VARGAS, L. (2010). *Tratamiento de agua para consumo humano. Tomo II. Diseño de plantas de tecnología apropiada*. Lima: CEPIS/OPS.
- CEPIS (1982). *Plantas Modulares de Tratamiento de Aguas. Volúmenes I y II*. Documento Técnico N°8. Perú. Autor

- CEPIS, Lima-Perú. "Manual de Procedimientos para Análisis de Agua Vol 1.
- CEPIS. (2000) *Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento*. Perú. Autor
- DEGRÉMONT, (1979). *Manual Técnico de Agua*. Bilbao, España: Graficas Grijelmo
- Díaz E., López Hernández Silvia, Benítez Meriño María del Carmen, González Peña Anabel, Cuevas Ruiz Judith, Noriega Martínez Justo Luis. *Diagnóstico del queratocono subclínico por topografía de elevación*.
- EPSASA y PROAGUAGZ. (2000). *Cambio de filtros rápidos Planta N° 1 – Quicapata*. Informe Preliminar. Noviembre. Ayacucho. Autor
- FERRECCIO N, A. (1989). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Tomo IV Lima. Perú.
- HARRIS, D. (2001). *Análisis Químico Cuantitativo*. Barcelona: Editorial Reverte S.A
- Informe Memoria EPSASA-2009-Ayacucho
- KIEL, G. (1999). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión Volumen III*. Madrid: McGraw-Hill.
- MARIN, R. (1995) *Análisis de aguas y ensayos de tratamiento*. Barcelona
- MELÉNDEZ, G. I. (2000). Estudio del sistema de abastecimiento de agua en dos zonas rurales de la costa norte del Perú. Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú.
- CUBANA, R (2014) Mar [citado 2019 Mayo 22] ; 27(1): 29-37. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762014000100004&lng=es.
- RODIER, J. (1981). *Análisis de las Aguas*. Barcelona: Ediciones Omega S.A
- ROMERO, J. (1999). *Calidad del Agua*. México: Alfaomega.
- ROMERO, J. (1999). *Potabilización del Agua*. México: Alfaomega.

ANEXO 1

PARTICIPACION EN LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL DISTRITO DE AYNA-SAN FRANCISCO-AYACUCHO

Las actividades y procedimientos mínimos durante la puesta en marcha y entrega para la operación del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua potable son las indicadas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Durante las actividades de la puesta en marcha se vigila el correcto funcionamiento de las unidades de tratamiento y se controla que la calidad de agua efluente del sistema de tratamiento cumpla con las características establecidas en la Resolución Ministerial N° 087-2009-Vivienda.

La puesta en marcha es sometida a un control estricto, para resolver cualquier situación de emergencia que se pueda presentar. Se debe garantizar que la planta se encuentre en capacidad de operar de acuerdo con lo especificado en los diseños.

Durante la puesta en marcha, la Municipalidad de Ayna suministró los productos químicos para los procesos de tratamiento y los reactivos químicos para los ensayos de control de los procesos y de verificación de la calidad del agua afluente y efluente del sistema de tratamiento.

1.1 PERSONAL REQUERIDO

La Municipalidad de Ayna contó con el apoyo de profesionales y obreros, a quienes se les capacitó para la operación, mantenimiento de la planta de tratamiento, y entrenamiento para atender situaciones de emergencia generadas en las plantas de tratamiento, consultando los esquemas de diseño, construcción y manuales de operación y mantenimiento.

1.2 ASPECTOS DE PUESTA EN MARCHA (Inspección preliminar de la planta)

Se examina el estado de todos los sistemas, equipos, tuberías, accesorios, instrumentos y controladores de la planta de tratamiento, evaluando principalmente los siguientes aspectos:

- Control visual de daños generales.
- Funcionamiento de válvulas, instrumentos, controladores y equipos.
- Control de fugas.
- Conexiones de equipos eléctricos.
- Existencia de reactivos, materiales y personal disponible para la operación del sistema.

a) Revisión de equipos

Todos los equipos son revisados minuciosamente para evitar problemas tanto en el proceso de tratamiento como con los fabricantes. Es importante observar todas las partes que los componen y verificar si se encuentran dentro de las normas establecidas y requeridas por la planta.

b) Actividades de la puesta en marcha

Previamente al funcionamiento general de la planta se realizaron las siguientes labores:

- Limpieza general de las estructuras, la planta quedó libre de polvo, residuos de la construcción y cualquier otra impureza que signifique peligro de contaminación. Se desinfectaron las superficies interiores que van a quedar en contacto con el agua, son desinfectadas siguiendo el procedimiento indicado por la Norma Técnica Peruanas.
- Se verifico las condiciones de seguridad y el correcto funcionamiento de los equipos en la sala de dosificación.

- Preparación de las soluciones de coagulante y desinfectante y otros reactivos.
- Medición de parámetros básicos para el control de procesos, tales como pH, turbiedad, color, aluminio o hierro residual, alcalinidad y caudal de operación.
- Medición de parámetros básicos de dosificación, por medio de la prueba de jarras determinar la dosis y pH óptimos de coagulación.
- Revisión de válvulas.

c) Análisis y ensayos de agua para controlar la calidad de los procesos

Mínimo deben efectuarse los siguientes análisis:

Turbiedad, color, pH, alcalinidad y cloro residual

Estos parámetros son evaluados en los diferentes procesos de la planta de tratamiento con la frecuencia indicada en la siguiente a tabla.

Tabla 07. *Parámetros mínimos para controlar los procesos en la planta de tratamiento de agua*

MUESTRA	MEDICIÓN	FRECUENCIA
LUGAR DE ANALISIS	PARÁMETROS A MEDIR	
Agua de la fuente	Turbiedad y pH	Continuo
	color	6/día
Salida de mezcladores	pH óptimo	Continuo
	Observación del tamaño de los	8/día
Salida de floculadores	Flocs (por ejemplo en una probeta) y turbiedad	
Salida de sedimentadores	Turbiedad	Continuo
	color	6/día
Salida del filtro	Turbiedad y pH	Continuo
	Aluminio residual y color	8/día
	pH, turbiedad, cloro residual	Continuo
Salida del tanque de almacenamiento	color	1/día
	Análisis microbiológico	2/día
	Fe residual, alcalinidad y dureza.	1/día

La puesta en marcha se hizo a un caudal de 32 L/s, siendo este el caudal para el

funcionamiento de la planta de tratamiento para la operación normal.

Las actividades en la operación normal, aplicadas también a las actividades de puesta en marcha son:

- Medición de caudal.
- Medición de parámetros de calidad de agua, tales como turbiedad, color, pH, aluminio o hierro residual, alcalinidad.
- Preparación de soluciones de productos químicos.
- Ajuste de dosificadores.
- Lavado de filtros.
- Medición de cloro residual en el agua tratada.
- Limpieza de obras y mantenimiento de zonas verdes.
- Control de calidad de los procesos.

d) Libro de control de calidad

- El libro o registro de control de calidad contiene como mínimo la siguiente información: Cantidad de agua captada.
- Cantidad de agua suministrada.
- Frecuencia de la realización de los análisis organolépticos, microbiológicos, físicos y químicos del agua.
- Cantidad de productos químicos utilizados, tales como coagulantes, desinfectantes, alcalinizantes y otros.
- Todas las personas relacionadas con el control de la calidad del agua potable tendrán acceso a este libro, del cual debe existir una copia en el laboratorio y en el departamento de control de calidad.

e) Control de fugas

Se realiza continuamente una inspección visual y/o por medio de equipos

técnicos de todo el sistema de operación, tanto en tuberías, accesorios, válvulas y conexiones, como en los equipos de proceso, motores, bombas y compresores.

Hacer un control detallado de los equipos de dosificación de sustancias químicas, junto con sus adecuadas concentraciones, para evitar escapes que puedan afectar la salud de los operarios y el buen funcionamiento de los procesos.

f) Manual de operación

Durante las actividades de la puesta en marcha validar el manual de operación como mínimo lo siguiente:

- Introducción y datos de la institución.
- Descripción operativa de la planta de tratamiento para cada uno de sus componentes.
- Entrada del agua.
- Medición de caudal afluente.
- Dosificación de productos químicos (coagulantes, alcalinizantes y desinfectantes). Mezcla rápida.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Tanque de contacto con cloro.
- Medición de caudal efluente.
- Instrumentación.

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE ALUMINIO EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR ESPECTROFOTOMETRÍA

2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

El aluminio es el segundo elemento del grupo 3A, tiene número atómico de 13 y masa molecular de 26,98 g/mol. Su abundancia en la Tierra es aproximadamente de 8,1 %, en suelos es de 0,9 a 6,5 % y en aguas naturales puede llegar hasta 400 ug/L.

El aluminio se presenta en forma natural combinada con micas y feldespato y otras arcillas. Los minerales más importantes son la bauxita y el corundum, los cuales se utilizan como abrasivos.

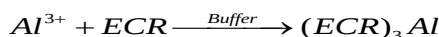
El sulfato de potasio y aluminio es usado en tratamiento del agua para el proceso de floculación, pero eso podría dejar un residual de aluminio en el agua tratada.

La presencia de aluminio en el agua natural es controlada por el pH y por partículas minerales finamente suspendidas, a pH menores que 4 predomina el catión aluminio Al^{3+} , y a pH por encima del neutro predomina la forma disuelta $Al(OH)_4^-$.

Concentraciones que exceden 1,5 mg/L constituyen un riesgo tóxico en el ambiente marino, niveles por debajo de 200 µg/L presentan un riesgo mínimo.

2.2 GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ALUMINIO

El aluminio disuelto se lleva a pH exacto y se acompleja con el eriocromocianina (ECR), para producir un compuesto coloreado rojo-rosado.



El complejo formado presenta un máximo de absorción a longitud de onda de 535 nm, y la intensidad del color depende de:

- La concentración de aluminio, tiempo de reacción, temperatura, pH de la solución, alcalinidad, la presencia de otros iones en la muestra.

2.3 MATERIALES E INSTRUMENTOS

Materiales y Reactivos

1. Frascos volumétricos de 50, 100, 250, 500 y 1000 mililitros
2. Pipetas volumétricas de 1, 2, 3, 5, 10, 25 y 50 mililitros
3. Frascos de 50 y 100mL, con tapa de vidrio
4. Indicador rojo de metilo o verde de bromo cresol
5. Etilen diamino tetra cético Sal disodica (EDTA)
6. Ácido sulfúrico concentrado
7. Hidróxido de sodio

Instrumentos

- 1) Balanza Analítica
- 2) Plancha de calentamiento o baño maría
- 3) Espectrofotómetro UV-visible de doble haz
- 4) Sistema de filtración al vacío
- 5) Membrana de filtración de 0.45 μ m

Procedimiento

- 1) Tomé una muestra de 100 mL de agua de proceso, luego agregé 1,7mL de ácido sulfúrico 0,6 N.
- 2) Luego digerí a temperatura de 80°C hasta reducir la muestra a un volumen 10 mL, aproximadamente en un tiempo de 2 horas.
- 3) Una vez digerida procedí a neutralizar la muestra con hidróxido de sodio 1 N y 1/44 N, hasta obtener un pH de 5,20.
- 4) Luego trasvasé la muestra a una fiola de 100 mL y enrasé con agua destilada.
- 5) De los 100 mL de la muestra nueva, se tomó una alícuota 25mL a una fiola de 50 mL (empleando pipeta volumétrica)

- 6) Agregué 10 mL de solución amortiguadora, luego agregué 1 mL de ácido ascórbico y 1 mL de ácido sulfúrico 0.02N, luego se enrasó.
- 7) Adicioné 5mL de indicador rojo de metilo.
- 8) Luego llevé al espectrofotómetro para su lectura.

Calibración del equipo.

Se establecieron los siguientes parámetros de trabajo en el espectrofotómetro:

- Modo de trabajo : Cuantitativo
- Modo de lectura : Absorbancia
- Longitud de onda : 535 nm

- 1) El instrumento es de un solo haz, se llenó la celda de vidrio con el blanco y coloque ésta en la porta muestras. Fijé el cero del instrumento.
- 2) Procedí a preparar la curva de calibración, midiendo el valor de absorbancia de las muestras patrones. Para evitar la contaminación cruzada, fue preferible que las celdas se laven con un chorro abundante de agua destilada libre de nitratos. Luego, se enjuagó con una porción de la muestra a medir. Volví a llenar las celdas con la muestra y secar las paredes externas de ella para evitar pérdida de radiación por dispersión.
- 3) Si el equipo no presentó pantalla gráfica para ver la curva de calibración realizada, se preparó la curva de calibración en una hoja excel. Grafiqué absorbancia en función de la concentración de los patrones, y obtuve en el gráfico el valor del intercepto y la pendiente del mismo.
- 4) Haga uso de programas matemáticos y ajuste la curva de calibración y obtenga el coeficiente de regresión lineal.

2.4 CURVA DE CALIBRACIÓN

Tabla 8. Datos de concentración de aluminio y absorbancia

Concentración de aluminio(mg/L)	Absorbancia a $\lambda=535$ nm
0.0	0.0
0.01	0.0134
0.02	0.0255
0.04	0.0491
0.08	0.0858
0.1	0.1067
0.14	0.1454
0.2	0.2014

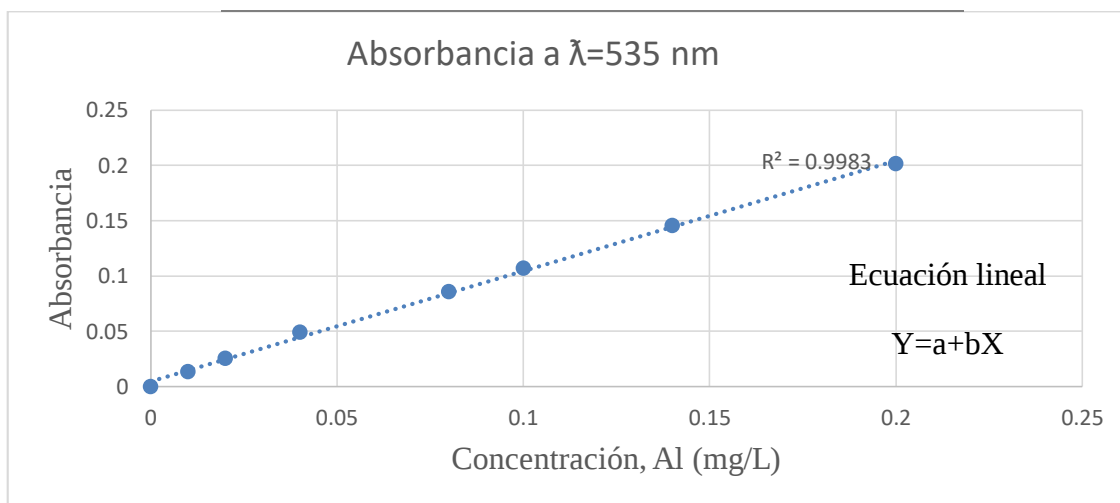


Figura 27. Curva de calibración: absorbancia en función de la concentración de aluminio a $\lambda= 535$ nm

- Las muestras de concentraciones conocidas se colocaron en el espectrofotómetro y se midieron los valores de absorbancia o transmitancia.
- Se calibró la solución blanca (solución sin aluminio), a una transmitancia del 100 %.
- Posteriormente se midió la absorbancia o transmitancia de cada una de las soluciones de concentraciones conocidas y se registró los valores obtenidos.
- El patrón utilizado fue aluminio estandarizado con una concentración de 1000 ppm. este patrón se diluyó a diferentes concentraciones.

ANEXO 3

ÁREA DE PROCESOS: DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO UTILIZANDO LA PRUEBA DE JARRAS

3.1 EQUIPO

El aparato de prueba de jarra contiene seis recipientes de una capacidad de 2 litros, cada uno de ellos con sus paletas de mezclado regulables en función de la altura. Un envase actúa como control, mientras que las condiciones de funcionamiento pueden variar entre los restantes cinco contenedores. Un medidor de las revoluciones permite el control uniforme de la velocidad de mezclado en todos los recipientes.



Figura 28. Equipo de Prueba de Jarras

3.2 PROCEDIMIENTO

- Se colocó dos litros de muestra de agua en cada uno de los vasos de precipitación del equipo de prueba de jarras y posteriormente se encendieron las lámparas.
- El equipo se programó para su funcionamiento de la siguiente manera, se mantenía la agitación de las aspas a 300 rpm durante un minuto, (mezcla rápida o coagulación), luego se disminuyó la velocidad de agitación a 45 rpm y se mantuvo durante 5

minutos, después se bajaba a 35 rpm durante 5 minutos, después a 25 rpm durante 5 minutos y se finalizó a 15 rpm por 5 min.

- Para la dosificación del agua con el coagulante (sulfato de aluminio granulado TIPO B) se procedió a tomar los volúmenes ya establecidos anteriormente utilizando pipetas volúmenes de 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, etc. Inmediatamente después de dosificar al agua se le dio inicio al equipo.
- Transcurridos los minutos de agitación en el equipo, se procedió a dejar sedimentar las partículas floculadas durante un tiempo de 10 minutos, en los cuales se observó la apariencia y consistencia del floc y su velocidad de decantación.
- Pasados 10 minutos de sedimentación, se tomó muestras de 100 ml aproximadamente de cada vaso y después se realizó las mediciones correspondientes para cada parámetro evaluado (turbiedad, pH).
- Finalmente, se determinó la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado TIPO B, seleccionando la dosis en donde los valores de color y turbidez fueran más bajos y se encontraran dentro del rango permisible.

Tabla 9. Datos experimentales obtenidos del proceso de floculación Ayna-San Francisco

Hora	Fecha	Turbiedad inicial (NTU)	pH inicial	Dosis de sulfato de aluminio en (mg/L)						pH final	Dosis óptima $AL_2(SO_4)_3$ mg/L
				1	2	3	4	5	6		
08:00	02/12/2013	18.4	7.9	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	7.1	2.4
10:00	05/12/2013	16.2	7.8	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	7.1	1.6
08:00	04/12/2013	10.2	7.2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	7.9	1.4
06:00	10/12/2013	14.6	8.5	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	7.0	1.8
09:00	16/12/2013	20.8	8.6	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	6.8	2.6
12:00	18/12/2013	22.6	7.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	7.7	2.2
14:00	22/12/2013	30.2	7.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	6.8	2.8
16:00	24/12/2013	14.2	7.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	6.9	2.0
18:00	26/12/2013	12.2	7.1	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	7.0	1.8
06:00	28/12/2013	14.8	7.1	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	6.9	2.2

Turbiedad inicial (NTU)	18.4
pH	7.86
Fecha de la Prueba	05/01/2014

Número de Jarra	Dosis $Al_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Turbiedad final (NTU)	pH (final)
1	1.6	10.8	7.8
2	1.8	5.9	6.9
3	2.0	1.3	7.2
4	2.2	0.64	7.08
5	2.4	1.9	7.3

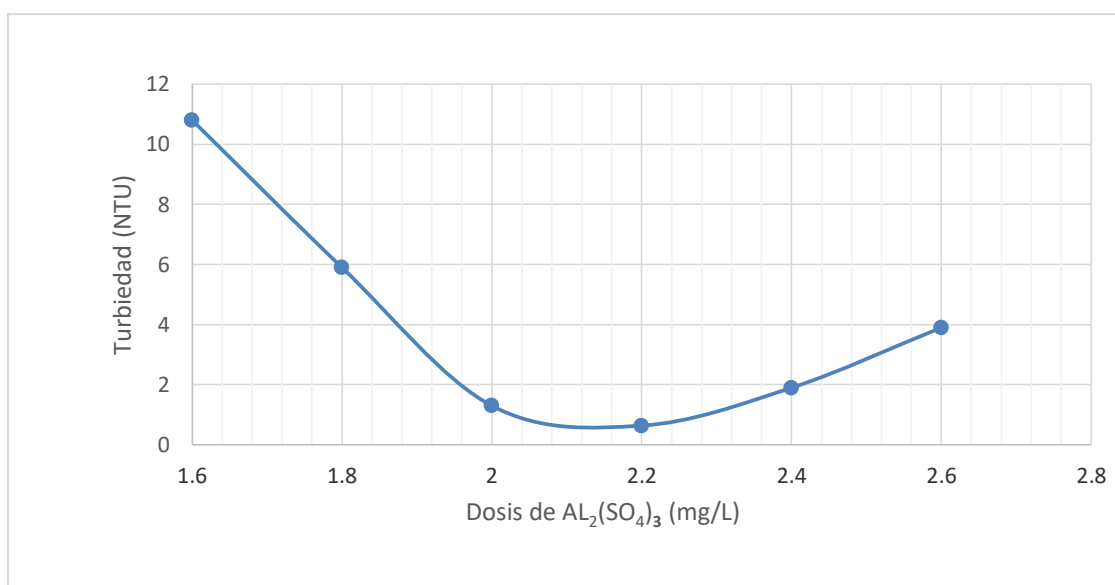


Figura 29. Comportamiento de la turbiedad en función de la dosis de sulfato de aluminio en Ayna-San Francisco

Tabla 10. *Datos experimentales obtenidos del proceso de floculación - Kimbiri*

Hora	Fechas	Turbiedad inicial (NTU)	pH inicial	Dosis de sulfato de aluminio en (mg/L)						pH final	Dosis optima mg/L	Turbied ad final (NTU)
				1	2	3	4	5	6			
08:00	03/01/2015	24.5	8.78	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	7.1	2.6	0.72
06:00	05/01/2015	18.4	7.86	1.6	1.8	2.2	2.4	2.6	2.8	7.1	2.2	0.64
08:00	08/01/2015	8.24	7.14	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	6.9	1.2	0.67
10:00	12/01/2015	56.4	8.62	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	6.8	4,4	0.56
08:00	15/01/2015	22.8	7.14	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	6.9	2.2	0.68
10:00	18/01/2015	8.7	7.78	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	7	1.6	0.48
14:00	20/01/2015	6.25	7.12	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	7.1	1.2	0.54
16:00	22/01/2015	7.26	7.04	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	7.7	1.8	0.71
17:00	24/01/2015	6.87	7.18	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	7	1.2	0.62
14:00	24/01/2015	5.64	6.69	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	6.9	1.6	0.62

Turbiedad Inicial (NTU)	6.25
pH	7.12
Fecha de la Prueba	

Número de Jarras	Dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mg/L)	Turbiedad final (NTU)	pH (final)
1	0.6	3.8	7.12
2	0.8	2.6	
3	1	0.54	
4	1.2	0.58	
5	1.4	0.9	
6	1.6	1.1	

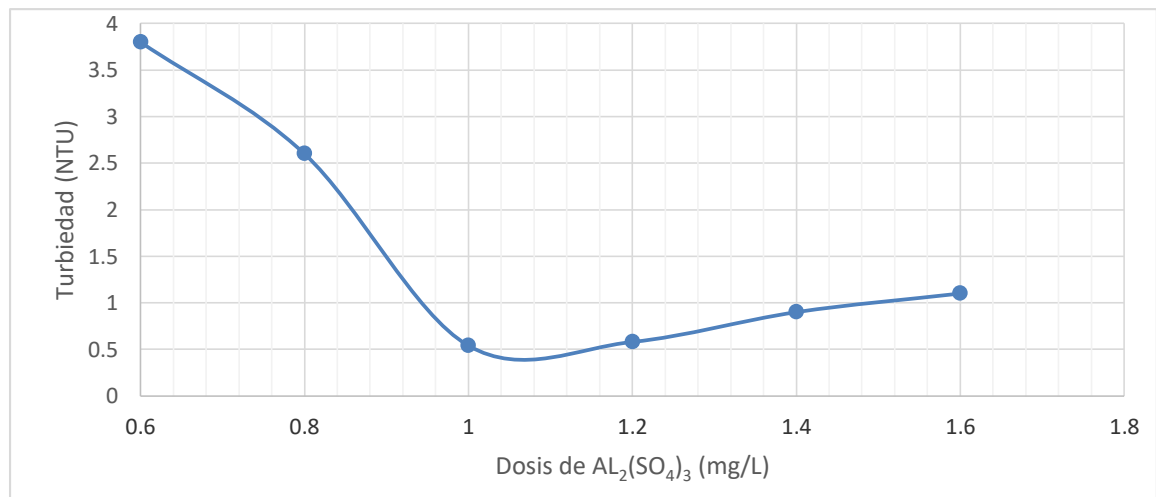


Figura 30. Comportamiento de la turbiedad en función de la dosis de sulfato de aluminio - kimbiri

ANEXO 4

CONTROL DE CALIDAD: DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CLORO

4.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

La cloración del agua, es un proceso clásico de oxidación y desinfección, suele conseguir la eliminación de cantidades discretas de Fe, Mn, amonio, nitritos, H_2S y la flora microbiana habitual de un agua cruda. El ensayo proporciona la dosis de cloro para la cual, después de las reacciones correspondientes entre el oxidante y las sustancias del agua, se obtiene una concentración de cloro residual libre que pueda ser idónea para su aplicación en planta: ésta suele ser de alrededor de 1 mg/L de Cl_2 libre en agua tratada.

Se trata, pues, de adicionar cantidades crecientes de disolución de cloro de concentración conocida a un agua problema y determinar la dosis necesaria para reducir el problema concreto que tenga el agua a testar. En concreto, la reacción más típica de cloración es la experimentada por el amonio de un agua. En este caso, el cloro adicionado va reaccionando en varios pasos con el amonio hasta su eliminación total: primero se forman monocloraminas ($ClNH_2$), después dicloraminas (Cl_2NH), en tercer lugar, tricloruro de nitrógeno (Cl_3N), para finalmente detectar cloro libre. Obsérvese que, en esta secuencia, se obtiene una curva de demanda de cloro no lineal. (Marin Galvin, 1995)

4.2 MATERIALES Y REACTIVOS

- El equipo de jar-test.
- Disolución de cloro (en realidad hipoclorito sódico) de concentraciones conocidas.

4.3. PROCEDIMIENTO

- El test-cloro se realizó sólo con disolución de cloro o bien adicionando posteriormente a ésta la dosis óptima de coagulante y/o floculante obtenidas mediante jar-tests anteriores. En este segundo caso se trató de un ensayo de test-cloro completo, mientras en el primer caso fue un ensayo de test-cloro simple.
- Se llenó los vasos de precipitados con 2L de agua problema. Se puso el sistema en agitación rápida (120 rpm).
- Se añadió cantidades crecientes de disolución de cloro de forma que se obtuvo una secuencia ascendente. Agité 30 segundos a velocidad rápida.
- Opcionalmente, se añadió las dosis óptimas de coagulante y/o floculante. Agité otros 30 segundos a velocidad rápida.
- Se mantuvo agitación lenta (25 rpm) durante 10 minutos.
- Esperé 4 horas y procedí a la lectura del cloro residual.

4.4 RESULTADOS

Se procedió a la confección de una curva de demanda de cloro, representando gráficamente en abscisas las dosis de cloro adicionadas y en ordenadas, las concentraciones residuales obtenidas para cada dosis.

TABLA 11. *Dosis de cloro adicionadas y concentraciones residuales*

Dosis de cloro (mg/L)	Cloro residual (mg/L)
3	1.25
4	0.75
5	0.5
6	0.6
7	1.2
8	1.45
9	1.75
10	1.85

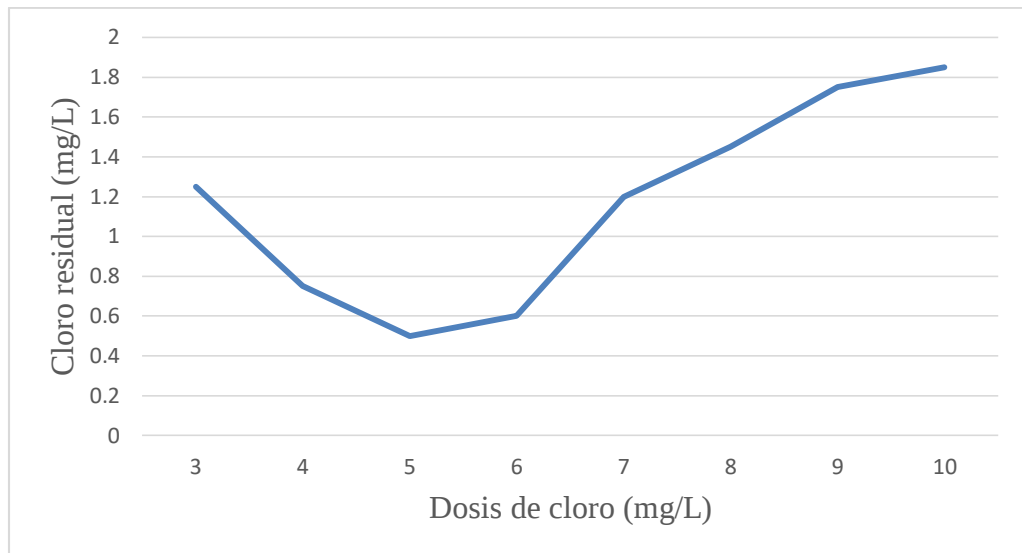


Figura 31. Curva para determinar la dosis óptima de cloro

Del gráfico se concluyó que en la zona de trabajo en la planta, se dosificó entre 6 mg/L a 8 mg/L de cloro, sin embargo, para tener cloro residual óptimo se procedió a considerar 7 mg/L.

ANEXO 5

MANUAL DEL PLAN OPERATIVO DE SEGURIDAD

5.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

La planta de tratamiento de agua potable de Kimbiri, en coordinación con los organismos encargados de resguardar el orden, la seguridad y la integridad de las personas, dispone de medidas y acciones más adecuadas para hacer frente a cualquier eventualidad relacionada a la seguridad que pueda presentarse antes, durante, y después de cualquier evento o siniestro. Para esto es necesario disminuir la vulnerabilidad, siendo necesario prever la respuesta oportuna a la ocurrencia y así reducir lesiones, pérdidas de vidas humanas y daños materiales.

Objetivos

- Planificar, organizar y describir las actuaciones que deberán llevar a cabo los operadores responsables en caso de una emergencia.
- Brindar seguridad integral a los operadores, personal técnico y administrativo.
- Disminuir la vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de un incendio y/o sismo de mediana o gran magnitud.
- Proteger los bienes y los activos de la planta.

5.2 DEFINICIONES

Oficina: Oficina Principal, Administrativa e Informativa.

Plan de Seguridad en Defensa Civil: Conjunto de acciones destinadas a planificar, organizar, preparar, controlar y mitigar una emergencia que se presente en la planta de tratamiento de agua.

Evacuación: Conjunto de acciones coordinadas y aplicadas integralmente destinadas a evacuar a los operadores, personal técnico y administrativo que se encuentran en la planta, instalación y zonas donde se genera la emergencia.

Incendio: Fenómeno físico ocasionado por la reacción en cadena del fuego, el mismo que es ocasionado por la interacción de tres (3) elementos básicos; oxígeno, temperatura y combustible.

Sismos: Son vibraciones ondulatorias de la corteza terrestre provocada por el disloque de grandes masas de rocas subterráneas afectadas por fenómenos aleatorias geológicas de mecánica terrestres que guardan íntima relación con las leyes universales. Se produce normalmente entre los 10 y 600 km de profundidad.

5.3 MARCO LEGAL

Este plan se halla enmarcado por la reglamentación que se muestra a continuación.

- Decreto Supremo N°058-2014-PCM.
- Decreto Supremo N°099-2005-TR.
- Ley N° 27972 Reglamento Nacional de Construcciones (R.S. N°039-70-VI de 1970)4.
- Normas de INDECOPI referidas a Seguridad.
- Código Nacional de Electricidad (Tomo V).

5.4 DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

Representante Legal	: Alcalde de la Municipalidad Distrital de Kimbiri.
Giro	: Planta de Tratamiento de Agua Potable de Kimbiri.
Dirección	: Kimbiri Alto – Kimbiri S/N.
Área	: 20,000.000 m ²

5.5 PLAN OPERATIVO DE SEGURIDAD

Los accidentes de trabajo que el operador está expuesto a sufrir en el desarrollo de sus labores acciones, además de lamentables perjuicios personales pérdidas para la empresa, así como daños a la propiedad, equipos, herramientas, etcétera. También causan la interrupción de las operaciones de suministro de agua. Para evitar todo esto

resulta importante elaborar un plan operativo de seguridad, que debe permitir que la empresa mantenga un estándar de seguridad óptimo.

a) Planificación y gestión

Las actividades de la planificación y gestión deben tener en cuenta lo siguiente:

- Política gerencial sobre aspectos de seguridad;
- Asignación de funciones y responsabilidades;
- Organización, constitución y oficialización de un comité central, brigadas de seguridad, comités de defensa civil y brigadas operativas de emergencia.

b) Capacitación y desarrollo del personal

Para la capacitación del personal, la empresa la empresa debe desarrollar cursos y charlas, disponer de asesoramiento y elaborar módulos. Los temas que deben desarrollarse son los siguientes:

- Gases contaminantes;
- Riesgos eléctricos;
- Prevención y control de incendios;
- Trabajos en equipos;
- Planeamiento estratégico, y
- Técnicas de comunicación.

c) Inspección y observación de seguridad

La empresa debe programar la ejecución de inspecciones y exámenes para identificar los puntos críticos del proceso de abastecimiento de agua.

d) Investigación de accidentes

Para la investigación de accidentes, es necesario tener información y elaborar estadísticas para luego hacer un análisis y una evaluación.

e) Programas para afrontar emergencias

- Programa de contingencia;
- Programa de seguridad de protección y evaluación, y
- Programa de sismos y extinción de incendios.

f) Reglas de organización y normatividad

La empresa debe contar con normas, reglamentos y señalizaciones, codificaciones, etcétera, de cumplimiento obligatorio dentro de la institución, tales como:

- Reglamentos internos;
- Manual de seguridad en el trabajo de mantenimiento y operación;
- Procedimiento de inspección y exámenes de medida de seguridad;
- Señalización de las vías de escape e identificación de zonas internas y externas de seguridad, y
- Codificación y ubicación de extintores.

g) Equipos de protección personal

Se debe realizar una exhaustiva evaluación técnica y control de calidad de los equipos personales de seguridad y tener en cuenta que estos deben cumplir con las normas internacionales de seguridad.

h) Reconocimiento por cumplimiento de normas

Establecer pautas para evaluar el cumplimiento de las normas.

i) Evaluación del plan operativo

Establecimiento de estándares de evaluación del plan y evaluación trimestral de la ejecución de los programas.

5.6 INSTRUCCIONES SOBRE SEGURIDAD

Las instrucciones según campo de acción:

- Cada trabajador es responsable de su propia seguridad
- Observe por donde camine y asegúrese de estar en un lugar firme y seguro.
- Cuando este dentro de la planta de tratamiento de agua, no corra. Baje y suba las escaleras con cuidado.
- No permita que el personal transite por los bordes de la captación, embalse, decantadores, floculadores y filtros.
- Mantenga la planta de tratamiento de agua siempre limpia y ordenada.
- Los pasillos, corredores y escaleras deben estar libres de obstáculos.
- Deben utilizar equipos de seguridad.
- Mantenga los equipos de seguridad en orden.
- Cualquier accidente, por mínima que sea, debe ser comunicada inmediatamente.
- No ingiera bebidas alcohólicas.
- No se distraiga durante el servicio.
- Preste atención a las instrucciones y órdenes. La interpretación incorrecta de una orden perjudica el servicio y ocasiona accidente.

a) Oficina

- Utilice la silla correcta;
- Es preferible utilizar el engrapador y no alfileres;
- No deje abierta los cajones de las mesas, archivos etcéteras.
- Nunca conecte los equipos eléctricos de la oficina con las manos mojadas.
- No cargue objetos cuyo volumen pueda obstruir la visión.

b) Almacén

- Apile los materiales de manera que queden entrelazados entre si y no en columnas aisladas, para evitar que se caigan.

- Los cilindros de cloro deben estar siempre de pie, incluso cuando estén vacíos. No deben dejar caer, ni deben recibir golpes fuertes con otros objetos.
- Los cilindros de cloro deben estar almacenados en lugares adecuados.
- Cuando el cilindro se vacíe totalmente, debe cerrar la válvula.
- Verifique que la válvula del cilindro está en buen estado.

c) Sustancias químicas

- Toda fuga de cloro en la tubería de conducción de gas debe repararse inmediatamente.
- Al reparar una fuga, la persona debe colocarse en un nivel más alto que la del accidente y siempre de espalda a la corriente de aire.
- Cuando se exponga al cloro, utilice mascarillas.
- Cuando utilice carbonato de sodio (cal viva hidratada), el polvo de ambas sustancias, al entrar en contacto con la piel humada con sudor, puede causar quemaduras.
- Utilice equipos de protección conformada por guantes, máscaras, cascos, etcétera.

d) Sala de máquinas

- No haga funcionar máquinas, aparatos o vehículos sin autorización.
- No use corbatas, mangas largas y anchas u otras prendas sueltas cerca de las máquinas.
- Al conectar la energía eléctrica, avise al personal.
- No debe tocar las válvulas, los botones de comando, las llaves eléctricas, de los equipos que estén conectados con tarjeta de seguridad.
- Use mangueras de longitud adecuada. Las mangueras muy largas pueden causar tropiezos y caída.

- El aceite derramado en el suelo es peligroso.
- No deje clavos con la punta hacia arriba.

e) Electricidad

- No use anillos, aros, relojes o pulseras cuando trabaje con electricidad o con máquinas en funcionamiento.
- No trate de adivinar si un circuito eléctrico está o no con tensión. Utilice un tensiómetro.
- Utilice equipos de protección según las normas de seguridad.

5.7 PRIMEROS AUXILIOS

Se llama primeros auxilios al tratamiento que se da en forma inmediata y provisional en el mismo lugar donde ocurre el acontecimiento a la víctima de un accidente o enfermedad repentina.

La finalidad de los primeros auxilios es salvar la vida de la víctima e impedir que se agraven sus lesiones.

ANEXO 6

MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA OPERADORES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

INTRODUCCION:

Se puede definir genéricamente al mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

6.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA

Las aguas superficiales son provenientes de los ríos, lagos, lagunas. Que son utilizados frecuente mente como fuentes de agua para el abastecimiento de las comunidades. Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que puedan alterar la calidad del agua.

La ocurrencia de eventos naturales y la influencia de actividades realizadas por el hombre en los ámbitos domésticos, industrial y minero, etcétera pueden afectar a los cuerpos de agua superficiales, en cambio en la calidad de aguas subterráneas está relacionada predominantemente con las características fisicoquímicas del suelo que actúa como filtro y en mayoría de caso, el agua subterránea tiene escasa variabilidad.

La contaminación fecal de las aguas superficiales que sirve como fuente de abastecimiento es uno de los problemas más preocupantes en los países en vía de desarrollo. Esto se debe al vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento.

Los agentes patógenos involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos. Ellos pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta severos - y a veces fecales - cuadros de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. La transmisión hídrica es solo una de las vías, pues

estos agentes patógenos también ser transmitidos a través de alimentos, de persona a persona debido a malos hábitos higiénicos.

a) Indicadores microbiológicos de la calidad de agua.

Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión hídrica de agentes patógenos. Por este motivo se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal.

La evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se basa en la determinación de indicadores bacterianos.

Grupo coliforme. El grupo coliforme abarca géneros que utilizan la lactosa para producir ácido y gas.

Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme:

Klebsiella

Scherichia

Enterobacter

Citrobacter

Serratia.

Coliformestermotolerantes (fecales)

Están relacionadas con la contaminación fecal. Los coliformestermotolerantes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos. También se le conoce como bacterias coliformes fecales.

Escherichiacoli. Principal indicador bacteriano en el agua, están presentes en las heces de lo humanos y animales.

Coliformes totales. Los coliformes totales se emplean para la evaluación sanitaria de los efluentes finales de la planta de tratamiento.

b) Caracterización de las aguas

La apariencia (el aspecto físico) del agua puede engañarnos totalmente con respecto a su calidad. Para saber si el agua es o no peligrosa para la salud, se debe determinar sus características, que se obtienen mediante análisis de laboratorio físico-químico, microbiológico, de compuestos orgánicos y metales.

c) Análisis Físico.

Estos exámenes dan a conocer el olor, el sabor la apariencia y aceptabilidad del agua.

d) pH

Con este examen determinamos si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de hierro), neutra o básica. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y, el pH es mayor que 7, la solución es alcalina.

e) Color

El color de agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, sustancias inorgánicas disueltas, así como cuerpos vivos presentes, tales como algas.

f) Olor y sabor

Por lo general, la determinación que se realiza es la de olor (el olfato humano es más sensible que el paladar), debido a que el sabor depende de este.

En el agua, todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor, según la concentración en que se encuentren. Los seres vivos, como las algas, el plancton, etcétera, también puede producir olor y sabor.

g) Análisis Químico

Los análisis químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Las Guías para la calidad del agua potable de la Organización

Mundial de la Salud (1995) señalan que los problemas relacionados con las sustancias químicas presentes en el agua de bebida se deben sobre todo a que ellas que pueden afectar la salud de una exposición prolongada

Entre las sustancias químicas de importancia para la salud que puedan afectar el agua potable, destacan el cadmio, el cianuro, el cobre, el mercurio y el plomo

6.2 TRATAMIENTO DE AGUA

Describe los procedimientos para implementar el mantenimiento preventivo en los sistemas de abastecimiento de agua.

Normas de agua potable

Las normas de agua potable indican o fijan límites generales aceptables para las impurezas de las aguas que están destinadas al abastecimiento público (condiciones mínimas de calidad física, química y bacteriológica).

Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la salud, 1998

Tabla 12. *Calidad bacteriológica del agua de bebida*

ORGANISMO	GUÍA
a) Todo tipo de agua de bebida	
<i>E.Colio</i> bacterias	No deben ser detectadas en
coliformestermotolerantes.	ninguna muestrade100mL.
b) agua tratada que ingresa al sistema al sistema de distribución	
E. Coli o bacterias	No deben ser detectadas en
coliformestermotolerantes	ninguna muestra de 100 mL
c) aguas tratadas en el sistema de distribución	
E. colio bacterias	No deben ser detectadas en
coliformestermotolerantes	ninguna muestra de 100mL.
Bacterias coliformes totales	No deben ser detectadas en
	ninguna muestra de 100 mL.
	En el caso de grandes
	abastecimientos , en donde se

haya examinado un número suficiente de muestras, no deben estar presentes en el 95 % de las muestras recolectadas a lo largo de 12 meses

La Tabla 13 presenta una serie de medidas correctivas y preventivas, recomendadas para la protección de las fuentes de agua y para el modo de abastecimiento.

Tabla 13. *Químicos inorgánicos de significación para la salud en el agua de bebidas*

INORGÁNICOS	VALOR GUÍA (mg/L)	OBSERVACIÓN
Antimonio	0,005	(P)
Arsénico	0,01*	(P) Grado de riesgo de ocurrencia de cáncer a la piel de 6(10)-4. Se acumula en el organismo y puede causar efectos
Bario	0,7	
Berilio	--	No hay información adecuada para establecer un valor guía.
Boro	0,3	
Cadmio	0,003	Efecto tóxico, afecta el riñón y el aparato circulatorio.
Cromo	0,05	(P) Principalmente, el hexavalente es tóxico y potencialmente carcinógeno
Cobre	2	ATO (P)
Cianuro	0,07	Inhibe el metabolismo del oxígeno.
Fluoruro	1,5	Concentraciones altas afectan la dentadura y los huesos. Puede producirse una fluorosis endémica.
Plomo	0,01	Altamente tóxico. Se acumula en el organismo.
Manganeso	0,5	ATO (P)
Mercurio(total)	0,001	Tiene efectos tóxicos. Se acumula en el organismo. Afecta principalmente las glándulas salivares y renales, las funciones psicológicas y psicomotoras.
Molibdeno	0,07	
Níquel	0,02	

Nitrato (como NO_3^-)	50	La relación de la suma de las concentraciones de cada uno con su respectivo valor guía no deberá exceder de 1 (P).
Nitrito (como NO_2^-)	3	
Selenio	0,01	
Uranio		NIA

Procesos de tratamiento

Los procesos de tratamiento son los siguientes:

Aeración, coagulación, floculación, decantación o sedimentación, filtración, desinfección, sabor, olor y cloración.

6.3 AERACIÓN DEL AGUA

La aeración es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

La aeración se realiza por tres razones:

6.3.1 Remoción de gases disueltos

- Gas carbónico presente en el agua en forma natural.
- Gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de depósitos orgánicos.
- Cloro en exceso (procedente de la súper cloración).

6.3.2 Introducción del oxígeno del aire en el agua:

Para oxidar el hierro y el manganeso, cuya remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y al manganeso); Para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

6.3.3 Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles);

- gas sulfhídrico;

- sabores debidos al hierro y al manganeso;
- descomposición de la materia orgánica (quema).

6.4 COAGULACIÓN

6.4.1 Generalidades

Las impurezas que contiene el agua pueden estar en los siguientes estados:

- En suspensión;
- disueltas;
- Suspensiones concentradas: en particular vegetales, restos de hoja, vegetales (macroscópicos), sílice, etcétera, que pueden flotar o sedimentarse fácilmente cuando el agua está en reposo;
- Suspensiones finas: turbidez, bacterias, plancton, etcétera;
- Coloidales: dureza, en parte (sales de calcio y magnesio); fierro y manganeso no oxidados, etcétera.

6.4.2 Sustancias químicas utilizadas

Las sustancias químicas utilizadas en la coagulación se pueden clasificar en tres categorías:

Coagulantes: compuestos de aluminio o de fierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas.

Alcalinizantes: cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (soda cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.

6.4.3 Propiedades de los cuagulantes

- Actúan con los alcalis para producir hidróxidos gelatinosos que contienen y absorben impurezas. Esta propiedad es más adecuada para la remoción de la turbidez.

- Producen iones trivalentes de cargas eléctricas positivas, que atraen y neutralizan las cargas eléctricas de los coloides protegidos que, por lo general, son negativas. Esta propiedad es más adecuada para la remoción del color.

6.4.4 Factores que influyen en la coagulación

1. Tipo de coagulante:

- De aluminio;
- De fierro.

2. Cantidad de coagulante. Esta cantidad tiene relación con dos factores:

La turbidez y el color que se va a remover;

La concentración bacteriológica.

Las dosis de coagulantes más adecuadas son las que reducen más la concentración bacteriológica y dan como resultado mayor economía en la desinfección

3. Concentración y tipo de color y turbidez:

- Mayor o menor cantidad de coloides protegidos;
- Mayor o menor cantidad de partículas en suspensión;
- Sustancias coloreadas disueltas, etcétera.

4. Otras características químicas del agua:

- Alcalinidad natural;
- Concentración de hierro;
- Materia orgánica, etcétera.

Cada mg/L (ppm) de sulfato de aluminio aplicado actúa con 0,45 mg/L (ppm) de alcalinidad

5. **Concentración de iones-hidrógeno en el agua (pH):**

Hay un pH óptimo de floculación, que se determina experimentalmente

6. **Tiempo de retención de las unidades de mezcla rápida y lenta:**

Unidades de mezcla rápida: el tiempo deberá ser instantáneo y en este lapso se debe dispersar el coagulante de tal modo que la reacción de coagulación se produzca en la extensión de la masa líquida.

Unidades de mezcla lenta: para la formación de flóculos (floculación). Aglomeración del material gelatinoso (coágulo) en partículas mayores que se decantan con mayor rapidez (flóculos).

7. **Temperatura:**

La coagulación es mejor cuando la temperatura es alta.

8. **Agitación:**

Si hay poca velocidad en la agitación, la formación de flóculos disminuye y dificulta la decantación.

9. **Presencia de núcleos:**

Los coadyuvantes de la floculación (aditivos de floculación) son sustancias que pueden impulsar núcleos más densos para obtener flóculos más pesados.

6.4.5 **Coagulantes de aluminio**

Sulfato de aluminio: es el más utilizado para el tratamiento del agua.

Formula química: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Se puede presentar en tres formas:

Blanco: Llamado también libre de fierro. Es más costoso debido a que posee una característica que no es indispensable (libre de Fierro).

Amarillo: Es el más común y económico. Se produce mediante la reacción

del ácido sulfúrico comercial con la bauxita pulverizada.

Negro: Mezcla homogénea de sulfato de aluminio (blanco o amarillo) con 2 a 5 % de carbón activo. Se utiliza para el control del sabor y del olor. La coagulación con hidróxido de aluminio Al(OH)_3 se realiza en la zona de pH entre 5,0 y 8,0 por la reacción del sulfato con la alcalinidad natural o cuando se añade al agua.

Teóricamente, las reacciones son las siguientes:

6.4.6 Alcalinizantes

La cal virgen o viva, la cal hidratada o extinta y la cal dolomítica son de nominaciones comerciales del óxido de calcio (CaO), del hidróxido de calcio $[\text{Ca(OH)}]$ y de mezclas derivadas tales como el óxido de magnesio (MgO) y el hidróxido de magnesio $[\text{Mg(OH)}]$ en proporciones que pueden alcanzar el 50 %.

Los efectos de la neutralización de CaO o MgO , Ca(OH) o Mg(OH)_2 son teóricamente equivalentes. En la práctica, en la corrección final del pH, la parte de magnesio de la mezcla tiene menor solubilidad que la del calcio. Inicialmente, se presenta en el agua como turbidez. La parte de calcio se solubiliza y actúa hasta alcanzar el pH deseado. La turbidez de magnesio (de solubilidad retardada), al solubilizarse en la tubería, vuelve a producir el pH.

Cal virgen: CaO . En el extintor, deberá extinguirse rápidamente sin producir una cantidad excesiva de material no disuelto o extinto. No se debe aceptar cal con menos del 70 % en CaO .

6.5 DOSIFICADORES

Sulfato de aluminio.

Se puede dosificar por las siguientes vías:

Vía húmeda;

Vía seca.

6.5.1 Dosificadores vía húmeda

Las soluciones se preparan en tanques apropiados (de concreto, asbesto, cemento o fibra de vidrio), debidamente protegidos con pintura antiácida.

Tales tanques poseen un dispositivo manual o mecánico de agitación para homogeneizar la solución. La agitación debe mantenerse durante una a dos horas, dependiendo del tipo de coagulante que se esté empleando.

En aguas poco turbias (o en el uso del sulfato negro), el trabajo del agitador es conveniente para mantener las partículas sin solubles en suspensión.

Para otros tipos de agua, se utiliza la solución decantada.

La solución se debe preparar en una concentración de 1 a 2 % y se debe aplicar en el agua mediante dosificadores que pueden ser los siguientes:

- tanque de nivel constante, con orificio graduable;
- tanque de nivel constante, con dosificador rotativo;

6.5.2 Dosificadores vía seca

Para utilizar el sulfato en el dosificador por vía seca, este debe tener tal granulometría que no menos del 90 % pase por una malla de 10 orificios por pulgada y 100 % por una malla de 4 orificios por pulgada. No deberá contener mucho polvo para que el arco formado por la compactación del polvo en las paredes no interrumpa la dosificación.

Los dosificadores pueden ser:

- dosificadores volumétricos de disco rotativo;
- volumétricos basculantes;

- volumétricos de correa.

6.6 CÁMARAS DE MEZCLA

Una vez que se han agregado las sustancias químicas al agua, tenemos dos fases:

6.6.1 Mezcla rápida

Los reactivos químicos se deben distribuir de manera rápida y uniforme por toda la masa líquida.

Para lograr este objetivo se deben aplicar en puntos de mucha turbulencia, originados por resaltos hidráulicos, cámaras con deflectores, mezcladores mecánicos, etcétera.

Los mezcladores mecánicos se componen de tanques provistos de agitadores mecánicos; con entrada de agua por la parte inferior o por el fondo y la salida por la parte superior.

En los mezcladores no mecanizados o hidráulicos se aprovecha la energía del agua para realizar la mezcla.

En la planta de tratamiento de Kimbiri, se cuenta con resalto hidráulico: medidores Parshall, vertederos rectangulares, rampas, etcétera.

6.6.2 Flocladores

Están destinados a promover una agitación moderada, para que los flóculos se formen bien. Las cámaras de mezcla lenta pueden ser mecanizadas o hidráulicas:

1. Flocladores mecánicos: pueden ser de eje vertical u horizontal.
2. Flocladores hidráulicos:
 - Cámaras con deflectores o pantallas con movimiento horizontal del agua.
 - Cámaras con deflectores o pantallas con movimiento vertical del agua

(son más comunes).

6.7 DECANTADORES

La decantación es el proceso mediante el cual se promueve el depósito del material en suspensión por acción de la gravedad.

Por lo general, las aguas en movimiento arrastran partículas granulares y materia floculenta que, por su carácter liviano, se mantienen en suspensión.

La remoción de materiales en suspensión se obtiene al reducirla velocidad del agua, hasta lograr que las partículas en suspensión se depositen en determinado tiempo de retención. Este proceso se produce en los decantadores.

El decantador es un tanque generalmente de sección rectangular o circular, cuyo fondo muchas veces está inclinado hacia uno o más puntos de descarga. Este tanque posee dispositivos de entrada y salida del agua, previstos para evitar corto circuitos y zonas muertas y obtener una mejor distribución del líquido en el interior de la unidad.

6.8 FILTRACIÓN

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas.

Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje.

Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales;
- La reducción de las bacterias presentes;
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.
- Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:
- La acción mecánica de filtrar;

- La sedimentación de partículas sobre granos de arena;
- La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas;

6.8.1 Filtros rápidos de gravedad

Los filtros rápidos de gravedad se utilizan en las plantas de tratamiento para la filtración de grandes volúmenes de agua previamente coagulada.

Tienen forma rectangular y se lavan con agua tratada que se introduce de abajo hacia arriba (sistema que se denomina del retro lavado), debido a ello, se constituyen en áreas más pequeñas.

Están conformados por una caja de concreto en el fondo de la cual hay un sistema de canalización central y canales laterales cubiertos por varias capas y diámetros de grava que sostienen la capa de arena gruesa y la de arena preparada.

También pueden estar contruidos con un sistema de fondo falso (de concreto) donde se ha colocado un drenaje cuya finalidad es distribuir el agua filtrada y el agua de lavado de manera uniforme en toda el área filtrante.

6.8.2 Lavado de filtros.

Para lavar los filtros se invierte la corriente (el agua se introduce de abajo hacia arriba). A este proceso se le denomina de retrolavado.

En el lavado, la arena que constituye el lecho filtrante se debe expandir en el agua.

La velocidad ascendente del agua de lavado debe ser suficiente para expandir la arena entre 25 y 30 %, pero no tanta como para conducirla hacia la canaleta de recolección del agua de lavado.

Cuando la pérdida de carga del filtro alcanza 1,80 a 2.50 m (usualmente 2

m), se debe lavar de la siguiente manera:

- Cerrar el ingreso de agua decantada.
- Errar la salida de agua filtrada.
- Abrir el desagüe.
- Abrir la válvula de lavado (al principio, lentamente). Cuando el agua comience a caer en la canaleta de agua de lavado, iniciar el conteo de tiempo (tiempo de lavado).
- Cerrar el ingreso de agua de lavado cuando el filtro esté limpio (lo cual se sabe por la clarificación y la ausencia de flóculos en el agua que rebalsa por la canaleta). Cuando el agua deja de correr en la canaleta, verificar el tiempo transcurrido entre el inicio y este instante (tiempo de lavado de cuatro a siete minutos, según la época del año: estiaje o creciente).
- Cerrar el desagüe.
- Abrir el ingreso de agua decantada.
- Cuando el filtro este lleno, abrir el drenaje de fondo por un lapso de 2 a 5 minutos.
- Cerrar el drenaje.
- Cerrar el desagüe.

6.9 DESINFECCIÓN

La desinfección del agua en las plantas de tratamiento de agua se realiza con cloro y, por ello, el término ***desinfección*** comúnmente se substituye por ***cloración***.

La desinfección es una medida que se debe adoptar en todos los sistemas de abastecimiento, bien con carácter correctivo, bien preventivo. Esto se debe a que toda agua pura o purificada en una estación de tratamiento puede tener un largo recorrido

hasta el momento en que es consumida. Del mismo modo, los reservorios pueden ocasionar su contaminación.

La cloración se puede realizar con los siguientes elementos:

- cloro líquido;
- cal clorada, e
- hipocloritos.

6.9.1 Cloro líquido. Se suministra en cilindros especiales, bajo presión, con una pureza de hasta 99,99 %, con pesos de 40, 68 kilogramos.

Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interior disminuye y se pierde calor. Para conservar el calor y la presión, se necesita una fuente de calor externa que puede ser agua o un irradiador en el caso de temperaturas bajas (frío).

La cantidad de cloro que se puede retirar de los cilindros a una temperatura de 25°C sin congelación será:

16 kg/día por cilindro de 68kg;

En caso de que se necesiten cantidades mayores, se utilizan baterías de cilindros, pero cada cilindro debe proporcionar solo la cantidad indicada anteriormente.

6.9.2 Cal clorada. Cuando se almacena en un lugar seco y frío, se pierde poco cloro, pero cuando el lugar es húmedo y caliente, se deteriora rápidamente. Se utiliza en instalaciones pequeñas, en casos de emergencia, fábricas y piscinas, con una solución de hasta 2,5 % de cloro disponible.

6.9.3 Hipocloritos. Polvo blanco con aproximadamente 70 % de cloro disponible. En su empleo, se deben tomar las mismas precauciones que las del almacenamiento de la cal clorada. Se aplica en una solución de hasta 2,5 %

de cloro disponible.

Puede almacenarse durante un año o más, siempre y cuando sea en un ambiente bien acondicionado.

ANEXO 7

PANEL DE FOTOGRAFIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA- KIMBIRI



Figura 1. Vista panorámica de captación del agua – Kimbiri.



Figura 2. Mantenimiento y limpieza del embalse



Figura 3. Decantadores de flujo laminar de floculadores



Figura 4. Decantadores de flujo laminar horizontal



Figura 5. Centro de control de apertura y cierre de filtros



Figura 6. Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Biológico



Figura 7. Equipo de Test de Jarras



Figura 8. Espectrofotómetro para determinación de aluminio

ANEXO 8

**REPORTES DEL CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE DEL
DISTRITO DE AYNA-SAN FRANCISCO Y DEL DISTRITO DE KIMBIRI**

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE AYNA SAN FRANCISCO																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE SETIEMBRE DEL 2014																
DIA	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA			
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	18.40	7.20	63.00	32.30	4.08	6.92	63.10	31.10	1.49	6.72	63.00	31.10	0.98	7.65	63.40	32.80
2	16.20	7.12	68.30	33.40	3.02	6.76	59.80	32.20	2.12	6.70	64.40	32.30	0.92	7.12	60.50	32.40
3	10.20	7.33	63.20	34.20	2.68	6.93	62.30	31.80	1.54	6.73	61.20	30.80	0.79	7.33	59.20	31.20
4	14.60	6.56	67.90	33.00	3.36	6.88	61.70	30.40	1.84	6.92	63.20	31.40	0.57	6.56	60.60	30.10
5	20.80	6.72	64.20	34.60	3.42	6.82	61.20	31.40	1.92	6.91	60.20	30.20	1.20	6.92	61.20	30.90
6	22.60	6.72	71.90	32.80	4.18	6.99	65.00	31.60	1.55	6.82	60.60	30.30	0.68	6.71	60.60	30.60
7	30.20	7.02	68.90	33.50	3.42	6.82	63.30	31.50	1.68	6.92	60.70	30.70	0.72	6.88	66.50	31.20
8	14.20	6.93	66.40	33.80	3.62	7.12	68.40	31.30	1.27	7.15	66.50	30.60	0.62	6.95	60.90	31.50
9	12.20	6.93	65.30	33.20	3.25	7.61	63.90	32.20	1.81	6.78	60.80	31.20	0.48	7.08	61.30	30.40
10	14.80	7.65	88.40	32.10	3.57	6.89	87.70	30.00	1.35	8.05	61.90	30.90	0.38	7.79	61.70	30.90
11	10.40	7.33	82.30	32.40	3.69	8.50	86.60	32.20	1.48	8.02	62.30	31.70	0.52	6.94	62.30	31.20
12	13.60	6.79	81.20	32.30	3.52	8.47	63.30	42.00	1.69	7.15	61.40	31.20	0.61	6.92	61.40	30.60
13	12.40	6.69	67.20	32.80	4.67	7.25	65.90	41.60	1.91	6.95	63.60	31.40	0.74	7.08	62.30	31.10
14	10.20	6.62	66.80	31.60	2.90	7.12	66.40	33.30	1.68	7.08	63.20	31.20	0.52	0.78	62.60	31.40
15	12.85	6.94	62.30	34.20	3.42	6.92	61.40	33.10	1.73	7.14	63.30	31.50	0.56	7.01	65.40	31.50
16	12.54	6.79	66.40	32.40	3.68	7.08	67.70	32.20	1.40	6.86	61.20	30.60	0.62	6.92	68.60	32.20
17	14.23	8.02	75.20	33.20	3.33	7.14	74.10	32.30	1.71	7.11	65.30	32.30	0.76	7.08	63.20	31.00
18	15.12	7.01	63.50	36.30	3.62	7.08	62.30	36.90	1.38	7.06	63.20	31.20	0.58	7.05	65.50	32.20
19	15.18	8.00	66.20	32.40	3.70	6.97	65.20	32.50	1.79	7.02	63.30	31.80	0.52	7.86	67.20	31.80
20	15.23	7.20	64.80	33.20	3.58	7.18	62.40	31.10	1.71	6.69	61.40	30.20	0.67	6.98	63.20	30.10
21	14.78	7.16	62.20	33.40	3.42	6.94	60.10	32.30	1.74	6.87	61.10	30.10	0.62	6.70	61.40	30.00
22	17.24	7.52	64.60	33.20	3.25	7.33	63.90	32.50	1.55	6.79	61.20	32.30	0.72	7.72	61.80	53.50
23	12.36	7.32	66.20	33.50	3.51	7.32	64.20	32.20	1.40	7.05	63.80	32.60	0.76	6.84	61.10	32.60
24	36.80	7.17	63.20	32.40	4.37	6.97	64.90	31.40	1.76	6.92	61.60	31.20	0.78	6.89	61.10	32.70
25	18.26	7.32	62.80	33.20	3.09	7.34	64.30	32.50	1.70	7.12	62.40	30.10	0.64	6.98	60.30	34.50
26	16.40	6.88	69.10	32.40	3.02	6.92	68.40	31.30	2.63	6.84	64.00	31.50	0.48	6.86	68.40	31.40
27	14.58	6.67	65.60	32.40	3.78	7.14	64.30	31.30	2.12	6.92	59.70	30.60	0.72	6.68	78.60	32.80
28	13.58	6.86	64.20	32.10	4.52	7.31	62.30	31.60	1.78	7.05	60.40	30.20	0.71	6.72	64.20	30.20
29	12.88	7.24	62.40	33.20	3.64	7.18	62.40	32.40	1.57	7.12	67.20	32.60	0.52	6.89	62.60	30.90
30	13.14	7.18	62.40	34.20.98	4.42	6.92	62.40	31.30	1.45	6.82	62.30	30.10	0.47	6.78	62.20	31.70
PROMEDIO	15.8657	7.09633	67.5367	33.0862	3.591	7.16067	65.63	32.65	1.69167	7.00933	62.48	31.13	0.662	6.82233	63.31	32.18

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE AYNA SAN FRANCISCO																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE OCTUBRE DEL 2014																
DIA	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA			
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	12.34	7.12	82.30	32.10	3.58	8.50	67.70	31.10	1.69	7.08	61.90	31.40	0.56	6.92	63.20	32.20
2	8.38	7.61	81.20	32.40	3.42	8.47	74.10	32.20	1.91	7.14	62.30	31.20	0.62	7.08	65.50	31.00
3	5.03	6.89	67.20	32.30	3.25	7.25	62.30	31.80	1.68	6.86	61.40	31.50	0.76	7.05	67.20	32.20
4	5.02	8.50	66.80	32.80	3.51	7.12	65.20	30.40	1.73	7.11	63.60	30.60	0.58	7.86	63.20	31.80
5	56.40	8.47	62.30	31.60	4.37	6.92	62.40	31.40	1.40	7.06	63.20	32.30	0.52	6.98	61.40	30.10
6	7.03	7.25	66.40	34.20	3.09	7.08	60.10	31.60	1.71	7.02	63.30	31.20	0.67	6.70	61.80	30.00
7	54.30	7.12	75.20	32.40	3.02	7.14	63.90	31.50	1.38	6.69	61.20	31.80	0.62	7.72	61.10	53.50
8	22.80	6.92	63.50	33.20	3.78	7.08	64.20	31.30	1.79	6.87	65.30	30.20	0.72	6.84	61.10	32.60
9	6.25	7.08	66.20	36.30	4.52	6.97	64.90	32.20	1.71	6.79	63.20	30.10	0.76	6.89	60.30	32.70
10	8.24	7.14	64.80	32.40	3.57	7.18	64.30	30.00	1.74	7.05	63.30	32.30	0.78	6.98	68.40	34.50
11	3.14	7.08	62.20	33.20	3.69	6.94	68.40	32.20	1.55	6.92	61.40	32.60	0.64	6.86	78.60	31.40
12	5.11	6.97	64.60	33.40	3.52	7.33	64.30	42.00	1.40	7.12	61.10	31.20	0.48	6.68	64.20	32.80
13	6.78	7.18	66.20	33.20	4.67	7.25	62.30	41.60	1.76	6.84	61.20	30.10	0.72	6.72	62.30	30.20
14	4.65	7.12	63.20	33.50	2.92	7.12	66.40	33.30	1.70	6.92	63.80	31.50	0.71	0.78	62.60	31.40
15	4.85	7.61	62.80	32.40	3.42	6.92	61.40	33.10	2.63	7.05	61.60	30.60	0.56	7.01	65.40	31.50
16	20.40	6.89	69.10	33.20	3.68	7.08	67.70	32.20	2.12	6.86	62.40	30.20	0.62	6.92	68.60	32.20
17	14.80	8.50	75.20	32.40	3.33	6.97	74.10	32.30	1.78	7.11	64.00	32.30	0.76	7.08	63.20	31.00
18	5.12	8.47	63.50	32.40	3.62	7.18	62.30	36.90	1.38	7.06	59.70	31.20	0.68	7.05	65.50	32.20
19	5.18	7.25	66.20	32.30	3.24	7.12	65.20	32.50	1.79	7.02	60.40	31.80	0.54	7.86	67.20	31.80
20	5.23	7.12	66.80	33.40	3.68	7.61	62.40	31.10	1.71	6.69	61.40	30.20	0.67	6.98	63.20	30.10
21	4.78	6.92	62.30	34.20	3.53	6.89	60.10	32.30	1.74	6.87	61.10	30.10	0.62	6.70	61.40	30.00
22	10.36	7.08	66.40	33.00	3.30	8.50	63.90	32.50	1.55	6.79	61.20	32.30	0.62	7.72	61.80	53.50
23	3.96	7.14	75.20	34.60	3.52	8.47	64.20	32.20	1.40	7.05	63.80	32.60	0.76	6.84	61.10	32.60
24	3.68	7.08	63.50	32.80	4.37	7.25	64.90	31.40	1.76	6.92	61.60	31.20	0.78	6.89	61.10	32.70
25	4.07	6.97	66.20	33.50	3.08	7.12	64.30	32.50	1.70	7.12	62.40	30.10	0.64	6.98	60.30	34.50
26	3.82	7.18	64.80	33.80	2.02	6.92	68.40	31.30	2.63	6.84	64.00	31.50	0.48	6.86	68.40	31.40
27	4.58	6.94	62.20	33.20	3.78	7.08	64.30	31.30	2.12	6.92	59.70	30.60	0.72	6.68	78.60	32.80
28	3.61	7.33	64.20	32.10	2.52	7.14	62.30	31.60	1.78	7.05	60.40	30.20	0.48	6.72	64.20	30.20
PROMEDIO	10.7111	7.31893	67.1607	33.0821	3.50	7.30714	64.8571	32.7071	1.75857	6.95786	62.1393	31.175	0.64536	6.79821	64.675	33.3179

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE AYNA SAN FRANCISCO																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE NOVIEMBRE DEL 2014																
DIA	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA			
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	12.40	7.86	84.40	33.20	6.72	7.68	63.10	38.40	2.63	6.69	62.80	30.20	0.64	7.08	64.20	31.40
2	8.74	7.78	82.20	32.60	5.42	8.20	62.40	36.20	2.12	59.70	62.30	30.10	0.48	7.05	62.30	31.60
3	7.03	7.24	72.20	33.30	4.32	7.57	62.30	34.10	1.78	60.40	61.40	32.30	0.72	7.86	62.60	32.10
4	5.02	8.52	76.80	32.40	3.69	7.60	65.20	30.40	1.38	61.40	63.60	32.60	0.71	6.98	65.40	31.60
5	56.40	8.62	72.30	31.60	3.52	7.12	62.40	31.40	1.79	61.10	63.20	31.20	0.56	6.78	68.60	30.90
6	7.02	7.28	76.40	34.20	4.67	7.02	60.10	32.60	1.71	61.20	63.30	30.10	0.62	7.72	63.20	30.40
7	54.30	7.24	75.20	32.40	2.92	6.92	63.90	31.60	1.74	63.80	61.20	31.50	0.76	6.84	65.50	53.50
8	22.80	7.14	63.50	33.20	3.42	7.08	64.20	31.40	1.55	61.60	65.30	30.60	0.68	6.89	67.20	32.60
9	6.25	7.12	68.20	36.30	3.68	6.97	64.90	32.30	1.54	62.40	63.20	30.20	0.54	6.98	63.20	32.70
10	8.24	7.14	64.80	32.40	3.33	7.18	64.30	30.10	1.76	64.00	63.30	30.80	0.67	6.86	61.40	34.50
11	5.14	7.28	62.20	33.20	3.62	7.12	68.40	32.30	1.55	59.70	61.40	30.60	0.62	6.68	61.80	31.40
12	5.12	6.97	64.60	33.40	3.24	7.61	64.30	42.20	1.46	60.40	61.10	30.20	0.62	6.72	61.10	32.80
13	6.87	7.18	66.20	33.20	3.68	6.89	62.30	41.80	1.76	6.84	62.30	31.40	0.72	6.72	61.10	30.20
14	5.65	7.12	63.20	33.50	2.92	8.50	66.40	33.20	1.74	6.92	61.40	31.20	0.71	6.98	60.30	31.40
15	5.75	7.62	62.80	32.40	3.42	8.47	61.40	33.30	2.63	7.05	63.60	31.50	0.56	7.01	65.40	31.50
16	5.64	6.98	69.10	33.20	3.68	7.25	67.70	32.40	2.12	6.86	63.20	30.60	0.62	6.92	68.60	32.20
17	4.23	8.24	75.20	32.40	3.33	7.12	74.10	32.20	1.78	7.11	63.30	32.30	0.54	7.08	63.20	31.00
18	5.12	8.47	63.50	32.40	3.62	6.92	62.30	36.80	1.38	7.06	61.20	31.20	0.67	7.05	65.50	32.20
19	5.18	7.45	66.20	32.30	3.24	7.12	65.20	32.60	1.79	7.02	65.30	31.80	0.62	7.86	67.20	31.80
20	5.24	7.32	66.80	33.40	3.68	7.61	62.40	31.20	1.71	6.69	63.20	30.20	0.62	6.98	63.20	30.10
21	4.78	6.98	62.30	34.20	3.53	6.89	60.10	32.50	1.74	6.87	63.30	30.10	0.72	6.78	61.40	30.00
22	7.26	7.04	66.40	33.20	3.30	8.50	63.90	32.80	1.55	6.79	61.40	32.30	0.71	7.72	61.80	53.50
23	4.96	7.24	75.20	34.60	3.52	8.47	64.20	32.40	1.48	7.05	61.10	32.60	0.56	6.84	61.10	32.60
24	3.68	7.12	63.50	32.80	4.37	7.25	64.90	31.60	1.84	6.92	61.20	31.20	0.62	6.89	61.10	32.70
25	4.07	6.79	66.20	33.50	3.08	7.12	64.30	32.40	1.72	7.12	63.80	30.10	0.64	6.98	60.30	34.50
26	3.82	7.26	64.80	33.80	2.02	6.92	68.40	31.20	2.63	6.84	61.60	31.50	0.48	6.86	68.40	31.40
27	4.58	6.94	62.20	33.20	3.78	7.08	64.30	31.60	2.12	6.92	62.40	30.60	0.72	6.68	78.60	32.80
28	3.61	7.33	64.20	32.10	2.52	7.14	62.30	31.80	1.98	7.05	64.10	30.20	0.48	6.72	64.20	30.20
29	4.65	7.24	72.30	32.10	3.36	7.48	63.10	32.30	2.48	7.62	63.20	32.30	0.32	7.02	76.20	31.40
30	5.36	6.94	68.30	33.20	3.28	7.24	63.20	31.30	2.36	6.82	59.80	30.60	0.62	6.71	76.40	32.40
PROMEDIO	9.63033	7.38167	68.7067	33.1233	3.62933	7.40133	64.2	33.2133	1.86067	26.9313	62.5833	31.07	0.61833	7.008	65.0167	33.2467

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE KIMBIRI																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE ABRIL DEL 2015																
DIA	AGUA CRUDA				AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA			
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	5.24	7.25	68.30	33.20	3.53	7.08	62.30	32.60	1.78	7.08	63.80	30.20	0.76	7.48	63.20	31.60
2	7.66	7.12	68.40	32.40	3.30	6.97	65.20	31.40	1.38	7.14	61.60	30.10	0.68	7.26	65.50	30.10
3	3.96	6.92	67.30	32.40	3.52	7.18	62.40	32.60	1.79	6.86	62.40	32.30	0.54	6.78	67.20	30.20
4	3.68	7.08	67.10	32.30	4.37	7.12	60.10	32.30	1.71	7.11	64.80	32.60	0.67	7.59	63.20	53.50
5	4.07	7.14	62.10	33.40	3.08	7.61	63.90	32.10	1.74	7.06	59.70	31.20	0.62	6.68	61.40	32.60
6	3.82	7.08	66.30	34.20	2.02	6.89	64.20	31.70	1.55	7.02	60.40	31.50	0.62	7.02	61.80	32.70
7	4.54	6.97	72.10	33.40	3.78	8.50	64.90	32.50	1.40	6.69	61.40	30.60	0.76	7.26	61.10	34.50
8	4.23	7.18	64.20	34.60	2.48	8.47	64.30	31.30	1.76	6.87	61.10	30.20	0.78	6.96	78.20	31.40
9	5.12	6.94	66.40	32.20	2.53	7.25	68.40	31.30	1.70	6.79	61.20	32.30	0.64	6.68	67.80	32.80
10	5.18	6.98	64.60	33.60	2.32	7.12	64.30	31.20	2.63	7.05	63.80	31.20	0.48	6.66	64.60	33.10
11	5.23	8.56	66.80	33.90	2.12	6.92	64.10	33.20	2.12	6.92	61.60	31.80	0.72	6.58	64.80	33.60
12	4.78	8.48	62.30	33.10	3.52	7.08	63.90	34.80	1.40	7.12	62.40	31.80	0.48	6.79	78.20	32.90
13	7.66	8.52	66.40	34.90	4.67	7.25	62.30	41.20	1.40	6.84	64.20	30.10	0.72	6.89	67.80	31.60
14	3.96	7.21	75.20	33.50	2.92	7.12	66.40	33.80	1.76	6.92	63.80	31.50	0.71	0.78	64.60	31.40
15	3.68	7.02	63.50	32.40	3.42	6.92	61.40	33.20	1.70	7.05	61.60	30.60	0.56	7.01	64.80	31.50
16	4.54	7.16	66.20	33.20	3.68	7.08	67.70	32.80	2.63	6.86	62.40	30.20	0.62	6.92	68.60	32.20
17	4.23	7.26	64.80	32.40	3.33	6.97	74.10	32.40	2.12	7.11	64.80	32.30	0.76	7.08	63.20	31.20
18	5.12	8.47	62.20	32.40	3.62	7.18	62.30	37.80	1.38	7.06	59.70	31.20	0.78	7.05	65.50	32.80
19	5.18	7.25	63.20	32.30	3.24	7.12	65.20	32.60	1.69	7.02	60.40	31.80	0.64	7.86	67.20	33.10
20	5.23	7.12	63.40	33.40	3.68	7.61	62.40	31.40	1.71	6.69	61.40	30.20	0.48	6.98	63.20	33.60
21	4.78	6.92	63.80	34.20	3.53	6.89	60.10	32.60	1.74	6.87	63.80	30.10	0.72	6.70	68.40	32.90
22	7.66	7.08	66.40	33.40	3.30	8.50	63.90	32.30	1.55	6.79	61.60	32.30	0.48	7.72	78.60	31.40
23	3.96	6.98	75.20	34.60	3.52	8.47	64.20	32.10	1.40	7.05	62.40	31.50	0.72	6.84	78.20	31.50
24	3.68	7.08	63.50	32.20	4.37	7.25	64.90	31.70	1.76	6.92	64.20	30.60	0.48	6.89	67.80	32.20
25	4.07	6.97	66.20	33.60	3.08	7.12	64.30	32.50	1.70	7.12	63.80	30.20	0.72	6.98	64.60	31.20
26	3.82	6.98	64.80	33.90	2.02	6.92	68.40	31.30	2.63	6.84	61.60	32.30	0.71	6.86	64.80	32.80
27	4.58	8.56	64.70	33.10	3.78	7.08	64.30	31.30	2.12	6.92	62.40	31.20	0.56	6.68	68.60	33.10
28	3.24	8.48	64.10	34.90	2.48	6.98	64.10	31.20	3.12	6.87	64.80	31.80	0.62	6.66	78.20	33.60
29	3.21	8.52	64.80	33.70	2.53	6.89	63.90	33.20	3.26	6.56	59.70	31.20	0.76	6.58	67.80	32.90
30	3.51	7.22	64.60	33.10	2.32	6.68	73.70	34.80	2.78	6.98	60.40	30.60	0.42	6.79	64.60	31.60
PROMEDIO	4.654	7.41667	65.9633	33.33	3.202	7.274	64.72	32.84	1.91367	6.93933	62.24	31.1833	0.64033	6.767	67.45	32.9867

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE KIMBIRI																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE MAYO DEL 2015																
DIA	GUA CRUDA			AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA				
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	7.02	8.47	66.20	32.80	3.02	6.97	67.70	41.60	1.55	7.05	62.40	33.10	0.62	6.70	78.60	30.80
2	5.11	7.25	64.80	31.60	3.78	7.18	74.10	33.30	1.40	6.86	64.60	32.30	0.76	7.72	64.20	53.50
3	6.78	7.12	62.20	34.20	4.52	6.94	62.30	33.10	1.76	7.11	59.70	31.20	0.78	6.84	62.30	32.60
4	4.65	6.92	64.60	32.40	3.57	7.33	65.20	32.20	1.70	7.06	60.40	31.80	0.64	6.87	62.60	32.70
5	4.85	7.08	66.20	32.30	3.69	7.25	62.40	32.30	2.63	7.02	61.40	30.20	0.48	6.98	65.40	34.50
6	4.54	8.50	63.20	33.40	3.52	7.12	60.10	36.90	2.12	6.69	61.10	30.10	0.72	6.86	68.60	31.40
7	4.23	8.47	62.80	34.20	4.67	6.92	63.90	32.50	1.78	6.87	61.20	32.30	0.48	7.08	63.20	32.80
8	5.12	7.25	69.10	33.20	2.98	7.08	64.20	31.10	1.38	6.79	63.80	32.60	0.72	7.05	65.50	30.20
9	5.18	7.12	75.40	34.60	4.52	6.97	64.90	32.20	1.79	7.05	61.60	31.20	0.76	7.86	67.20	31.40
10	5.23	6.92	63.50	32.80	3.57	7.18	64.30	30.40	1.71	6.92	62.40	30.10	0.78	6.98	63.20	31.50
11	4.78	7.08	66.20	33.50	3.96	6.94	68.40	32.20	1.74	7.12	64.80	31.50	0.64	6.86	61.40	32.20
12	7.66	7.14	66.80	33.80	3.52	7.33	64.30	42.40	1.55	6.84	59.70	30.60	0.48	6.68	61.80	31.20
13	6.78	7.08	62.30	33.20	4.67	7.25	62.30	31.60	1.69	6.92	61.90	31.70	0.72	6.72	61.10	30.20
14	4.65	7.08	63.20	32.10	2.92	7.12	66.40	32.30	1.91	6.92	62.30	31.40	0.71	0.78	62.60	31.40
15	4.85	8.32	62.80	32.40	3.42	7.08	61.40	33.10	1.68	7.08	61.40	31.80	0.56	7.01	65.40	31.50
16	4.23	8.31	69.10	33.20	3.68	6.89	67.20	32.30	1.73	7.24	63.60	30.30	0.72	6.92	68.60	32.20
17	5.12	7.56	72.20	32.40	3.33	7.18	74.10	32.30	1.40	6.86	63.20	32.30	0.76	7.08	63.20	31.00
18	5.18	7.58	63.50	32.40	2.92	6.94	62.30	36.90	1.71	7.11	63.30	31.20	0.78	7.05	65.50	32.20
19	5.23	6.92	66.20	33.50	4.52	7.23	65.20	32.50	1.38	7.06	61.20	31.80	0.64	7.86	67.40	31.80
20	4.78	7.08	66.80	33.80	3.68	7.45	62.40	31.10	1.79	7.02	65.30	30.20	0.48	6.98	63.10	30.10
21	7.66	7.14	62.30	33.20	3.69	7.16	60.10	32.30	1.71	7.05	63.20	30.10	0.72	6.78	61.40	30.40
22	6.78	7.08	63.20	32.10	3.52	8.02	63.90	32.50	1.74	6.92	63.30	32.30	0.62	7.72	61.80	36.40
23	4.65	7.14	66.80	32.40	4.56	8.12	64.20	32.60	1.42	7.12	61.40	32.60	0.76	6.84	68.90	32.60
24	4.85	7.08	62.30	33.20	2.92	7.26	68.40	32.20	1.76	6.84	61.70	31.20	0.78	6.89	63.10	32.50
25	4.07	6.97	63.20	32.50	3.42	7.14	64.30	32.40	1.72	6.92	61.80	30.10	0.64	6.98	65.50	34.80
26	3.82	7.18	62.80	32.70	3.48	6.92	63.40	32.60	2.63	6.92	63.60	31.80	0.48	6.96	67.20	32.10
27	2.68	6.94	69.10	32.60	3.12	7.02	64.60	32.40	2.32	7.02	61.40	30.10	0.72	6.78	63.20	32.60
28	2.22	7.33	73.20	33.10	2.63	7.12	63.10	32.20	1.68	7.14	60.20	30.60	0.48	7.02	62.70	32.20
PROMEDIO	5.18593	7.36107	65.7143	32.9857	3.63571	7.1825	64.825	33.2679	1.76357	6.98286	62.2107	31.3036	0.65821	6.81607	64.8107	32.8143

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE KIMBIRI																
CONTROL DE CALIDAD DEL MES DE JUNIO DEL 2015																
DIA	GUA CRUDA			AGUA SEDIMENTADA				AGUA DECANTADA				AGUA FILTRADA				
	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD	TURBIDEZ	PH	CONDUCTIVIDAD	STD
1	21.20	6.92	64.20	32.00	3.02	6.88	63.10	31.10	1.49	6.72	63.00	31.10	0.68	6.67	61.10	29.90
2	4.58	6.80	66.40	33.40	3.02	6.76	59.80	32.20	2.12	6.70	64.40	32.30	0.85	6.79	61.10	30.30
3	4.78	6.92	68.50	33.20	2.68	6.93	62.30	31.80	1.54	6.73	61.20	30.80	0.79	6.68	63.20	30.60
4	5.02	7.02	67.90	34.20	3.36	6.88	61.70	30.40	1.84	6.92	63.20	31.40	0.57	7.08	63.20	31.40
5	5.68	6.87	64.20	34.60	3.42	6.82	61.20	31.40	1.92	6.91	60.20	30.20	0.62	6.87	60.20	30.10
6	6.12	7.24	72.60	36.80	4.18	6.99	65.00	31.60	1.55	6.82	60.60	30.30	0.68	6.84	60.60	30.10
7	5.28	7.12	68.90	34.60	3.42	6.82	63.30	31.50	1.68	6.92	60.70	30.70	0.72	6.83	66.50	31.50
8	4.26	6.78	66.80	33.80	3.62	7.12	68.40	31.30	1.27	7.15	66.50	30.60	0.62	7.11	60.90	30.20
9	4.52	6.94	66.50	33.20	3.25	7.61	63.90	32.20	1.81	6.78	60.80	31.20	0.48	6.89	61.30	30.40
10	4.95	6.98	88.40	32.10	3.57	6.89	87.70	30.00	1.35	8.05	61.90	30.90	0.38	7.79	61.70	30.90
11	4.53	8.56	86.40	32.40	3.69	8.50	86.60	32.20	1.48	8.02	62.30	31.70	0.52	7.92	62.30	31.20
12	4.48	8.48	84.80	32.30	3.52	8.47	63.30	42.00	1.69	7.15	61.40	31.20	0.61	6.92	61.40	30.60
13	6.58	8.52	67.20	43.60	4.67	7.25	65.90	41.60	1.91	6.95	63.60	31.40	0.74	7.08	62.30	31.10
14	4.12	7.21	66.80	34.60	2.90	7.12	66.40	33.30	1.68	7.08	63.20	31.20	0.52	6.95	62.90	31.40
15	4.85	7.02	64.20	34.20	3.42	6.92	61.40	33.10	1.73	7.14	63.30	31.50	0.87	7.01	61.40	31.50
16	4.62	7.16	69.20	32.40	3.68	7.08	67.70	32.20	1.40	6.86	61.20	30.60	0.97	6.92	63.00	31.70
17	4.23	7.26	75.20	33.80	3.33	7.14	74.10	32.30	1.71	7.11	65.30	32.30	0.72	7.08	64.40	32.20
18	4.18	7.15	63.50	37.20	3.62	7.08	62.30	36.90	1.38	7.06	63.20	31.20	0.68	7.05	61.40	32.20
19	5.18	7.04	66.20	32.40	3.70	6.97	65.20	32.50	1.79	7.02	63.30	31.80	0.52	7.11	63.50	31.80
20	5.68	7.62	64.80	33.20	3.58	7.18	62.40	31.10	1.71	6.69	61.40	30.20	0.67	7.13	63.70	30.10
21	4.89	7.15	62.20	33.40	3.42	6.94	60.10	32.30	1.74	6.87	61.10	30.10	0.62	6.70	63.90	30.00
22	4.52	7.68	64.60	33.20	3.25	7.33	63.90	32.50	1.55	6.79	61.20	32.30	0.72	6.87	59.60	32.30
23	4.86	7.52	66.20	33.50	3.51	7.32	64.20	32.20	1.40	7.05	63.80	32.60	0.76	6.84	61.10	30.40
24	6.32	7.12	65.20	32.40	4.37	6.97	64.90	31.40	1.76	6.92	61.60	31.20	0.78	6.89	60.20	32.20
25	4.58	7.62	65.60	33.20	3.09	7.34	64.30	32.50	1.70	7.12	62.40	30.10	0.60	6.98	66.50	32.30
26	4.25	7.08	69.60	32.40	3.02	6.92	68.40	31.30	2.63	6.84	64.00	31.50	0.68	6.86	60.90	30.30
27	4.62	7.35	65.60	32.40	3.78	7.14	64.30	31.30	2.12	6.92	59.70	30.60	0.81	6.78	61.20	30.10
28	5.86	7.92	64.20	32.80	4.52	7.31	62.30	31.60	1.78	7.05	60.40	30.20	0.71	6.72	64.80	31.20
29	4.73	7.42	62.40	31.20	3.64	7.18	62.40	32.40	1.57	7.12	67.20	32.60	0.52	6.89	63.20	30.00
30	6.32	7.18	64.20	34.30	4.42	6.92	62.40	31.30	1.45	6.82	62.30	30.10	0.45	6.78	63.60	30.10
promedio	5.52633	7.32167	68.4167	33.76	3.55567	7.15933	65.63	32.65	1.69167	7.00933	62.48	31.13	0.662	6.96767	62.37	30.9367

Fuente: Resultado de laboratorio de la planta de tratamiento en control de calidad