

DOCUMENTACION DE LOS PROCESOS OPERATIVOS PARA LA POTABILIZACION
DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE VILLASANTANA BAJO LA NORMA
NTC-GP 1000:2009

Diana Constanza Puerta Jaramillo

Mónica Zapata Moreno

ESCUELA DE QUÍMICA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
PEREIRA
2014

DOCUMENTACION DE LOS PROCESOS OPERATIVOS PARA LA POTABILIZACION
DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE VILLASANTANA BAJO LA NORMA
NTC-GP 1000:2009

Diana Constanza Puerta Jaramillo

Mónica Zapata Moreno

Proyecto de grado, requisito para optar al título de:

Químico Industrial

Director: Ariel Felipe Arcila Zambrano
Químico Industrial

ESCUELA DE QUÍMICA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
PEREIRA

2014

DOCUMENTACION DE LOS PROCESOS OPERATIVOS PARA LA POTABILIZACION
DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE VILLASANTANA BAJO LA NORMA
NTC-GP 1000:2009

DIANA CONSTANZA PUERTA JARAMILLO

MONICA ZAPATA MORENO

CALIFICACIÓN: _____

Ariel Felipe Arcila Zambrano

Químico industrial

DIRECTOR

JURADO

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresamos nuestros agradecimientos a:

- Nuestras familias por el apoyo incondicional durante estos años de carrera.
- Nuestro director de trabajo de grado, el Químico industrial Ariel Felipe Arcila Zambrano, por su paciencia y dedicación al guiarnos en la realización del presente trabajo.
- La empresa SERVICIUDAD E.S.P y la jefe de la planta de tratamiento de Villasantana, la Química industrial Genny Marcela Hurtado, por permitirnos conocer el proceso y contribuir al mejoramiento de la empresa.
- Nuestra jurado del proyecto, Diana Carolina Meza Sepúlveda por su dedicación e infinita colaboración brindándonos bases para un correcto desarrollo del trabajo a realizar.

CONTENIDO

1. DEFINICIÓN DEL PRÓBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 Objetivos Generales.....	12
3.2 Objetivos Específicos.....	12
4. MARCO TEORICO	13
4.1 Historia de la potabilización	13
4.2 Agua Potable.....	16
4.2.1 Características Físicas del agua potable.....	17
4.2.2 Características Químicas y Fisicoquímicas del agua potable.....	19
4.2.3 Estándares de Calidad del Agua	24
4.3 Proceso de Potabilización.....	27
4.3.1 Captación.....	28
4.3.2 Aducción	28
4.3.3 Desarenación.....	29
4.3.4 Cloración.....	32
4.3.5 Dosificación	34
4.3.6 Coagulación y floculación	34
4.3.7 Sedimentación	38
4.3.8 Filtración	40
4.3.9 Distribución.....	41
4.4 Conocimientos previos al proceso	41
4.4.1 Tipos de flujos.....	41
4.4.2 Elementos finales de control (Válvulas).....	42

4.4.3 Equipos utilizados para los parámetros de calidad.....	44
4.5 Certificación.....	45
5. MARCO LEGAL.....	49
6. METODOLOGIA	52
6.1 Reconocimiento de la empresa.....	52
6.2 Recopilación de información.....	53
6.3 Documentación.....	53
7. RESULTADOS	55
7.1 Recopilación y Reordenamiento de documentos en planta	55
7.1.1 Recopilación.....	55
7.1.2 Actualización de listado maestro de documentos	56
7.2 Caracterización del proceso	56
7.3 Manual de operación y mantenimiento en planta.....	58
7.4 Manual de operación y mantenimiento de equipos.....	59
7.5 Confirmación de equipos.....	63
7.5.1 Confirmación del Turbidímetro	63
7.5.2 Confirmación del Conductímetro	63
7.5.3 Confirmación del pH	64
7.5.4 Confirmación de balanza	64
7.5.5 Lavado del destilador.....	64
7.6 Manual de higiene y seguridad industrial	65
8. CONCLUSIONES	66
9. RECOMENDACIONES.....	68
10. BIBLIOGRAFIA	69
11. ANEXOS	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Físicas del agua potable.....	25
Tabla 2. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.....	25
Tabla 3. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.....	26
Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.....	26
Tabla 5. Comparativo de parámetros de la resolución 2115 de 2007 con los parámetros de la OMS.....	27
Tabla 6. Reconocimiento de la empresa.....	52
Tabla 7. Documentos relacionados con la planta de tratamiento de agua.....	55
Tabla 8. Confirmación Turbidímetro.....	63
Tabla 9. Confirmación Conductímetro.....	63
Tabla 10. Confirmación pHmetro.....	64
Tabla 11. Confirmación Balanza.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujo turbulento y flujo laminar.....	42
Figura 2. Partes de la válvula.....	42
Figura 3. Válvulas de globo.....	43
Figura 4. Válvula de compuerta.....	43
Figura 5. Válvula de mariposa.....	44

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Manuales de la planta de tratamiento de aguas de SERVICIUDAD E.S.P.....	49
Esquema 2. Documentación parte operativa de la planta.....	54
Esquema 3. Caracterización de procesos.....	57
Esquema 4. Ciclo PHVA.....	58

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Listado maestro de documentos

Anexo B. Manual de operación y mantenimiento en planta

Anexo C. Manual de operación y mantenimiento de equipos

Anexo D. Manual de higiene y seguridad industrial

1. DEFINICIÓN DEL PRÓBLEMA

El agua es la fuente de suministro más importante para el ser vivo, por lo cual se debe controlar la calidad de la misma buscando un recurso libre de organismos patógenos y contaminación; en consecuencia la humanidad ha desarrollado plantas de tratamiento de agua, las cuales mediante operaciones unitarias adecuadas garantiza la descontaminación.

En su mejoramiento continuo se realiza una serie de análisis que determinen los parámetros adecuados para su consumo; dichos análisis son realizados por profesionales químicos capaces de corregir las eventualidades que se presenten cuando el parámetro de estudio presente una desviación con respecto a las normas establecidas.

La planta de tratamiento de Villasantana; ubicada en el municipio de Pereira, abastece de agua potable el 70% de la población del municipio de Dosquebradas, esto es aproximadamente 135.117 habitantes del municipio según datos entregados por el Dane (Departamento administrativo Nacional de estadísticas) en el año 2011 [1]; el 30% restante de habitantes en Dosquebradas es abastecido de agua por el Municipio de Santa Rosa de Cabal. La empresa encargada de la operación de la planta y distribución del agua tratada es Serviudad; la cual para un continuo mejoramiento de sus procesos y servicios busca la certificación por parte del Organismo de Certificación ICONTEC bajo la norma NTC-GP 1000:2009 (Norma Técnica de Calidad en Gestión Pública).

La documentación de la NTC-GP 1000:2009 garantiza que se cumplen los requisitos para la implementación de un sistema de gestión de la calidad aplicada a esta entidad prestadora de servicios. Debido a esta necesidad se plantea el presente trabajo con el fin de realizar toda la documentación requerida en el área operativa de la planta siguiendo los numerales 4.2.1, 4.2.4, y 7.1 con ayuda de una caracterización de procesos.

2. JUSTIFICACIÓN

Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales. Dicho proceso denominado potabilización es realizado en una planta de tratamiento de aguas la cual es un conjunto de operaciones unitarias donde se tiene como propósito controlar ciertas características químicas, físicas y biológicas. **[1]**

La región del Eje Cafetero es una zona rica en fuentes hídricas; en el departamento de Risaralda, la mayor fuente proviene de la cuenca hidrográfica del río Otún, la cual posee una extensión de 494 Km² desde el nevado de Santa Isabel hasta su desembocadura en el río Cauca, en cercanías al municipio de La Virginia.

Esta cuenca se encuentra dividida en tres partes:

- CUENCA ALTA: Conformada aproximadamente por 3000 hectáreas, iniciando por la Laguna del Otún, allí se hace posible que el río tenga un nivel de agua estable, evitando sequías y escasez de agua gracias a la preservación del medio ambiente y conservación de la fauna y flora de estos sectores.
- CUENCA MEDIA: Allí se contribuye a la preservación de la cuenca, realizando labores de piscicultura y lombricultura.
- LA CUENCA BAJA: Compreendida por el cauce que va desde la bocatoma del proyecto mixto Nuevo Libaré hasta la desembocadura del río Otún. **[2]**

En sus yacimientos se encuentra ubicada la bocatoma Nuevo Libare mediante la cual dos plantas de tratamiento de agua potable aprovechan la fuente hídrica para la presentación del servicio a dos municipios del departamento de Risaralda:

La empresa de Aguas y Aguas de Pereira que provee el recurso al municipio de Pereira, y la Planta de tratamiento de aguas de Villasantana que suministra 350 L/seg a una población aproximada de 140,000 habitantes en Dosquebradas; esta ultima en pro al mejoramiento de sus servicios, busca certificarse bajo la Norma Técnica de Calidad en la Gestión Pública NTCGP 1000:2009 la cual especifica los requisitos para la implementación de un sistema de calidad aplicable a la rama ejecutiva del poder público y entidades prestadoras de servicios.

La norma está dirigida a todas las entidades públicas y prestadoras de servicios, con el propósito de que estas puedan mejorar su desempeño y su capacidad de

proporcionar productos y/o servicios que respondan a las necesidades y expectativas del cliente. **[3]**

Por tal razón, se busca documentar la parte operativa de la planta de Aguas de Villasantana bajo los numerales 4.2.1, 4.2.4, y 7.1 de esta norma, realizando una recopilación de la información ya existente y elaborando los manuales de manejo y descripción de todos los procesos unitarios que se llevan a cabo en la potabilización, permitiendo un control sobre la calidad del agua, y dando un correcto tratamiento en caso de que algún parámetro de la resolución 2115¹ este fuera de rango.

Con la finalidad de implementar dichos manuales, es necesario tener conocimientos previos de todas las reacciones químicas, tipos de flujos (turbulento o laminar), elementos finales de control (válvulas y dispositivos) y un buen manejo de equipos de laboratorio. Es aquí donde la química y los profesionales en esta área cumplen un papel importante supervisando continuamente la trayectoria del fluido así como los cambios químicos y físicos en él, controlándolos continuamente por medio de mediciones instrumentales adecuadas.

¹ Características de calidad del agua potable

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos Generales

- Elaborar la documentación necesaria para la certificación del área operativa de la planta de tratamiento de agua de Villasantana bajo la norma NTC – GP 1000:2009 numerales 4.2.1, 4.2.4, y 7.1

3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar y reordenar toda la documentación existente de la parte operativa con relación a la norma NTC-GP 1000:2009 en la planta de tratamiento de agua.
- Caracterizar cada uno de los procesos que integran la planta de tratamiento de aguas, la función que desempeñan en la misma, y las posibles variables para tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento.
- Realizar un manual de procedimientos para el mantenimiento y manejo de las unidades que conforman la planta de aguas de Villasantana.
- Desarrollar un listado de equipos que incluyan sus hojas de vida, para generar un control adecuado de lo que se tiene en el laboratorio.
- Realizar todos los formatos e instructivos de trabajo requeridos para el manejo de los equipos utilizados en la planta para el control de calidad del agua.
- Realizar el manual de seguridad e higiene en el laboratorio de la planta de tratamiento de aguas de Villasantana.

4. MARCO TEORICO

4.1 Historia de la potabilización

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector, el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes, por lo que se extraen recursos subterráneos a través de construcción de pozos.

Hace aproximadamente 7000 años el agua almacenada en los pozos se empezó a distribuir por medio de sistemas transporte que realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas y más tarde se comenzarían a utilizar tubos huecos. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento. El sistema de tratamiento por aireación se utilizaba como método de purificación.

El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

En 1806 en Paris empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua era sedimentada durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y su capacidad era de seis horas.

En 1827 el inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública. **[4]**

Potabilización en Colombia

En tiempo prehispánico gran parte de Colombia ofrecía un paisaje en el que se destacaban gran cantidad de lagunas y ríos, donde los Muisca, moradores originarios de la región, celebraban sus ritos más sagrados. El precioso líquido se encontraba tan ligado a sus vidas que era considerado una deidad llamada SIE.

La abundancia de agua encontrada por los conquistadores, se convirtió en factor determinante para la fundación del caserío de Teusaquillo, antiguo nombre de Santa Fé de Bogotá. La ciudad se localizó entre los ríos San Francisco y San Agustín, de los cuales tomaban líquido sus moradores, transportándola en Múcuras hasta las viviendas.

Acueducto de Agua Vieja

En 1584 el Cabildo ordenó la construcción de la primera fuente de la Bogotá colonial, el Mono de la Pila, cuyas aguas eran conducidas hasta allí desde el río San Agustín. La cañería que transportaba el agua atravesaba una arboleda de laureles por lo que se llamó el acueducto de los Laureles. Durante los siguientes 100 años se construyeron otras fuentes de agua, igualmente rudimentarias

Acueducto de Agua Nueva

En mayo de 1757 se inauguró el acueducto de Agua Nueva que se constituyó en la obra más importante de este período y conducía las aguas del río San Francisco a la ciudad de Bogotá.

Alcantarillado Colonial

En cuanto a la disposición de las aguas servidas (aguas negras), durante el período colonial, la sección transversal de las calles y carreras tenían la forma de batea o artesa, con la parte más honda en el centro por donde corría un caño revestido por lajas de piedra. Los habitantes arrojaban las aguas residuales y las basuras en este caño que corría por toda la ciudad, y la lluvia era la encargada de limpiar el primitivo drenaje que desembocaba en los mismos ríos, aguas abajo o en los pantanos al occidente de la ciudad

Acueducto Privado

En 1886 el municipio concedió a Ramón B. Jimeno y a Antonio Martínez de la Cuadra la exclusividad para establecer, usar y explotar los acueductos de Bogotá y Chapinero por un período de setenta años. Como parte de este sistema, se inauguró en 1888 el primer acueducto con tubería de hierro de la ciudad.

Acueducto Municipal

El sistema privado no fue la respuesta a las necesidades del servicio de la ciudad, por lo cual, en 1914 el Acueducto regresó a la Municipalidad y se dio inicio a una serie de obras para solucionar el problema de abastecimiento que venía sufriendo la ciudad. Se construyeron tanques en las zonas altas de la ciudad y se renovaron

tuberías. En 1920 se inició la desinfección del agua por medio del Cloro y a finales de esta década se constituyó una nueva empresa con el Tranvía y el Acueducto.

En 1933 se iniciaron obras importantes para la prestación del servicio, entre ellas, el embalse de la Regadera y la planta de tratamiento Vitelma, junto con los embalses de Chisacá y los Tunjos y la Planta de tratamiento de San Diego.

Alcantarillado de la República

En el siglo XIX la responsabilidad de construir alcantarillado fue asumida por el Municipio y se prohibieron las acequias que corrían a cielo abierto por las calles. A partir de la segunda década del siglo XX, se ordenó cubrir los lechos de los ríos San Francisco y San Agustín, constituyéndose en la obra precursora para el alcantarillado moderno.

Con las ideas renovadoras de la planificación urbana, las cuales se impulsaron en 1948, se diseñó el Plan Piloto de Desarrollo Urbano dando inicio a los estudios de los colectores troncales y canales para el drenaje adecuado del área urbana. **[5]**

La historia local en el departamento de Risaralda inicia cerca de 1919 donde se crea una primera red de conducción de agua instalada en Hierro, que abastecía cerca de 24 mil habitantes de la ciudad de Pereira bajo una primera consideración de acueducto comunal, donde más adelante por el año 1936 algunos habitantes de la ciudad con ayuda de ingenieros de otros territorios del país, entregan a la ciudad la construcción de tanques de purificación de agua con una capacidad de 116 l/s y abastecimiento a aproximadamente 50 mil habitantes. En 1957 mediante Decreto Extraordinario No.90 de 1957 se organizaron las Empresas Públicas de Pereira como establecimiento público autónomo, encargado de la administración de los servicios públicos de energía eléctrica, teléfonos, acueducto, alcantarillado, plaza de mercado y matadero.

A partir de allí se generan nuevos canales de conducción y para 1993 la empresa de acueducto y alcantarillado de Pereira mediante la Bocatoma Nuevo Libare capta el agua requerida para la empresa de energía del municipio, abastece al 97% de la población de Pereira y vende agua en bloque a la planta de tratamiento de aguas de Serviciudad E.S.P para el municipio de Dosquebradas. **[2] [6]**

Empresa que con el objeto de solucionar el problema de abastecimiento de agua para el Municipio de Dosquebradas, diseñó el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, el cual pretende cubrir la demanda de agua potable del Municipio hasta el año 2018.

El proyecto de la Planta de Tratamiento de Villasantana fue concebido dentro de las obras necesarias para desarrollar dicho Plan Maestro. El diseño del proyecto fue realizado en el año de 1988 por el Consorcio Hidrosan Ltda. - Siete Ltda., mediante contrato No. 045-87 firmado con la Gobernación de Risaralda.

En el año de 1995 el mismo Consorcio Consultor efectuó algunos ajustes del proyecto de la Planta de Villa Santana, para adecuarlo a las nuevas condiciones de la época, y en el año de 1997, elaboró el proyecto de desarenadores para la remoción de arenas finas, con el objeto de operar la planta de tratamiento bajo la modalidad de filtración directa. La construcción de las obras civiles del primer módulo se inició en el año de 1996 y fueron suspendidas en el mes de octubre del año de 1997, cuando su ejecución alcanzaba un avance aproximado del 60% hasta el año 2001 año en el cual con la coordinación de la Gobernación de Risaralda, la voluntad del Municipio de Dosquebradas y la Empresa Aguas y Aguas de Pereira, se reiniciaron las conversaciones, con el objeto de buscar un acuerdo que sirviera de apoyo para la promoción de un esquema de asociación entre los Municipios de Pereira y Dosquebradas para la puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de Villasantana.

El 29 de Marzo de 2004, se llegó a acuerdos entre las Alcaldías de Pereira y Dosquebradas, y las Empresas de Aguas y Aguas de Pereira y Serviciudad de Dosquebradas, dentro de los cuales estaba la constitución de una Sociedad Anónima de servicios públicos, de naturaleza mixta, conformada por estas entidades. Se definió el objeto de la Sociedad, el número de miembros que debería tener la Junta Directiva, se establecieron las inversiones ejecutadas a diciembre de 2003, así como las ejecutadas por parte de la nueva empresa, definiéndose un capital de trabajo, los recursos que aportaría el Municipio de Dosquebradas y Aguas y Aguas y los que debería conseguirse en el sector financiero nacional para terminar la planta, entre otros aspectos.

Hoy en día la planta de tratamiento de aguas de Villasantana sule un 70 % de la población de Dosquebradas con una eficiencia cercana al 95%. El otro 30% de la población se sule del recurso por el municipio de Santa Rosa de Cabal. [7]

4.2 Agua Potable

Se define como agua potable, el agua que puede ser consumida sin ninguna restricción debido a un proceso de potabilización que se lleva a cabo para eliminar ciertas sustancias que perjudican la salud.

Sin tratamiento, esta contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua

disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo. Además contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos haciéndola perjudicial para la salud; mencionando también que puede ser una de las mayores fuentes de contaminación y transmisión de enfermedades debido a algunos microorganismos patógenos que pueden estar contenidos en ella. Por estas razones suele ser necesario tratarla haciéndola adecuada para el uso como provisión a la población.

[8]

Se llama potabilización al proceso por el cual el agua se trata para ser apta para el consumo humano. Al salir de la planta potabilizadora reúne unas características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, reguladas por la ley, que permiten el consumo público y que garantizan un agua potable de calidad.

El agua potable, por lo tanto, debe cumplir una exigencia fundamental: ausencia de microorganismos patógenos y de sustancias tóxicas. Pero también debe cumplir otra exigencia: ausencia de sabores, olores, colores o turbiedades desagradables, (propiedades organolépticas) que provocarían el rechazo de los consumidores. **[9]**

4.2.1 Características Físicas del agua potable

- **Sólidos totales:** Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. Se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos.
- **Sólidos disueltos:** Lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración, etc.

La presencia de estos sólidos no es detectable a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos. Estos solo se detectan cuando el agua se evapora y quedan las sales residuales en el medio que originalmente contiene el líquido.

Es posible cuantificar los sólidos disueltos midiendo la conductividad del agua: los sólidos disueltos se encuentran en forma de cationes y aniones,

por lo que éstos como partículas con carga pueden conducir la corriente eléctrica, y así pueden ser cuantificados indirectamente, con cierta precisión.

- **Sólidos en suspensión:** Es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez.

A diferencia de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con mayor o menor grado de dificultad por procesos mecánicos como son la sedimentación y la filtración.

Las partículas o sólidos suspendidos se componen de material orgánico e inorgánico. El material orgánico es principalmente algas o microorganismos y el inorgánico son: arcillas, silicatos, feldespatos, etc.

- **Turbidez:** Es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. La turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua. Sus unidades son NTU (unidades nefelométricas de turbidez). Un agua turbia estéticamente es desagradable y es rechazada por el consumidor. La turbidez del agua es un parámetro de importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua a consumir. También la turbidez interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta, disminuyendo la efectividad microbiológica de éstos lo cual representa un riesgo en el consumidor.
- **Temperatura:** Es un parámetro físico de suma importancia para los ecosistemas hidráulicos, aunque no es parte de las características de calidad del agua potable. Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto y si las aguas son deficientes en oxígeno, esto puede ocasionar trastornos en los ecosistemas acuáticos, como la muerte de especies acuáticas, especialmente peces.
- **Color:** Es una propiedad física que indirectamente describe el origen y las propiedades del agua. La coloración del agua indica la posible presencia de óxidos metálicos, como puede ser el óxido de hierro, el cual da al agua un color rojizo.

Las algas y material orgánico en degradación también imparten color al agua. Si esto ocurre, la coloración puede deberse a la presencia de algas y microorganismos en el agua de suministro.

El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en forma conjunta le dan calidad al agua en lo que se refiere a sus características estéticas que son muy importantes para el usuario o consumidor.

4.2.2 Características Químicas y Fisicoquímicas del agua potable

- **Cloro Residual Libre:** Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito. El límite máximo permitido para el agua potable es de 2 mg/L
- **Cianuros:** Por supuesto no deben estar presentes en las aguas potables, sin embargo, por su alta toxicidad y por la posibilidad de que éste compuesto se presente en aguas potables debido a derrames accidentales o por infiltración de desechos con este contaminante, periódicamente se debe monitorear en los yacimientos y en el agua de suministro.

La toxicidad del cianuro se debe a que el radical $-C\equiv N$ se liga a la hemoglobina irreversiblemente y con mayor fuerza que el oxígeno y la persona o animal de sangre caliente muere de asfixia ya que no hay transporte de oxígeno.

El límite máximo permitido de este contaminante en aguas potables es de 0.2 mg/L

- **Radioactividad:** La actividad radiológica es una medida de la emisión de partículas alfa y beta que se producen en la descomposición de materiales radioactivos.

Estas emisiones son nocivas a los órganos de los seres vivos por el daño que producen estas partículas. Estos son principalmente: deformaciones congénitas inducción a la formación de tumores y otros daños más a nivel celular.

La actividad radiológica en el agua se debe a la presencia de materiales radioactivos en el yacimiento donde se encuentra el acuífero. Estos elementos pueden ser radio, uranio y otros elementos químicos emisores de partículas alfa y beta

El límite máximo permitido de radiación emitida en el agua potable es de 15 picroCurios/L.

- **Nitratos:** Aunque los nitritos y los nitratos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo de nitrógeno, la presencia excesiva de estos en el agua es debido a los escurrimientos agrícolas, donde se emplean cantidades exageradas de fertilizantes nitrogenados, ya no es raro encontrar aguas superficiales y hasta los mantos acuíferos subterráneos con niveles anormales de nitrógeno en sus diferentes formas químicas, especialmente como nitratos. [10]

La norma de calidad de agua potable permite un máximo de 10 mg/L de nitrógeno en forma de nitrato.

- **Fosfatos:** Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia de fosfatos en aguas potables indica la posibilidad de contaminación del acuífero por aguas contaminadas o aguas residuales.

Debido a que el fósforo se encuentra presente en cantidades relativamente altas en aguas residuales y aguas de riego agrícola, su presencia en valores mayores a los valores normales en aguas potables, puede deberse a una contaminación o infiltración de aguas residuales al yacimiento de agua potable.

Los herbicidas o pesticidas organofosforados que también están presentes en las aguas de riego agrícola son una advertencia de la calidad del agua ya que la presencia de fósforo en el agua puede ser debida a los agroquímicos fosforados.

- **Demanda bioquímica de oxígeno:** Es una de las pruebas más importantes para medir los efectos contaminantes de un agua residual, pero también es un parámetro de importancia en aguas potables. La DBO es definida como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias.

La DBO es ampliamente utilizada para determinar el grado de contaminación en materia orgánica biodegradable, en aguas residuales domésticas e industriales.

Las aguas naturales generalmente tienen valores muy bajos de DBO, pero es muy conveniente medir este parámetro sobre todo cuando la fuente de suministro es un agua de dudosa calidad.

- **Demanda química de oxígeno:** Este otro tipo de prueba consiste en determinar la cantidad total de materia orgánica, en términos de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar ésta a dióxido de carbono y agua.

Para esto se efectúa la oxidación de dicha materia orgánica utilizando agentes fuertemente oxidantes en un medio ácido. Debido a estas drásticas condiciones, prácticamente toda la materia orgánica es oxidada a bióxido de carbono y agua.

Como resultado de los oxidantes empleados y debido a esto los valores de Demanda Química de Oxígeno DQO son siempre mayores a la DBO, en un agua residual específica.

Al igual que la DBO, la DQO en aguas potables debe ser sumamente baja y es un parámetro a determinar cuando la calidad del agua es incierta.

- **pH:** El potencial hidrogeno o pH, es un parámetro de suma importancia tanto para aguas naturales como aguas residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas.

En aguas naturales y residuales el valor del pH define si las condiciones de esta son ácidas o básicas. Un pH menor de 7.0 indica acidez en el agua, cuanto menor sea el valor del pH mayor es la concentración de iones hidrogeno y mayor es la acidez.

Por encima de un pH de 7.0 se tienen condiciones básicas en el agua. La concentración de iones hidrogeno es baja y se dice que el agua es alcalina. Cuando el pH es de 7.0 se dice que el pH es neutro y el agua no tiene características ácidas ni alcalinas. En las aguas naturales y residuales el valor del pH está en el rango de 6.0 a 8.0 unidades de pH, y estos valores son los más adecuados para la actividad biológica de los ecosistemas.

- **Metales pesados:** Algunos metales como: cromo, níquel, cadmio, mercurio, plomo arsénico, selenio, etc., presentan toxicidad. La ingestión de ellos aún en cantidades mínimas pero durante un largo periodo, como es toda una vida promedio, puede causar daños en el organismo.

El daño y grado de toxicidad depende del elemento, ya que algunos son más tóxicos que otros, de la dosis ingerida o tiempo de exposición al contaminante y de la salud o condición física del receptor del agente.

Como consecuencia de esto se ha establecido un límite máximo para los diferentes metales y semi metales en agua potable y estos niveles son mínimos, del orden de partes por billón, para minimizar el riesgo de daños en los consumidores de agua potable.

- **Conductividad:** Es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella.

La conductividad de una solución se expresa en Siemens/cm (S/cm) miliSiemens/cm (mS/cm) o microSiemens/cm (μ S/cm)

- **Alcalinidad:** La alcalinidad es un parámetro que determina la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúen. Los constituyentes principales de la alcalinidad son los bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-). La alcalinidad proviene de los minerales que se encuentran en forma de carbonatos y bicarbonatos (por ejemplo Na_2CO_3 , NaHCO_3), que disuelve el agua en su contacto con las capas de estratos, y también por la acción del CO_2 atmosférico al disolverse en el agua.

La alcalinidad es de primordial importancia en algunos procesos que se llevan a cabo en sistemas de tratamiento de aguas, ya que entre otras características, la presencia de alcalinidad en sus diferentes formas es necesaria para evitar los cambios bruscos de pH, y también es un componente que forma parte de las reacciones químicas en procesos tales como la coagulación y floculación o en la precipitación de calcio y magnesio para remoción de la dureza por medio del proceso cal.

- **Dureza:** La dureza del agua se debe a la presencia de cationes como: Calcio, Magnesio, Estroncio, Bario, Hierro, Aluminio, y otros metales que se encuentran presentes en forma de sólidos disueltos. De éstos, el Calcio y el Magnesio son los más abundantes, por lo que casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración de éstos dos elementos.

Desde el punto de vista sanitario, la dureza del agua no tiene ninguna relación con la salud, por lo que es irrelevante consumir agua de alta o baja

dureza, sin embargo, el exceso de dureza hacen el agua desagradable para su empleo en servicios y en la industria.

Si la cantidad de calcio y magnesio es muy alta, cuando el agua se evapora o cuando cambian sus condiciones, se satura la solución y se forma un precipitado de carbonato de calcio y de hidróxido de magnesio que causan formación de sarro en equipos y tuberías y en algunos equipos industriales dañan éstos irreversiblemente.

Para disminuir la dureza a valores adecuados, se emplean resinas de intercambio iónico o se emplea el proceso de precipitación química de Calcio y Magnesio.

- **Coliformes:** Para evaluar ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes. [11]

En cuanto al control de este parámetro, es importante mantener una adecuada desinfección ya pueden provocarse enfermedades infectocontagiosas transmitidas por el agua que son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contiene microorganismos patogénicos. El estudio de la relación agua/ salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia. Sin embargo, la visión general de las enfermedades transmitidas por el agua es complicada por un gran número de razones entre ellas la ubicación y tipo de población, higiene, etc. Algunas enfermedades destacadas y de mayor riesgo son:

Cólera:

Es una enfermedad infectocontagiosa causada por un microbio llamado vibrión colérico. El microbio se instala en el intestino de las personas y se elimina a través de la materia fecal, contaminando así las aguas y los alimentos.

La principal vía de transmisión del *Vibrio Cholerae* es la ingestión de agua o alimentos contaminados con dicho virus. Con menor frecuencia se han detectado también traspaso de virus por contacto de persona a persona.

Salmonelosis:

Es un tipo de intoxicación alimentaria causada por la bacteria *salmonella*. La salmonelosis es más común en el verano que en invierno. Los niños son los más propensos a contraerla así como los adultos mayores y personas con discapacidad que han tenido problemas en sus sistemas inmunológicos son los más propensos a tener infecciones graves.

Malaria:

Es la enfermedad más importante parasitaria, que se transmite de persona a persona con la mordedura de mosquitos hembra *Anofeles*, que esta generalmente en aguas salobres y frescas.

Shigelosis:

Esta enfermedad es causada por un grupo de bacterias llamadas *Shigella*. Los brotes de shigelosis están asociados con condiciones sanitarias deficientes, agua y alimentos contaminados, al igual que condiciones de vida en hacinamiento.

4.2.3 Estándares de Calidad del Agua

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).

Las normas de agua potable no se deben considerar como un criterio para evaluar o controlar la operación de las plantas de tratamiento de agua sino como especificaciones generales para la aceptación del producto. Cuando el tratamiento de las aguas está bien controlado, se pueden obtener mejores resultados que los establecidos en las normas.

4.2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

- **Características Físicas.** El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación [12]:

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no Aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU)	2
Conductividad	microsiemens/seg	1000
pH		6,5 – 9,0

Tabla 1. Características Físicas del agua potable. [12]

- **Características Químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.** Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación [12]:

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre o disociable	CN ⁻	0,05
Cloro	Cl	2,0
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos (HAP)	HAP	0,01

Tabla 2. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. [12]

- **Características Químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana.** Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro [12]:

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Tabla 3. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana. [12]

- **Características Químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.** Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación [12] :

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ⁺³	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0,5

Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. [12]

Parámetro	Resolución 2115 de 2007	OMS
Conductividad	1000 μ S/s	250 μ S/s
Aluminio	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Antimonio	0,01 mg/L	0,005 mg/L
Arsénico	0,7 mg/L	0,01 mg/L
Bario	0,003 mg/L	0,5 mg/L
Cadmio	0,003 mg/L	0,003 mg/L
Cromo	0,05 mg/L	0,05 mg/L
Cobre	1,0 mg/L	2 mg/L
Plomo	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Manganeso	0,1 mg/L	0,5 mg/L
Mercurio	0,001 mg/L	0,001 mg/L
Molibdeno	0,07 mg/L	0,07 mg/L
Níquel	0,02 mg/L	0,02 mg/L
Selenio	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Zinc	3 mg/L	3 mg/L
Cloruro	250 mg/L	250 mg/L
Sulfato	250 mg/L	500 mg/L

Tabla 5. Comparativo de parámetros de la resolución 2115 de 2007 con los parámetros de la OMS

4.3 Proceso de Potabilización

La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano. La potabilización, mayormente se realiza sobre aguas originadas en manantiales naturales y en aguas subterráneas; este proceso de transformación es llevado a cabo por medio de plantas de tratamiento de agua potable, las cuales independientemente de su tamaño, nivel de sofisticación tecnológica o la calidad actual del agua tratada, necesitan periódicamente introducir cambios en sus procesos para garantizar mejoras en su funcionamiento y en la calidad del producto.

Durante el proceso de potabilización, el agua pasa por algunas operaciones unitarias mediante las cuales puede ser purificada; estos subprocesos son descritos de manera detallada a continuación.

4.3.1 Captación

Etapa donde se capta el agua cruda desde sus fuentes naturales y es conducida mediante tuberías o canales de acueductos hasta las plantas de tratamiento.

La o las fuentes de abastecimiento seleccionadas deben ser capaces de proporcionar el gasto máximo diario requerido por la población, utilizando las aguas superficiales o subterráneas según sea el caso por previo análisis físico, químico y bacteriológico para asegurar la calidad del agua que varía por diversos factores, su naturaleza, clima y actividades que se desarrollen en lugares cercanos que puedan arrastrar elementos complejos para el proceso para de esta manera poder seleccionar adecuadamente el material de la tubería.

Generalmente las aguas subterráneas están menos contaminadas que las fuentes superficiales. Sin embargo, sacarlas a la superficie puede ser muy costoso.

Regulación de caudales: La planta de tratamiento y cada una de sus unidades de tratamiento tienen una capacidad determinada en el diseño. La capacidad se mide en unidades de caudal, en L/seg o m³/seg. Si el caudal que entra a la planta o a una de sus unidades sobrepasa su capacidad, el agua no sale bien tratada. En conclusión, la regulación de los caudales es fundamental para el buen funcionamiento de la planta. El caudal se regula operando las válvulas o compuertas de entrada, la altura o abertura debe estar definida para los caudales que se quieran tratar. En algunas ocasiones es necesario disminuir el caudal, por ejemplo: cuando el agua llega muy sucia o cuando baja el consumo

Para la planta de SERVICIUDAD, el agua cruda es captada en la bocatoma del río Otún sector Nuevo Libare mediante una válvula de mariposa la cual es operada de acuerdo con un controlador electrónico de caudal aproximado de 350 L/s.

4.3.2 Aducción

Corresponde al conjunto de estructuras, infraestructura, equipos, accesorios, instrumentos y tecnología necesarios para transportar el agua cruda entre fuentes de abastecimiento o desde la captación hasta la planta de tratamiento, a flujo libre o a presión, por gravedad o por bombeo.

Al crear un canal de aducción es necesario tener en cuenta algunas consideraciones como:

- Para aducciones abiertas, se deben prever inspecciones rutinarias que permitan establecer posibles fuentes de contaminación de las aguas transportadas. En caso de detectarse algún cambio en las características de las mismas, la empresa prestadora del servicio debe suspender inmediatamente el flujo de agua, identificar la procedencia de la contaminación y solucionar el problema.
- En los casos en que la aducción sea mediante tuberías a presión o canales en los cuales existan tramos por encima de la superficie del terreno, debe verificarse los asentamientos producidos en anclajes y uniones, válvulas y codos. Se debe implementar una ficha de control por cada accesorio que permita llevar en record de los asentamientos producidos con el tiempo, así mismo en los casos donde se hallen zonas inestables llevar un registro fotográfico y control de los desplazamientos observados.

Antes de que el agua ingrese a la planta el sometida a una previa operación de pre-limpieza.

Desbastado inicial: Mediante rejas finas o mallas móviles ubicadas en el tanque de aducción se retienen los cuerpos de mayor tamaño como hojas, palos, ramas y otros sólidos arrastrados por el agua cruda antes de llevarla al desarenador. **[13]**

El tanque y el canal de aducción se utilizan para disminuir la energía cinética del agua entrante a la planta, con el fin de que llegue al proceso de desarenación como flujo laminar y evite la suspensión de partículas retenidas en el mismo.

Este canal por lo general posee un sensor de nivel ultrasónico que mide la velocidad con que entra el agua, y con la ayuda de las dimensiones del canal se tiene el caudal del fluido.

4.3.3 Desarenación

La desarenación se lleva a cabo en una estructura de la planta de tratamiento denominado desarenador que se encuentra a la entrada de la planta o cerca de la bocatoma.

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función decantar la arena, grava y otras partículas finas que pueda tener el agua, son tanques construidos en concreto o ladrillo, de forma alargada o rectangular. El propósito es reducir el volumen de sólidos que ingresan a la planta, eliminar

interferencias en los procesos y operaciones siguientes y evitar daños u obstrucciones en tuberías y equipos. Con la desarenación baja la turbiedad del agua y así empieza su clarificación.

Tipos de desarenadores

- Tipo Detritus (son los más conocidos y utilizados)

Convencional: Es de flujo horizontal. Las partículas se sedimentan al reducirse la velocidad con que son transportadas por el agua. Son generalmente de forma rectangular y alargada, dependiendo en gran parte de la disponibilidad de espacio y de las características geográficas.

Desarenadores de flujo vertical: El flujo se efectúa desde la parte inferior hacia arriba, las partículas se sedimentan mientras el agua sube. Pueden ser de formas muy diferentes: circulares, cuadrados o rectangulares. Se construyen cuando existen inconvenientes de tipo locativo o de espacio. Su costo generalmente es más elevado. Son muy utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Desarenadores de alta rata: Consisten básicamente en un conjunto de tubos circulares, cuadrados o hexagonales o simplemente láminas planas paralelas, que se disponen con un ángulo de inclinación con el fin de que el agua ascienda con flujo laminar. Este tipo de desarenador permite cargas superficiales mayores que las generalmente usadas para desarenadores convencionales y por tanto éste es más funcional, ocupa menos espacio, es más económico y más eficiente.

- Tipo Vórtice: Los sistemas de desarenación del tipo vórtice se basan en la formación de un vórtice (remolino) inducido mecánicamente, que captura los sólidos en la tolva central de un tanque circular. Los sistemas de desarenador por vórtice incluyen dos diseños básicos: cámaras con fondo plano con abertura pequeña para recoger la arena y cámaras con un fondo inclinado y una abertura grande que lleva a la tolva. A medida que el vórtice dirige los sólidos hacia el centro, unas paletas rotativas aumentan la velocidad lo suficiente para levantar el material orgánico más liviano y de ese modo retornarlo al flujo que pasa a través de la cámara de arena.

Zonas de un desarenador

- Zona de entrada o cámara de aquietamiento: Cámara donde se disipa la energía del agua que llega con alguna velocidad de la captación. En esta zona se encuentran dos estructuras:

1. Vertedero de exceso: Se coloca generalmente en una de las paredes paralelas a la dirección de entrada del flujo y tiene como función evacuar el exceso de caudal que transporta la línea de aducción en épocas de aguas altas. Si no se evacua el caudal excedente, por continuidad, aumenta el régimen de velocidad en la zona de sedimentación y con ello se disminuye la eficiencia del reactor.

2. Pantalla defletores: Separa la zona de entrada y la zona de sedimentación, en ella se realizan ranuras u orificios, de acuerdo con el diseño, a través de los cuales el agua pasa con un régimen de velocidades adecuado para que ocurra la sedimentación, no debe sobrepasar de 0.3 m/s. Los orificios pueden ser circulares, cuadrados o rectangulares, siendo los primeros los más adecuados.

- Zona de sedimentación: La teoría de funcionamiento de la zona de sedimentación se basa en las siguientes suposiciones:
 - Asentamiento sucede como lo haría en un recipiente con fluido en reposo de la misma profundidad.
 - La concentración de las partículas a la entrada de la zona de sedimentación es homogénea, es decir, la concentración de partículas en suspensión de cada tamaño es uniforme en toda la sección transversal perpendicular al flujo.
 - La velocidad horizontal del fluido está por debajo de la velocidad de arrastre de los lodos, una vez que la partícula llegue al fondo, permanece allí. La velocidad de las partículas en el desarenador es una línea recta.
- Zona de lodos: Recibe y almacena los lodos sedimentados que se depositan en el fondo del desarenador. Entre el 60% y el 90% queda almacenado en el primer tercio de su longitud. En su diseño deben tenerse en cuenta dos aspectos: la forma de remoción de lodos y la velocidad horizontal del agua del fondo, pues si esta es grande las partículas asentadas pueden ser suspendidas de nuevo en el flujo y llevadas al afluyente.
- Zona de salida: Esta zona tiene por objeto mantener uniformemente distribuido el flujo a la salida de la zona de sedimentación. El tipo de estructura de salida determina en buena parte la mayor o menor proporción de partículas que pueden ser puestas en suspensión en el flujo. Existe una gran variedad de estructuras de salida, las cuales podríamos clasificar en: vertederos de rebose, canaletas de rebose, orificios (circulares o cuadrados)

[14]

El tanque desarenador de la planta de Villasantana está compuesto por cuatro unidades de 2,42 m de ancho y 4,5 m de profundidad, cada unidad se constituye por placas de Asbesto-cemento de 2,4 X 1,2 y 8mm de espesor, con 45° de inclinación y separadas cada 5cm. La salida está constituida por un canal de 80 m de longitud que conduce el agua hasta la canaleta parshall.

Esta unidad de desarenadores posee un canal de distribución, que hace que el agua de entrada sea repartida en partes iguales a cada unidad, actúan por gravedad, y por medio de la velocidad ascensional que se maneja en el proceso hace que las partículas choquen contra las placas y queden en el interior de la unidad, su función es retener partículas mayores a un milímetro de diámetro.

4.3.4 Cloración

La cloración consiste en la adición de cloro al agua, ya sea cloro puro o alguno de sus compuestos, en las dosis adecuadas para cumplir la normativa vigente respecto a la calidad bacteriológica y a la concentración de desinfectante activo residual que debe estar presente en todo punto de la red de distribución de agua potable. El tratamiento de desinfección entonces, es siempre obligatorio para que el agua pueda ser distribuida al consumo

En esta etapa, debe mantenerse un residual no mayor a 2,0 partes por millón (ppm).

Demanda de cloro

Al agregar cloro o algún producto derivado de cloro al agua, se producen una serie de reacciones químicas entre el cloro agregado y las sustancias o impurezas que contiene el agua.

Dentro de estas reacciones de oxidación/reducción, el cloro se combina con:

- El nitrógeno amoniacal que pueda estar presente, para formar cloraminas, a las cuales se les denomina cloro combinado utilizable.
- Los aminoácidos, sustancias proteínicas, sustancias orgánicas y sustancias inorgánicas como (Fe, Mn, NO₂, H₂S), con los cuales produce distintos compuestos. Esta parte del cloro agregado, no es utilizable para la desinfección.

La cantidad de cloro que debe añadirse en el proceso de desinfección, para alcanzar un nivel deseado de cloro residual en un determinado tiempo de contacto, se llama "Demanda de cloro".

La Demanda de cloro es propia de cada agua y se determina caso a caso en forma experimental, mediante ensayos de laboratorio. Como es lógico de esperar, por lo

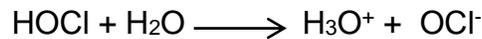
general, las fuentes de tipo subterráneo ejercen una menor demanda de cloro que las fuentes de tipo superficial.

Reacciones Químicas

- El cloro gaseoso reacciona completamente en el agua para formar ácido hipocloroso:

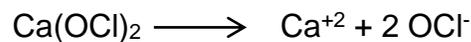
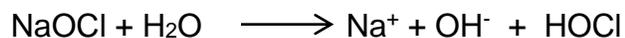
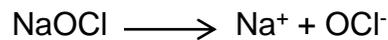


- El ácido hipocloroso, a su vez se disocia en el agua para formar ion hipoclorito:



El conjunto de especies HOCl y OCl⁻ se llama “cloro libre” y aun cuando ambos son desinfectantes el ácido hipocloroso es más eficiente que el ión hipoclorito y posee un gran valor germicida.

En caso de utilizarse hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio estos reaccionan de la siguiente manera:



Por tanto, se obtiene el mismo conjunto de especies HOCl y OCl⁻ para disponer de “cloro libre”. **[15]**

En la planta se cuenta con un cuarto especial donde se mantiene los tambores de Cloro utilizados para la pre y post cloración, este cuarto está diseñado especialmente para cuando existan fugas del gas puedan ser contenidas en el mismo; posee un extractor que contiene Hidróxido de Sodio, el cual al entrar en contacto con el Cloro genera el Hipoclorito de Sodio líquido.

4.3.5 Dosificación

Por dosificación se entiende toda acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua que se va a tratar. Puede ser en seco (polvo) o en solución (líquida).

Para el tratamiento de aguas se adicionan sustancias como CAL, Sulfato de Aluminio y PAC, cumpliendo cada uno con una función específica:

- CAL, regulador de pH el cual debe estar entre 6.5 y 8 facilitando el proceso de coagulación.
- Sulfato de Aluminio, coagulantes que producen óxidos gelatinosos no solubles y absorben impurezas.
- PAC (Policloruro de aluminio), Coadyuvante de coagulación, convierte las partículas en flóculos más grandes y densos. **[16]**

La dosificación en la planta de Villasantana se realiza en la canaleta Parshall de 0,9144 m de garganta la cual descarga el agua libremente a una cámara de 4,87 m de ancho, 3,20 m de longitud y 3,25 m de profundidad. Al final se encuentran dos vertederos de descarga libre de 1 m de longitud.

Esta canaleta sirve como tanque de quietamiento para el agua que viene directamente de los desarenadores disminuya la velocidad a la entrada, volviendo el flujo laminar; después de los tubos de dosificación, el canal posee una caída, que tiene la función de mezclar el floculante y coagulante con el agua, logrando así una buena solubilización del Aluminio con la matriz.

4.3.6 Coagulación y floculación

La Coagulación y Floculación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar. **[17]**

Coagulación

Es el proceso de formación de pequeñas partículas gelatinosas mediante la adición de un coagulante al agua y la aplicación de energía de mezclado, que desestabiliza las partículas suspendidas por neutralización de las cargas de coloides cargados negativamente. Comienza en el mismo instante en que se agrega el coagulante y dura solo fracciones de segundo. Desde el punto de vista electrostático, el propósito de la coagulación es reducir el potencial zeta por adición de iones específicos e inducir la desestabilización de las partículas para aglomerarlas.

Existen dos modelos de la coagulación. El modelo físico o de la doble capa, basado en fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión. El otro modelo es químico, llamado "puente químico", que relaciona una dependencia entre el coagulante y la superficie de los coloides.

- Modelo físico de la Coagulación.

Existen tres potenciales de interés. El de superficie o de Nerst, el de la capa fija y el potencial zeta. Este último potencial es el que existe en el plano de cizalla y es calculable experimentalmente.

El interés práctico radica en que la coagulación se puede intensificar si se disminuye la resultante de la interacción de energía entre las fuerzas coulombica de repulsión y las de atracción de Van der Waals (o sea, el potencial zeta). El potencial electrocinético o zeta, es el potencial que cae a través de la parte móvil de la doble capa que es responsable de los fenómenos electrocinéticos como la electroforesis (movimiento de partículas en un campo eléctrico a través de una solución estacionaria). El potencial superficial no es accesible por mediciones experimentales directas, esto puede ser calculado desde determinaciones de carga superficial. El potencial zeta se mide por mediciones de electroforesis. Típicamente es más bajo que el potencial de superficie, ψ , calculado de la teoría de difusión de doble capa. El potencial zeta refleja la diferencia de potencial entre el plano de corte y la fase gruesa. La distancia entre la superficie y el plano de corte no puede precisarse rigurosamente.

Si el potencial zeta disminuye a cero (punto isoeléctrico), los coloides pueden interactuar a una distancia menor a la establecida por la barrera de energía. Según sean los iones que rodean a la partícula, el potencial zeta puede disminuir por dos causas:

I) Por neutralización de la carga neta (carga partícula – carga de la capa que se mueve con la partícula). Un cambio de los iones adheridos por otros de mayor valencia, reduce en la superficie el potencial del coloide.

II) Compresión de la doble capa: Al aumentar la concentración del electrolito se incorporan iones de signo contrario en la capa difusa, comprimiéndola, disminuyendo las fuerzas repulsivas y con ello el potencial zeta.

Para producir la desestabilización no es necesario que el potencial zeta llegue a cero, o lo que es lo mismo, logre el punto isoeléctrico. Este último hecho, sugiere que es necesario un modelo auxiliar que permita explicar esta observación y así, se presenta un modelo químico.

- Modelo Químico de la Coagulación.

La carga de las partículas coloidales se produce por la ionización de grupos hidroxilo, carboxilos, fosfatos o sulfatos, los cuales pueden estar presentes en la superficie de los coloides. Estos grupos reaccionan con los iones metálicos de los coagulantes lo que genera la posterior precipitación. Así la desestabilización de los sistemas coloidales se ve mejor bajo el punto de vista químico.

Se presenta a continuación la teoría del puente químico formulada por La Mer: Esta teoría supone una molécula polimérica unida a la superficie del coloide en uno o más sitios mientras el resto de los sitios de adsorción están vacantes los que pueden ser ocupados por otros coloides generando así un puente químico. Esto genera un aumento de tamaño y consigo, precipitación.

- Coagulantes convencionales

Los coagulantes más comunes que se usan en el tratamiento de aguas son compuestos inorgánicos de aluminio o hierro como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. Cada coagulante tiene un rango específico de pH donde tiene la mínima solubilidad y ocurre la máxima precipitación dependiendo, también, de las características químicas del agua cruda. Con excepción del aluminato de sodio, estos coagulantes son sales ácidas que disminuyen el pH del agua. Por esta razón y dependiendo del agua a tratar, es necesario agregar un álcali como cal o soda cáustica.

En cuanto a la velocidad de formación de las sustancias, el Hidróxido de Aluminio se forma lentamente. Su importancia en el proceso es que genera un barrido al sedimentar. Los iones hidratados se forman muy rápido. Su efecto más importante es que comprimen y neutralizan la doble capa; esto está muy ligado a lo que se explicó bajo la perspectiva de un modelo físico. Por su parte, las moléculas poliméricas se forman rápidamente y su efecto más importante es la formación de puentes químicos haciendo adsorción de coloides, lo cual se explicó bajo un enfoque químico. Una agitación lenta favorece este proceso. [17]

- Coagulantes alternativos (PAC`s)

En los últimos 25 años se ha desarrollado una nueva generación de coagulantes inorgánicos prepolimerizados tales como PAC`s, los cuales se comportan diferentes a los coagulantes convencionales en el proceso de clarificación debido a sus características de especiación química [18]. Los PAC`s tienen diferentes fases sólidas en las reacciones hidrolíticas respecto a los coagulantes convencionales: los flóculos de PAC`s tienden a ser grupos de pequeñas esferas y/o estructuras tipo cadena con tamaño menor a 25 μm , mientras que los flóculos de sulfato de aluminio son usualmente estructuras esponjosas y porosas con tamaño de 25 a 100 μm . Esta diferencia estructural hace que los PAC`s produzcan una menor turbiedad en suspensión que el sulfato de aluminio. [18]

Floculación

La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto. Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.

La floculación puede presentarse mediante dos mecanismos: floculación ortocinética y pericinetica, según sea el tamaño de las partículas desestabilizadas (en general todas las partículas se ven afectadas por ambos mecanismos). Las partículas pequeñas ($< 1 \mu\text{m}$) están sometidas a floculación pericinetica, motivada por el movimiento browniano, mientras que las que presentan un tamaño mayor, están afectadas principalmente por el gradiente de velocidad del líquido, predominando en ella la floculación ortocinética.

En el proceso de floculación pueden emplearse los floculadores hidráulicos y mecánicos. Entre los floculadores hidráulicos que pueden ser implementados están los de flujo horizontal, flujo vertical, flujo helicoidal y Alabama. [17]

En el sistema de acueducto de SERVICIUDAD, la floculación se realiza en dos módulos floculadores de flujo horizontal con cuatro compartimientos cuadrados mecánicos y cuatro hidráulicos en cada uno de ellos, cuyas dimensiones son de 3,63 m ancho y 4,30m de profundidad; los mecánicos son estructuras dotadas con paletas que al girar producen fenómenos de turbulencia a en el agua, las otras cuatro hidráulicas funcionan aprovechando ciertas propiedades del agua con la ayuda de resaltos y caídas dentro de su estructura. A través de aberturas de 1 X1 m que distribuye el agua desde el punto de dosificación de químicos hasta cada compartimiento de los tanques floculadores.

4.3.7 Sedimentación

Es la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de gravedad. Mediante este proceso se eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado. Estos sólidos están constituidos generalmente por arenas, limos y coloides agrupados mediante las etapas anteriores de coagulación y floculación.

El sedimentador es un tanque generalmente de sección rectangular o circular, cuyo fondo muchas veces está inclinado hacia uno o más puntos de descarga.

Mecanismos de la sedimentación

Cada partícula tiene una velocidad máxima por encima de la cual no hay decantación. Esta velocidad depende de la forma y principalmente, de la densidad de la sustancia considerada.

Una partícula dentro de la masa de agua del decantador está sujeta a la acción de dos fuerzas:

I) fuerza horizontal resultante del movimiento del agua en el decantador, que origina la velocidad horizontal (VH);

II) fuerza vertical debida a la acción de la gravedad, que causa la velocidad de sedimentación (Vs).

En consecuencia, la partícula avanza en el sedimentador y baja simultáneamente hasta aproximarse al fondo. Si en el decantador la partícula solo posee tales movimientos, entonces el tiempo necesario para que el agua lo atravesase sería igual al tiempo que demora en llegar al fondo, pero esto, en la práctica, no sucede, porque existen movimientos ascendentes del agua que se deben a las variaciones de temperatura, a la acción de los vientos, etcétera.

Zonas del decantador

La conformación de esta estructura depende del tipo de decantador. En la práctica, los más usuales son los convencionales, los decantadores de placas y los clarificadores de manto de lodos.

a) Decantador convencional de flujo horizontal

Este decantador se puede dividir en tres zonas:

- 1) Zona de entrada.** En esta zona las partículas se encuentran en turbulencia. Se caracteriza por cierta agitación; la ubicación de las partículas varía y las “nubes” de flóculos cambian de lugar constantemente (fenómeno de entrada).
- 2) Zona de decantación.** Es la zona donde las “nubes” de flóculos se mantienen aparentemente inmóviles o estacionarias. En esta zona no hay agitación y las partículas avanzan de manera longitudinal y simultánea y descienden lentamente en dirección a la zona de reposo o zona de depósito de lodos.
- 3) Zona de recolección o de salida.** Esta zona es relativamente tranquila, como la segunda. Sin embargo, en la salida, los flóculos que no llegaron a depositarse en la zona de reposo siguen el movimiento ascendente del agua y traspasan la estructura de salida (efecto de salida).

b) Decantador laminar de placas paralelas

En estas unidades la estructura de entrada está constituida por un canal de altura variable, ubicado en el nivel inferior del canal central de la unidad. Este canal tiene orificios a ambos lados del fondo, por donde sale el agua floculada y se eleva por el módulo de placas y, finalmente, alcanza el sistema de tuberías de recolección de agua decantada, que descargan en el nivel superior del canal central.

La capacidad de producción de estas unidades es muy superior a la de una unidad convencional de la misma área, debido a la serie de placas paralelas inclinadas a 60°, colocadas en la zona de decantación.

La sedimentación en esta planta es por medio de un tanque construido por placas planas de Asbesto-cemento por donde asciende el agua dejando las partículas en la parte inferior. El agua ya sedimentada es recolectada en 8 canaletas longitudinales de 0,4X 0,4 m de sección, localizadas transversalmente. Cada canaleta posee vertederos triangulares en V de 90° dispuestos a lo largo de cada ellas.

4.3.8 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.

Este proceso se puede realizar por filtración rápida o filtración lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente y descendente. Puede filtrarse por gravedad o por presión, el lavado puede ser intermitente o continuo. 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 *de retrolavado*). 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 puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de pre filtración. Se utilizan para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez (color + turbidez = 50 ppm) sin ayuda de la coagulación. Están conformados por una caja de mampostería o concreto en el fondo de la cual existe un sistema de drenaje cubierto por piedras y sobre este hay arena (más fina y menos uniforme que la de los filtros rápidos).

La planta de Villasantana cuenta con 5 filtros constituidos de bloques prefabricados perforados, en los cuales se encuentra instaladas cribas de mallas de acero inoxidable con arena #10. La capa del filtro está constituida por 10 cm de arena y 70 cm de antracita. Cada filtro dispone de un canal central de lavado de 0.9 m de ancho, por donde ingresa flujo ascensional de lavado y sale por válvula de desagüe.

[19]

4.3.9 Distribución

Los procesos de conducción y distribución comprenden el transporte y suministro continuo de agua potable a los usuarios del acueducto, por gravedad o por bombeo.

La red de distribución o red matriz de un sistema de acueducto, es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales del servicio y que distribuyen el agua procedente de la planta de tratamiento hacia las redes menores del sistema. Las redes de distribuciones secundarias y terciarias son el conjunto de tuberías destinadas al suministro en ruta del agua potable a las viviendas y otros establecimientos de la población. [13]

4.4 Conocimientos previos al proceso

Para el proceso específico de potabilización se requiere un buen control de flujo por lo cual es muy importante contar con un conocimiento de los tipos de flujos existentes durante cada operación unitaria que allí se realiza, la regulación de los mismos por medio de elementos de control y un buen manejo analítico de los datos arrojados por los equipos de medición. Algunos de estos temas son expuestos a continuación:

4.4.1 Tipos de flujos

Las fuerzas de fricción tratan de introducir rotación entre las partículas en movimiento, pero simultáneamente la viscosidad trata de impedir la rotación. Dependiendo del valor relativo de estas fuerzas se pueden producir diferentes estados de flujo.

Cuando el gradiente de velocidad es bajo, la fuerza de inercia es mayor que la de fricción, las partículas se desplazan pero no rotan, o lo hacen pero con muy poca energía, el resultado final es un movimiento en el cual las partículas siguen trayectorias definidas, y todas las partículas que pasan por un punto en el campo del flujo siguen la misma trayectoria. Este tipo de flujo fue identificado por **O. Reynolds** y se denomina "**laminar**", queriendo significar con ello que las partículas se desplazan en forma de capas o láminas.

Al aumentar el gradiente de velocidad se incrementa la fricción entre partículas vecinas al fluido, y estas adquieren una energía de rotación apreciable, la viscosidad pierde su efecto, y debido a la rotación las partículas cambian de trayectoria. Al pasar de unas trayectorias a otras, las partículas chocan entre sí y cambian de rumbo en forma errática. Éste tipo de flujo se denomina "**turbulento**". [20]

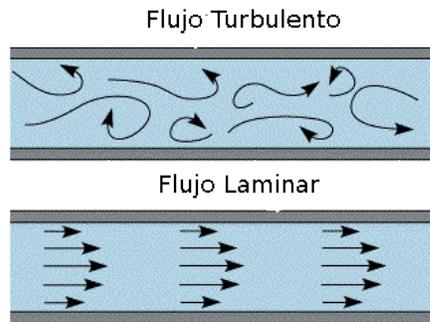


Figura 1. Flujo Turbulento y Flujo Laminar

4.4.2 Elementos finales de control (Válvulas)

Un elemento final de control es un mecanismo que altera el valor de la variable manipulada, en respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático. Recibe una señal del controlador y manipula un flujo de material o energía para el proceso. El elemento de control más utilizado en el ámbito industrial es la válvula de control. [21]

Válvulas de control

Realiza la función de variar el caudal del fluido de control, se comporta como un orificio de área continuamente variable que modifica a su vez el valor de la variable medida.

Las válvulas se clasifican según el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Cada una posee aplicaciones bien distintas, algunas son de cierre rápido otras permiten regular el flujo.

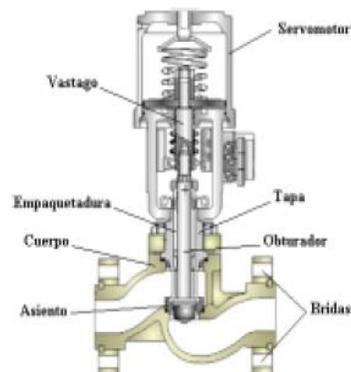


Figura 2. Partes de la válvula

Tipos de válvulas

- **Válvulas de Globo:** es usada en servicios generales, líquidos gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

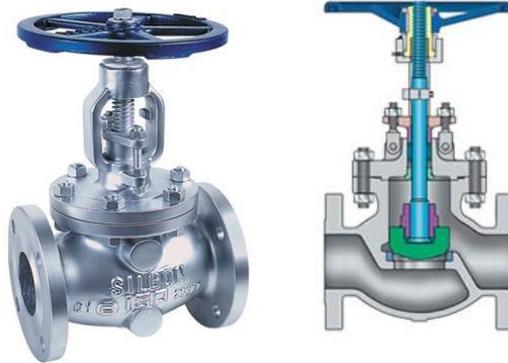


Figura 3. Válvulas de globo

- **Válvulas de compuerta:** Se utiliza en control de todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse, se caracteriza por su baja pérdida de carga.

Se utilizan cuando sea necesario un caudal fluido, con una restricción mínima al paso (suele tener el mismo diámetro de la tubería).

Las válvulas de compuerta no se recomiendan para servicio de estrangulación, porque la compuerta y el sello tienden a sufrir erosión y producen turbulencia.



Figura 4. Válvulas de compuerta

- **Válvulas de mariposa:** Se caracteriza por su operación rápida, abre y cierra en $\frac{1}{4}$ de vuelta. Se emplean para control de grandes caudales de fluidos a baja presión.

Se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en una presión elevada. No es recomendada para la regulación de caudal.

Son utilizadas en: Conductos de aire, líquidos corrosivos, agua limpia líquidos con cierto porcentaje de sólidos (las válvulas con flujo concéntrico y pasos pequeños se pueden obturar) [21]



Figura 5. Válvulas de mariposa

4.4.3 Equipos utilizados para los parámetros de calidad

- **pH metro**

Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. Consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. Este instrumento sirve para determinar el pH del agua cruda, y el agua tratada, vigilando que se cumplan con los parámetros establecidos por la norma.

- **Turbidímetro**

Es un instrumento para medir partículas suspendidas en un líquido. Esto lo hace empleando una fotocelda colocada en un ángulo de 90° con respecto a una fuente luminosa. La densidad de partículas es entonces una función de la luz reflejada por

las partículas a la fotocelda. Cuanta más luz se refleje en una determinada densidad de partículas depende de las propiedades de las partículas como su forma, color y reflectividad. Este equipo se utiliza para medir la turbiedad del agua cruda, para determinar si se realiza o no la dosificación si se encuentra por encima de 5 NTU, y del agua tratada para determinar si se encuentra o no fuera de la norma.

- **Fotómetro**

En un amplio sentido, un fotómetro es cualquier instrumento usado para medir la intensidad de la luz. Se utiliza para determinar el color en unidades de Pt/Co (Platino/Cobalto) tanto del agua cruda para determinar si se dosifica o no, y del agua tratada para establecer si cumple con la norma. También se determina la cantidad de Cloro libre residual del agua tratada.

- **Microscopio**

Es un instrumento que permite observar objetos que son demasiado pequeños para ser vistos a simple vista. Se utiliza para determinar las colonias de mesofilos, y coliformes que contienen el agua cruda, y el agua tratada.

4.5 Certificación

La certificación es el procedimiento por el cual se asegura que un producto, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la Normalización Nacional o Internacional.

Es una actividad a cargo de Organismos Nacionales de Certificación, que son personas morales acreditadas que cumplen con dicho objeto social.

Las actividades de certificación deberán comprender lo siguiente:

1. Evaluación de los procesos, productos servicios e instalaciones, mediante inspección ocular, muestreo, pruebas, investigación de campo o revisión y evaluación de los programas de la Calidad
2. Seguimiento posterior a la certificación inicial, para comprobar el cumplimiento con las normas y contar con mecanismos que permitan proteger y evitar la divulgación de propiedad industrial o intelectual del cliente

3. Elaboración de criterios generales mediante Comités de Certificación donde participen los sectores interesados y las dependencias correspondientes. Tratándose de Normas Oficiales Colombianas los criterios que se determinen deberán ser aprobados por la dependencia competente. [22]

En muchas ocasiones las empresas, por razones de prestigio, cláusulas contractuales, etc., tienen que demostrar la calidad que poseen. Para ello, necesitan que un organismo con credibilidad garantice que sus productos, procesos o trabajadores tienen la calidad esperada. Entendiendo por calidad el conjunto de características de una entidad (producto, persona o empresa) que le confieren aptitud para satisfacer unas determinadas necesidades (explícitas o implícitas).

Este es precisamente el objetivo de las certificaciones que tan ampliamente se han extendido en el mundo empresarial. En términos generales, certificar es emitir un documento que atestigüe que un producto, persona o empresa se ajustan a unas normas técnicas determinadas. [23]

La certificación permite:

- Alto grado de diferenciación (satisfaciendo así las necesidades de sus clientes y reforzando la imagen de marca).
- Minimizar costes derivados de la no-calidad al evitar errores, pérdidas de tiempo y lograr mejoras en los procesos de la empresa.

Las razones principales para que una empresa busque la certificación se deben al gran crecimiento experimentado en la última década por las certificaciones en las normas ISO 9001-2008. Las razones que justifican este hecho son muy variadas, aunque los motivos más importantes son los siguientes:

- Búsqueda de beneficios organizativos: La empresa busca sistematización y documentación de los procesos, así como una mayor integración de los recursos humanos en la estructura organizativa de la empresa. Entre estos beneficios se podrían incluir:
 - El establecimiento de responsabilidades y reglas.
 - La mejora de relaciones y declaración entre empleados y dirección, la mejora de la coordinación con los proveedores.
 - La modernización de la organización de la compañía.

- Búsqueda de beneficios en la producción: La empresa busca:
 - Aumento de la eficiencia en las actividades, las cuales pueden llevar a perseguir una estrategia de liderazgo en costes.
 - Incremento de la productividad.
 - Disminución de las reclamaciones y quejas.
 - Mayor aprovechamiento de los recursos.

- Búsqueda de beneficios en la posición competitiva: La certificación es una herramienta de promoción e imagen empresarial, por tanto la empresa que busca este beneficio es porque persigue una estrategia de diferenciación que se puede concretar en:
 - La mejora de la satisfacción de los consumidores.
 - El incremento de la reputación de sus productos.
 - La diferenciación de la empresa respecto a otras organizaciones.
 - La mejora de la imagen de la empresa.

- Respuesta ante estímulos del Gobierno: Busca aprovechar unos incentivos que se ofrecen por parte del Gobierno como son cursos de formación sobre calidad, seminarios, congresos, financiación, entre otros.

- Respuesta a las presiones de la reglamentación exigida: La empresa busca la certificación como requisito para poder transportar o producir determinados productos a algunas comunidades.

- Respuesta a las presiones del mercado: estas presiones serán producidas por exigencias de sus clientes y/o mercados presentes y/o futuros. **[24]**

SERVICIUDAD E.S.P. es una empresa prestadora de servicios de aseo, alcantarillado y acueducto. El servicio de acueducto se ve representado por la planta de tratamiento de agua que se encuentra ubicada en el municipio de Pereira, abasteciendo a gran parte de la población del municipio de Dosquebradas, garantizando la calidad del agua, realizando de manera permanente controles de calidad a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos que demuestran que el

agua suministrada por dicha empresa es apta para el consumo humano, cumpliendo con los parámetros establecidos por la resolución 2115 de 2007 sobre la calidad del Agua.

Su política de calidad es: Satisfacer al cliente a través de la continuidad, confiabilidad y cobertura del servicio, con excelente atención y cobro racional de tarifas garantizando la sustentabilidad en el tiempo; utilizando los medios tecnológicos disponibles, optimizando la estructura financiera y propiciando el desarrollo del talento humano, comprometido en la búsqueda del mejoramiento continuo. [7]

Dicha Planta de tratamiento de agua busca la certificación por parte de la NTC GP – 1000:2009 (Norma Técnica Colombiana de Gestión Pública) que les permite a las entidades del Estado de la Rama Ejecutiva del Poder Público, evaluar y dirigir el desempeño institucional en términos de calidad y de satisfacción social, de manera sistemática y transparente, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2 de la Ley 872/2003.

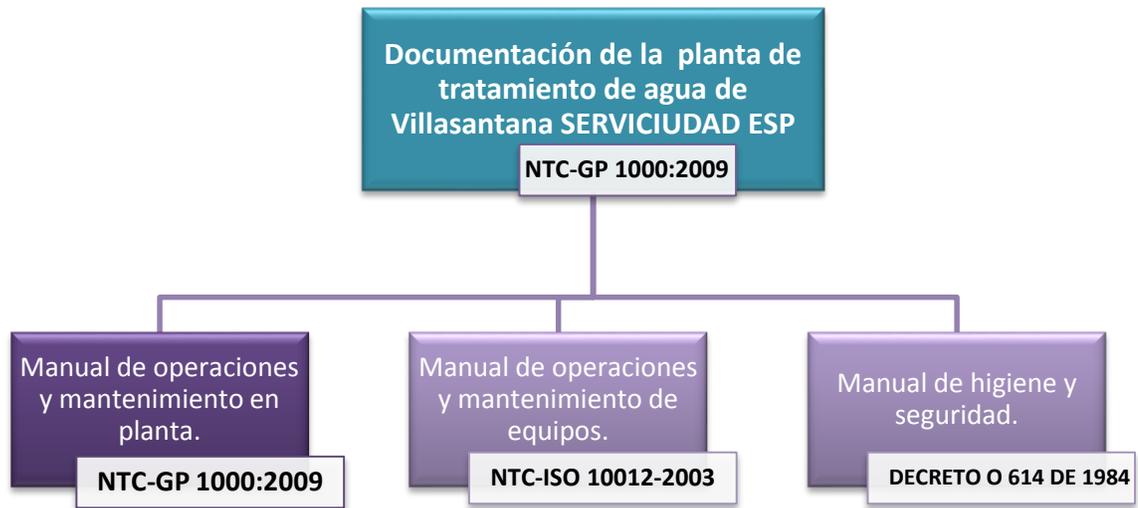
La NTCGP 1000:2009, además de incluir los requisitos de la norma ISO 9001, aporta:

- Eficiencia y efectividad en todas las actuaciones.
- Mecanismos para comunicar a las partes interesadas sobre el desempeño de los procesos.
- Mapas de riesgos y puntos de control sobre los riesgos.
- Control de la prestación de los servicios.
- Comunicación con el cliente acerca de los mecanismos de participación ciudadana.

Los beneficios que le trae a la planta de tratamiento de aguas esta certificación son los siguientes:

- Le permite demostrar que cumple con los requisitos de un sistema de gestión de la calidad, tal como lo exige la Ley 872/2003.
- Facilita su mejora, desempeño y capacidad de proporcionar un producto y servicios que responden a las necesidades y expectativas de sus clientes.
- Mejora la imagen de la empresa ante sus clientes-ciudadanos y entidades de control, por tener un sistema de gestión de la calidad certificado.

5. MARCO LEGAL



Esquema 1. Manuales de la planta de tratamiento de aguas de SERVICIUDAD E.S.P.

- **Norma Técnica Colombiana de Gestión Pública NTC-GP 1000:2009**

La Norma NTCGP 1000:2009 es importante para la actividad del CONTROL INTERNO sobre el sistema de gestión de calidad de una empresa prestadora de servicios, pues está invitada a proporcionar los parámetros por medio de los cuales el Estado fortalece una legitimidad y a su vez las organizaciones logran imprimir una mayor credibilidad en sus fines. La norma además busca el nacimiento de productos relacionados con lo que buscan y necesitan los ciudadanos. Los numerales correspondientes al presente trabajo se mencionan a continuación **[3]**:

4.2 GESTIÓN DOCUMENTAL

4.2.1 Generalidades

La documentación del Sistema de Gestión de la Calidad debe incluir:

- c)** los procedimientos documentados y los registros requeridos en esta Norma, y
- d)** los documentos, incluidos los registros, requeridos por la entidad para el cumplimiento de sus funciones y que le permitan asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos.

NOTA 1 Cuando aparece el término "procedimiento documentado" dentro de esta Norma, significa que hay que establecer, documentar, implementar y mantener el procedimiento. Un solo documento puede incluir los requisitos para uno o más procedimientos. Un requisito relativo a un procedimiento documentado puede cubrirse con más de un documento.

NOTA 2 La documentación puede estar en cualquier formato o tipo de medio.

NOTA 3 El conjunto de los documentos relacionados en los literales c) y d) conforman el: "Manual de operaciones o procedimientos".

4.2.4 Control de los registros

Los registros son un tipo especial de documento y se establecen para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz, eficiente y efectiva del sistema de gestión de la calidad deben controlarse.

La entidad debe establecer un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros.

Los registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables

7.1 PLANIFICACIÓN DE LA REALIZACIÓN DEL PRODUCTO O PRESTACIÓN DEL SERVICIO

La entidad debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto y/o la prestación del servicio. La planificación de la realización del producto y/o prestación del servicio debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del Sistema de Gestión de la Calidad (véase el numeral 4.1).

Durante la planificación de la realización del producto y/o prestación del servicio, la entidad debe determinar, cuando sea apropiado, lo siguiente:

- a) los objetivos de la calidad y los requisitos para el producto y/o servicio;
- b) la necesidad de establecer procesos y documentos y de proporcionar recursos específicos para el producto y/o servicio;
- c) las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo / prueba específicas para el producto y/o servicio, así como los criterios para la aceptación de éste; y d) los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización del producto y/o prestación del servicio resultante cumplen los requisitos (véase el numeral 4.2.4).

El formato de presentación de los resultados de esta planificación debe ser adecuado para la forma de operación de la entidad.

- **NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO 10012-2003**

Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.

Un sistema eficaz de gestión de las mediciones asegura que el equipo y los procesos de medición son adecuados para su uso previsto y es importante para alcanzar los objetivos de la calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo de un sistema de gestión de las mediciones es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición pudieran producir resultados incorrectos que afecten a la calidad del producto o de una organización. Los métodos utilizados para el sistema de gestión de las mediciones van desde la verificación del equipo básico hasta la aplicación de técnicas estadísticas en el control del proceso de medición. [25]

- **DECRETO NUMERO 614 DE 1984 (marzo 14):**

Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país.

Sienta las bases para la organización y administración de la Salud Ocupacional y señala su objeto y el campo de aplicación de las normas en esta materia.

6. METODOLOGIA

6.1 Reconocimiento de la empresa

Se realizó un reconocimiento de toda la planta de tratamiento de aguas una vez a la semana durante un periodo de tres meses, identificando detalladamente cada unidad que la compone, la función que lleva a cabo, la forma de limpieza que se realiza y como se opera dicha unidad.

En compañía de la jefe de planta se efectuaron lavados de los desarenadores, sedimentadores y filtros, se operaron los controles para dosificación y se manejó la válvula de aducción para control de caudal; familiarizándose así con algunas operaciones de mantenimiento en la planta. A continuación se presenta la tabla de reconocimiento de la empresa:

PARTES	DURACION/ SEMANAS	LAVADO	VARIACIONES Y OBSERVACIONES
Tanque de carga y aducción	1	NO	Manejo de válvulas para regulación de caudal y forma de lavado
Desarenadores	2	SI	Mucho invierno: Hacer solo purgas Mucho verano: Lavar cada 2 meses
Floculadores y sedimentadores	3	SI	Se realiza en día seco. Invierno: Dos veces al mes
Filtros	2	SI	Uno por turno
Tambores de Cloro	1	NO	Reconocimiento válvulas, medidas de seguridad y procesos para cambio de tambores.
Dosificación	2	NO	Variación clima, cambio en propiedades requeridas de agua.
Toma muestra	1	NO	4 muestras (agua cruda, sedimentador 1, sedimentador 2 y agua tratada) Dos adicionales en caso dosificar (agua encalada, agua coagulada).
Parada y arranque en planta	1	NO	Cierre bocatoma

Tabla 6. Reconocimiento de la empresa

6.2 Recopilación de información

Por medio del departamento de Gestión de Calidad de la empresa se tuvo acceso al listado maestro de documentos, en el cual se encuentran todos los procedimientos, instructivos y formatos consignados en el manual de Gestión de Calidad de Serviciudad E.S.P., donde se incluye la parte técnica y operativa de la planta de potabilización.

En base a dicho listado, se reunió toda la información existente acerca de la parte operativa de la planta en compañía del jefe, microbióloga y operarios de la misma; esta etapa se realizó durante mes y medio, asistiendo dos veces a la semana. La documentación recopilada (válvulas en cada etapa, dosis optima de reactivos, detalles de cada unidad, inventario de equipos y formatos utilizados para consignar todas las actividades que allí se realizan continuamente) sirvió de apoyo para la realización de los posteriores manuales a desarrollar.

6.3 Documentación

Para realizar la documentación se utilizó toda la información recopilada adecuando lo necesario a cada manual, siguiendo los parámetros de presentación del documento de calidad y la codificación del listado maestro ya existente en la planta; contando con un tiempo aproximado de tres meses, donde se mantuvo una continua revisión y corrección por parte del jefe de la planta.

Luego de la realización del presente trabajo, la planta cuenta actualmente con una información actualizada y completa concerniente a la parte operativa de cada unidad que compone el proceso de potabilización, equipos de laboratorio utilizados en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos e inventario de reactivos.

Dentro de la documentación realizada se encuentran:



Esquema 2. Documentación parte operativa de la planta

7. RESULTADOS

7.1 Recopilación y Reordenamiento de documentos en planta

7.1.1 Recopilación

De acuerdo al listado maestro proporcionado por el departamento de calidad de la empresa, se obtuvieron los documentos relacionados con la planta de potabilización, los cuales proporcionan una base de documentación existente, versiones a actualizar y documentos faltantes para cumplir con la norma NTC-GP 1000:2009. Los documentos encontrados se presentan a continuación:

Código	Nombre	Versión	Fecha Aprobación	Fecha Vigencia
STIN-01	Instructivo Prueba de Jarras	01	2/08/2011	2/08/2011
STPR-04	Tratamiento para la potabilización del Agua	01	3/10/2012	3/10/2012
STFO-25	Bitácora Análisis microbiológico	01	19/02/2007	19/02/2007
STFO-26	Bitácora Análisis fisicoquímicos	03	28/05/2010	28/05/2010
STFO-39	Reporte de Operación diaria Planta de tratamiento.	01	01/03/2011	01/03/2011
STFO-40	Control de mantenimiento de instalaciones físicas planta de tratamiento	01	01/03/2011	01/03/2011
STFO-41	Inventario diario de productos químicos	01	01/03/2011	01/03/2011
STFO-42	Preparación de reactivos	01	01/03/2011	01/03/2011
STFO-43	Dosificación y descarga de productos químicos	01	01/03/2011	01/03/2011
STFO-50	Informe mensual microbiológico	01	28//06/2012	28/06/2012
STFO-53	Programa de mantenimiento, calibración y confirmación de equipos.	01	26/05/2012	26/05/2012

Tabla 7. Documentos relacionados con la planta de tratamiento de agua

7.1.2 Actualización de listado maestro de documentos

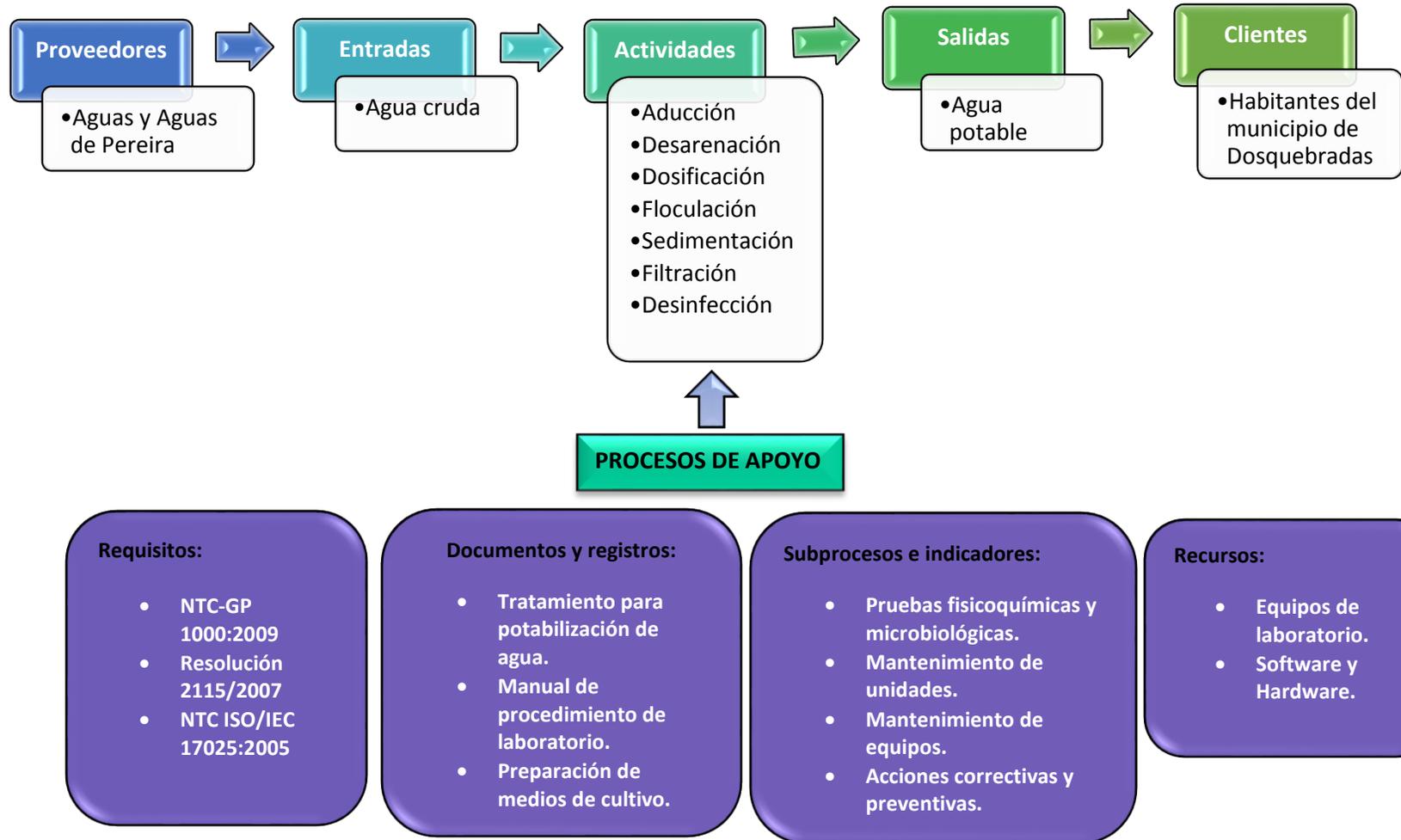
Se realiza una actualización del listado, basándose en nuevos instructivos y formatos desarrollados en el presente trabajo con una respectiva codificación asignada, teniendo en cuenta el consecutivo de dicho listado. (Anexo A)

7.2 Caracterización del proceso

Mediante la recopilación de información y el reconocimiento de la planta, se realiza un esquema de caracterización del proceso de potabilización identificando cada uno de los subprocesos que integran dicha planta y que se deben ser controlados. Además se elabora un esquema del ciclo PHVA, que permite una mejora continua de cada actividad que se lleva a cabo en la planta.

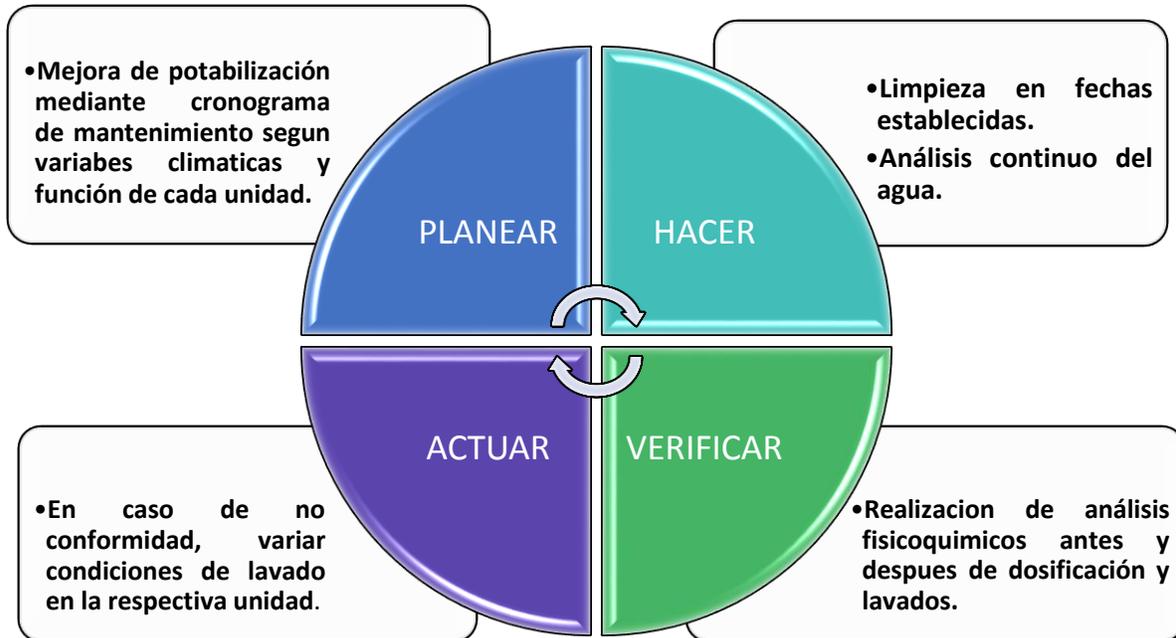
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

NOMBRE DEL PROCESO: Potabilización de Agua	
Responsable del Proceso	Jefe de Planta
Objetivo:	Proporcionar agua potable al municipio de Dosquebradas, cumpliendo con las normas de calidad requeridas.



Esquema 3. Caracterización del proceso

CICLO PHVA



Esquema 4. Ciclo PHVA

7.3 Manual de operación y mantenimiento en planta

Manual que cuenta con todos los procedimientos y formatos de la parte operativa, requeridos por la norma para una adecuada prestación de servicios. (ANEXO B)

Para la realización de este manual se tuvo en cuenta la parte estructural de cada unidad incluyendo válvulas, compartimientos, placas, rejillas y diámetros; estableciendo de esta manera la forma más adecuada de limpieza y mantenimiento de la planta.

Para determinar la periodicidad de mantenimiento en cada unidad fue importante conocer las variables climáticas y demás cambios que afectan el agua a tratar.

Se anexo en cada instructivo los formatos para consignar las actividades realizadas.

Adicionalmente, al finalizar este manual se elaboró un plan de mantenimiento que permita realizar las debidas acciones correctivas y manejo en cada unidad del

proceso en fechas adecuadas para el mejoramiento del producto ofrecido. (Ver Manual de operación y mantenimiento anexo 9.1)

7.4 Manual de operación y mantenimiento de equipos

Este manual (Anexo C) cuenta con toda la información acerca de los equipos de medición disponible para el análisis de parámetros exigidos por la resolución 2115 de 2007.

Para el desarrollo de dicho documento, se realizó un inventario de todos los equipos existentes en el laboratorio de análisis fisicoquímico y microbiológico de la planta, donde se asignó un código interno a cada equipo para su correcta identificación. El inventario de ambos laboratorios se muestra a continuación.

Partiendo del inventario se determinaron los equipos en funcionamiento, prestados y discontinuados por alguna falla; etiquetando a cada uno según el estado en el que se encontraban siguiendo los procedimientos STPR-22 y STPR-24.

Conociendo los antecedentes que cada equipo presentaba, se obtuvieron las hojas de vida correspondientes, dejando registro de: marca, serie, mantenimiento realizado, calibraciones y verificaciones según fuera el caso bajo el formato guía STFO-61; las hojas de vida elaboradas para cada equipo se presentan en una carpeta anexa dejada en la planta.

Se elaboró un instructivo de manejo para cada equipo utilizado en la planta, basándose en su marca y modelo. En este se incluye también el mantenimiento más adecuado para evitar posibles fallas y datos erróneos en futuros análisis. A demás se consignan los instructivos de confirmación para algunos equipos que necesitan de dicha actividad antes de su uso, así como algunos formatos (suministrados por la empresa) donde se registra el hecho. El formato para la confirmación de balanza aún no estaba disponible en la empresa por lo cual fue un formato nuevo que se desarrolló tomando como base (Guía para verificación interna de balanzas análogas y digitales, Universidad Industrial de Santander), quedando establecido para dar seguimiento a tal propósito.

Siguiendo el procedimiento STPR-23 se realizó el plan anual de mantenimiento y calibración de equipos para el año 2013 el cual es presentado en las posteriores páginas.



Sistema de Gestión de Calidad - Laboratorios
Inventario de equipos

Laboratorio: Fisicoquimico

Fecha de Actualización: Noviembre 03 de 2013

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	PROVEEDOR	FECHA DE RECIBO	ESTADO DEL EQUIPO ¹	OBSERVACIONES
LAQ 13	Colorimetro	HACH	Colorimetro DR/890	57090C20255	Andia Ltda.	05/04/2006	Dado de Baja	
LAQ 14	pHmetro	HACH	Sension 1	05110C910186	Andia Ltda.	06/04/2006	En Servicio	Prestado
LAQ 15	pHmetro	HACH	Sension 156 multimeter	05120C190867	Andia Ltda.	06/04/2006	Fuera de Servicio	
LAQ 16	pHmetro	Inolab	PH/COND720	11211581	Andia Ltda.	06/04/2006	En Servicio	
LAQ 17	Turbidimetro	HACH	2100P	05110C1476	Andia Ltda.	07/04/2006	En Servicio	
LAQ 18	Espectrofotometro	HACH	DR3900	1455476	Avantika	N.A	En Servicio	
LAQ 19	Espectrofotometro	Genesis 20	4001-4	3SGE203007	Scientific prducts. Ltda.	30/04/2008	Fuera de Servicio	
LAQ 20	Cabina extraccion	C4	MEX120	10305	Scientific prducts. Ltda.	N.A	Fuera de Servicio	
LAQ 21	Digestor	HACH	DRB200	09120C0171	CEIINK Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAQ 22	Nevera fisicoquimica						En Servicio	
LAQ 23	Equipo de jarras	Maquilab electronics	N.A	N.A	N.A	N.A	En Servicio	
LAQ24	Destilador	Monodest 3000	N.A	01D1505	BRAND	N.A	En Servicio	
LAQ25	Destilador	BOECO GERMANY	BOE-8702000	841811021156	N.A	01/10/2013	En Servicio	

⁽¹⁾ En Servicio, Fuera de Servicio, Dado de Baja

Registró: _____
 (nombre)
 (Cargo)

Elaboró o Editó: (2013-11-03)	Revisó: (aaaa-mm-dd)	Aprobó: (aaaa-mm-dd)
Monica Zapata Moreno Diana Constanza Puerta	Genny Marcela Hurtado	



Sistema de Gestión de Calidad - Laboratorios
Inventario de equipos

Laboratorio: Microbiologico

Fecha de Actualización: Noviembre 03 de 2013

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	PROVEEDOR	FECHA DE RECIBO	ESTADO DEL EQUIPO ¹	OBSERVACIONES
LAM01	Agitador magnetico	E y Q	AMPC-1C	165	Andia Ltda.	06/04/2006	En Servicio	
LAM02	Agitador magnetico	Fisher Scientific	Isotemp 120	308N2460	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	Fuera de Servicio	
LAM03	Cuenta colonias	Indulab	7	11485	Requim	28/04/2008	En Servicio	
LAM04	Baño Maria	Clinilab	N.A	7015	Andia Ltda.	N.A	En Servicio	
LAM05	Horno de secado	Memmert	UM400 VARIOS	100800	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAM06	Cabina de flujo laminar	C4	Flow120H	310302	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAM07	Bomba de Vacio	Fisher Scientific	109229	303173548	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAM08	Autoclave material limpio	Market forget	14460	216450-65230	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAM09	Autoclave material contaminado	All American	25X	902619	Clinilab	N.A	En Servicio	
LAM10	Incubadora	Memmert	BE400 VARIOS	100800	Scientific Products Ltda.	30/04/2008	En Servicio	
LAM11	Nevera microbiologica	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	En Servicio	
LAM12	Balanza	BOECO GERMANY	18609348	N.A	N.A	N.A	En Servicio	
LAM26	Microscopio	Olympus	CX22RFS1	2J84432	Requim	01/10/2013	En Servicio	
LAM27	Agitador magnetico	Velp Scientific	F20510011	255308	Requim	01/10/2013	En Servicio	

⁽¹⁾ En Servicio, Fuera de Servicio, Dado de Baja

Registró: _____ (nombre)
 _____ (Cargo)

Elaboró o Editó: (2013-11-03)	Revisó: (aaaa-mm-dd)	Aprobó: (aaaa-mm-dd)
Monica Zapata Moreno Diana Constanza Puerta	Genny Marcela Hurtado	
Nombre Cargo Laboratorio	Nombre Cargo	Nombre Cargo



Sistema de Gestión de Calidad - Planta de Tratamiento
Seguimiento anual de calibración, mantenimiento y confirmación de equipos

Laboratorio: Calidad

Año de vigencia: 2013

Fecha de Elaboración: 2013-03-08

CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
LAM01	Agitador magnetico																																																
LAM02	Agitador magnetico																																																
LAM09	Autoclave material contaminado																																																
LAM04	Baño maria																																																
LAM07	Bomba vacio																																																
LAQ20	Cabina de extraccion																																																
LAM03	Cuenta colonias																																																
LAQ24	Destilador																																																
LAM10	Incubadora																																																
LAM16	pHmetro/conductimetro																																																
LAQ17	Turbidimetro																																																
LAM12	Balanza																																																

Convenciones:

Servicios:

M: Mantenimiento

V: Confirmacion

C: Calibración

Estados:

Aplazado

Realizado

No realizado

Programado

Elaborado por: _____
(cargo)

Aprobado por: _____
(cargo)

Elaboró o Editó: (2013-11-08)	Revisó: (aaaa-mm-dd)	Aprobó: (aaaa-mm-dd)
Monica Zapata Moreno Diana Constanza Puerta Jaramillo	Genny Marcela Hurtado	

Finalmente se realizó la confirmación de pHmetro, Conductímetro, turbidímetro y balanza además de la limpieza del destilador, constatando el adecuado orden de los pasos a seguir para estos instructivos.

7.5 Confirmación de equipos

7.5.1 Confirmación del Turbidímetro

Esta confirmación se realizó de acuerdo al instructivo STIN-22 consignando los datos por triplicado en el formato STFO-56

7,25NTU (6,89-7,61)	57,6NTU (54,72-60,48)	584NTU (554,8-613,2)
7,23	56,8	575
7,23	56,8	575
7,23	56,8	575

Tabla 8. Confirmación turbidímetro

7.5.2 Confirmación del Conductímetro

Esta confirmación se realizó de acuerdo al instructivo STIN-06 consignando los datos por triplicado en el formato STFO-57

CONSTANTE de Celda 1/cm	LECTURA AJUSTE 1412 (µs/cm)	LECTURA VERIFICACION 147 (µs/cm)	TEMPERATURA (°C)
0,075	1549	141,1	24,3
0,075	1549	141,1	24,3
0,075	1548,7	141,1	24,1

Tabla 9. Confirmación Conductímetro

7.5.3 Confirmación del pH

Esta confirmación se realizó de acuerdo al instructivo STIN-20 consignando los datos por triplicado en el formato STFO-44

DATO DE CALIBRACION	TEMPERATURA °C	VALOR pH 4.00	VALOR pH 7.00
- 53,5	21	4,14	7,31
- 53,5	21,3	4,17	7,4
- 53,5	21,3	4,15	7,4

Tabla 10. Confirmación pHmetro

7.5.4 Confirmación de balanza

Esta confirmación se realizó con pesas de verificación específicas de acuerdo al instructivo STIN-17 consignando los datos en el formato STFO-54

Excentricidad		Repetibilidad	
Manual	1 g	Manual	0,1 g
Verificación	0,09 g	Verificación	0,088 g
Verificación	0,09 g	Verificación	0,089 g
Resultado	cumple	Resultado	cumple

Tabla 11. Confirmación balanza

7.5.5 Lavado del destilador

Se realizó un lavado del destilador teniendo en cuenta los tiempos establecidos en el instructivo de mantenimientos se logró una remoción aproximada del 70% de solidos incrustados en los serpentines del mismo.

7.6 Manual de higiene y seguridad industrial

Este manual consigna los posibles riesgos presentados en la planta, la manera de prevenirlos, la indumentaria adecuada para la protección del personal, así como un plan de contingencia ante posibles emergencias.

Se registra la señalización más adecuada para prevenir y actuar en caso de futuros accidentes, detallando rutas de emergencia, riesgos de advertencia de peligro (eléctrico, biológico, etc) y código de colores para tuberías de acuerdo al tipo de fluido que pasa por ellas.

Se actualizo el inventario de reactivos de la planta indicando marca, proveedor, códigos de riesgo y seguridad, fecha de vencimiento y cantidad de cada producto. A demás se incluye un código de colores y pictogramas que especifican la manera más adecuada de almacenamiento de reactivos utilizados en los laboratorios.

Se realizaron las hojas de seguridad de los reactivos utilizados en el proceso de dosificación, dejando constancia en la planta para una manipulación segura (ANEXO D).

8. CONCLUSIONES

- Mediante la caracterización de procesos y el desarrollo de manuales de operación y mantenimiento se mejoran los subprocesos y se tiene un mayor control de variables que puedan afectar la calidad del producto. A demás se fortalece el trabajo en equipo y la comunicación entre el personal de la planta; minimizando también tiempos de capacitación a futuros empleados.
- Se realizó un Manual de Operaciones y Mantenimiento de procesos en planta donde se menciona la forma adecuada para limpiar cada unidad que compone la planta así como las medidas que hay que llevar a cabo para dicho procedimiento, las recomendaciones que hay que tener en cuenta y un plan de mantenimiento que se está llevando a cabo donde se evidencio una mejora en las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua.
- Se realizó un Manual de Operación y Mantenimiento de todos los equipos utilizados para análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se llevan a cabo para determinar la calidad del agua; cada procedimiento cuenta con las instrucciones de manejo de dicho equipo así como el mantenimiento adecuado que se debe tener en cuenta para que arroje buenos resultados. Dicha información fue útil para el desarrollo de un plan de mantenimiento anual por medio del cual se ha llevado a cabo un riguroso control quedando consignado lo respectivos cambios en las correspondientes hojas de vida de cada equipo.
- Siguiendo los instructivos de los equipos se realizaron algunas confirmaciones, corroborando que las instrucciones son las adecuadas y dejando el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Se realizó un Manual de Higiene y Seguridad Industrial para la planta de tratamiento de agua donde se mencionan todos los riesgos que allí pueden ocurrir, así como la forma de prevenirlos y todas las normas de seguridad que se deben llevar a cabo.

- El inventario realizado de los reactivos utilizados en los laboratorios y los pictogramas de almacenamiento consignados en el Manual de Higiene y Seguridad, proyectan cambios en la estructura física del laboratorio por medio de la implementación de estanterías de almacenamiento.
- Durante el desarrollo del proyecto, el ente certificador ICONTEC realizó dos visitas a la planta con el fin de recopilar la documentación existente y generar no conformidades de la misma. Toda la documentación realizada en el presente trabajo, fue parte del proceso de certificación bajo la norma NTC–GP 1000:2009 sin presentar ningún tipo de inconformidad; permitiendo una mejora continua con respecto a la parte operativa, haciendo el proceso de potabilización más eficiente como entidad prestadora de servicios.

9. RECOMENDACIONES

- Tener al día toda la documentación y una actualización continua del listado existente en la planta de tratamiento para ayudar a evitar no conformidades por parte del ente certificador.
- Seguir el plan de limpieza propuesto para cada unidad que compone la planta potabilizadora de agua, mejorando así, la calidad del producto ofrecido.
- Llevar el registro adecuadamente y mantenerlo actualizado al momento de realizar mantenimiento en cada unidad de la planta.
- Para darle un buen uso a los equipos es necesario seguir las instrucciones de manejo evitando desconfiguraciones o daños permanentes.
- La clarificación (que incluye coagulación, floculación, sedimentación y filtración), es un subproceso fundamental en el tratamiento de aguas ya que de su correcto funcionamiento va a depender en gran medida el cumplimiento del objetivo de remover las impurezas presentes en el líquido crudo; por esto es de gran importancia mantener las respectivas unidades bajo un regular mantenimiento garantizando así, un eficaz proceso.
- Ante los resultados obtenidos en el lavado del destilador se aconseja realizar un mantenimiento más frecuente y dejar actuar los ácidos durante un tiempo más prolongado, para una remoción de sólidos del 100%.
- Es indispensable contar con una buena señalización en planta para evitar posibles accidentes y futuras demandas; por lo que se recomienda realizar cambios en colores de tuberías y válvulas así como mantener las señales de riesgo en los puntos requeridos.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA. Ingeniero Mynor Romero. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, información disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf

[2] Aguas y Aguas de Pereira, Ramírez G. Mauricio, Morales S. Jaime A., Noviembre 12 de 2010, disponible en: <https://sites.google.com/site/aguasyaguasdepereira/cuidamos-el-agua>

[3] NORMA TÉCNICA DE CALIDAD EN LA GESTIÓN PÚBLICA. NTCGP 1000:2009 información disponible en: http://portal.dafp.gov.co/form/formularios.retrive_publicaciones?no=628

[4] Historia de la potabilización del agua. Educagua. Actualización Noviembre 07 2010. Disponible: <http://educagua.wikispaces.com/wiki/changes>

[5] ACUEDUCTO Agua, Alcantarillado y Aseo de Bogotá. Nuestra Historia. Información disponible en: <http://www.acueducto.com.co/>

[6] El sonido de los cantares. Crónicas de acueductos de Pereira. Castaño G. Yirama. Alcaldía de Pereira. Diciembre 2001.

[7] Página oficial de SERVICIUDAD. Información disponible en: http://www.serviciudad.gov.co/web/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=71

[8] CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE. Docente: Ingeniero Jorge A. Orellana. Ingeniería Sanitaria- UTN – FRRO. Información disponible en: http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

[9] EL OZONO EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Cosemar Ozono. 3. POTABILIZACIÓN: E.T.A.P. información disponible en: http://www.cosemarozono.es/pdf/servicios_2.pdf

[10] Nitritos y Nitratos. Water Treatment Solutions LENNTECH. Disponible en: <http://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm>

[11] Parámetros y Características de las aguas naturales. Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas. **1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS POTABLE. 1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FISICOQUÍMICA.** Información disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>

[12] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (22 JUNIO 2007). CAPITULO II CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Información disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_2115_220707.pdf

[13] GUÍA AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE ACUEDUCTO. Ministerio del medio ambiente, Cortolima, Republica de Colombia.

[14] Líneas de aducción. Sistema de abastecimiento de agua. Disponible en: <http://imois07.blogspot.com/2008/02/lineas-de-aduccion.html>

[15] Cloración de agua. Relator: Sra. Elizabeth Echevarría O. Ingeniero civil químico, Universidad de Chile. Disponible en: http://www.doh.gob.cl/APR/documentos/Documents/Cloracion%20de%20Agua%20potable_EEO.pdf

[16] Tratamiento de aguas. Capítulo 8. Portal Ingeniería sanitaria. Perú. Disponible en: <http://www.ingenieriasanitaria.com/pdf/cap8.pdf>

[17] COAGULACION Y FLOCULACION DE CONTAMINANTES DEL AGUA.
Documento en pdf

[18] CLARIFICACIÓN DE AGUAS USANDO COAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO, COGOLLO F. JUAN MIGUEL, Ingeniería de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Octubre 5 de 2010.

[19] TRATAMIENTO DE AGUA. Documento en pdf

[20] Mecánica de fluidos. Capitulo III. Definición y clasificación de flujos. Moot L. Robert. Sexta edición

[21] Elementos finales de control. Válvulas.
http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%205.%20Elementos%20finales%20de%20Control.pdf

[22] ¿ Qué es la certificación? Instituto Mexicano del Cemento ONNCCE. Información disponible en:
http://www.imcyc.com/ct2009/may09/publicidad/publicidad_onncce.pdf

[23] CLARIFICANDO EL CONCEPTO DE CERTIFICACIÓN: EL CASO ESPAÑOL. Francisco Javier Miranda González. Profesor Titular de Universidad. Facultad de CC. Económicas y Empresariales. Antonio Chamorro Mera. Profesor Asociado. Facultad de CC. Económicas y Empresariales. Sergio Rubio Lacoba. Profesor Asociado. Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Extremadura. Disponible en:
<http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/Certificaci%C3%B3n%20en%20Espa%C3%B1a.pdf>

[24] IMPORTANCIA EN LA CERTIFICACION EN CALIDAD. Documento en pdf

[25] NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO 10012-2003. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA MEDICIÓN REQUISITOS PARA LOS PROCESOS DE MEDICIÓN Y LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN información disponible en: <http://siscomet.com.co/documents/NTC-ISO-10012.pdf>

11. ANEXOS