

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL MUNICIPIO DE CERRITO – SANTANDER**

**WILMER JOSE REYES ALVARADO**

**Trabajo de Investigación para optar al título de:  
Especialista en Química Ambiental**

**Directora:  
Dra. YOLANDA VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUIMICA  
ESPECIALIZACION QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2004**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL MUNICIPIO DE CERRITO SANTANDER.**

**WILMER JOSE REYES ALVARADO.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.  
FACULTAD DE CIENCIAS.  
ESCUELA DE QUÍMICA.  
BUCARAMANGA.  
2004**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	8
1. ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES EN EL MEDIO HÍDRICO.	9
1.1 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE CERRITO	11
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	13
2. METODOLOGÍA	16
2.1 TOMA DE MUESTRAS	18
2.2 SITIOS DE MUESTREO	19
2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO	19
2.3.1 pH	19
2.3.2 Dureza	19
2.3.3 Alcalinidad	21
2.3.4 Sulfatos	23
2.3.5 Hierro	24
2.3.6 Cloruros	24
2.3.7 Sólidos totales	26
2.3.8 Turbiedad	26
2.3.9 Color	27
2.3.10 Coliforme totales	28
3. DECRETO 475/98	30
4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FUENTE	36
4.1 EFICIENCIA GENERAL DE LA PLANTA EN CUANTO A PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.	38
4.2 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN CADA UNO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA EN CUANTO A REMOCION DE TURBIEDAD Y SÓLIDOS TOTALES.	40
4.3 RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA Y COMPARACIÓN CON EL DECRETO 475/98.	42
4.4 EVALUACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA TRATADA.	42
4.4.1 Resultados del Índice de Calidad	46
i.	
5. PRUEBAS DE TRATABILIDAD	47

5.1	PRUEBA DE JARRAS	47
5.2	DETERMINACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE	47
5.3	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS PARTICULAS.	46
5.3.1	Resultados velocidad de sedimentación de las partículas	54
5.4	DETERMINACIÓN DE Ph OPTIMO DE COAGULACIÓN	56
5.5	DETERMINACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LA MEZCLA RÁPIDA MEDIANTE ENSAYO DE SEGREGACIÓN.	
5.5.1	Resultado de la prueba de segregación	59
5.6	DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA QUE LA CONCENTRACIÓN DE COAGULANTE TIENE EN LA COAGULACIÓN	61
5.6.1	Resultados ensayo de la influencia de la concentración de coagulante	63
5.7	DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CAL	65
5.7.1	Resultados prueba de determinación de la dosis óptima de cal.	65
6.	CONCLUSIONES	67
7.	RECOMENDACIONES	68
	BIBLIOGRAFIA	69
	ANEXOS	70

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad del sistema de acuerdo al RAS 2000.	27
Tabla 2. Cuadro Análisis Plantas de Tratamiento.	27
Tabla 3. Preservación de las Muestras.	31
Tabla 4. Clasificación de la Dureza.	33
Tabla 5. Condiciones de alcalinidad.	35
Tabla 6. Norma de calidad de agua potable de acuerdo al decreto 475 de 1998.	44
Tabla 7. Calidad de la Fuente.	49
Tabla 8. Resultado de los análisis físicos químicos del agua cruda y resultados de la clasificación de la fuente.	50
Tabla 9. Resultados de la eficiencia de la Planta de Tratamiento en cuanto a remoción de turbiedad.	51
Tabla 10. Resultados de la eficiencia de la planta de tratamiento en cuanto a remoción del color.	52
Tabla 11. Resultados de la eficiencia de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de sólidos totales.	53
Tabla 12. Resultados de los análisis físico químicos en diferentes puntos de la planta de tratamiento.	53
Tabla 13. Resultados de la eficiencia encada uno de los procesos de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de turbiedad.	54
Tabla 14. Resultados de la eficiencia encada uno de los procesos de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de sólidos totales.	55
Tabla 15. Resultados de los análisis del agua tratada.	

Tabla 16. Valores Mensuales del agua tratada.	57
Tabla 17. Valores en peso porcentual de los distintos parámetros.	57
Tabla 18. Índice de calificación.	59
Tabla 19. Índice de calidad para promedio semestral.	59
Tabla 20. Índice de floculación de Willcomb.	63
Tabla 21. Registro de datos prueba de Jarras.	65
Tabla 22. Registro de datos velocidad de sedimentación.	67
Tabla 23: Registro de datos de Ph óptimo de coagulación.	70
Tabla 24. Registro de datos del ensayo de segregación.	72
Tabla 25. Cantidad en ml que hay que agregar a un vaso de precipitado de 1000 o 500 ml para obtener distintas dosificaciones, según sea la concentración de la solución coagulante.	75
Tabla 26. Registro de datos del ensayo de la influencia de la concentración de coagulante.	76
Tabla 27. Registro de datos del ensayo de determinación de la dosis óptima de cal.	78

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág...
Gráfica 1. Curvas patrón para índices de calidad.	45
Gráfica 2. Dosis óptima de sulfato de aluminio.	53
Gráfica 3. Porcentaje de turbiedad removido en diferentes tiempos de sedimentación.	55
Gráfica 4. Efecto del pH del agua cruda para una misma dosis de sulfato de aluminio.	58
Gráfica. 5 Prueba de segregación (turbiedad residual).	60
Gráfica. 6 Prueba de segregación (color residual).	60
Gráfica 7. Influencia de la concentración de coagulante en la turbiedad residual.	63
Gráfica. Influencia de la concentración de coagulante en el color residual.	64
Figura 9. Influencia de la concentración de coagulante en el pH final.	64
Figura 10. Influencia de la dosis de cal en el pH final.	66
Gráfica 11. Influencia de la dosis de cal en el color residual.	67

**TITULO:**

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL MUNICIPIO DE CERRITO SANTANDER\*.

**AUTOR:**

REYES ALVARADO Wilmer José\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Potabilización, coagulante, eficiencia, sulfato de aluminio,

**DESCRIPCION DEL CONTENIDO.**

Teniendo en cuenta que el agua es uno de los principales elementos en la vida del hombre, es necesario garantizar su pureza, es decir, debe estar libre de organismos patógenos, de sustancias tóxicas o fisiológicamente indeseables, para evitar toda una serie de enfermedades hídricas que hoy en día afectan a un gran porcentaje de la población colombiana.

Es por esto que la evaluación de cada uno de los procesos utilizados en el tratamiento de aguas se hace necesaria para definir su eficiencia, puesto que cada uno de ellos juega un papel primordial en la calidad del agua entregada a la población.

En la actualidad muchos municipios del país no cuentan con un adecuado sistema de tratamiento que garantice agua potable que cumpla con las normas establecidas en el decreto 475 del 98 (norma técnica sobre calidad de agua potable). El municipio del Cerrito no es la excepción ya que en la planta de tratamiento no se lleva a cabo una operación y mantenimiento que garantice la calidad del agua.

Realizamos análisis de la calidad del agua cruda y del agua tratada y determinando que cumple con los requisitos de calidad de agua potable de acuerdo al decreto 475 / 98. Se realizaron ensayos para determinar las dosis óptimas de sulfato de aluminio utilizados en el proceso de coagulación, floculación. También se realizaron las pruebas para determinar las condiciones óptimas en que se deben aplicar.

---

\*TESIS

\*\*Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: Yolanda Vargas.

I TITLE:

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE PLANT OF TREATMENT FOR THE POTABILIZACIÓN OF WATER OF THE MUNICIPALITY OF CERRITO SANTANDER\*.

AUTHOR:

REYES ALVARADO Wilmer Jose \*\*

KEY WORDS:

Purification, coagulant, efficiency, sulphate of Aluminum.

DESCRIPTION OF THE CONTENT.

Considering that the water is one of the main elements in the life of the man, it is necessary to guarantee his purity, that is to say, must be free of pathogenic organisms, of toxic or physiologically undesirable substances, to avoid all a series of hydric diseases that nowadays affect a great percentage of the Colombian population.

It is by that the evaluation of each one of the processes used in the water treatment becomes necessary to define its efficiency, since each one of them plays a fundamental role in the quality of the given water the population.

At the present time many municipalities of the country do not tell on a suitable system of treatment that guarantees potable water that it fulfills the norms established in decree 475 of the 98 (practical standards on quality of potable water). The municipality of the Cerrito is not the exception since in the treatment plant it is not carried out an operation and maintenance that the quality of the water guarantees.

We made analysis of the quality of the crude water and the treated water and determining that it fulfills the requirements of quality of potable water in agreement to the 475 decree/98. Tests were made to determine the optimal doses of used aluminum sulphate in the coagulation process, flocculation. Also the tests to determine the optimal conditions in that were made they are due to apply.

\*TESIS

\*\*Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: Yolanda Vargas.

## INTRODUCCIÓN

El agua es probablemente el recurso natural más importante del mundo, no tiene sustituto en muchas aplicaciones y presenta un papel vital en el desarrollo de las comunidades. Hay una vasta cantidad de agua presente en la tierra y la atmósfera circundante, cerca del 7% de la masa de la tierra es agua; de la cantidad total de agua sobre la tierra, los océanos contienen la gran mayoría, 97.13%, los casquetes polares y los glaciares contienen 2.24%, y aproximadamente el 1% es agua dulce que esta constituida en un 98% por agua subterráneas, 1.5% agua de lagos, 0,4% agua atmosférica, y 0,1% agua circulante por los ríos.

Los desechos líquidos y sólidos de las comunidades tienen un potencial alto de contaminación del agua, hecho que amerita efectuar procesos de control de calidad para poder dar el tratamiento y uso adecuado a cada tipo de agua.

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por las actividades: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. Estas sustancias se encuentran en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

Se evaluó la eficacia de cada uno de los procesos implicados en el proceso de potabilización de acuerdo a parámetros físico-químicos y microbiológicos y determino la dosis de reactivos utilizados en el proceso coagulante desinfectante.

## 1. ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES EN EL MEDIO HÍDRICO

Las fuentes de contaminación más importantes son:

Aguas residuales procedentes de poblaciones. En ellas se incluyen:

- ❖ Aguas negras, también llamadas aguas fecales o sanitarias. Es una combinación de las producidas por los retretes y las procedentes de usos domésticos. Aguas pluviales: esta agua arrastra sustancias presentes en la atmósfera, polvo, iones, etc. Esto es más notable en zonas industriales y grandes aglomeraciones urbanas.
- ❖ Aguas de limpieza pública: Generalmente en pequeño volumen. Su grado de contaminación depende de las condiciones locales.
- ❖ Aguas procedentes de usos domésticos: Se suelen denominar aguas grises, y se definen como las aguas procedentes de los usos domésticos antes de mezclarse con las aguas fecales. Proceden del lavado de ropa, limpieza, desperdicios de cocina. También incluyen las procedentes de edificios comerciales, fábricas situadas en las ciudades.
- ❖ Aguas utilizadas para la eliminación de excrementos. Su origen son los retretes y urinarios.
- ❖ Aguas residuales procedentes de las industrias. Son muy difíciles de clasificar debido a su variabilidad de composición y características.
- Residuos sólidos procedentes de tierra o de los buques que se vierten directamente al mar.
- Contaminantes líquidos y sólidos arrastrados por los ríos
- Deposición de contaminantes vertidos a la atmósfera

## **1.1 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE CERRITO**

El municipio del Cerrito tiene un territorio de 549 kilómetros cuadrados de los cuales 547.23 corresponden al área rural y 1.77 kilómetros cuadrados corresponden al perímetro urbano.

Esta situado a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar, a 73 grados y 0.3 minutos de longitud oriental, 6 grados y 0.1 minutos de longitud norte. Actualmente la población esta distanciada por vía carretable a 390 kilómetros (12 horas) de Santa Fé de Bogotá capital de la republica; a 188 kilómetros (8 horas) de Bucaramanga capital del departamento; y a 22 kilómetros de Málaga capital de la provincia de García Rovira.

Según la encuesta del Sisben, el Cerrito cuenta con una población de 7106 habitantes.

El páramo del Almorzadero es el rasgo montañoso mas alto de este municipio y de la cordillera oriental, en la actualidad se encuentra aproximadamente entre 3500 y 4400 metros sobre el nivel del mar; allí se deposita agua que luego corre formando quebradas y ríos.

En general los suelos de esta región son humicos, negros y café oscuro, con elevado grado de acidez y algunos ampliamente fértiles.

La temperatura media anual es de 16°C, pisos térmicos que van desde el clima medio hasta el clima páramo.

En cuanto a la agricultura los sistemas de producción tradicionales son los siguientes: la papa, el ajo, cebada, trigo, maíz, habas, arveja, fríjol y hortalizas.

En la ganadería se encuentra ganado vacuno, ovino, caprino y en el sector de la fruticultura se cultiva curaba, tomate, uchuva, Feijoo, duraznos, moras y brevas.

El municipio posee en el subsuelo del área del Almorzadero ricos yacimientos de carbón tipo antracita, también posee grafito, cobre.

Las cuencas hidrográficas más importantes son la cuenca del río Servita y la cuenca de la quebrada Susali que es la fuente de abastecimiento de agua para la planta de potabilización.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Los problemas que se enfrentan hoy día en cuanto a disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua, pueden transformarse en verdadera crisis; los servicios de agua potable, alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales presentan problemas que no son exclusivamente de infraestructura, sino también sociales.

Tener agua disponible representa un costo que debe ser pagado por los usuarios directos del agua y no a través de subsidios, los usuarios deben conocer el valor económico del agua; solo con la participación de la sociedad será posible evitar situaciones críticas y lograr un manejo sustentable del recurso.

En el municipio del Cerrito existen factores de diversa índole, económicos, tecnológicos y sociales que propician deficiencias en la prestación de los servicios urbanos de agua potable, alcantarillado y saneamiento básico; como ejemplo se puede citar:

- ◆ Baja cobertura de los servicios.
- ◆ Tecnologías no apropiadas.
- ◆ Falta de recursos financieros para la operación y mantenimiento de la infraestructura.
- ◆ Baja eficiencia de los organismos operadores.
- ◆ Problemas sociales y políticos.

El sistema de abastecimiento de agua potable del municipio del cerrito dispone de una fuente de captación superficial de la quebrada Susali localizada al norte del municipio proveniente del páramo del Almorzadero.

La captación del agua se realiza a través de una bocatoma de profundidad y el caudal de captación varía de acuerdo a 10 litros por segundo en promedio, la red de conducción se realiza por tubería de 4 pulgadas.

La planta de tratamiento de agua potable es de tipo convencional, y fue inaugurada en julio de 1977, el sistema de potabilización está conformado por un sistema de floculación de eje horizontal, dos sedimentadores convencionales, tres filtros manto grava, arena y antracita y un tanque de almacenamiento.

### **1.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

Teniendo en cuenta que el agua es uno de los principales elementos en la vida del hombre, es necesario garantizar su pureza, es decir, debe estar libre de organismos patógenos, de sustancias tóxicas o fisiológicamente indeseables, para evitar toda una serie de enfermedades hídricas que hoy en día afectan a un gran porcentaje de la población colombiana.

Es por esto que la evaluación de cada uno de los procesos utilizados en el tratamiento de aguas se hace necesaria para definir su eficiencia, puesto que cada uno de ellos juega un papel primordial en la calidad del agua entregada a la población.

En la actualidad muchos municipios del país no cuentan con un adecuado sistema de tratamiento que garantice agua potable que cumpla con las normas establecidas en el decreto 475 del 98 (norma técnica sobre calidad de agua potable). El municipio del Cerrito no es la excepción ya que en la planta de tratamiento no se lleva a cabo una operación y mantenimiento que garantice la calidad del agua.

Los tratamientos utilizados para potabilizar el agua que consume la población santandereana, deben ser mejorados, pues el agua disponible no está en las mejores condiciones. Esto se debe en la mayoría de los casos a que las plantas de tratamiento no funcionan adecuadamente, es decir no se hace el tratamiento correspondiente. En otros casos el acueducto no cuenta con la planta. De 87 municipios, 59 tienen planta; pero solo 9 funcionan adecuadamente. Es decir, 50 plantas existentes no funcionan; y en 28 municipios no existen estas plantas para sus acueductos, ver tabla 2.

El nivel de complejidad de los sistemas esta definido por el RAS 2000. (Ver tabla 1.).

**Tabla1: Asignación del nivel de complejidad del sistema de acuerdo al ras 2000.**

Nivel de complejidad del sistema	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< de 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> de 60000	Alta

**Fuente:** RAS 2000.

No de viviendas	560
No de habitantes por vivienda	5
Rata de crecimiento	2.0%
Población actual	2520 habitantes
<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Medio</b>

En los municipios de clase 2 (2501-12000) entre los cuales se encuentra el Cerrito se registra un caudal captado promedio 240 litro/hab.día. El 62% de estos municipios tiene planta de tratamiento, en la mayoría de los casos no funcionan por falta de mantenimiento o mala operación. En cuanto a la calidad del agua, 32% de los municipios requieren tratamiento especial, pues el agua no es apta para el consumo, 43% de los municipios requieren tratamiento completo y el resto tratamiento parcial o no se tiene información.

**Tabla 2: Cuadro análisis plantas de tratamiento**

CLASES DE MUNICIPIO	NUMERO DE MUNICIPIOS	TIENEN	FUNCIONA	CUMPLE 475
1	55	32	0	0
2	21	17	2	0
3	6	5	2	1
4	4	4	4	3
5	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>59</b>	<b>9</b>	<b>5</b>

**Fuente:** Secretaria de Salud de Santander. 1998

Actualmente la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cerrito no posee un sistema de dosificación que permita establecer la dosis óptima de químicos (coagulante y alcalinizante) utilizados en el tratamiento del agua, y esta dosificación se realiza de una forma inconsciente sin tener en cuenta ningún parámetro físico-químico.

A su vez esta planta que no cuenta con un debido mantenimiento y atención de un operario capacitado y están presentando perdidas de agua exageradas convirtiéndose en un problema, el cual se debe atender como esta contemplado en la ley 373 de 1997 sobre uso eficiente y ahorro del agua. Por estas razones se ha decidido hacer un seguimiento a la planta de tratamiento para valorar la calidad del agua que están produciendo, evaluar la eficiencia de cada uno de los procesos de esta planta de tratamiento y realizar una serie de ensayos que permitan establecer la dosis óptima de coagulante y alcalinizante, que permitan un mejor funcionamiento de la planta.

## 2. METODOLOGÍA

El muestreo puede tener:

- Objetivos de investigación tales como caracterización de efluentes, corrientes, determinación de efectos de los cambios de variables en el control de procesos, determinación de eficiencia del tratamiento, de unidades de proceso de sistemas de tratamiento, evaluación de los efectos en la salud de aguas de consumo y residuales.
- Objetivos de planeación tales como identificación de fuentes de contaminación, seguimiento de los efectos de una actividad o proyecto, efectuar proyecciones a largo plazo, definir la distribución de las cargas de los desechos.
- Objetivos de cumplimiento de Regulaciones tales como el cumplimiento de la legislación ambiental, verificación de datos de monitoreo, permisos y revisiones ambientales.
- Objetivos de control de procesos para producir efluentes de alta calidad, determinación de sustancias tóxicas, optimización y control de variables de procesos físicos, químicos y biológicos.

La toma de una muestra de agua es una operación delicada que debe ser llevada a cabo con el mayor cuidado, porque este paso condiciona los resultados analíticos y su interpretación.

En términos generales, se debe evitar modificar las características fisicoquímicas del agua, así como asegurar que la muestra sea homogénea, representativa.

El muestreo del agua puede hacerse manual o automático y las muestras pueden ser de diferentes tipos tales como puntuales, compuestas, periódicas y continua; el sistema de la toma de muestra variara según el objetivo, el origen del agua y los obstáculos naturales o artificiales.

Para la selección de los sitios de muestreo se deben tener en cuenta los objetivos, la homogeneidad del cuerpo del agua, sus características, degradación de la calidad, y el aforo.

Existen normas estándar para la toma, preservación, transporte y análisis que si se siguen cuidadosamente garantizan resultados que pueden asegurar la calidad de los datos obtenidos.

Para un análisis de agua se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Persona que solicita el análisis.
- Causa que motiva la realización del análisis (Captación de una fuente, calidad de agua, potabilidad, epidemias, intoxicaciones, etc.)
- Origen del agua, (fuente, pozo, sondeo, río, cisterna, etc.) y localización exacta del punto de toma de la muestra. Aspecto particular (color, residuos, etc.)
- Caudal aproximado por minuto o por segundo. En el caso de un acuífero subterráneo precisar su profundidad.
- Naturaleza geológica de los terrenos atravesados y aspecto del medio natural.
- Indicar las causas de manchas permanentes o accidentales a las que el agua esta expuesta (establecimiento agrícola o industrial, aguas residuales de ciudad o fabrica, pozos muertos, etc.).
- Tomar nota de las manifestaciones de los usuarios o ribereños concernientes a las variaciones de aspecto, caudal, así como de las modificaciones provocadas por las lluvias.
- Tomar la temperatura del agua y del ambiente en el momento de la toma e indicar las condiciones meteorológicas del momento (Lluvia, viento, presión atmosférica, etc.).
- Precisar los usos para los que es destinada el agua (bebida del hombre y animales, lavado, fabrica, calderas, etc.).
- Ciudad o establecimiento que abastece el agua.
- Fecha y hora de la toma

**Tabla 3: Preservación de muestras**

<b>PRESERVACION DE MUESTRAS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Preservativo</b>	<b>Máximo periodo de almacenamiento</b>
<b>Acidez – Alcalinidad</b>	Refrigeración a 4°C	24 horas
<b>D.B.O.</b>	Refrigeración a 4°C	6 horas
<b>D.Q.O.</b>	2 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> por litro	7 días
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Determinado “in situ”	6 horas
<b>Calcio</b>	No requerido	7 días
<b>Cloruros</b>	No requerido	7 días
<b>Cianuros</b>	NaOH a pH =10	24 horas
<b>Color</b>	Refrigeración a 4°C	24 horas
<b>Dureza</b>	Refrigeración a 4°C	24 horas
<b>Fenoles</b>	1.0g CuSO <sub>4</sub> /1 + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> a pH=4.0 y 4°C	24 horas
<b>Fósforo</b>	4.0 mg HgCl <sub>2</sub> por litro - 4°C	7 días
<b>Fluoruros</b>	No requerido	7 días
<b>Metales, Total</b>	5 ml HNO <sub>3</sub> por litro	6 meses
<b>Nitrógeno, Amonio</b>	40 mg HgCl <sub>2</sub> por litro – 4°C	7 días
<b>Nitrogeno, Kjedadl</b>	40 mg HgCl <sub>2</sub> por litro – 4°C	Incierto
<b>Nitrogeno-Nitrito-Nitrato</b>	40 mg HgCl <sub>2</sub> por litro – 4°C	
<b>Grasas y Aceites</b>	2 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> por litro – 4°C	24 días
<b>Carbon Organico</b>	2 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> por litro – (pH 2)	7 días
<b>pH</b>	Determinado “in situ”	
<b>Solidos</b>	No disponible	24 horas
<b>Conductancia Especifica</b>	No requerido	24 horas
<b>Sulfatos</b>	Refrigeración a 4°C	7 días
<b>Sulfuros</b>	2 ml Acetato de Zn por litro	7 días
<b>Umbral de Olor</b>	Refrigeración a 4°C	7 días
<b>Turbiedad</b>	No disponible	24 horas

**Fuente:** Manual tecnología en gestión del recurso agua potable. 1997

## **2.1 TOMA DE MUESTRAS**

Las muestras se tomaron en forma puntual siguiendo los procedimientos antes descritos y se mantuvieron en refrigeración para su transporte y posterior procesamiento.

El muestreo se realizo una vez al mes durante seis meses.

## 2.2 SITIOS DE MUESTREO

Los sitios escogidos para el muestreo fueron:

Bocatoma.

Salida de floculadores.

Salida de los sedimentadores.

Salida de los filtros.

Tanque de almacenamiento.

## 2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los parámetros físicos – químicos que se realizaron fueron:

**2.3.1 PH.** La medida del pH es muy importante en la química del agua y es uno de los ensayos más frecuentemente usados. Prácticamente cada fase del tratamiento tanto de un suministro de agua potable como de aguas de desecho, dependen del pH, como lo son: la neutralización ácido-base, el ablandamiento del agua, la precipitación, la coagulación, la desinfección y el control de la corrosión.

A una temperatura determinada la intensidad del carácter ácido o básico de una solución está indicado por el pH o por la actividad del ion hidrógeno o hidronio. El pH y el pOH se definen como:

$$pH = \log a_H^+ \equiv -\log[H^+]$$
$$pOH = -\log a_{OH}^- \equiv -\log[OH^-]$$
$$pH + pOH = 14$$

### - Determinación del pH

**Método potenciométrico.** En un vaso de 100ml colocamos una cantidad de muestra y sumergimos el electrodo en la muestra a analizar y se tomó la lectura directamente en el potenciómetro.

**2.3.2 Dureza.** En la práctica, se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Como aguas duras se consideran aquellas aguas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

En términos de dureza las aguas pueden clasificarse así:

**Tabla 4. Clasificación de la dureza**

RANGO (mg/L)	CLASIFICACIÓN
0-75	Blanda
75-150	Moderadamente dura
150-300	Dura
>300	Muy dura

**Fuente:** Acuiquímica Jaime Alberto Romero.

La dureza se expresa en mg/L como  $\text{CaCO}_3$ .

#### **CLASES DE DUREZA:**

##### ❖ **Dureza total**

Es igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio, es decir:  
Dureza Total= Dureza por Ca + Dureza por Mg.

##### ❖ **Dureza carbonácea**

En aguas naturales los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad, por lo tanto, la parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua es considerada como dureza Carbonácea. Es decir,  
Alcalinidad (mg/L) = dureza Carbonácea (mg/L)

Dos casos pueden presentarse:

a) cuando la alcalinidad es menor que la dureza total; entonces,  
Dureza Carbonácea (mg/L) = alcalinidad (mg/L)

b) cuando la alcalinidad es mayor o igual a la dureza total; entonces,  
Dureza Carbonácea (mg/L) = dureza total (mg/L)

##### ❖ **Dureza no carbonácea**

Se considera como no Carbonácea toda dureza que no esté químicamente relacionada con los bicarbonatos. Es decir,  
Dureza Carbonácea (mg/L) = D. total – alcalinidad  
Esta incluye principalmente sulfato, cloruros y nitratos de calcio y magnesio.

#### **- Determinación de la dureza total**

#### **Materiales y reactivos**

- Bureta graduada
- Balanza

- Agitador magnético
- Vasos de precipitados
- Solución patrón de EDTA 0.02 N
- Solución patrón de calcio, 1000 mg CaCO<sub>3</sub> / L ( 0.02N)
- Solución buffer
- Negro de eriocromo T
- Solución inhibidora
- NaOH
- Amoniaco concentrado

### Procedimiento

- Se preparo una solución de EDTA de 0.02N. se pesaron 3.7230g de EDTA grado analítico y se disolvieron en agua destilada, se aforo a 1L y se almacenó en un recipiente de polietileno.
- Se midieron 50mL de la muestra y se transfirió a un erlenmeyer de 250mL
- Se adicionaron 2 mL de solución buffer y una pizca de indicador para obtener un color rojo violeta suave.
- Se tituló la muestra con EDTA hasta que se observe el cambio de coloración a azul.

### Cálculos

$$D = (V_m - V_b) * N * 50.000 / V$$

Donde:

D = Dureza total, en mg CaCO<sub>3</sub> / L

V<sub>m</sub> = Volumen de EDTA gastado en la titulación

V<sub>n</sub> = Volumen de EDTA gastado en la titulación del blanco

N = Normalidad del EDTA

V = Volumen de muestra titulada

50.000 = 50 mg / meq \* 1000 mL / L.

**2.3.3 Alcalinidad.** La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH<sup>-</sup>). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de un agua.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos:

- Bicarbonatos
- Carbonatos
- Hidróxidos

En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (borato, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a su alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de éstos es insignificante y puede ignorarse.

El método clásico para el cálculo de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad consiste en la observación de las curvas de titulación para estos compuestos, suponiendo que alcalinidades por hidróxidos y carbonatos no pueden coexistir en la misma muestra.

Del análisis de las curvas de titulación, obtenidas experimentalmente, se puede observar lo siguiente:

- ❖ La concentración de iones  $\text{OH}^-$  libres se neutraliza cuando ocurre el cambio brusco de pH a un valor mayor de 8.3.
- ❖ La mitad de los carbonatos se neutraliza a pH 8.3 y la totalidad a pH 4.5
- ❖ Los bicarbonatos son neutralizados a pH 4.5

Con base en las siguientes ecuaciones:

$$F = \text{OH}^- + (1/2)\text{CO}_3^{=}$$
$$M = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^{=}$$

Donde F es el volumen de reactivo necesario para hacer virar la fenolftaleína de rosado a incoloro, pH 8.3 y

M el volumen de reactivo necesario PARA hacer virar el metil naranja de amarillo a naranja, pH 4.5

Podemos deducir las ecuaciones para las cinco condiciones posibles de alcalinidad las cuales pueden observarse en la tabla 5.

**Tabla 5. Condiciones de alcalinidad**

CASO	RELACION	CONDICION	VALORES DE ALCALINIDAD			
			OH <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	H CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	TOTAL
1	F=M	OH <sup>-</sup>	F=M	0	0	M
2	F>M/2	OH <sup>-</sup> Y CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	2F-M	2(M-F)	0	M
3	F=M/2	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0	2F=M	0	M
4	F<M/2	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> Y H CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0	2F	M-2F	M
5	F=0	H CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0	0	M	M

**Fuente:** Acuiquímica. Jaime Alberto Romero.

### - Determinación de alcalinidad total

#### **Materiales y Reactivos**

Bureta

Erlenmeyer de 250ml

Agitador de vidrio

Ácido clorhídrico 0.8840N

Fenolftaleína

Metil naranja

#### **Procedimiento**

- Se tomaron 100 mL de la muestra en un erlenmeyer de 250 mL
- Se adicionaron unas gotas de fenolftaleína y metil naranja
- Finalmente se tituló con ácido clorhídrico 0.8840N hasta el viraje de la solución de un color naranja
- Se registró el volumen de ácido gastado

#### **Cálculos**

Alcalinidad total para aguas superficiales, naturales, subterráneas y dulces, se expresa de la siguiente manera:

$$A = (V_t * N * 50.000) / V_m$$

Donde:

A: Alcalinidad Total en mg CaCO<sub>3</sub> / l

N: Normalidad del ácido

V<sub>t</sub>: Volumen total de ácido gastado para obtener el pH de 4.5

50.000: 50 mg CaCO<sub>3</sub> /meq \* 1000 mL / l

V<sub>m</sub>: Volumen en mL de la muestra.

**2.3.4 Sulfatos.** El ion sulfato es uno de los aniones más comunes en las aguas naturales; se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/l. Como los sulfatos de sodio y magnesio tienen un efecto

purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite en aguas potables de 250 mg/l de sulfatos. El contenido de sulfatos es también importante porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.

En aguas residuales la cantidad de sulfatos es un factor muy importante para la determinación de los problemas que pueden surgir por olor y corrosión de las alcantarillas.

## - **Determinación de sulfatos**

### **Método turbidimétrico**

#### **Reactivos**

- Cloruro de bario
- Solución amortiguadora

#### **Procedimiento**

- A partir de una solución patrón de 1000ppm de sulfatos se prepararon patrones de diferentes concentraciones, en balones aforados de 100mL.
- posteriormente se tomaron 10mL de cada uno de los patrones y la muestra problema y se adicionaron 1.5mL de solución acondicionadora más una pizca de cristales de cloruro de bario. Se agitaron.
- Inmediatamente después se leyó el porcentaje de transmitancia para cada uno de los patrones y la muestra a una longitud de onda de 420nm.

#### **Cálculos**

Se estima la concentración de la muestra, comparando la lectura de la muestra con las de la curva de calibración mediante interpolación.

**2.3.5 Hierro.** El hierro ocupa el cuarto lugar entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre. En muestra de aguas filtradas o en aguas superficiales oxigenadas, la concentración de hierro, rara vez alcanza a 1 mg/l. Algunas aguas subterráneas y aguas ácidas de drenaje pueden contener considerablemente más cantidad. El hierro del agua puede causar manchas en la ropa o en la porcelana cuando se lava.

El hierro en el agua puede estar en solución, en estado coloidal o como partículas suspendidas de óxidos, en los lodos y arcillas que contienen compuestos de hierro.

## - **Determinación de hierro**

La determinación se realiza por el espectrofotómetro de absorción atómica.

**2.3.6 Cloruros.** El ión cloruro es una de las especies de cloro de importancia en aguas.

Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente. En las aguas de mar el nivel de cloruro es muy alto, en promedio de 19000mg/L, constituyen el anión predominante. En aguas superficiales, sin embargo, su contenido es generalmente menor que el de los bicarbonatos y sulfatos.

Los cloruros logran acceso a las aguas naturales en muchas formas: el poder disolvente del agua introduce cloruros de la capa vegetal y de las formaciones más profundas; las aguas de mar son más densas y fluyen aguas arriba a través del agua dulce de los ríos que fluyen agua abajo, ocasionando una mezcla constante de agua salada con agua dulce.

Muchos residuos industriales contienen cantidades apreciables de cloruros. Los cloruros en concentraciones razonables no son peligrosos para la salud y son un elemento esencial para las plantas y los animales. En concentraciones por encima de 250mg/L producen un sabor salado en el agua, el cual es rechazado por el consumidor; para consumo humano el contenido de cloruros se limita a 250mg/L. Sin embargo, hay áreas donde se consumen aguas con 2000mg/L de cloruros, sin efectos adversos, gracias a la adaptación del organismo.

## - **Determinación de cloruros**

### **Reactivos**

Solución de nitrato de plata 0.01N

Erlenmeyer de 250mL

Bureta de 25mL

Solución de  $K_2CrO_4$  al 5%

Solución ácido acético 1:1

Pipeta graduada de 10mL

Solución de acetato de sodio al 1%

Pipeta volumétrica de 25mL

### **Procedimiento**

- Se tomaron 50mL de muestra en un erlenmeyer de 250mL.

- Se midió el pH con papel indicado. ( Si es necesario se ajusta el pH con ácido acético o acetato de sodio valor entre 6-10)

- Se adicionaron unas gotas de  $K_2CrO_4$
- Finalmente se titulo con nitrato de plata 0.01N hasta cambio de color

### **Cálculos:**

$$\text{Cloruros (mg Cl/l)} = (A - B) \times N \times 35.450 / V$$

A: ml de  $AgNO_3$  gastados para titular la muestra.

B: ml de  $AgNO_3$  gastados para titular el blanco.

N: Normalidad de  $AgNO_3$ .

V: Volumen de muestra en ml.

**2.3.7 Sólidos totales.** La expresión “sólidos en agua” se refiere al a cantidad de materia suspendida o disuelta en esta. El contenido de sólidos en el agua puede afectar su calidad, modificando aspectos tales como el sabor, color, olor, dureza, turbiedad, etc.

Se definen como sólidos totales a todos los residuos sólidos obtenidos por evaporación directa de la muestra de agua y su posterior secado a una temperatura determinada.

En la determinación del contenido de sólidos totales en aguas existen ciertos factores tales como el muestreo, fraccionamiento de la muestra, pipeteo, temperatura de almacenamiento de las muestras, temperatura de secado, homogenización de la muestra que pueden producir variaciones en los resultados de los análisis.

### **- Determinación de sólidos totales**

La muestra se evapora en una cápsula previamente pesada, sobre un baño de Maria, y luego se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.

**2.3.8 Turbiedad.** La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua.

La turbidez en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en una gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbidez sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de

filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

#### - **Determinación de la turbiedad, método nefelométrico**

##### **Materiales y reactivos.**

- Turbidímetro
- Agua libre de turbiedad

##### **Procedimiento**

-Medidas de turbiedad dadas directamente por el turbidímetro. Se agita vigorosamente la muestra, se espera a que las burbujas de aire desaparezcan y luego se agrego la muestra en la celda del turbidímetro. Se realiza la lectura de turbiedad directamente de la pantalla del equipo.

**2.3.9 Color.** Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o e solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural del agua existe principalmente efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente como el  $Al^{+++}$  o el  $Fe^{+++}$ .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de la sustancia en solución y coloides sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

Normalmente el color aumenta con el incremento del pH.

La remoción del color es una función del tratamiento del agua y se practica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción, cualquier grado de color es objetable por parte del consumidos y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento.

#### - **Determinación del color**

##### **Materiales y Reactivos**

- Cubeta de vidrio de 25 mL

### Procedimiento de color aparente

- Se tomaron 25mL de muestra en un tubo nessler y se comparo la lectura con la curva de patrones que posee el Hach.
- Se anotó el resultado el cual se obtiene directamente en unidades platino cobalto.

**2.3.10 Coliformes totales.** El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales o materia fecal.

La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. Entre las enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:

Fiebre tifoidea (*Salmonella Typhi*).

Cólera (*Vibrio cholera*).

Gastroenteritis (*Salmonella* spp)

Disentería bacilar (*Shigella* spp)

El grupo coniformes incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas, Gram negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35°C ±2.

El número de organismos coniformes en los excrementos humanos es muy grande; la secreción diaria por habitante varía entre 125x10<sup>9</sup> y 400x10<sup>9</sup> UFC/ml. Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos.

## - Determinación de coliformes totales

Prueba presuntiva  
Inoculación en caldo lactosado

Producción de gas  
Prueba presuntiva de coliformes  
Continúa la prueba

No gas  
No hay coliformes  
El examen se detiene aquí

Confirmación de la prueba  
Resiembra a partir de los tubos con  
caldo lactosado

Agar EMB eosina-azul de metileno.  
Colonias Escherichia son pequeñas, oscuras casi con centro negro y brillo metálico. Enterobacter son colonias mucoides, grandes y rosadas.  
La presencia de colonias típicas constituye la confirmación de la prueba.

### **3. DECRETO 475 DE 1998**

La tabla 6 muestra algunos valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, organolépticas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo al decreto 475/98, expedido por los ministerios de salud y de desarrollo económico, se deben cumplir en todo el territorio nacional en la red de distribución de los sistemas de acueducto independiente de su nivel de complejidad. La misma tabla contiene los parámetros de comparación mínimos recomendados para caracterizar el agua de la fuente superficial o subterránea, según su nivel de calidad.

**Tabla 6. Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98**

Características	Valor máximo	Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
Coliformes totales UFC/100 cc	0	X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0			X	X
PH	6.5 – 9.0	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15	X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 – 1.000	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes	X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno	X	X	X	X
Fenoles totales – mg/L	0.001				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes				X
Aluminio – mg/L	0.20				X
Nitratos – mg/L	10				X
Nitritos – mg/L	0.1	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005				X
Arsénico – mg/L	0.01				X
Bario– mg/L	0.5				X
Cadmio – mg/L	0.003				X
Cianuros totales – mg/L	0.1				X
Cobre – mg/L	1.0				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01				X
Mercurio – mg/L	0.001				X
Níquel – mg/L	0.02				X
Plomo – mg/L	0.01				X
Selenio – mg/L	0.01				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5				X
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001				X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01				X
Baja toxicidad– mg/L	0.1				X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1				X
Alcalinidad total – mg/L	100	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3	X	X	X	X
Manganeso	0.1			X	X
Fosfatos	0.2			X	X
Zinc	5				X
Fluoruros (mg/L)	1.2				X

#### **4.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FUENTE**

La calidad de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia. Además, la fuente debe cumplir con lo exigido en el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984, en sus artículos 37 y 38, o en su ausencia el que lo reemplace. En la tabla 7 se presenta la clasificación de los niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento en función de unos parámetros mínimos de análisis físico- químico y microbiológico de acuerdo al RAS 2000.



Observando los resultados de los análisis fisicoquímicos se puede determinar que la calidad del agua que se utiliza para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento del municipio del Cerrito es de calidad regular para el cual recomiendan un tratamiento convencional, en el cual incluyen coagulación, sedimentación, filtración y cloración.

#### **4.2 EFICIENCIA GENERAL DE LA PLANTA EN CUANTO A PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.**

La evaluación de la eficiencia se realizó de acuerdo al porcentaje de remoción de la turbiedad, el color y los sólidos totales.

Se realizaron análisis mensuales tanto del agua que llega a la planta como del agua que sale a la red de distribución.

$$Eficiencia (\%) = \left( \frac{\text{Turbiedad (afluente)} - \text{Turbiedad (efluente)}}{\text{Turbiedad (afluente)}} \right) * 100$$

$$Eficiencia (\%) = \left( \frac{\text{Color (afluente)} - \text{Color (efluente)}}{\text{Color (afluente)}} \right) * 100$$

$$Eficiencia (\%) = \left( \frac{\text{Sólidos Totales (afluente)} - \text{Sólidos Totales (efluente)}}{\text{Sólidos Totales (afluente)}} \right) * 100$$

**Tabla 9: RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EN CUANTO A REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD.**

	TURBIEDAD		
FECHA	TURBIEDAD AGUA CRUDA	TURBIEDAD AGUA TRATADA	% EFICIENCIA
ENERO	2.25	2.3	-
FEBRERO	3.01	2.29	24
MARZO	2.9	2.14	26
ABRIL	3.0	1.7	43
MAYO	1.22	1.06	13
JUNIO	6.4	2.1	67

La eficiencia de la planta en cuanto a remoción de turbiedad no supero el 67% considerándolo un valor bajo para la remoción.

**Tabla 10: Resultados de la eficiencia de la planta de tratamiento en cuanto a remoción del color.**

	COLOR		
FECHA	COLOR DEL AGUA CRUDA	COLOR DEL AGUA TRATADA	% EFICIENCIA
ENERO	7	7	0
FEBRERO	9	6	33
MARZO	7	8	-
ABRIL	10	7	30
MAYO	ND	ND	-
JUNIO	9	9	0

En cuanto a remoción del color el valor máximo fue del 33% siendo un valor bajo de remoción aunque la calidad del agua cruda en muy buena estando dentro de los valores exigidos por el decreto 475 / 98.

**Tabla 11: Resultados de la eficiencia de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de los sólidos totales.**

	<b>SÓLIDOS TOTALES</b>		
<b>FECHA</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES AGUA CRUDA</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES AGUA TRATADA</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
<b>ENERO</b>	250	150	<b>40</b>
<b>FEBRERO</b>	234	120	<b>48.7</b>
<b>MARZO</b>	260	143	<b>45</b>
<b>ABRIL</b>	220	134	<b>39</b>
<b>MAYO</b>	224	176	<b>21.4</b>
<b>JUNIO</b>	234	146	<b>37.6</b>

La remoción de los sólidos el valor máximo fue de 48.7% siendo este también un valor muy bajo para la eficiencia de la planta de tratamiento.

#### **4.3 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN CADA UNO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA EN CUANTO A REMOCIÓN DE TURBIEDAD, Y SÓLIDOS TOTALES.**

En la tabla 12 se encuentran los resultados de los análisis físico químicos en diferentes puntos de la planta de tratamiento de agua potable.

La toma de muestra y los análisis se realizaron el 12 de mayo de 2004.

**Tabla 12: Resultados análisis físico químico en diferentes puntos de la planta de tratamiento.**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>N: 1</b>	<b>N: 2</b>	<b>N: 3</b>	<b>N: 4</b>	<b>N: 5</b>	<b>DECRETO 475 / 98</b>
<b>Ph (unidades de pH)</b>	7.7	7.53	7.7	7.53	7.81	6.5 – 9.0
<b>Color (UPC)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	< 15
<b>Turbiedad (UNT)</b>	1.22	1.16	1.18	1.02	1.06	< 5
<b>sólidos totales (mg/l)</b>	224	182	148	162	176	< 500
<b>Alcalinidad total (mg CaCO<sub>3</sub>/l)</b>	81.5	60	59	57.5	57.5	100
<b>Cloruros (mg Cl/l)</b>	25.93	20.04	22.39	19.45	20.04	250
<b>Dureza (CaCO<sub>3</sub>/l)</b>	210	178	156	172	134	160
<b>Hierro (mg Fe/l)</b>	ND	0.01	0.01	ND	ND	< 0.3

- N: 1. ENTRADA A LA PLANTA.
- N: 2. SALIDA DE FLOCULACIÓN.
- N: 3. SALIDA DE SEDIMENTACIÓN.
- N: 4. SALIDA DE FILTRACIÓN.
- N: 5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

La evaluación de la eficiencia de cada proceso se realizó determinando el porcentaje de remoción de la turbiedad y los sólidos totales, teniendo en cuenta los valores de estos parámetros tanto en la entrada como en la salida de cada sistema de tratamiento.

**Tabla 13: Resultados de la eficiencia en cada uno de los procesos de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de la turbiedad.**

SISTEMA DE TRATAMIENTO	TURBIEDAD		
	TURBIEDAD AFLUENTE	TURBIEDAD EFLUENTE	% EFICIENCIA
FLOCULACION	1.22	1.16	4.9
SEDIMENTACION	1.16	1.18	-
FILTRACION	1.18	1.02	13.5
ALMACENAMIENTO	1.02	1.06	-

El porcentaje de remoción en cuanto a turbiedad en cada uno de los procesos fue muy bajo presentándose un valor máximo de remoción del 13.5%, incluso en el proceso de sedimentación y luego de la filtración se observa un aumento en la turbiedad.

**Tabla 14: Resultados de la eficiencia en cada uno del procesos de la planta de tratamiento en cuanto a remoción de los sólidos totales.**

SISTEMA DE TRATAMIENTO	SÓLIDOS TOTALES		
	SÓLIDOS TOTALES AFLUENTE	SÓLIDOS TOTALES EFLUENTE	% EFICIENCIA
FLOCULACION	224	182	18.7
SEDIMENTACION	182	148	18.6
FILTRACION	148	162	-
ALMACENAMIENTO	162	176	-

En cuanto a eficiencia en la remoción de los sólidos totales se puede observar que los porcentajes de remoción son muy bajos e incluso en los sistemas de filtración y almacenamiento hay un ligero aumento de los sólidos totales, esto puede ser debido a que los filtros nunca se les ha cambiado el lecho filtrante y el lavado de los filtros es muy precario.

#### **4.4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA TRATADA Y COMPARACION CON EL DECRETO 475 /98.**

Los resultados de los análisis del agua tratada fueron suministrados por la secretaria de salud de Santander quienes realizan un examen mensual.

**Tabla 15: Resultados de los análisis del agua tratada.**

PARÁMETRO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	DECRETO 475 /98
pH	6.97	6.88	6.98	7.4	7.81	6.93	6.5 – 9.0
COLOR	7	6	8	7	ND	9	< 15
TURBIEDAD	2.3	2.29	2.14	1.7	1.06	2.1	< 5
SULFATOS	9	11	13	7	ND	8	250
SÓLIDOS TOTALES	150	120	143	134	176	146	< 500
ALCALINIDAD	50	70	48	62	57.5	64	100
DUREZA	43	51	49	98	134	94	160
CLORUROS	15	18	19	16	20.04	18	250
HIERRO	0.15	0.15	0.12	0.10	ND	0.14	< 0.3
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

De acuerdo con los resultados el agua tratada en la planta de tratamiento del municipio del cerrito cumple con el decreto 475 de 1998 en cuanto a los parámetros analizados.

#### 4.5 EVALUACION DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA TRATADA

La vigilancia de la calidad del agua potable es fundamentalmente una medida sanitaria, cuyo fin primordial es proteger a la población de las enfermedades transmitidas por el agua.

El agua suministrada debe cumplir con las siguientes condiciones:

- ♣ No ser peligrosa para la salud o la vida de los consumidores.
  - ♣ El sistema de producción – distribución debe operarse a un costo razonable.
- Para cumplir con la primera condición, el agua no debe tener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. También deberá ser estéticamente agradable, deberá estar libre de turbiedad, olor y gustos objetables. Para cumplir con lo segundo, las características del agua deben ser tales que no produzcan daños a la red de distribución, a la industria, a la economía privada y que pueda llegar a ellos sin tener que practicar un tratamiento excepcionalmente costoso.

La evaluación del control de calidad del agua tratada abarca tres aspectos:

- ♣ Bacteriológico: UFC/100 ml (unidades formadoras de colonia por 100 mililitros)
- ♣ Químicos: Alcalinidad total, pH, cloro residual.
- ♣ Físicos: Turbiedad y color.

Para la evaluación del control de calidad se toma como referencia las siguientes normas de calidad para agua de consumo humano.

UFC/ml: 0

Alcalinidad: Máximo 200 mg/l

pH: entre 7 y 8.5 unidades

Cloro residual en planta: 1.0 mg/l

Cloro residual en red: 0.3 mg/l

Turbiedad: 5 UNT como máximo

Color: 15 UPC como máximo

Para efectos de la evaluación se tomarán los datos en un periodo que va de enero a junio de 2004. Haciendo un análisis mensual de estos parámetros, se sacará un promedio de cada uno de las variables.

**Tabla 16: Valores mensuales agua tratada.**

Mes	Turbiedad (UNT)	Color (UPC)	pH	Alcalinidad total (ppm)	Cloro residual planta	Cloro residual red	Coliformes totales (ufc/100ml)
Enero	2.3	7	6.97	50	1.2	0.6	0
Febrero	2.29	6	6.88	70	0.9	0.4	0
Marzo	2.14	8	6.98	48	1.0	0.6	0
Abril	1.7	7	7.4	62	0.8	0.5	0
Mayo	1.06	ND	7.81	57.5	1.2	0.5	0
Junio	2.1	9	6.93	64	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>1.93</b>	<b>7.4</b>	<b>7.16</b>	<b>58.58</b>	<b>0.85</b>	<b>0.43</b>	<b>0</b>

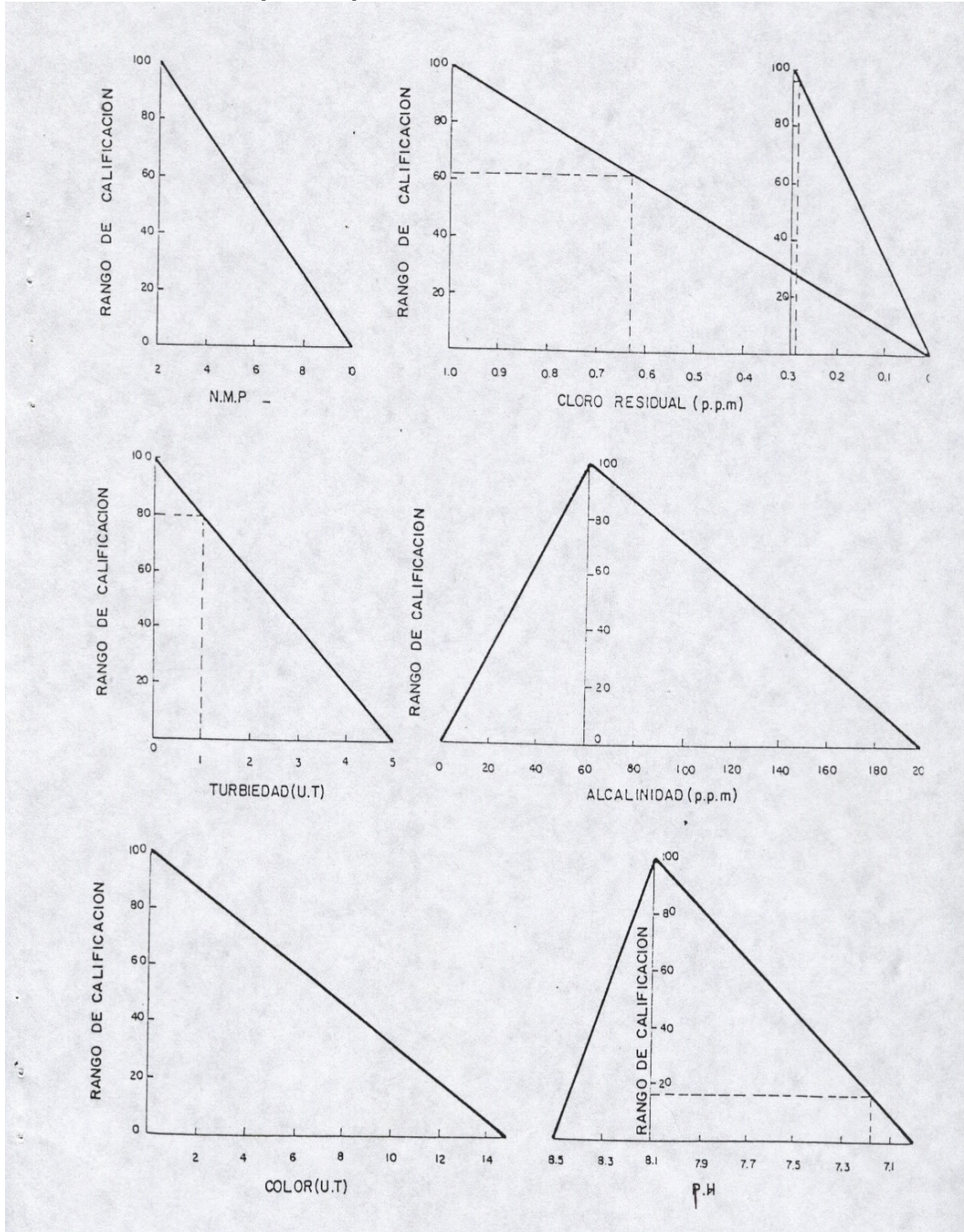
Los valores de la tabla 16 se utilizarán en la determinación del índice de calidad del agua, para lo cual se les asignó un valor en peso porcentual a cada uno de los parámetros de acuerdo a su importancia así (tabla 17):

**Tabla 17. Valores en peso porcentual de los distintos parámetros.**

Parámetro	Peso porcentual
UFC/100ml	0.3
Cloro residual en la planta	0.2
Cloro residual en la red	0.15
Turbiedad	0.15
Color	0.10
pH	0.05
Alcalinidad	0.05
<b>Total</b>	<b>1.00</b>

Utilizando los valores promedios semestrales extractados de la tabla 16 para las diferentes variables, se halla el índice de calidad multiplicando el rango de calificación de la variable (grafica .1) por el valor del peso porcentual dado.

**GRAFICA 1. Curvas patrón para índices de calidad.**



La suma de estos valores se denomina índice de calidad que se evalúa de acuerdo a la tabla 18.

**Tabla 18: Índices de calificación.**

INDICE	CALIFICACION
70 – 100	Calidad Aceptable
51 – 69	Calidad Regular
25 – 50	Calidad Deficiente
0 - 24	Mala

**Tabla 19: Índice de calidad para promedio semestral.**

VARIABLE	PROMEDIO SEMESTRAL	RANGO DE CALIFICACION	PESO PORCENTUAL	INDICE PARCIAL DE CALIDAD
Coliformes totales (ufc/100ml)	0	100	0.3	30
Cloro residual planta	0.85	85	0.2	17
Cloro residual red	0.43	100	0.15	15
Turbiedad (UNT)	1.93	61.4	0.15	9.21
Color (UPC)	7.4	50.6	0.10	5.06
pH	7.16	16	0.05	0.8
Alcalinidad	58.58	96.64	0.05	4.832
<b>Índice total de calificación</b>				<b>81.9</b>

**4.5.1 Resultados del índice de Calidad.** De acuerdo al índice total de calificación obtenido que fue de **81.9** se puede calificar el agua de la planta de una calidad **ACEPTABLE**.

En cuanto al cloro residual en planta se observó que los valores promedio se encuentran muy cercanos al límite inferior, esto probablemente se debe a que el proceso de cloración no se realiza en forma continua presentándose interrupciones en algunos periodos de tiempo.

## **5. PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

Esta serie de ensayos determinan los principales parámetros óptimos que se deben cumplir en el tratamiento del agua con el fin de obtener la mejor calidad del agua tratada.

### **5.1 PRUEBA DE JARRAS**

Estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación-floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.

Este procedimiento debe realizarse de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 3903, su objetivo básico es la determinación de los coagulantes y auxiliares de coagulación (metálicos o prepolimerizados), sus dosis óptimas, secuencia de adición de los mismos para una turbiedad, un color, un pH, una temperatura, y una alcalinidad dados.

### **5.8 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE**

El objetivo de este ensayo es poder determinar la dosis de coagulante que produce la rápida desestabilización de las partículas coloidales en la planta y hace que se forme un floc pesado y compacto que quede fácilmente retenido en los sedimentadotes y no se rompa al pasar por el filtro. Debe observarse que no necesariamente el floc que sedimenta rápidamente es el que queda retenido en el filtro con más facilidad. El floc que se busca, por tanto, es aquel que da el mayor rendimiento en el conjunto de los procesos de clarificación.

El equipo y los reactivos que se necesitan para ejecutar la prueba de jarras se describen a continuación.

#### **♣ Aparato de prueba de Jarras**

El aparato de prueba de jarras fue desarrollado entre 1918 y 1921 por Langelier y Baylis, separadamente, consta básicamente de un agitador múltiple de velocidad variable que puede crear turbulencia simultáneamente en 6 vasos de precipitado.

En el mismo se trata de reproducir las condiciones en las cuales se produce la floculación en la planta de tratamiento.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que la prueba de jarras sea un ensayo rutinario en la operación de las plantas, no significa que pueda ejecutarse descuidadamente, lo que por desgracia suele ser bastante común.

- ♣ Termómetro.
- ♣ Turbidímetro.
- ♣ Colorímetro.
- ♣ Medidor de pH.
- ♣ Cristalería.

Se necesitan 6 vasos de precipitado (jarras), de 2000 ml o 1000 ml. Debe disponerse además, de pipetas de 2, 10 ml para agregar el coagulante a los vasos, 6 vasos de vidrio de 100 ml y dos buretas con sus respectivos soportes para poder efectuar determinaciones de alcalinidad.

Especial cuidado debe ponerse en la limpieza de la cristalería. Hay que evitar el uso de detergentes ya que muchos contienen compuestos aniónicos que si no son completamente eliminados de las paredes de vidrio pueden alterar en forma significativa los resultados, principalmente cuando se usan polímeros catiónicos.

#### ♣ **Reactivos.**

El reactivo principal es el sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , tipo B. Se prepara agregando agua destilada a 100 gr de coagulante hasta completar un volumen de 1000 ml, con lo que se obtiene una solución al 10% que se puede conservar como una solución patrón por 2 o 3 meses.

El ensayo de prueba de jarras se hace diluyendo 10 ml de la solución patrón hasta completar 100 ml con agua destilada. Queda una solución al 1% que no se puede conservar por mas de 24 horas pues corre el riesgo de hidrolizarse y perder buena parte de su capacidad de coagulación.

Cuando es necesario, debido a la baja alcalinidad de la muestra, hay que preparar una suspensión de cal añadiendo agua destilada a 10 gr de dicho material hasta completar un volumen total de 1000 ml, quedando una solución al 1%. Debe anotarse el compuesto de cal que se utiliza: en este caso es cal hidratada,  $Ca(OH)_2$  y evitar el contacto de la suspensión así preparada con el aire, cuyo contenido de  $CO_2$  puede reaccionar con el oxido de calcio para formar carbonato que precipita. Antes de usarlo hay que agitar la suspensión.

Una solución del 1% (10gr/l) tiene 10000 mg por 1000 ml, o sea que cada ml de esta tiene 10 mg de material. Por tanto:

Si usan vasos de 1000 ml = 1 ml de solución 10mg/l de coagulante aplicado.

Si se usa vaso de 500 ml = 1ml de solución 20mg/l de coagulante aplicado.

Debe además, tenerse los reactivos necesarios para la determinación de la alcalinidad.

Las soluciones para los ensayos se preparan con los coagulantes que se usan en la practica y no con reactivos purificados de laboratorio.

### **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:**

- ❖ Determinar las características de la muestra de agua cruda
  - a) Turbiedad.
  - b) Color.
  - c) pH.
  - d) Alcalinidad
  - e) Temperatura.
  
- ❖ Se coloca el agua de la muestra en 6 jarras, las cuales se introducen debajo de los agitadores, los cuales se ponen a funcionar a 100 rpm. Luego se inyectan las diferente dosis de coagulantes con una pipeta de 2 o 10 ml, profundamente dentro del líquido junto a la paleta. No debe dejarse caer la solución de coagulante en la superficie del agua, puesto que esto desmejora la eficiencia de la mezcla rápida. El tiempo de mezcla rápida se toma como 60 segundos.

Condiciones del ensayo:

- f) Mezcla rápida: 60 seg (100 rpm    G: 183  $\text{seg}^{-1}$ )
- g) Floculación: 15 min (40 rpm    G: 51.2  $\text{seg}^{-1}$ )
- h) Sedimentación: 10 min

❖ Una vez mezclado los coagulantes con el agua se pueden hacer las determinaciones como:

- ♣ Cualitativos: Evaluación del tamaño del floc producido.  
Tiempo inicial de formación del floc.
- ♣ Cuantitativas: Color  
Turbiedad.  
pH.  
Alcalinidad.

### **Determinaciones cualitativas:**

❖ **Tamaño del floc producido:**

Se observa el tamaño del floc producido y se le evalúa cualitativamente según sus características. Puede expresarse según el índice de Willcomb, se escoge como dosis optima la de la jarra que produce una partícula mas grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente y que deja ver el agua más cristalina entre los flóculos.

Esta observación es bastante subjetiva y depende del criterio del observador.

**Tabla 20. Índice de floculación de Willcomb.**

INDICE DE FLOCULACIÓN DE WILLCOMB	
Número del Índice	Descripción.
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido (sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

**Fuente:** teoría y practica de la purificación del agua, Jorge Arboleda Valencia.

❖ **Tiempo inicial de formación del floc:**

Determinar, en segundos, el tiempo que tarda en aparecer el primer inicio de formación de floc, es uno de los sistemas para calificar la velocidad de la reacción. La iluminación de la base del agitador ayuda a esta determinación. Ni aun así suele ser fácil, pues el floc recién formado suele ser incoloro.

En esta evaluación debe tenerse en cuenta la diferencia de tiempo con que se agregaron los coagulantes a los vasos de precipitado. Si no se dispone de un sistema de aplicación simultanea, el coagulante debe aplicarse a intervalos de 10 segundos en cada vaso. El tiempo de aparición del primer floc será igual al tiempo inicial de aplicación del coagulante a la primera jarra, hasta que se note el primer indicio de formación del floc, menos el tiempo que tardó en hacerse la aplicación a la jarra considerada.

### **Determinaciones Físico – químicas:**

El sistema tradicional de tomar muestras residuales es el de utilizar una pipeta volumétrica de 50 ml la cual debe señalarse con un marcador a 5 centímetros de la punta, a fin de poder extraer la muestra siempre a la misma profundidad.

Para poder realizar las determinaciones físico-químicas se deben extraer muestras de 50 ml del sobrenadante después del periodo de sedimentación de 10 minutos, los análisis que se realizaran son:

- ♣ Turbiedad residual
- ♣ Color
- ♣ Alcalinidad
- ♣ pH.

#### **5.8.1 Resultados de la determinación de la dosis óptima de coagulante.**

##### **Registro de los datos:**

Los datos anteriores pueden tomarse para el agua sedimentada y para el agua sedimentada y filtrada, en papel Whatman No 40, los resultados se anotan en una hoja como la que se adjunta.

En dicha hoja deben colocarse inicialmente todos los datos referentes al agua cruda que tengan relación con el problema que se propone estudiar, tales como: nombre de la fuente, fecha del ensayo, temperatura del agua, pH, color, turbiedad, alcalinidad total.

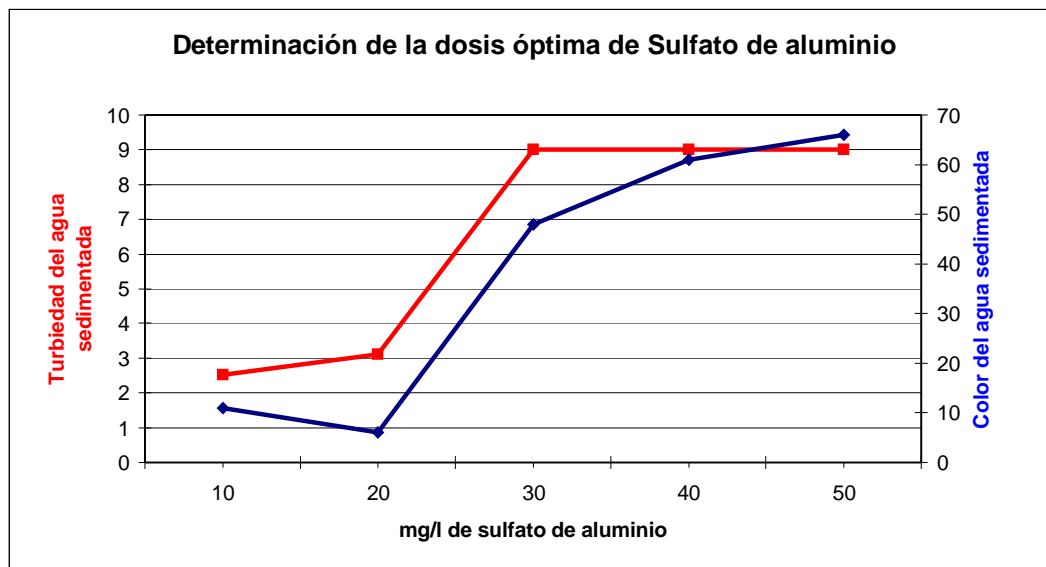
**Tabla 21: Registro de datos de pruebas de Jarras**



**PRUEBA DE JARRAS**

AGUA CRUDA			DOSIFICACIÓN mg/l			OBSERVACIONES VISUALES		AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA				
Color: 38 Turbiedad: 9			MEZCLA RÁPIDA Tiempo: <u>1 minuto</u> Velocidad: <u>100 rpm</u> G: <u>183 seg<sup>-1</sup></u>					FLOCULACION: Tiempo de floculación: <u>15 min</u> Velocidad: <u>40 rpm</u> G: <u>51.2 seg<sup>-1</sup></u>  SEDIMENTACION Tiempo de sedimentación: <u>10 min</u>				Marca papel: Whatman Número: 40				
Jarra	pH	Alcalinidad Total mg/l	Coagulante Nombre: Sulfato de aluminio tipo B	Alcalinizante Cal:	Ayudante	Tiempo de Formación Floc	Índice Willcomb	pH	Color UPC	Turbiedad UNT	Alcalinidad mg/l		pH	Color UPC	Turbiedad UNT	Alcalinidad mg/l
1	6.98	30	10	-		2 min	6	6.69	11	2.52			6.94	0	0.68	
2	6.98	30	20	-		2 min 30 seg	6	5.80	6	3.11			6.10	0	0.62	
3	6.98	30	30	-		5 min	4	5.73	48	9.0						
4	6.98	30	40	-		-	0	4.61	61	9.0						
5	6.98	30	50	-		-	0	3.83	66	9.0						
			mg/L													
OTRAS OBSERVACIONES:  Temperatura del agua: <u>12</u> °C								<b>INDICE DE WILLCOMB</b> 0 – floc coloidal, ningún signo de aglutinación. 2 – Visible, floc muy pequeño casi imperceptible para un observador no entrenado. 4 – Disperso, Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (sedimenta muy lentamente o no sedimenta) 6 – Claro, floc, de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud. 8 – Bueno, floc, que se deposita fácil pero no completamente. 10 – Excelente, Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina.  Firma: _____								

## Gráfica 2: Dosis óptima de sulfato de aluminio.



De acuerdo con la prueba realizada y los datos obtenidos se determinó que la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo B utilizada en el proceso de coagulación es de **10 mg/l**.

### 5.9 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS PARTICULAS.

#### PROCEDIMIENTO

Se realizara con tres dosis de coagulante.

- ❖ Se determina la turbiedad del agua cruda No.
- ❖ Se aplican las dosis de coagulante a las jarras (las dosis pueden ser las 3 mejores de la prueba anterior), mientras se hace girar el agitador a 100 rpm por 60 seg.
- ❖ Después de hecha la mezcla rápida se cambia la velocidad a 40 rpm durante 15 minutos.
- ❖ Se suspende la agitación, se levantan las paletas y se empieza a tomar muestras del sobrenadante a intervalos de tiempo de: 1 – 5 – 10 – 30 – 40 minutos.
- ❖ Se mide la turbiedad.
- ❖ Con los resultados se dibuja la curva: floc removido versus tiempo de sedimentación.

Si la turbiedad de cada jarra en el tiempo t la llamamos NT y la turbiedad inicial del agua cruda No:

**% turbiedad remanente =  $100 \text{ NT} / \text{No}$ .**

**% turbiedad removida =  $(1 - \text{NT} / \text{No}) (100)$**

Graficando estos valores contra los tiempos de toma de muestras, se puede apreciar la velocidad con que se ha clarificado el agua en cada caso.

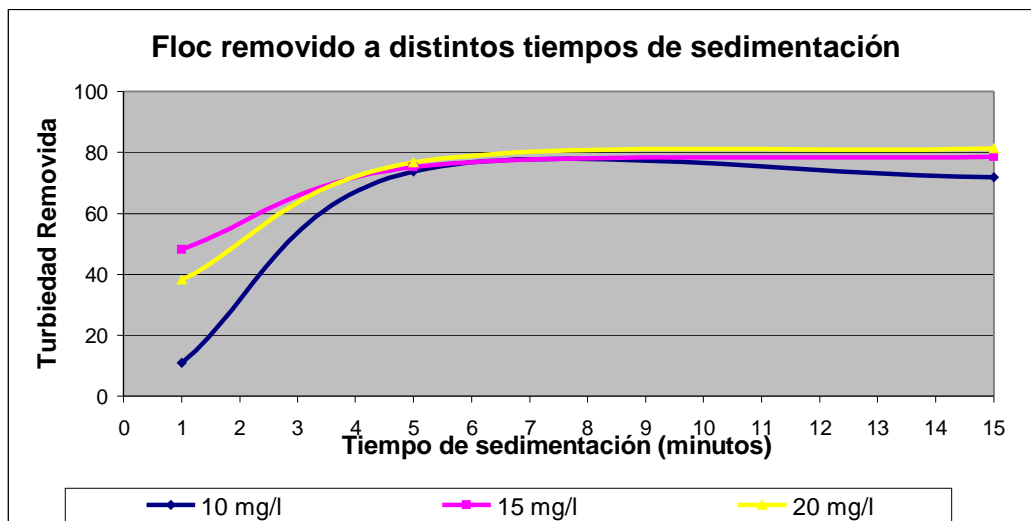
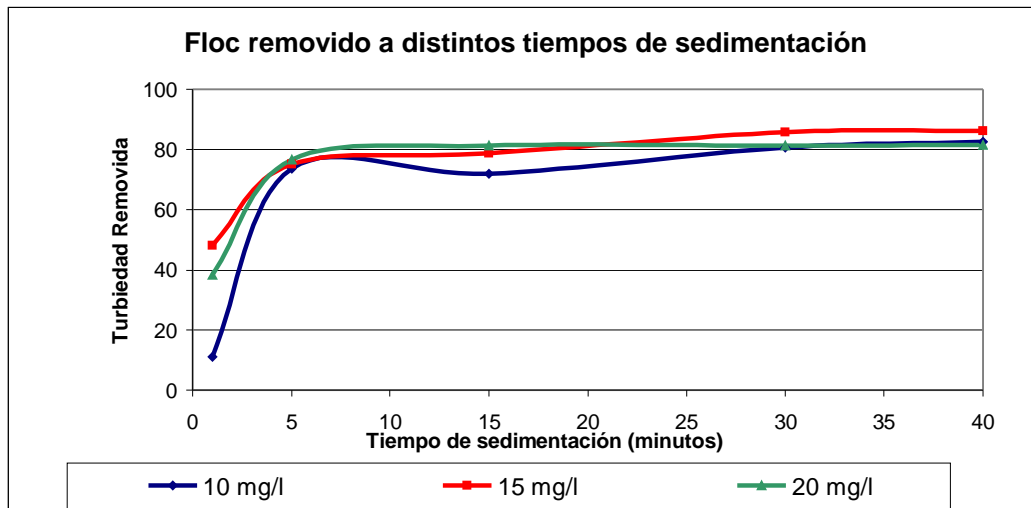
### 5.9.1 Resultados velocidad de sedimentación de las partículas

**Tabla 22: Registro de datos velocidad de sedimentación.**

Jarra	Turbiedad inicial UNT	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/l	Tiempo inicial min	Índice Willcomb	pH final
1	9	10	2	6	6.6
2	9	15	2	6	5.93
3	9	20	2,5	4	5.72

Turbiedad NT			Turb remanente % $\text{NT} / \text{No} \times 100$			Turb removida % $(1 - \text{NT}/\text{No}) \times 100$			
Tiempo min	Jarra.								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	8.02	4.65	5.56	89.1	51.6	61.7	11	48.3	38.2
5	2.37	2.23	2.09	26.3	24.7	23.2	73.7	75.2	76.7
15	2.52	1.91	1.67	28	21.2	18.5	72	78.7	81.4
30	1.74	1.27	1.67	19.3	14.1	18.5	80.6	85.8	81.4
40	1.56	1.25	1.65	17.3	13.8	18.3	82.6	86.1	81.6

**Gráfica 3: Porcentaje De Turbiedad Removida En Diferentes Tiempos De Sedimentación.**



Una dosis de 15 mg/l remueve en el primer minuto de sedimentación un 48% de la turbiedad, siendo esta dosis la que remueve mayor concentración de turbiedad y en menor tiempo.

## 5.10 DETERMINACIÓN DEL pH OPTIMO DE COAGULACIÓN

El pH tiene gran influencia en la coagulación. Por lo general existe un pH óptimo. Valores por encima o por debajo de dicho pH óptimo producen malos resultados. El objetivo del presente ensayo es el de determinar el rango de pH óptimo que caracteriza a la muestra estudiada, el cual varía según el agua y los reactivos empleados.

### PROCEDIMIENTO

- ❖ Se efectúa la prueba de jarras en la forma anteriormente descrita y se determina la dosis óptima de coagulantes.
- ❖ se coloca luego la misma cantidad de agua de la muestra en las 6 jarras y a cada una de ellas se le agrega ácido sulfúrico diluido 0.1 N o hidróxido de sodio diluido 0.1 N, para bajar o subir el pH, de forma que este varíe de 4 – 5 – 6 – 7 - 8 – 9.en los diferentes vasos.
- ❖ El calculo de la cantidad de ácido o álcali para llegar aun determinado pH se hará de la siguiente forma: se pone en una jarra una muestra de agua por estudiar, se le determina el pH y se titula con ácido o álcali, para encontrar el número de ml requeridos para hacer descender o ascender el pH del agua.
- ❖ Conocidas las cantidades de ácido o álcali necesarias par obtener el pH deseado, se ajusta este en cada jarra, se espera uno minutos hasta que se estabilice el pH y se aplica la dosis de coagulante óptima determinada anteriormente. Siempre debe hacerse primero el ajuste del pH y luego la coagulación.
- ❖ La mezcla rápida (100 rpm durante 60 seg )
- ❖ Se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a 40 rpm y se deja flocular durante 15 minutos
- ❖ Se retiran las paletas de los vasos y se deja sedimentar el agua durante 10 minutos.
- ❖ Se extrae el sobrenadante y se le determina el pH, la turbiedad, el color y la alcalinidad.

### 5.10.1 Resultados determinación del ph óptimo de coagulación.

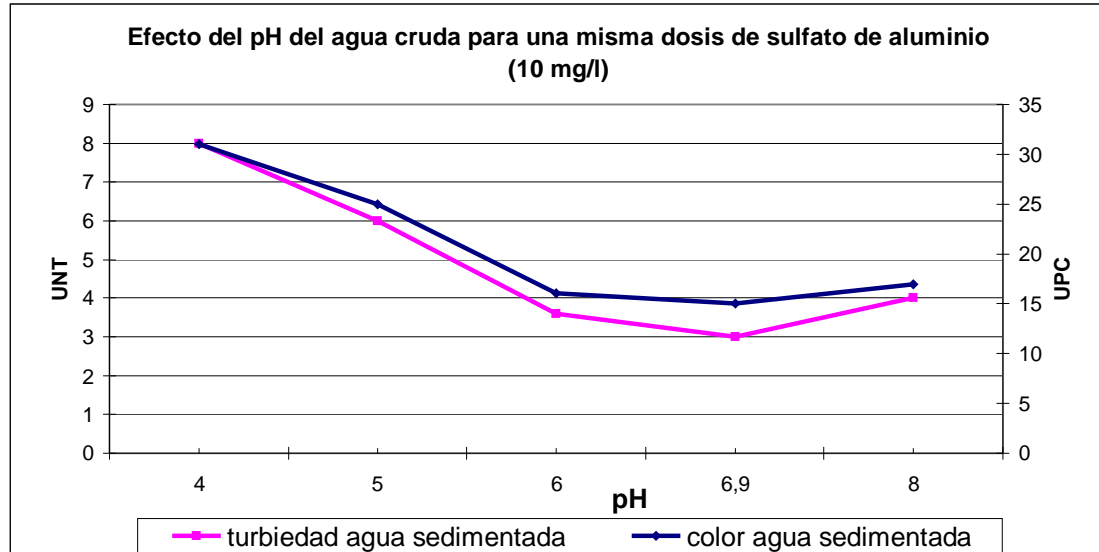
**Tabla 23: Registro de datos de Ph óptimo de coagulación.**

Características del agua cruda: Turbiedad: 9 Color: 38 Alcalinidad: 30 pH: 6.98		Mezcla rápida: 60 seg (100 rpm G: 183 seg <sup>-1</sup> ) Floculación: 15 min (40 rpm G: 51.25 seg <sup>-1</sup> ) Sedimentación: 10 minutos Dosis óptima coagulante: 10 mg/l		
Jarra.	pH ajustado	Turbiedad residual	Color residual	pH final
1	4	8	31	3.82
2	5	6	25	4.7
3	6	3.6	16	5.4
4	6.9	3	15	6.7
5	8	4	17	7.6

**La gráfica 4 muestra los resultados de estos ensayos.**

**De su análisis se concluye que el pH óptimo de coagulación es 6.9.**

**Grafica 4: Efecto del Ph del agua cruda para una misma dosis de sulfato de aluminio.**



### 5.11 DETERMINACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LA MEZCLA RÁPIDA MEDIANTE ENSAYO DE SEGREGACIÓN.

Se entiende por segregación, la dispersión no homogénea de la totalidad de la dosis de coagulante en el volumen de agua por tratar. Este es el caso que se presenta cuando la mezcla rápida no es eficiente, y los coagulantes solo se mezclan inicialmente con una fracción de la masa de agua. Según el tipo de coagulación la rapidez con que se haga la mezcla afecta el proceso.

El objetivo del presente ensayo es el de conocer cualitativamente hasta qué punto el fenómeno de segregación afecta la eficiencia de la coagulación de un agua y, por tanto, cuán crítica es la rapidez con que se haga la dispersión de los coagulantes.

#### PROCEDIMIENTO

- ❖ Efectúese la prueba de jarras en forma convencional y determínese la dosis óptima.
- ❖ Pongase luego en el primer vaso  $\frac{1}{4}$  del volumen total del agua de la muestra (250 ml si se usa vaso de 100 ml), en el segundo  $\frac{1}{2}$ ; en el tercero  $\frac{3}{4}$ ; y en el cuarto la cantidad total de muestra.
- ❖ agréguese la dosis óptima de coagulante, agítase a 100 rpm por 60 seg para producir la mezcla rápida.

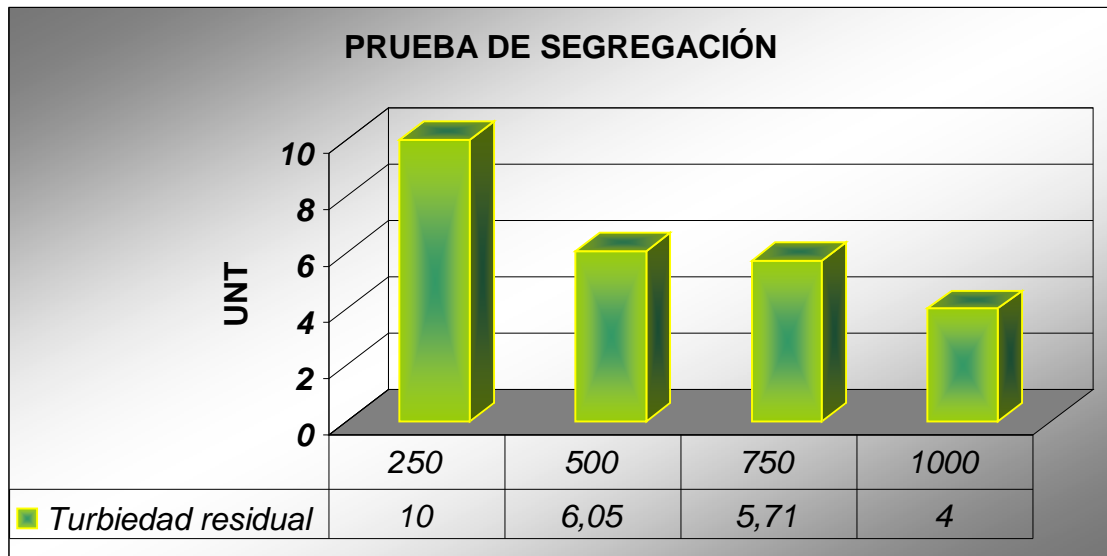
- ❖ Completase los volúmenes en los vasos 1, 2 y 3 agregando mas muestra de agua hasta completar los 1000 ml.
- ❖ Flocúlese el agua a 40 rpm durante 15 minutos, obsérvese el tiempo de aparición del floc y el índice de Willcomb.
- ❖ Terminada la floculación, retirase las paletas y déjese sedimentar durante 10 minutos.
- ❖ Extraiga el sobrenadante y determine la turbiedad y el color residual.

### 5.11.1 Resultados de la prueba de segregación.

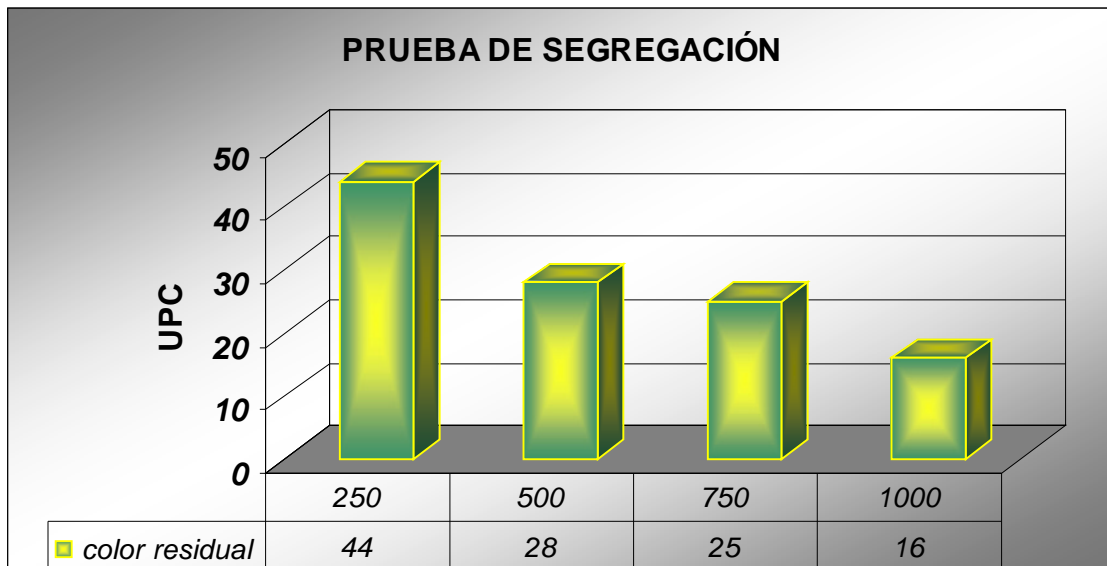
**Tabla 24: Registro de datos del ensayo de segregación**

Características del agua cruda: Turbiedad: 9 Color: 38 Alcalinidad: 30 pH: 6.98		Mezcla rápida: 60 seg (100 rpm G: 183 seg <sup>-1</sup> ) Floculación: 15 min (40 rpm G: 51.25 seg <sup>-1</sup> ) Sedimentación: 10 minutos  Dosis óptima coagulante: 10 mg/l		
Volumen.(ml)	Índice Willcomb	Tiempo formación floc	Turbiedad.	Color.
250	2	11 min	10	44
500	4	3 min 40 seg	6.05	28
700	6	3 min 30 seg	5.71	25
1000	6	2 min 30 seg	4.0	16

**Grafica 5: Prueba de segregación (Turbiedad Residual)**



**Grafica 6: Prueba de segregación (color residual)**



Con estos resultados se puede observar la importancia de una mezcla homogénea de la dosis de coagulante con el volumen de agua por tratar ya que la mayor remoción tanto de turbiedad como del color se obtuvo en el vaso donde se simuló una mezcla completa, y obteniéndose las peores remociones en el vaso donde la mezcla fue solamente con  $\frac{1}{4}$  (250 ml) del volumen de agua por tratar.

## 5.12 DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA QUE LA CONCENTRACIÓN DE COAGULANTE TIENE EN LA COAGULACIÓN

Estudios investigativos han demostrado que la concentración de la solución de coagulantes influye en la eficiencia de la mezcla rápida y cambia los resultados de la coagulación.

El conocimiento que se adquiriera en este campo puede ser llevado a la práctica en las plantas de tratamiento que aplican los coagulantes en húmedo, ajustando la concentración de la solución antes de llevarla al punto de inyección sin permitir que este se hidrolice, lo que ocurre cuando su pH sube por encima de 4.

El objetivo del presente ensayo es el de determinar la concentración de la solución de coagulantes que dé los mejores resultados en la planta de tratamiento.

### PROCEDIMIENTO

- ❖ Efectuase una prueba de jarras en forma convencional y determínese la dosis óptima. Para esto debe usarse la solución de coagulantes de 1%, la cual tiene un pH entre 4 y 5.
- ❖ Prepárese a partir de la solución patrón del 10% una solución del 5%, diluyendo 50 ml de dicha solución en 50 ml de agua destilada. También prepare una solución al 2% diluyendo 20 ml de la solución patrón en 80 ml de agua destilada.
- ❖ De igual prepare a partir de la solución al 1%, soluciones del 0.5% añadiendo 50 ml de solución y completando con 50 ml de agua destilada. Y al 0.1% añadiendo a 90 ml de agua destilada 10 ml de solución.
- ❖ Se pone luego en 6 vasos de precipitado la misma cantidad de agua de la muestra (1000 ml), y se le agrega la dosis óptima encontrada en la prueba de jarras anterior, pero con soluciones de coagulantes con concentraciones de 10, 5, 2, 1, 0.5 y 0.1 %.

**Tabla 25: Cantidad en ml que hay que agregar a un vaso de precipitado de 1000 ml o de 500 ml para obtener distintas dosificaciones, según sea la concentración de la solución coagulante.**

<b>Concentración de la solución de coagulante Utilizando vaso de 1000 ml.</b>						
Dosis por aplicar mg/l	10%	5%	2%	1%	0.5%	0.1%
10	0.1	0.2	0.5	1	2	10
15	0.15	0.3	0.75	1.5	3	15
20	0.20	0.4	1	2	4	20
25	0.25	0.5	1.25	2.5	5	25
30	0.30	0.6	1.5	3	6	30
35	0.35	0.7	1.75	3.5	7	35
40	0.40	0.8	2	4	8	40
45	0.45	0.9	2.25	4.5	9	45
50	0.50	1	2.5	5	10	50
<b>Concentración de la solución de coagulante Utilizando vaso de 500 ml.</b>						
Dosis por aplicar mg/l	10%	5%	2%	1%	0.5%	0.1%
10	0.05	0.1	0.25	0.5	1	5
15	0.075	0.15	0.375	0.75	1.5	7.5
20	0.1	0.2	0.5	1	2	10
25	0.125	0.25	0.625	1.25	2.5	12.5
30	0.15	0.3	0.75	1.5	3	15
35	0.175	0.35	0.875	1.75	3.5	17.5
40	0.2	0.4	1	2	4	20
45	0.225	0.45	1.125	2.25	4.5	22.5
50	0.25	0.5	1.25	2.5	5	25

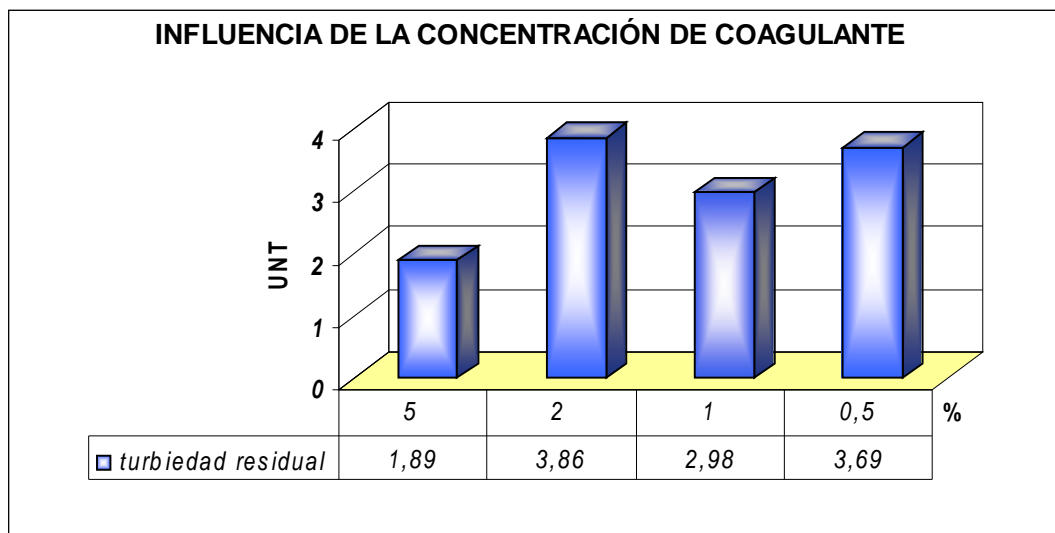
- ❖ Hecha la mezcla rápida, precédase a flocular y sedimentar el agua en la forma usual.
- ❖ durante el proceso evalúese el tamaño del floc (índice de Willcomb) y la velocidad de reacción.
- ❖ Tómese el sobrenadante y determínese la turbiedad, color residual y el pH.

### 5.12.1 Resultados ensayo de la influencia de la concentración de coagulante.

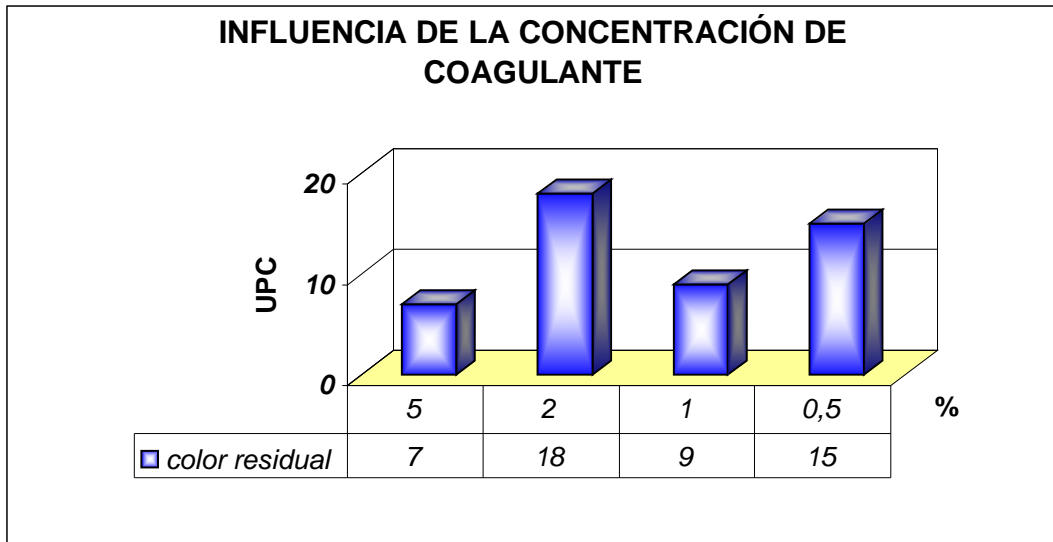
**Tabla 26: Registro de datos del ensayo de la influencia de la concentración de coagulante**

Características del agua cruda: Turbiedad: 9 Color: 38 Alcalinidad: 30 pH: 6.98				Mezcla rápida: 60 seg (100 rpm G: 183 seg <sup>-1</sup> ) Floculación: 15 min (40 rpm G: 51.25 seg <sup>-1</sup> ) Sedimentación: 10 minutos  Dosis óptima coagulante: 10 mg/l				
Jarra.	Concentrac Coagulante %	Volumen coagulan (ml)	pH coagulan te	Turbiedad.	Color.	pH final	Índice Willcomb	Tiempo Formac Floc
1	5	0.1	3.07	1.89	7	6.38	6	8
2	2	0.25	3.30	3.86	18	6.18	6	8
3	1	0.5	3.38	2.98	9	6.04	6	8
4	0.5	1	3.60	3.69	15	6.17	6	8

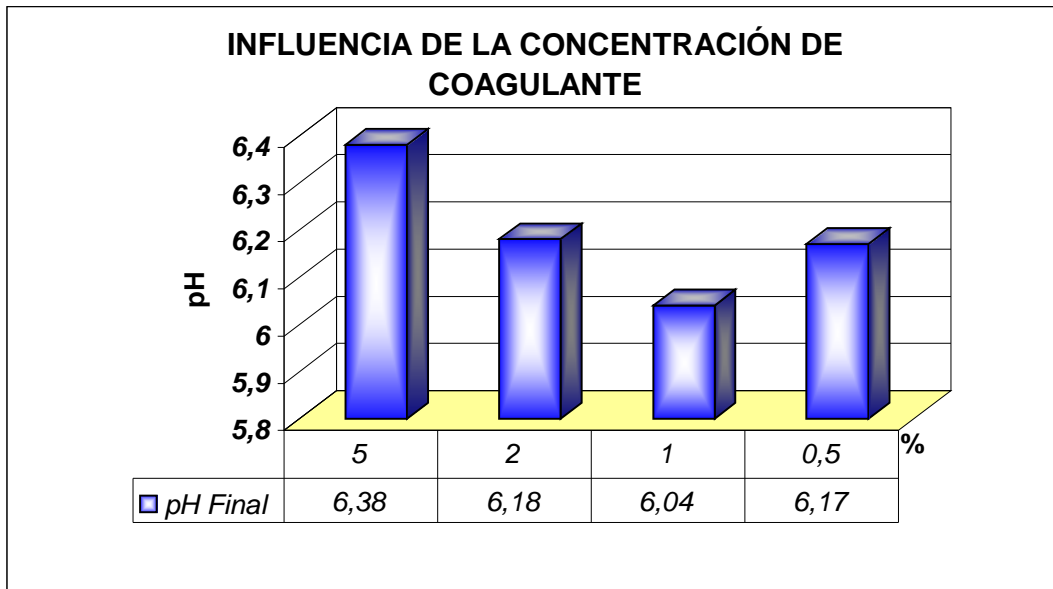
**Grafica 7: influencia de la concentración de coagulante en la turbiedad residual.**



**Grafica 8: Influencia de la concentración de coagulante en el color residual.**



**Grafica 9: Influencia de la concentración de coagulante en el ph final.**



Observando los resultados de esta prueba se puede determinar que la concentración de coagulante que mejores resultados presenta es la de **5% de sulfato de aluminio tipo B**. Ya que con esta concentración se obtuvieron las

mejores remociones de turbiedad y color y además fue la concentración que menor variación del pH presento, obteniéndose como pH final un valor de 6.38.

### 5.13 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE CAL.

Aunque no se lleva un control suficiente de la dosis aplicada se realiza un ensayo para determinar la dosis requerida en el agua a fin de garantizar un pH adecuado para el suministro.

#### PROCEDIMIENTO:

- ❖ Efectúese la prueba de jarras en forma convencional y determínese la dosis óptima.
- ❖ Se coloca en los vasos de precipitado la misma cantidad de agua de la muestra.
- ❖ se coloca a 100 rpm y se le agrega la dosis óptima de coagulante y se le agrega una dosis de cal diferente a cada vaso.
- ❖ Se realiza la mezcla rápida, la floculación y sedimentación de forma convencional.
- ❖ Tómese el sobrenadante y determínese el pH final y el color final.

#### 5.13.1 Resultados prueba de determinación de la dosis óptima de cal.

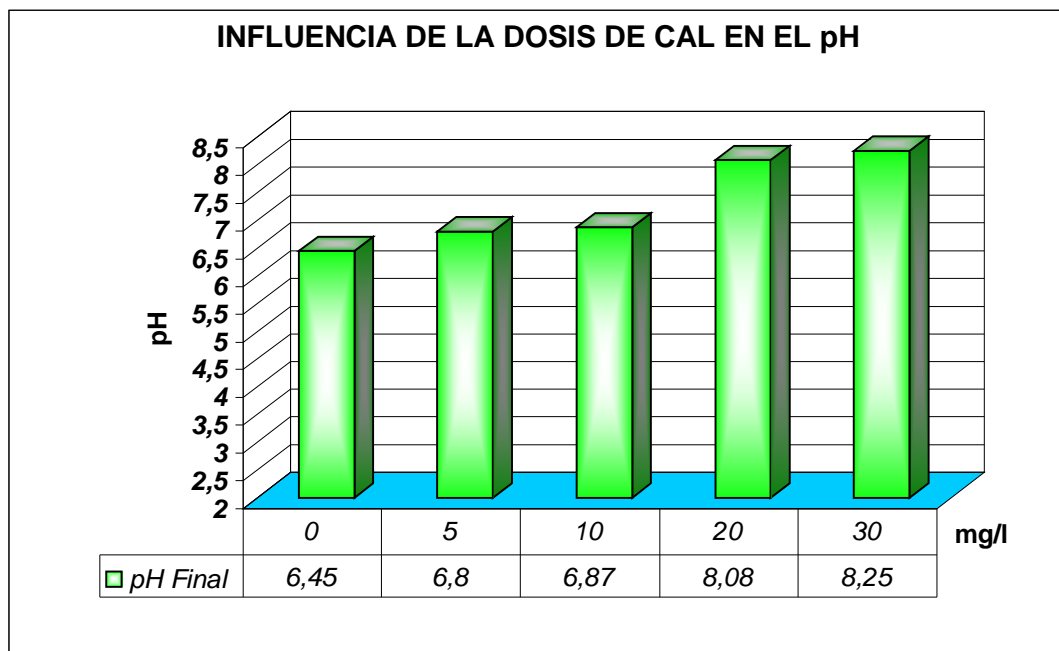
**Tabla 27: Registro de datos del ensayo de determinación de la dosis óptima de cal.**

Características del agua cruda: Turbiedad: 9 Color: 50 Alcalinidad: 30 pH: 6.91		Mezcla rápida: 60 seg (100 rpm G: 183 seg <sup>-1</sup> ) Floculación: 15 min (40 rpm G: 51.25 seg <sup>-1</sup> ) Sedimentación: 10 minutos  Dosis óptima coagulante: 10 mg/l	
Jarra.	Dosis Cal (ppm)	pH final	Color final
1	0	6.45	19
2	5	6.8	26
3	10	6.87	42
4	20	8.08	50
5	30	8.25	55

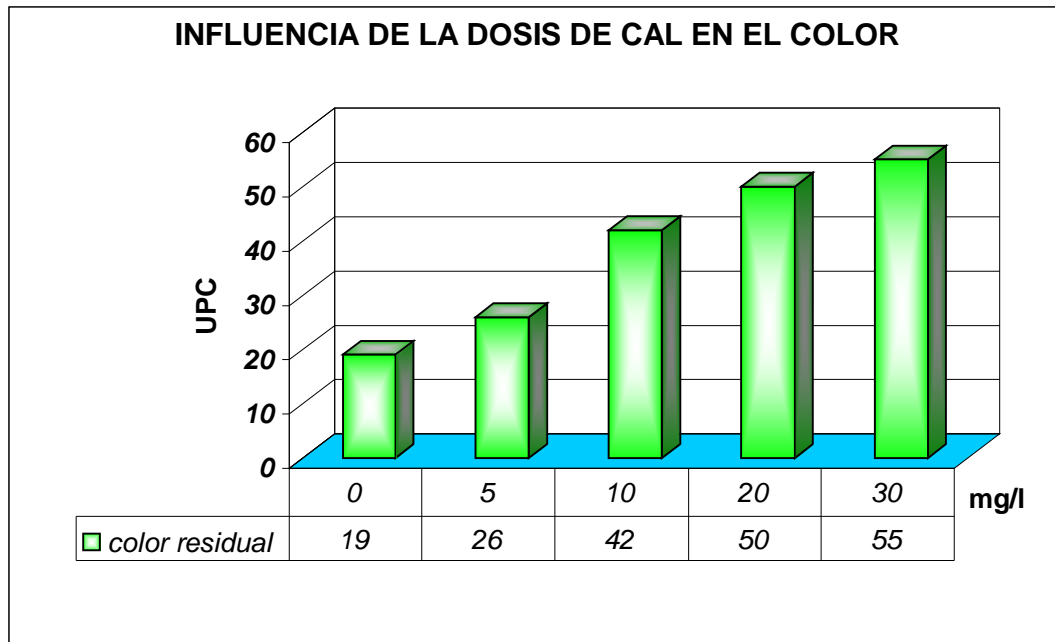
Aunque en la planta de tratamiento no se aplica ningún tipo de alcalinizante se realizó esta prueba para determinar cual sería la dosis óptima de cal para garantizar un pH adecuado para el suministro.

Como se puede observar la mejor dosis de cal es de **5 ppm** ya que permite mantener el pH en un valor adecuado y a su vez no hay un incremento importante en el color.

**Grafica 10: Influencia de la dosis de cal en el pH final.**



**Grafica 11: Influencia de la dosis de cal en el color residual.**



## 6. CONCLUSIONES

La planta de tratamiento de agua potable del municipio del cerrito es de tipo convencional tiene 27 años de servicio que de acuerdo al RAS 2000 debe ser la vida útil con que se diseñan estas plantas de tratamiento.

No presenta ningún sistema de aforo, por lo cual no hay un registro continuo del caudal que llega a la planta, y la mezcla rápida no tiene ninguna indicación técnica.

El sistema de floculación y sedimentación no funcionan muy bien ya que muchas veces el agua se rebosa y no hay un mantenimiento periódico.

Los filtros nunca se les han cambiado el medio filtrante y el lavado de estos no es el óptimo ya que el agua de lavado no lleva suficiente presión para hacer el retrolavado.

La aplicación de químicos

El sulfato de aluminio utilizado es tipo B

La bomba dosificadora para el sulfato de aluminio muchas veces se tapa debido a que la solución de sulfato no se mezcla bien y obstruye el paso.

La dosificación se realiza sin tener en cuenta las condiciones del agua que llega a la planta.

No se realiza aplicación de alcalinizante (cal)

De acuerdo a los cálculos hechos el rango del fotómetro del dosificador de cloro debe estar en 7 lb. /día par garantizar un dosis de cloro optima, muchas veces no se le aplica cloro ya que cuando se acaba la pipeta de gas no hay un reemplazo y hay que esperar a que traigan una nueva, demorándose el reemplazo hasta 15 días.

De la evaluación de la calidad de la fuente podemos decir que el agua que se utiliza para el proceso de potabilización tomada de la quebrada Susali es de calidad regular durante el periodo en que se realizo el muestreo.

Durante el periodo de muestreo se presentaron algunas épocas de lluvia y como se pudo observar en los resultados la calidad de la fuente no varia esto puede indicar la buena cobertura vegetal y capacidad de regulación hídrica de la quebrada.

En cuanto a la evaluación de la eficiencia general de la planta se observa que La eficiencia de la planta en cuanto a remoción de turbiedad no supero el 67% considerándolo un valor bajo para la remoción.

En cuanto a remoción del color el valor máximo fue del 33% siendo un valor bajo de remoción aunque la calidad del agua cruda en muy buena estando dentro de los valores exigidos por el decreto 475 / 98.

La remoción de los sólidos el valor máximo fue de 48.7% siendo este también un valor muy bajo para la eficiencia de la planta de tratamiento.

En cuanto al a eficiencia de cada proceso se pudo observar que el sistema de filtración y luego de esta en el tanque de almacenamiento se presento ligeros aumentos en la turbiedad y los sólidos totales, siendo esto un indicativo de que los sistemas están presentando fallas.

En cuanto a la calidad del agua tratada se determino que cumple con lo estipulado en la norma de calidad de agua potable en cuanto a los parámetros analizados debiéndose en parte a la calidad de la fuente que de por si cumple con el decreto.

Los resultados anteriores también se observaron con la evaluación de la calidad obteniéndose un índice de calidad aceptable.

### **Pruebas de tratabilidad**

De acuerdo con la prueba realizada y los datos obtenidos se determino que la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo B utilizada en el proceso de coagulación es de **10 mg/l**.

Una dosis de 15 mg/l remueve en el primer minuto de sedimentación un 48% de la turbiedad, siendo esta dosis la que remueve mayor concentración de turbiedad y en menor tiempo.

De los análisis realizados se concluye que el pH óptimo de coagulación es 6.9, ya que permite una mejor formación del floc y una mejor remoción en cuanto al color y la turbiedad.

En el ensayo de segregación se puede observar la importancia de una mezcla homogénea de la dosis de coagulante con el volumen de agua por tratar ya que la mayor remoción tanto de turbiedad como del color se obtuvo en el vaso donde se simulo una mezcla completa, y obteniéndose las peores remociones en el vaso donde la mezcla fue solamente con  $\frac{1}{4}$  (250 ml) del volumen de agua por tratar.

En la prueba de determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio, con los resultados se puede determinar que la concentración de coagulante que mejores resultados presenta es la de **5% de sulfato de aluminio tipo B**. Ya que con esta concentración se obtuvieron las mejores remociones de turbiedad y color y además fue la concentración que menor variación del pH presentó, obteniéndose como pH final un valor de 6.38.

Aunque en la planta de tratamiento no se aplica ningún tipo de alcalinizante se realizó esta prueba para determinar cual sería la dosis óptima de cal para garantizar un pH adecuado para el suministro de agua potable.

Como se puede observar la mejor dosis de cal es de **5 ppm** ya que permite mantener el pH en un valor adecuado y a su vez no hay un incremento importante en el color.

## 7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable es necesario hacer un mantenimiento periódico especialmente en el lavado de los floculadores, sedimentadores y los filtros.

Además se recomienda el cambio del lecho filtrante ya que nunca se ha cambiado y la eficiencia de los filtros es muy baja.

En cuanto al sistema de dosificación debe existir un sistema de aforo que permita un registro del caudal y si las condiciones de calidad del agua cruda son estables realizar la dosificación que se determine.

La dosificación de sulfato de aluminio para un caudal promedio de 18.5 l/seg y con la calidad de agua con una turbiedad de 9 UNT, color 36 UPC, alcalinidad 30 mg/l y pH 6.96 es de 10 mg/l de sulfato de aluminio tipo B.

Con lo cual el sistema de dosificación debe suministrar 222 ml/seg de una solución de sulfato de aluminio tipo B del 5%.

Para la dosificación de cloro se recomienda aplicar como dosis óptima 2 mg/l con lo cual el fotómetro debe colocarse en 7.041 lb/día para un caudal promedio de 18.5 l/seg.

También es necesario que se cuente con una pipeta adicional de cloro que permita mantener un suministro continuo, ya que se presentan interrupciones por no contar con una adicional y hasta que no se recargue no hay suministro.

## BIBLIOGRAFIA

ARBOLEDA VALENCA Jorge, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, Tomos 1 y 2, Asociación Colombiana de ingeniería sanitaria y ambiental Acodal, Santa Fé de Bogotá, 2000, ISBN 958-41-0012-2.

APHA, AWWA, AWOAC. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Decima novena edición. 1995.

CASTILLO GARCIA Samuel y URIBE J W, Tesis "Evaluación y diagnóstico de la planta de tratamiento para la potabilización de aguas del municipio de Florida blanca", UIS, Departamento de Ingeniería Civil, 1984.

Guías de laboratorio de Aguas, Especialización en Química Ambiental, Universidad Industrial de Santander.

ROMERO RJ, Acuiquímica, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogota 1996, ISBN 958-95742-5-4.

RODIER J, Análisis de las Aguas, Editorial Omega, Barcelona 1988.

Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

PUNTES B Jairo, La Crisis del Agua en Santander, Bucaramanga 1993.



## ANEXO 1. Alteraciones físicas del agua

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
Color	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación</p>
Olor y sabor	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.</p>
Temperatura	<p>El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.</p> <p>Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.</p>
Materiales en suspensión	<p>Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)</p>
Radiactividad	<p>Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.</p>
Espumas	<p>Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuye mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.</p>
Conductividad	<p>El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C</p>

## ANEXO 2. Alteraciones químicas del agua

Alteraciones químicas	Contaminación que indica
pH	<p>Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.</p> <p>Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.</p>
Compuestos orgánicos	<p>Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.</p> <p>Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.</p>

**ANEXO 3. FORMATO GENERAL DE EVALUACION DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

DPTO Santander MUNICIPIO Cerrito  
ALCALDE Juan de Jesús Ortiz  
JEFE DE SERVICIO PUBLICO \_\_\_\_\_  
JEFE DE PLANTA \_\_\_\_\_

CAUDAL DE LA PLANTA 18.5 Litros/seg.  
POBLACIÓN 2520 (Hab) No de casas 560 No usuarios 2520

Existe acueducto? SI X NO \_\_\_\_\_  
Gravedad X, Bombeo \_\_\_\_\_, Mixto \_\_\_\_\_.  
Planta convencional X Compacta \_\_\_\_\_  
Modular \_\_\_\_\_

AFORO: Vertedero X Canaleta Parshall \_\_\_\_\_  
Mecánico \_\_\_\_\_ Eléctrico \_\_\_\_\_

MEZCLA RÁPIDA: Mecánica \_\_\_\_\_ Hidráulica X

**FLOCULACIÓN:**

MECÁNICO: De eje vertical \_\_\_\_\_ De eje horizontal \_\_\_\_\_  
De turbinas \_\_\_\_\_  
No de cámaras \_\_\_\_\_ tiempo total \_\_\_\_\_  
Dimensiones: Largo \_\_\_\_\_, Ancho \_\_\_\_\_, Alto \_\_\_\_\_.

**HIDRAULICO:**

De tabiques horizontal X, Vertical \_\_\_\_\_.  
No de secciones 78, Tiempo total 15.  
Dimensiones: Largo 15, Ancho 2.5, Alto 0.9.

Alabama: No de cámaras \_\_\_\_\_, Tiempo total \_\_\_\_\_.

Dimensiones: Largo \_\_\_\_\_, Ancho \_\_\_\_\_, Alto \_\_\_\_\_.

Cox: No de cámaras \_\_\_\_\_, tiempo total \_\_\_\_\_.

Dimensiones: Largo \_\_\_\_\_, Ancho \_\_\_\_\_, Alto \_\_\_\_\_.

Helicoidal: No de cámaras \_\_\_\_\_, Tiempo total \_\_\_\_\_.

Dimensiones: Largo \_\_\_\_\_, Ancho \_\_\_\_\_, Alto \_\_\_\_\_.

Manto de lodos: \_\_\_\_\_, Tiempo total \_\_\_\_\_.

Volumen del reactor \_\_\_\_\_ M<sup>3</sup>.

#### SEDIMENTACIÓN:

Convencional: (tanques largos) No 2 \_\_\_\_\_.

Dimensiones: Largo 13.5 \_\_\_\_\_, Ancho 2.20 \_\_\_\_\_, Alto 3.5 \_\_\_\_\_.

Acelerado: Módulos prefabricados: Área \_\_\_\_\_ M<sup>2</sup>.

Laminas planas \_\_\_\_\_, Área \_\_\_\_\_ M<sup>2</sup>.

Laminas onduladas: PVC \_\_\_\_\_ M<sup>2</sup>, AC \_\_\_\_\_ M<sup>2</sup>.

#### FILTRACION:

Gravedad: Ascendente \_\_\_\_\_, Descendente X \_\_\_\_\_.

Presión: Hidrostático \_\_\_\_\_ Bomba \_\_\_\_\_.

No de unidades 3 \_\_\_\_\_, Largo 1.5 \_\_\_\_\_, Ancho 2 \_\_\_\_\_, Área M<sup>2</sup>.

Medios filtrantes: Arena \_\_\_\_\_ espesor (m).

Antracita \_\_\_\_\_ espesor (m).

Otro medio \_\_\_\_\_ espesor (m)

Soporte con gravas: 1. de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

2. de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

3. de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

4. de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

5. de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Carrera del filtro 12 horas.

Edad del medio filtrante actual NO SE HA CAMBIADO.

Lavado del filtro:

motobomba \_\_\_\_\_, tiempo \_\_\_\_\_, minutos.

Gravedad X, tiempo 5 minutos.

CON: Agua X, Aire \_\_\_\_\_; Mixto.

Al terminar el lavado como es el agua?:

Clara X, Turbia \_\_\_\_\_, Muy turbia \_\_\_\_\_.

FILTROS LENTOS: No de unidades \_\_\_\_\_, Área unitaria \_\_\_\_\_ M<sup>2</sup>.

Existen prefiltros? \_\_\_\_\_, largo \_\_\_\_\_, ancho \_\_\_\_\_.

Material prefiltros \_\_\_\_\_.

Espesor lecho \_\_\_\_\_.

Flujo: Horizontal \_\_\_\_\_, Ascendente \_\_\_\_\_, Descendente \_\_\_\_\_.

Rata de filtración \_\_\_\_\_ m/h

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

APLICACIÓN DE QUIMICOS:

ALUMBRE: SULFATO DE ALUMINIO TIPO B

Gravedad: Carga constante \_\_\_\_\_, Llave \_\_\_\_\_, Ventura \_\_\_\_\_.

Mecánica:

- Dosificador en seco: De banda \_\_\_\_\_, De tornillo \_\_\_\_\_, De vaivén \_\_\_\_\_.

Marca del equipo \_\_\_\_\_, Años de servicio \_\_\_\_\_.

- Bomba dosificadora: X, Marca: Chem - Feed

Años de servicio 1.

Gasto/mes 15 bultos. De 25 kilogramos.

### CAL: NO SE APLICA CAL

Gravedad: Carga constante \_\_\_\_\_, Llave \_\_\_\_\_,

Ventura \_\_\_\_\_.

Mecánica:

- Dosificador en seco: De banda \_\_\_\_\_, De tornillo \_\_\_\_\_, De vaivén \_\_\_\_\_.

Marca del equipo \_\_\_\_\_, Años de servicio \_\_\_\_\_.

- Bomba

dosificadora: \_\_\_\_\_, Marca \_\_\_\_\_

Años de servicio \_\_\_\_\_. Gasto/mes \_\_\_\_\_ bultos.

### COLORO

Líquido (gaseoso): 45k \_\_\_\_\_, 68k X, 900k \_\_\_\_\_.

Clorador: Marca \_\_\_\_\_ Regal Pressure Feeder gas Chlorinator Model 610 Rango del fotómetro 4 lb/24hrs.

Bomba reforzadora: \_\_\_\_\_, Potencia \_\_\_\_\_ Hp.

Difusor: \_\_\_\_\_.

Hipoclorito de sodio \_\_\_\_\_, Hipoclorito de calcio \_\_\_\_\_.

Bomba dosificadora \_\_\_\_\_, Marca \_\_\_\_\_

Gravedad \_\_\_\_\_, Ventura \_\_\_\_\_.

Dosis aplicada \_\_\_\_\_ gr/m<sup>3</sup>.

Gasto/mes: \_\_\_\_\_ Kg.

Horas de trabajo de la planta al día: 24.

Cuando no opera la planta que hacen con el agua?

SALE POR DESAGUE A LA QUEBRADA\_\_\_\_\_.

Que se hace con las aguas de desecho de la planta?

SALE PARA EL DESAGUE A LA QUEBRADA Y ESTA AL RIO  
SERVITA\_\_\_\_\_

OBSERVACIONES\_\_\_\_\_

Existe un tanque de almacenamiento de agua tratada con capacidad de 275  
metros cúbicos. También presenta bandejas para la aireación tres de las cuales  
contienen carbón antracita y una contiene cal.