

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL FLOCULANTE DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLIFLOC (POLICLORURO DE ALUMINIO) EMPLEADO EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS CON BAJA TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE QUICAPATA - AYACUCHO"**

## **Tesis**

**Para optar el Título de:**

**Ingeniero Químico**

**Presentado por:**

**Bach. Lita Oré Solier**

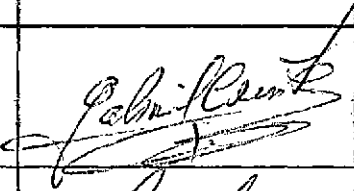


**Asesor:**

**Ing. Bernardo Enciso López**

**AYACUCHO – PERÚ  
2014**

**ACTA DE CONFORMIDAD**

Los suscritos Docentes miembros del Jurado Evaluador de Sustentación de Tesis cuyo título es **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL FLOCULANTE SULFATO DE ALUMINIO Y POLIFLOC (POLICLORURO DE ALUMINIO) EMPLEADO EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS CON BAJA TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE QUICAPATA-AYACUCHO”**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Química LITA ORÉ SOLIER, designados en mérito a la Resolución Decanal N° 106-2014 - FIQM-D luego de revisar la subsanación de las observaciones formuladas en el acto Público de Sustentación efectuado el 17 de Diciembre del 2014; damos nuestra conformidad final para que el recurrente publique su trabajo de Tesis en mérito al reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química y Metalurgia, para que el recurrente prosiga con sus trámites conducentes a la expedición de su Diploma de Ingeniero Químico.

MIEMBROS DEL JURADO	DNI	FIRMA
Ing. Gabriel Arturo CERRON LEANDRO	28213156	
Mg. Hernán Pedro QUISPE MISAICO	28206493	
M.Q. Abdías ASCARZA MOISES	28263352	

Ayacucho, Marzo del 2015

### **DEDICATORIA**

Al Señor Todopoderoso, que me ha permitido terminar la carrera y a mis queridos profesores docentes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, quienes han compartido sus conocimiento.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ayacucho - EPSASA. Por haberme brindado la oportunidad de realizar el trabajo de investigación en la planta de tratamiento de agua potable "Quicapata".

Al Ing. Bernardo Enciso López por el asesoramiento y revisión de la tesis.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y a su plana de docentes, que me permitió terminar la carrera.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que afronta por el mundo es la disponibilidad de agua dulce, ya que esta es vital para la supervivencia de los seres humanos. En el planeta existe una limitación de la disponibilidad de agua dulce. Del 0,8% del agua dulce existente, el 97% son aguas subterráneas y solamente el 3% es agua superficial. Aun así, no siempre esta es apropiada para el consumo humano, haciéndose necesario realizar la remoción de las impurezas presentes para adecuarla a los patrones de potabilidad. El color y la turbiedad son los principales parámetros que se consideran en la evaluación de la calidad del agua, siendo indicadores sanitarios y patrones de aceptación del agua para consumo humano (FUNASA, 2006). En Perú, de acuerdo con el La Ley General de Aguas, el valor máximo de turbiedad permitido es de 5,0 NTU como nivel establecido para consumo humano.

Las partículas coloidales que confieren turbiedad y color, sobre todo en aguas naturales, poseen en su mayor parte cargas eléctricas negativas en su superficie, que crean una barrera repelente entre sí, lo que imposibilita su aglomeración. Así, se hace necesario promover la alteración de las características de la superficie de las partículas con la adición de coagulantes, siendo uno de los primeros pasos en el proceso de tratamiento del agua en planta de tratamiento. Todas las demás etapas posteriores dependen del éxito de la coagulación.

En este trabajo se investiga la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y Polifloc (Policloruro de Aluminio), para la remoción de la turbiedad en muestras del agua con baja turbidez. Se determina lo dosis optima de coagulante, con el objetivo de ayudar en la comprensión de los mecanismos involucrados en la coagulación, pues indica cambios en el potencial en la superficie y las fuerzas de repulsión entre coloides, así evaluar si parámetros como el pH y la dosificación de coagulante empleados están coadyuvando a la eficiencia del proceso.

En el desarrollo del presente trabajo se opta por clarificar las aguas provenientes del Proyecto Especial Rio Cachi, que son de baja turbiedad, con el objetivo de reducir la turbidez y expandir la discusión sobre la utilización de coagulantes en la depuración de aguas, además de comparar la eficiencia de ambos coagulantes.

## RESUMEN

La presente tesis fue realizada con el fin de evaluar la eficiencia de los floculantes de sulfato de aluminio y Polifloc, para lo cual se hizo una investigación exhaustiva sobre sus principales propiedades, agrupándolas en temas de interés y su posterior evaluación.

En el capítulo I, se describe de manera general la información del lugar donde se desarrolla la investigación, se hace también la descripción del sistema de abastecimiento y el proceso de potabilización del agua en la ciudad de Ayacucho, desde la captación hasta el sistema de abastecimiento.

En el capítulo II, se menciona los conocimientos teóricos sobre el proceso de coagulación, los factores que influyen, las diversas etapas y su clasificación; también se describe la floculación, el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio, los parámetros y los cálculos hidráulicos necesarios para su empleo.

En el capítulo III, se describe los parámetros de diseño de las diferentes etapas de la planta de tratamiento de agua potable Quicapata, incidiendo en los cálculos de diseño y sus modificaciones, así como también se hace una comparación entre el sistema de la planta N°1 y la planta N°2.

En el capítulo IV, titulado metodología de investigación, se detalla el procedimiento y el protocolo para determinar el rango de operación y su posterior comparación entre los dos floculantes en estudio, desde la prueba de jarras hasta la velocidad de sedimentación.

Y finalmente en el capítulo V, se evalúan los datos y resultados obtenidos para concluir con la investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

<b>CAPITULO I: INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN</b> .....	6
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	6
<b>1.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	6
<b>1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	6
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	7
<b>a. Objetivo General</b> .....	7
<b>b. Objetivos Específicos</b> .....	7
<b>a. Hipótesis General</b> .....	7
<b>b. Hipótesis Específicas</b> .....	7
<b>1.4. DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD</b> .....	8
<b>a. Localización geográfica</b> .....	8
<b>b. División política y administrativa</b> .....	9
<b>c. Población</b> .....	9
<b>e. Topografía</b> .....	10
<b>f. Hidrografía</b> .....	10
<b>g. Aspectos socio-económicos</b> .....	10
<b>1.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE QUICAPATA (EPSASA)</b> .....	11
<b>a. ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b> .....	11
<b>1.6. GENERALIDADES DE LA ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO AYACUCHO - EPSASA</b> .....	12
<b>1.7. CAPTACIÓN</b> .....	14
<b>1.8. CONDUCCIÓN</b> .....	16
<b>1.9. EMBALSES</b> .....	17
<b>1.10. SISTEMA DE POTABILIZACIÓN</b> .....	18

<b>A. MEDIDORES DE CAUDAL.....</b>	<b>18</b>
<b>B. CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA.....</b>	<b>19</b>
<b>C. CÁMARA DE MEZCLA LENTA O COAGULACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>E. DECANTACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>F. SEDIMENTACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>G. FILTRACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>H. DESINFECCIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>I. RESERVORIOS.....</b>	<b>24</b>
<b>J. DISTRIBUCIÓN POR ALMACENES .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1. COAGULACIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2. MECANISMO DE LA COAGULACIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3. COAGULANTES UTILIZADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>2.5. ETAPAS O FASES DE LA COAGULACIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>2.6. TIPOS DE COAGULACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU COMPORTAMIENTO EN LA COAGULACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>2.8. REMOCIÓN DE TURBIEDAD.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9. FLOCULACIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9.1. TIPOS DE FLOCULACIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.2. PARÁMETROS DE LA FLOCULACIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>2.9.3. TIPOS DE FLOCULANTES.....</b>	<b>40</b>
<b>2.10. SULFATO DE ALUMINIO .....</b>	<b>41</b>
<b>2.11. POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC) .....</b>	<b>45</b>
<b>2.12. POTENCIAL Z .....</b>	<b>46</b>
<b>2.13. CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPITULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE QUICAPATA.....</b>	<b>52</b>



<b>3.1. PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1</b> .....	<b>52</b>
<b>3.1.1. CÁLCULO DE VERTEDERO</b> .....	<b>52</b>
<b>3.1.2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1.3. DISTRIBUIDOR</b> .....	<b>54</b>
<b>3.1.4. FLOCULADOR DE PANTALLAS DE FLUJO VERTICAL</b> .....	<b>54</b>
<b>3.1.5. VERTEDERO DE SALIDA DE LOS FLOCULADORES AL CANAL DE REUNIÓN DE AGUA FLOCULADA</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1.6. CANAL DE REUNIÓN DE AGUA FLOCULADA</b> .....	<b>56</b>
<b>3.1.7. CANAL DISTRIBUIDOR DE AGUA FLOCULADA</b> .....	<b>56</b>
<b>3.1.8. COLECTOR MÚLTIPLE CON ORIFICIOS PARA EXTRACCIÓN DE LODO DEL DECANTADOR</b> .....	<b>57</b>
<b>3.1.9. DECANTADOR DE PLACAS PARALELAS</b> .....	<b>59</b>
<b>3.1.10. UNIDAD DE LOS FILTROS</b> .....	<b>60</b>
<b>3.2. PLANTA DE TRATAMIENTO N° 2</b> .....	<b>60</b>
<b>3.2.1. MEZCLADOR PARSHALL</b> .....	<b>61</b>
<b>3.2.2. CANAL DISTRIBUIDOR</b> .....	<b>61</b>
<b>3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA GRAVA DE LOS FILTROS DE PLANTA N°2</b> .....	<b>62</b>
<b>3.3. SISTEMA DE CONTROL Y DE DOSIFICACIÓN</b> .....	<b>62</b>
<b>3.4. BOMBAS DE DIAFRAGMA PARA LA DOSIFICACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO</b> .....	<b>66</b>
<b>3.5. LÍNEA DE ADUCCIÓN</b> .....	<b>66</b>
<b>3.6. ALMACENAMIENTO</b> .....	<b>67</b>
<b>3.7. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	<b>67</b>
<b>CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>68</b>
<b>4.1. DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)</b> .....	<b>70</b>
<b>4.3. PRUEBA DE JARRAS</b> .....	<b>73</b>
<b>4.4. DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE</b> .....	<b>75</b>
<b>4.5. VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN</b> .....	<b>76</b>

<b>4.6. pH ÓPTIMO .....</b>	<b>76</b>
<b>4.7. GRADIENTE Y TIEMPO ÓPTIMO DE COAGULACIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>4.8. GRADIENTE Y TIEMPO ÓPTIMO DE FLOCULACIÓN.....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO V: SELECCIÓN DEL COAGULANTE ÓPTIMO .....</b>	<b>78</b>
<b>5.1. COMPARACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE .....</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>100</b>

# **CAPITULO I: INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN**

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El crecimiento desordenado de la población en la ciudad de Ayacucho, en las últimas décadas, ha provocado que el abastecimiento, calidad y aprovechamiento del agua para uso y consumo humano sean insuficientes y deficientes. La calidad del agua en cualquier población es muy importante, una mala calidad en consumo humano no aceptable puede provocar enfermedades gastrointestinales y otros problemas muchos más graves. Como es sabido, en todo proceso de potabilización la etapa de coagulación – floculación es la más importante, en esta etapa se debe de tratar de remover la mayor cantidad de contaminantes.

### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **a. Problema Principal**

¿Se podrá evaluar la eficiencia de los floculantes sulfato de aluminio y Polifloc (Policloruro de Aluminio) en la depuración de aguas con baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata - Ayacucho?

#### **b. Problemas secundarios**

- ¿Se podrá utilizar el sulfato de aluminio para depurar aguas de baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata - Ayacucho?
- ¿Cuál será la interacción del rango óptimo de turbiedad y la cantidad de sulfato de aluminio y Polifloc, en la depuración de aguas con baja turbiedad?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de los floculantes de sulfato de aluminio y Polifloc (Policloruro de Aluminio) empleado en la depuración de aguas con baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata - Ayacucho.

### **b. Objetivos Específicos**

- Determinar el rango y la cantidad de sulfato de aluminio para depurar aguas de baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata – Ayacucho.
- Determinar la interacción del rango óptimo de turbiedad y la cantidad de sulfato de aluminio y Polifloc, en la depuración de aguas con bajas turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata - Ayacucho

## **1.3. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE TRABAJO**

### **a. Hipótesis General**

El uso de los floculantes sulfato de aluminio y policloruro de aluminio (POLIFLOC) combinados, mejoraría la eficiencia de la depuración del agua con baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata – Ayacucho.

### **b. Hipótesis Específicas**

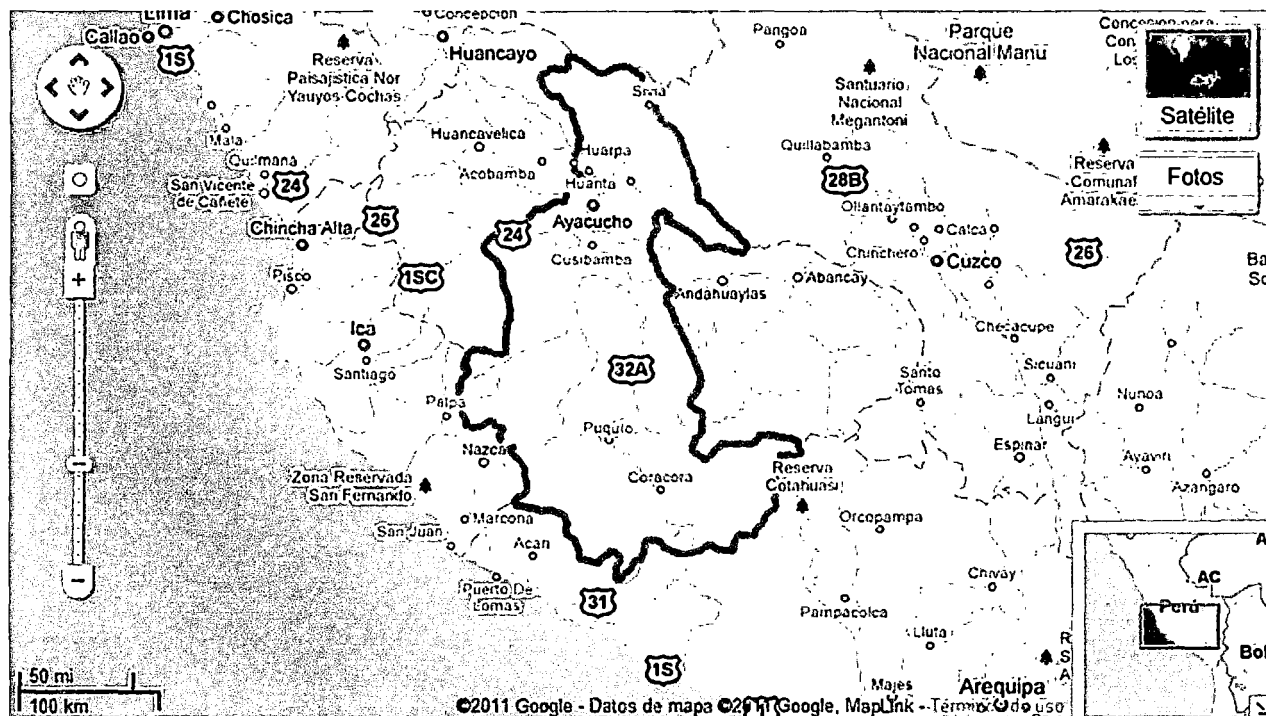
- La determinación de la cantidad optima de sulfato de aluminio mejoraría la depuración de aguas de baja turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata – Ayacucho.
- La determinación de la mezcla óptima de sulfato de aluminio y policloruro de aluminio (POLIFLOC), en una dosis adecuada, mejoraría la depuración de aguas de bajas turbiedad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata – Ayacucho.

## 1.4. DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD<sup>1</sup>

### a. Localización geográfica

El departamento de Ayacucho se encuentra ubicado en la zona sur – central de los andes peruanos, con un área total de 43 815 km<sup>2</sup>, equivalente al 3,4 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con Junín, por el noroeste con Huancavelica, por el oeste con Ica, por el sur con Arequipa, por el este con Apurímac y con el Cusco por el nor-este. La superficie del departamento muestra un relieve muy accidentado, donde los ríos Apurímac, Pampas y Mantaro forman impresionantes cañones. En las punas o altas mesetas andinas el relieve presenta pampas onduladas, y en el sur el nevado Sara - Sara es el más importante. Su suelo es muy accidentado por el cruce de dos cordilleras que lo divide en tres unidades orográficas: montañosa y tropical al norte, de abrupta serranía al centro, y de altiplanicies al sur.

**Imagen: N° 1.1: Mapa de Ubicación**



Fuente: Internet – Google Earth 2014

<sup>1</sup> Informe memoria Gestión EPSASA-2012 - Municipalidad Provincial de Huamanga

## b. División política y administrativa

El departamento fue creado el 26 de abril de 1822, y se encuentra políticamente dividido en 11 provincias y 111 distritos, siendo su capital la ciudad de Ayacucho, situada a 2 761 m.s.n.m. y distante a 576 km de la ciudad de Lima.

## c. Población

Según las proyecciones poblacionales del INEI, el 2011 el departamento contaba con 658 400 habitantes (2,2 por ciento del total nacional) siendo la provincia de Huamanga la de mayor población (38,9 por ciento del total departamental). Su última tasa crecimiento inter censal es de 1,5 por ciento, además de tener una distribución casi equilibrada de la población según sexo.

**Tabla Nº1.1: Superficie y Población del Departamento de Ayacucho**

Provincia	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población 1/
Huamanga	2 981	256 384
Huanta	3 879	100 659
La Mar	4 392	86 603
Lucanas	14 495	66 857
Cangallo	1 916	34 451
Parinacochas	5 968	31 610
Víctor Fajardo	2 260	24 483
Vilcas Huamán	1 178	23 471
Sucre	1 786	12 337
Paucar del Sara Sara	2 097	11 034
Huanca Sancos	2 862	10 511
<b>TOTAL</b>	<b>43 815</b>	<b>658 400</b>

1/ Proyectada al 30 de junio 2011

Fuente: INEI - SIRTOD

## d. Clima

El clima de Ayacucho es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica ligera. En los valles interandinos el clima es frío boreal seco, mientras que en la zona selvática es tropical; en la capital del departamento la temperatura promedio es de 17,5°C. Los principales ríos del departamento son Apurímac, Pampamarca, Sondondo, Lucanas y Pampas.

### **e. Topografía**

Su relieve es muy accidentado con pequeños valles y cruzado por dos cordilleras que lo dividen entre unidades orográficas; al Noreste, selvático y tropical; al Sur, altiplanicies y al centro la abrupta serranía, esto significa que su suelo se extiende por regiones de sierra y selva.

### **f. Hidrografía**

Los principales ríos del departamento ayacuchano pertenecen a la cuenca del Amazonas y discurren por la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. Los valles interandinos son irrigados con las aguas provenientes de los deshielos y las lagunas ubicadas a más de 4 000 metros sobre el nivel del mar.

### **g. Aspectos socio-económicos**

Ayacucho es una de las tres regiones más pobres del país, situación que afecta a 68,3% de la población, como lo confirman los datos de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2007 del INEI. Esta situación afecta más al área rural, donde cerca de 9 de cada 10 hogares son pobres, mientras que, en el área urbana, abarca algo más de la mitad de los hogares. Esto se debe, en gran medida, al escaso desarrollo de las actividades productivas, a la propiedad parcelaria de la tierra, al predominio del minifundio y a la baja productividad, lo que determina que la producción regional solamente represente 1% del PBI nacional. De 43.814,8 kilómetros cuadrados de superficie total, solo 4,8% (212.122 hectáreas) son tierras agrícolas, en gran parte de secano. De estas se llega a cultivar solo 33%; por lo tanto, el gran problema del agro es la falta de áreas de cultivo. Además, tiene una escasa capacidad de producción, de la cual 86% del volumen anual se destina al autoconsumo y 14%, al mercado. Esto indica que el área rural no está integrada plenamente al sistema económico de mercado, por lo que el agricultor vive en una economía de subsistencia, carente de oportunidades para mejorar sus condiciones de vida.

Uno de los problemas de la población regional es el insuficiente nivel educativo: 17% del total de la población no tiene ningún nivel educativo; 31% cuenta con educación

primaria; 33%, con educación secundaria; y 19%, con educación superior. Vale decir que cerca de la mitad de la población se encuentra en condiciones limitadas de acceder a conocimientos que le permitan mejorar su nivel de vida. En Ayacucho, el problema principal sigue siendo la baja calidad de la educación, asunto relacionado con aspectos como la calificación, la asistencia y la permanencia de los docentes, la estructura curricular y la disponibilidad de material educativo, que, en conjunto, explican el escaso impacto de la enseñanza en la niñez y la juventud.

## **1.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE QUICAPATA (EPSASA)**

### **a. ANTECEDENTES HISTÓRICOS<sup>2</sup>**

La memoria más antigua cita el Decreto del General Simón Bolívar en 1824 para irrigar y abastecer a las zonas circundantes de Ayacucho con aguas del Río Cachi. Ayacucho cuenta con el servicio de Agua Potable desde hace aproximadamente 67 años, es decir desde 1943, año en el cual se instalaron las primeras redes de servicio básico para el casco urbano de la ciudad de Ayacucho, obras realizadas según un estudio de The Foundation Company en 1924. Desde entonces hasta los 70s el pueblo ayacuchano experimentó las primeras racionalizaciones del agua debido a que la producción de agua no abastecía a toda la población. Fue recién entre 1970 y 1974 que se hace una obra grande en la ciudad debido al crecimiento demográfico experimentado desde los años 40 hasta la década de los 70 con fines de ampliar la red de distribución: matrices y de servicio, nuevos reservorios de almacenamiento y una moderna planta de tratamiento para la época en referencia. Sin embargo es recién en el año 1987 con la creación del Proyecto Especial Río Cachi (PERC) que el pueblo ayacuchano empieza a satisfacer la gran demanda de agua, ya que este proyecto dota con la fuente más importante de agua para la Planta de Tratamiento de Quicapata. Para el año de 1979 la ciudad de Ayacucho había sido abastecida por un sistema de captación proveniente de una antigua toma de derivación y de un desarenador del río Lambrashuaycco, del cual salía una tubería de 6" y 8" de diámetro. Para el año en

---

<sup>2</sup> Informe Memoria EPSASA – 2012



referencia, el Sistema de Agua Potable para la ciudad de Ayacucho era abastecido por la margen izquierda de las partes altas del río Huatatas, específicamente los ríos:

- Chiara
- Ccoscohuaycco
- Mutuyhuaycco o Huayccocorral
- Lambrashuaycco

El canal empezaba continuando hasta el día de hoy desde la captación Chiara; era revestido de concreto, de sección trapezoidal variable que cuando recolectaba las captaciones de Ccoscohuaycco, Mutuyhuaycco y Lambrashuaycco las longitudes aumentaban, llevando el caudal recolectado hacia la central hidroeléctrica de Quicapata con un recorrido total de 22.5 km aproximadamente. De la central, el agua era llevada a un embalse sin revestimiento de 19 500 m<sup>3</sup> de capacidad a través de una tubería de 12'' de diámetro con 1 Km de longitud, de donde era llevada finalmente a la planta de tratamiento que operaba desde 1974, a través de otra tubería de 12'' de diámetro con 350 m de longitud. Para 1979, se conocía la abundancia del río Cachi y su probable gran potencial para la ciudad de Ayacucho, ya que sólo con excepción de sus tramos finales el río Cachi corre paralelo y al Oeste del río Huatatas; sin embargo la divisoria de aguas de la cuenca del Cachi supera los 4000 msnm y ese era el principal problema que impedía la toma del agua del Cachi.

## **1.6. GENERALIDADES DE LA ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO AYACUCHO – EPSASA**

### **A. MISIÓN <sup>3</sup>**

"Brindar servicios de agua potable y alcantarillado, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población, con honestidad, preservando el medio ambiente y buen trato a nuestros usuarios, dentro de los estándares de calidad".

---

<sup>3</sup> Informe Memoria EPSASA – 2012

## **B. VISIÓN<sup>4</sup>**

"Ser una empresa organizada con sostenibilidad económica y social, logrando el bienestar y la confianza de nuestros clientes"

## **C. VALORES**

Los valores son criterios que ayudan a EPSASA a realizar su misión y las metas de largo plazo tienen como principal prioridad la de construir un denominador común de desempeño y de actitud en cada uno de los distintos niveles.

- **Honestidad:** Actuar con total transparencia en cada una de las actividades que realiza la empresa en sus diferentes áreas que la conforman.
- **Atención al cliente:** Tener la completa disposición para atender de manera eficiente y eficaz a los usuarios de la empresa.
- **Puntualidad:** Cumplir con los planes establecidos en su debido momento tanto en reuniones y el entorno laboral.

## **D. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS<sup>5</sup>**

- Liderar y monitorear los procesos de gestión empresarial fortaleciendo una cultura organizacional participativa, orientada a la expansión del servicio y lograr la confianza de nuestros clientes.
- Promover la innovación tecnológica para la mejora de procesos y Sistemas de Información Gerencial y Operativo.
- Ampliar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado con una eficiente cobranza y atención al cliente.
- Asegurar una calidad adecuada del sistema operacional cumpliendo los estándares de calidad y preservando el medio ambiente.
- Formular, ejecutar y liquidar los proyectos de saneamiento de acuerdo al plan de desarrollo urbano preservando el medio ambiente

---

<sup>4</sup> Informe Memoria EPSASA – 2012

<sup>5</sup> Informe Memoria EPSASA – 2012

## 1.7. CAPTACIÓN

### A. PERC

El Proyecto Especial Río Cachi (PERC), mediante la creación de la Unidad Hidrológica en el año 1987, es la responsable de la toma de datos de las Ofertas de Agua de los Afluentes del río Cachi, que son los ríos:

- Churiac
- Apacheta
- Choccoro
- Chicllarazo

Actualmente el ámbito de trabajo del PERC comprende en su área las aguas afluentes del río Cachi, los que son llevados a canales según los sistemas:

- Choccoro - Chicllarazo
- Chicllarazo - Cuchoquesera
- Cuchoquesera - Ichocruz
- Chiara - Hospitalniyocc

Que son empleados según las Cuencas Reguladas o Cuencas Intermedias, estas son señaladas de esta manera según su inclusión TOTAL o PARCIAL dentro del ámbito del proyecto y de la cuenca del río Cachi; se presentan a continuación los ríos que integran estas cuencas para el PERC:

#### Cuenca Regulada:

- Paccha
- Churiacc
- Apacheta
- Choccoro
- Chicllarazo

#### Cuenca Intermedia:

- Apacheta - Choccoro
- Chahuamayo - Cuchoquesera

En la tabla N°1.2 se presentan datos con respecto a las cuencas reguladas o intermedias, y la capacidad de abastecimiento de cada una:

**Tabla N° 1.2: Capacidad de abastecimiento de las cuencas**

<b>CUENCAS</b>	<b>ÁREA Km<sup>2</sup></b>	<b>CAUDAL MEDIO m<sup>3</sup>/s</b>	<b>RENDIMIENTO l/s/Km<sup>2</sup></b>
C. Regulada	456.80	6.30	13.79
C. Intermedia	91.51	1.28	13.99
<b>TOTAL</b>	<b>548.31</b>	<b>7.58</b>	<b>13.82</b>

Fuente: Informe Memoria Epsasa- Febrero 2012

Por lo tanto, es la toma de los 4 ríos antes mencionados: Churiac, Apacheta, Chicllarazo y Alpachaca, los que conforman el caudal ofertado del PERC, el mismo que al ser almacenado en la Represa Cuchoquesera –que tiene capacidad de almacenaje de 8MMC- se dispone de 2MMC para a través del Túnel de Ichocruz ser llevado a Hospitalniyocc que llega a la Hidroeléctrica y posteriormente a los embalses de Quicapata. La demanda que el Cachi abastecía (para 2010) era de 300 L/s siendo 400L/s la demanda de la Ciudad de Ayacucho, quedando 100 L/s como saldo encubierto.

#### **B. CHIARA**

La EPSASA además de proveerse de agua del canal del PERC, toma agua del canal conocido como “Canal Chiara”, el que reúne aguas de los ríos:

- Chiara o Molinohuaycco                      Ccoscohuaycco
- Mutuyhuaycco                                      Lambrashuaycco

Estos proveen el 25% del total del volumen recolectado; sin embargo en época de lluvias el volumen de estos 4 riachuelos crece considerablemente priorizando su captación frente a lo obtenido del PERC debido a su notoria mejor calidad de aguas crudas, significando menor cantidad de insumos para su tratamiento y mayor rapidez en los procesos lo que lleva a una mayor satisfacción de la demanda del agua.

## 1.8. CONDUCCIÓN

De los 300 L/s producidos por el PERC, el sistema de conducción que lleva el agua a la ciudad de Ayacucho es como sigue: El volumen mencionado es conducido a través de un Canal de Suministro de Agua Potable que tiene 20.04 km de longitud con una capacidad de conducción de 2.0 m<sup>3</sup>/s hacia la Quebrada de Hospitalniyoc, de la cual tiene conexión directa a los embalses de la Planta de Tratamiento de Quicapata, desde allí se verá más adelante su transporte y distribución hacia la ciudad. Además el PERC ha construido un reservorio de 50 000m<sup>3</sup> de capacidad, para utilizarse cuando la disponibilidad y demandas sean mayores. El canal del PERC tiene una longitud total de 76.5 km, el cual cruza 6 ríos antes de llegar a la represa para finalmente ser conducidos a Quicapata. En el cruce por cada quebrada los ríos son trasvasados al siguiente, así sucesivamente hasta los embalses.

**Tabla N°1.3: Sistema de Conducción desde Fuentes a Planta**

Tramo	Longitud Km	Capacidad Actual L/s	Capacidad Diseño L/s
Chiara - Ccoscohuaycco	2.9	160	140
Ccoscoh. - Mutuyhuaycco	1.7	230	140
Mutuyh. - Lambrashuaycco	6.2	260	180
Lambrash. - Represa	9.9	400 - 450	180
Represa - Central Hidroelé	0.7	500	350
Central Hidroelé. - Embalse	1.5	200	180

Se empieza en el río Paccha a 4100 msnm, luego es llevado a la Qda. Churiac, y posteriormente y en forma descendente a los ríos Apacheta, Choccoro y Chichlarazo. Allí todo el volumen recolectado es almacenado en la Represa Cuchoquesera a 3716 msnm, desde la cual se distribuye el agua para los 3 grandes grupos demandantes del agua, uno de los cuales es el agua para *Uso Poblacional* en la cual EPSASA se encontraría ubicada. Para que se le entregue el agua a EPSASA, se toma además las agua del río Allpachaca y luego es conducido mediante el Túnel de Ichocruz que tiene una longitud de 7 km hacia Hospitalniyoc para ser conducido a la Represa Hidroeléctrica que está a los 3310 msnm para finalmente almacenarse en los embalses de Quicapata a 2863.8 msnm.

EPSASA maneja su propio sistema de conducción del agua que trabaja por gravedad desde el río Chiara a 3480.2 msnm, mediante canalizaciones que acumulan los caudales de

cada quebrada por la que pasa el canal mediante pequeñas bocatomas, hasta llegar a los embalses de Quicapata. Los canales son de tipo empedrado y revestidos (tarrajeo/frotachado) en toda su sección transversal. La excepción son los conductos entre la Represa de Hospitalniyooc, la Central Hidroeléctrica y los Embalses ya que son tuberías de acero de 24'' y 12'' respectivamente. La longitud total de este canal, Canal Chiara, es de 22.9 km comprendidos desde la toma en el río Chiara hasta el embalse.

## **1.9. EMBALSES**

La toma inicial del agua que llega a la ciudad de Ayacucho (2700m.s.n.m.) empieza en la Quebrada de Chiara que se encuentra a 3480 m.s.n.m. El agua de Chiara se junta con las aguas de las quebradas de Molinohuaycco (que pertenece a Chiara), Ccoscohuaycco, Mutuyhuaycco y Lambrashuaycco, en forma descendente.

El agua proveniente del Canal Chiara, se almacena en 2 Embalses o Lagunas Artificiales, con capacidad de 19 500 m<sup>3</sup> para el Embalse N° 1 y de 50 000 m<sup>3</sup> para el Embalse N° 2. Del embalse 1 el agua es conducida a la planta mediante dos líneas de conducción de 12'' y 18''; el embalse 2 está interconectado con el embalse 1 y con las líneas de conducción a las plantas mediante cámaras de reunión.

La limpieza de los embalses se realiza con una frecuencia de 2 veces al año, programada para el presente año 2013 los 2 primeros días del mes de Mayo, dándose la recomendación de parte del Jefe del Departamento de Producción y responsable de las operaciones y planificar el mantenimiento de la toda la planta, que la limpieza de los embalses para este año se realicen con maquinaria pesada, ya que a su vez cumplen la función de pre-sedimentadores, se asientan grandes cantidades de lodos en el fondo, disminuyendo con el tiempo la capacidad de almacenamiento originalmente diseñada. El agua de los embalses es conducida por gravedad hasta la planta, allí el agua proveniente del embalse mayor (N° 2) se llamará en los análisis CRUDA 1 ya que es la que abastece a la Planta 1, y la proveniente del embalse menor (N° 1) será mencionada en los análisis como CRUDA 2 debido a que es la que abastece a la Planta 2.

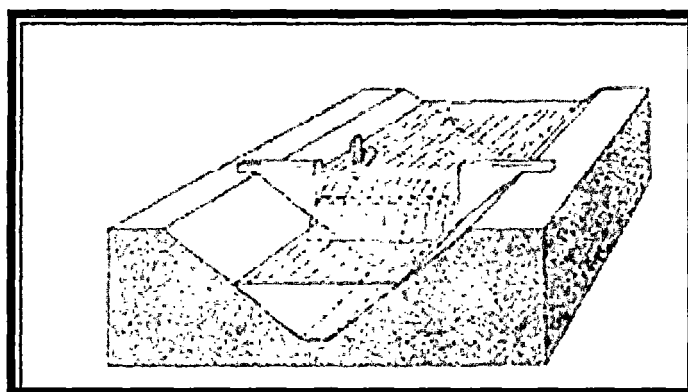
Por otra parte, toda el agua recolectada de los diferentes ríos con los que trabaja el PERC, es almacenada –como se ha dicho anteriormente– en la presa **Cuchoquesera**, la cual almacena el agua excedente de la época de lluvias para abastecer a la población en época de estiaje, además de distribuirla para fines como la Demanda Agrícola, para el Uso Poblacional y Caudal Ecológico, así como la Demanda para la Generación de Energía.

## **1.10. SISTEMA DE POTABILIZACIÓN**

### **A. MEDIDORES DE CAUDAL**

Para poder medir el caudal de ingreso a las 2 plantas de tratamiento se utilizan el vertedero y canaleta Parshall. Como es sabido un vertedero es una obstrucción en la solera de un canal que debe ser sobrepasado por una corriente; puede interpretarse también, como un orificio descubierto en su parte superior, o como un muro que interrumpiendo una corriente de agua, obliga al líquido a derramarse por el borde del mismo; son pues, orificios incompletos. Para ciertas geometrías, las más simples y usuales, el caudal  $Q'$  se correlaciona con la altura  $h$ , aguas arriba del vertedero, pudiéndose interpretar también el vertedero como un medidor elemental, pero efectivo, del caudal en canales abiertos. El tipo de vertedero que se utiliza en la planta N° 1 es del tipo libre rectangular que tiene un flotador que registra la altura de la cresta y por medio de la ecuación se puede determinar el caudal que ingresa a la planta en mención, el vertedero va acompañado de una placa de madera que provoca la turbulencia del agua, cuyo fin es la homogenización del sulfato de aluminio que se adiciona (en forma líquida) en toda la masa de agua, es decir este tipo de vertedero cumple doble función, la de medir el caudal del agua y de la mezclador.

**Figura N° 1.2: Vertedero rectangular**



La planta N°2 utiliza la canaleta Parshall, que posee una zona de estrangulamiento y otra de relieve donde se conecta una boya que comunica la medida del nivel y por medio de un simple ecuación se puede determinar el caudal de agua que ingresa a la planta. Al igual que el vertedero de la planta N° 1, la canaleta Parshall actúa como Instrumento de medida de caudal así como de mezclador.

**Figura N° 1.3: Canaleta Parshall**



## **B. CÁMARA DE MEZCLA RÁPIDA**

En la planta de Quicapata, dicho proceso, tiene el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua.

La mezcla rápida se efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos es decir, se utiliza la misma energía del agua para realizar esta operación, los mecanismos que proporcionan son: el vertederos rectangulares en la Planta N°1 y la canaleta Parshall en la planta N°2. La cámara de mezcla rápida, posee un tiempo retención determinado en el diseño de construcción, que debe tener el agua en proceso de coagulación; las condiciones en este punto deben ser las óptimas para hacer eficiente el proceso de coagulación.



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

El mecanismo de la Coagulación sucede por dos vías:

- Adsorción de las especies Hidrolíticas por el coloide
- Coagulación de barrido

La forma de coagulación que a nosotros nos interesa es la Coagulación por Adsorción, que nos explica el mecanismo químico de la desestabilización-absorción de las partículas suspendidas en el agua son adheridas con las especies hidrolizadas del Sulfato de Aluminio, que permite la formación de flóculos.

### **C. CÁMARA DE MEZCLA LENTA O COAGULACIÓN**

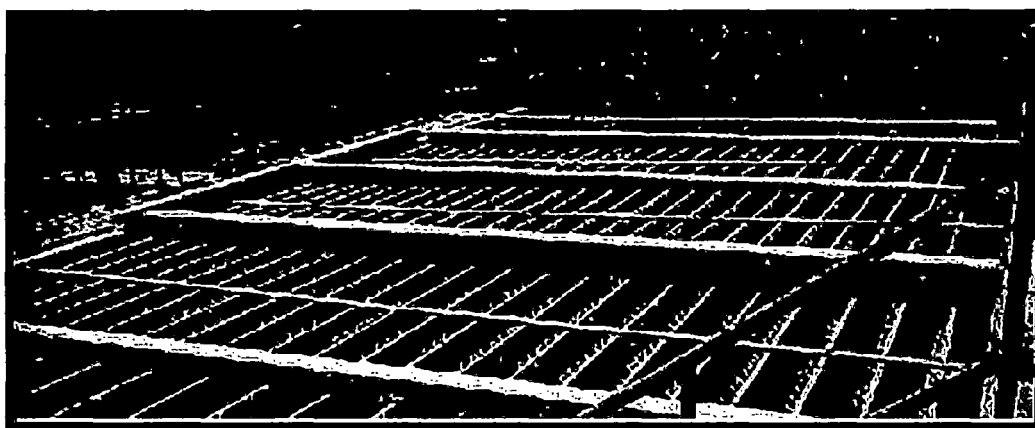
La coagulación es el proceso por el cual las diminutas partículas ajenas a las características del agua, se transforman en grandes aglomerados, para así facilitar la sedimentación. Este proceso incluye la desestabilización y la floculación.

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

La coagulación en la planta empieza cuando al agua, al pasar por la MEZCLA RÁPIDA, se le adiciona el coagulante Sulfato de Aluminio, y transcurren máximo 30 segundos para que el compuesto químico actúe y luego pasa a la Unidad de Decantación Laminar donde ocurre la Floculación. La eficiencia del coagulante está en función de la turbulencia que tenga el agua cuando el compuesto es agregado, y esto se logra con una pendiente correcta en la Mezcla Rápida. En la planta N°1 se tiene una pendiente correcta, establecida entre los rangos permitidos, el valor es de 0.53%. Para la planta N°2 se desconocen las medidas, sin embargo es de pendiente mucho menor lo que perjudica el proceso de coagulación y floculación.

La cantidad de coagulante se determina diariamente mediante la prueba física de Jarras, teniendo como principal factor determinante la Turbiedad del agua cruda que ingresa, además de las Horas de Funcionamiento de la planta. Si el agua cruda ingresa con una turbiedad de hasta 250 NTU el Sulfato de Aluminio es aceptable, sin embargo, si el agua ingresa con turbiedades mayores se debe emplear un Ayudante de Coagulación. El ayudante de coagulación que la empresa EPSASA emplea es el Plorifloruro de Aluminio o POLIFLOC, que es útil para turbiedades de hasta 1500 NTU. La dosis recomendada al emplearlo como ayudante de coagulación oscila entre 0.1 y 2 mg/L.

**Figura N° 1.4: Floculador de flujo horizontal (planta N° 1)**



## **E. DECANTACIÓN**

Es un proceso mediante el cual se consigue la separación de la materia sólida no disuelta en el agua cruda tratada con sulfato de aluminio, mediante la acción de la gravedad. La Planta N° 1 es la única que posee este sistema de decantación (decantadores laminares). La aplicación de la teoría de sedimentación laminar en la planta N°1, permite obtener decantadores económicos, altamente eficientes y fáciles de operar y mantener. La eficiencia de remoción de dichos decantadores laminares fluctúa entre 95% y 99% obteniéndose ventajas mayores a medida que la turbiedad y el tiempo de operación se incrementa. Normalmente, en condiciones similares de cargas superficiales, son más eficientes que el equipo de prueba de jarras. La eficiencia del pretratamiento es un factor que influye definitivamente en el comportamiento del decantador laminar. Se consiguen

rangos superiores a 90% con un pretratamiento adecuado, decreciendo a 40% en caso contrario, aun con tasas muy convencionales.

**Figura N° 1.5: Decantadores Laminares (planta N° 1)**



## **F. SEDIMENTACIÓN**

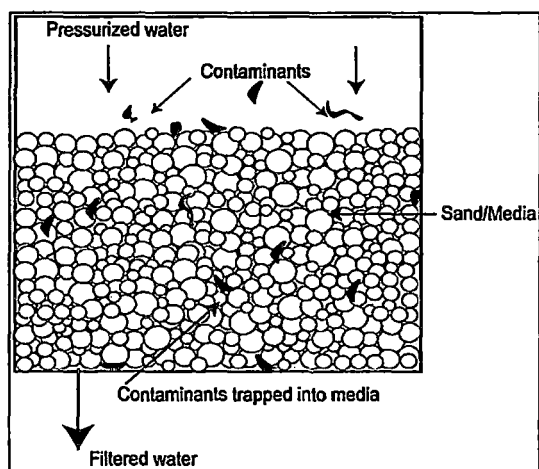
Es el siguiente proceso que continua con la tarea de la clarificación del agua, teniendo como misión la remoción de las partículas en suspensión por efecto de la gravedad. Se denominan "partículas sedimentables" a aquellas que sedimentan en un tiempo elegido, "partículas discretas" a las que no cambian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

En la planta se maneja un promedio de turbiedad de las aguas crudas de 57.30UNT que es igual a 57.30 mg/L del polímero formacina, y debido a esta cantidad la suspensión con la que trabajan las plantas son de CAÍDA LIBRE. El mecanismo de Caída Libre es para plantas que tengan índices de turbiedad menores a 500 mg/L, lo que significa que las partículas sedimentan o decantan libremente.

## G. FILTRACIÓN

Consiste en remover las partículas y coloides presentes en el agua que se van escurriendo a través de un medio poroso. Es con este proceso que se concluye la etapa de la clarificación del agua, y es en esta etapa que la calidad del agua debe coincidir con los patrones del agua potable. En la Filtración suceden dos mecanismos complementarios: TRANSPORTE porque las partículas a removerse son llevadas de la suspensión de la solución acuosa a la superficie de los granos filtrantes; este es un fenómeno físico e hidráulico; y la ADHERENCIA que ocurre por fenómeno de acción superficial influenciado por parámetros químicos y físicos. Hay que diferenciar entre la filtración que ocurre en la superficie y la profundidad; son las primeras capas del medio filtrante las que cumplen con el 90% de la retención de los coloides y suspendidos, es decir sucede una especie de cernido. El tipo de filtro que se utiliza en la Planta 1 como la Planta 2, son del tipo Filtros Rápidos de arena, cuyos medios filtrantes no son uniformes, y tienen 3 capas, y cada una de estas presentan características de uniformidad.

**Figura N° 1.6: Funcionamiento de un filtro rápido**



Los medios filtrantes que utilizan las dos plantas son antracita - arena - grava, ordenados de igual manera, de menor a mayor diámetro siguiendo la profundidad, ambas plantas constan de 4 unidades de filtración, los filtros de la planta N°1 filtran alrededor de 80 y 100L/s, y los de la plantas N° 2 aproximadamente de 40 a 50 L/s. Además de la capacidad de filtración, existe una marcada diferencias entre ambas unidades de filtro, los filtros de la planta N°1 para ser lavados requieren a agua que proviene de un reservorio ubicado 20m, por que acarrea un costo de bombeo para poder llenar dicho reservorio,

mientras que los filtros de la planta 2, posee una batería de filtros del tipo tasa declinante y lavado mutuo, esto es, lavado de un filtro con el agua que produce el resto de las unidades que componen la batería, el cual abastece de agua para el lavado.

## **H. DESINFECCIÓN**

Al igual que el proceso de la Mezcla Rápida, la Desinfección es un proceso unitario que tiene como objetivo eliminar cualquier tipo de microorganismos del agua mediante el uso del Cloro.

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

## **I. RESERVORIOS**

Luego de la etapa de desinfección, el agua es enviada hacia los dos reservorios principales (Reservorio Cabecera), el primero y de mayor antigüedad tiene una capacidad de 1500m<sup>3</sup> y el segundo y de actual construcción posee una capacidad de 3000m<sup>3</sup>.

Por lo general el tiempo de residencia en los reservorios de la planta es corto, porque a partir de ellos, el agua, es transportada hacia los diferentes reservorios que existen en la ciudad.

**TABLA N° 1.4: Reservorios de la Ciudad de Ayacucho**

<b>RESERVORIO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ÁREA SERVICIO</b>
Cabecera	Quicapata Carmen Alto	1 500	Regula los servicios de Distribución de la Ciudad, y abastece a la zona Sur y Sur-Este
Libertadores 1	Barrios Alto	1 000	EMADI, Belén, Sta. Ana, Quinuapata (zona sudoeste de la ciudad)
Acuchimay	Acuchimay San Juan Bautista	2 500	Zona media y baja de la ciudad
Miraflores	AA.HH. Miraflores San Juan Bautista	1 500	San José, Sta.Elena, San Melchor, Miraflores, Ciudad de las Américas, La Victoria, Sr. de los Milagros, 27 de Octubre (zona Este y Sudeste)
Llucha-Llucha	Llucha - Llucha Carmen Alto	100	Cámara rompe presión zona baja de la ciudad
Vista Alegre	Quicapata Carmen Alto	200	Urb. Enace - Vista Alegre
Pueblo Libre	Pueblo Libre Ayacucho	100	Zona alta de Barrios Altos, Río Seco y Piscotambo
Libertadores 2	Barrios Altos Ayacucho	2 000	Zona Norte y Nor-oeste
La Picota	Cerro La Picota Ayacucho	200	Faldería Cerro La Picota, Wari-Acopampa

Fuente: Informe del Área de Operaciones EPSASA - Diciembre 2012

## **J. DISTRIBUCIÓN POR ALMACENES**

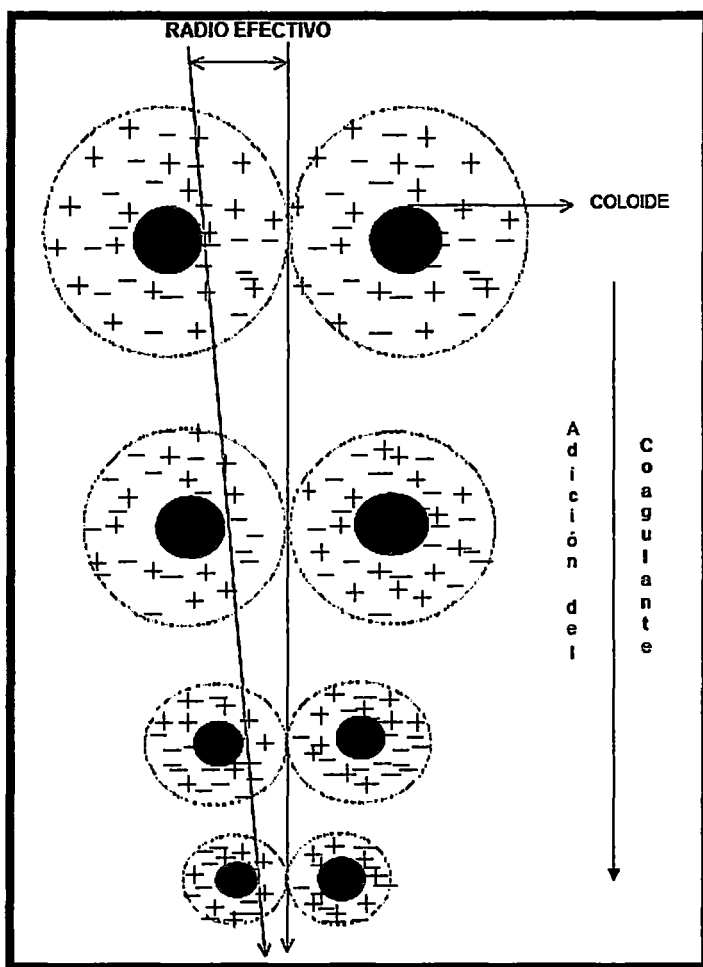
La empresa EPSASA, distribuye el agua a 9 Reservorios, clasificados según el área a las que prestan servicios, e internamente el área de distribución se clasifica también según las áreas de calidad con las que llega el agua a las distintas zonas de la Ciudad. Los 9 reservorios se muestran en el Tabla N° 1.4 junto con el volumen máximo que albergan, así como el área que cubre cada uno.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. COAGULACIÓN

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. En la figura N° 2.1 se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos. La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

**Figura N° 2.1: Proceso de Coagulación**



El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

## 2.2. MECANISMO DE LA COAGULACIÓN

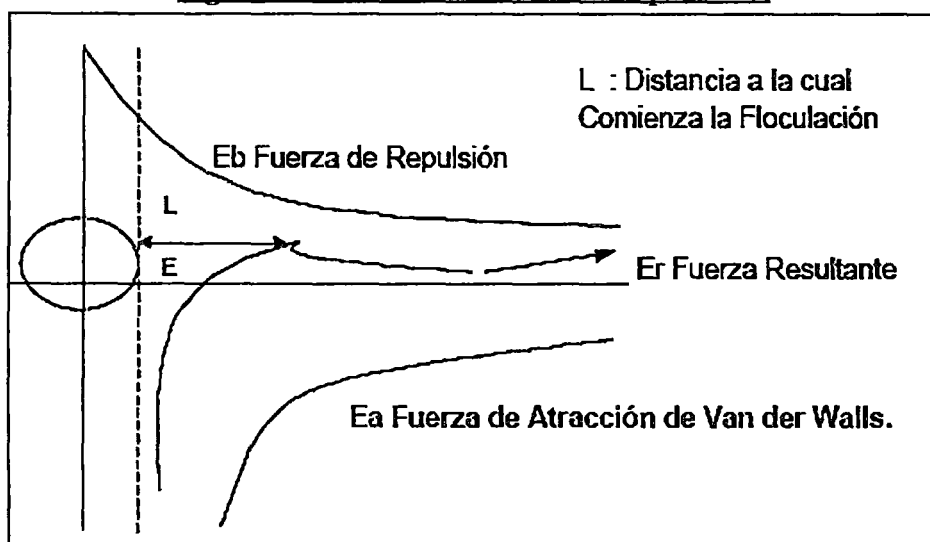
La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes:

- ✓ Compresión de la doble capa.
- ✓ Adsorción y neutralización de cargas.
- ✓ Atrapamiento de partículas en un precipitado.
- ✓ Adsorción y puente.

### a. Compresión de la doble capa:

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante.

**Figura N° 2.2: Mecanismo de la capa doble**



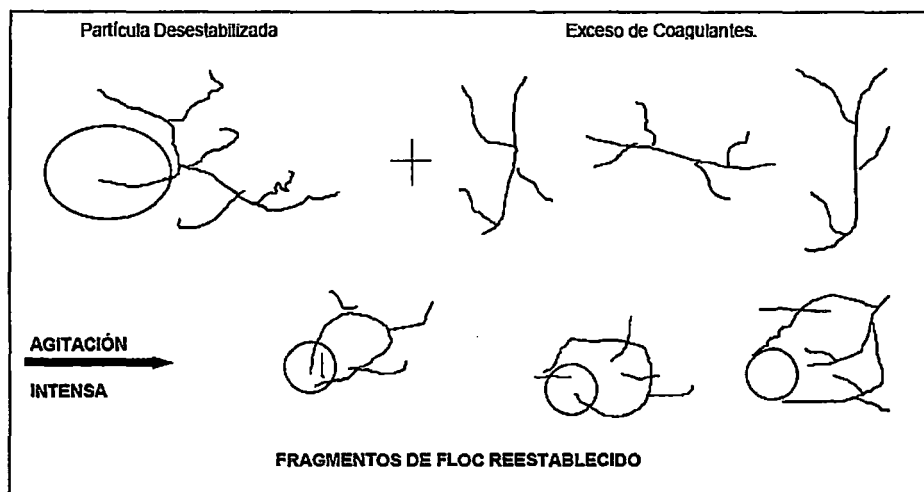


Si la distancia que separa a las partículas es superior a "L", entonces las partículas, no se atraen. E es la energía que los mantiene separados. Existe por otro lado un potencial de atracción o fuerzas de atracción ( $E_a$ ), entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Contrariamente a las fuerzas de repulsión, las fuerzas de Van der Waals no son afectados por las características de la solución.

**b. Absorción y Neutralización de Cargas:**

Las partículas coloidales poseen carga negativa en sus superficies, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide. El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético – potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua. Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación – floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica. Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce a la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original.

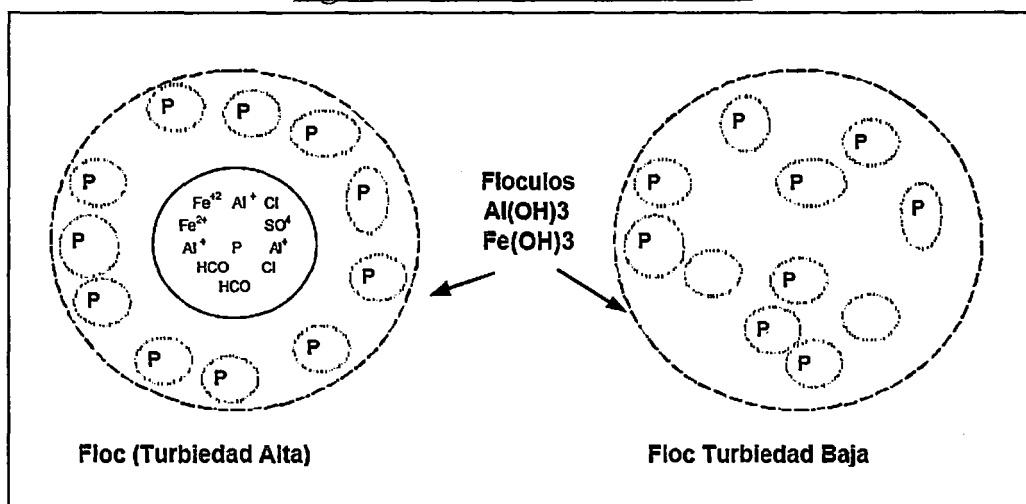
**Figura Nº 2.3: Neutralización de Cargas**



**c. Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado:**

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , o Cloruro Férrico  $FeCl_3$ , el floc está formado de moléculas de  $Al(OH)_3$  ó  $Fe(OH)_3$ . La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

**Figura Nº 2.4: Formación de Floc**

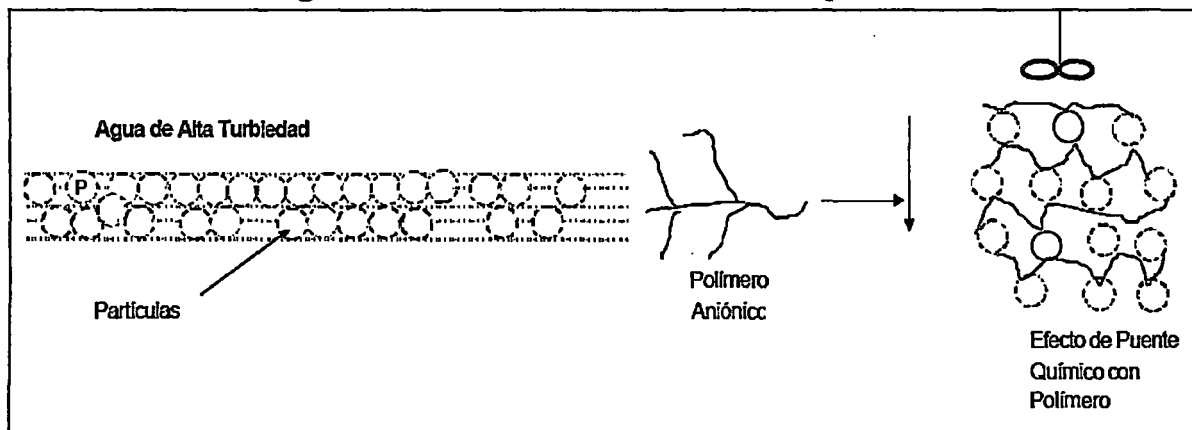


**d. Adsorción y Puente:**

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del "puente". Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros

forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros.

**Figura N° 2.5: Proceso de formación de puente**



### 2.3. COAGULANTES UTILIZADOS

Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.
- g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

Siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

## 2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

- ✓ pH.
- ✓ Turbiedad.
- ✓ Sales disueltas.
- ✓ Temperatura del agua.
- ✓ Tipo de coagulante utilizado.
- ✓ Condiciones de Mezcla.
- ✓ Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- ✓ Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

### a) Influencia del pH

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, y es igual a:

$$pH = \log[H^+]$$

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar;

si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades.

#### **b) Influencia de las Sales Disueltas**

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- ✓ Modificación del rango de pH óptimo.
- ✓ Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- ✓ Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- ✓ Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

#### **c) Influencia de la Temperatura del Agua**

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

#### **d) Influencia de la Dosis del Coagulante**

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

- ✓ Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.

- ✓ Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
- ✓ La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra.

La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua clarificada.
- El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

#### **e) Influencia de Mezcla**

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente. En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60s máx.) llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microfloculos. La mezcla rápida se efectúa para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos. Las unidades para producir la mezcla pueden ser:

- ✓ Mezcladores Mecánicos : Retromezcladores (agitadores)
- ✓ Mezcladores Hidráulicos: Resalto Hidráulico: Canaleta Parshall y Vertedero Rectangular. En línea: Difusores (tuberías y canales) Inyectores, etc.

## **f) Influencia de la Turbiedad**

**Turbiedad:** Es una forma indirecta de medir la concentración de las partículas suspendidas en un líquido; mide el efecto de la dispersión que estas partículas presentan al paso de la luz; y es función del número, tamaño y forma de partículas.

La turbiedad del agua superficial es gran parte debido a partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5  $\mu\text{m}$ . La coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

- ✓ Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
- ✓ Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.
- ✓ Cuando la turbiedad es muy alta, conviene realizar una presedimentación natural o forzada, en este caso con el empleo de un polímero aniónico. (En la Planta de la Atarjea, se realiza este último, en época de alta turbiedad).
- ✓ Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas por desagües domésticos industriales, porque requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados.

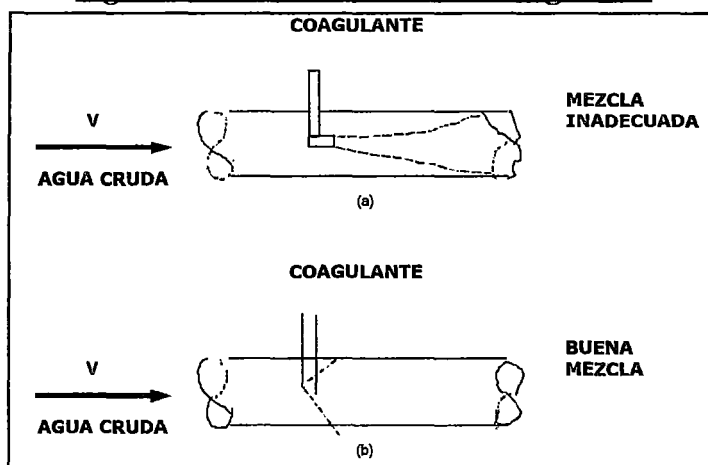
## **g) Sistema de Aplicación del Coagulante**

Se considera que una reacción adecuada del coagulante con el agua se produce cuando:

- ✓ La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida, tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.
- ✓ El sistema de dosificación debe proporcionar un caudal constante y fácilmente regulable; en las siguientes figuras se observan las condiciones de mezcla del

coagulante con el agua; se observa que la mejor mezcla es cuando el coagulante adicionado cae en su totalidad a la masa de agua (figura N° 2.6). Esta condición se obtiene por medio de los equipos de dosificación tanto para los coagulantes al estado sólido y estado líquido, que deben encontrarse calibrados y comprobados en la práctica por medio de las pruebas de aforamiento.

**Figura N° 2.6: Dosificación de coagulante**



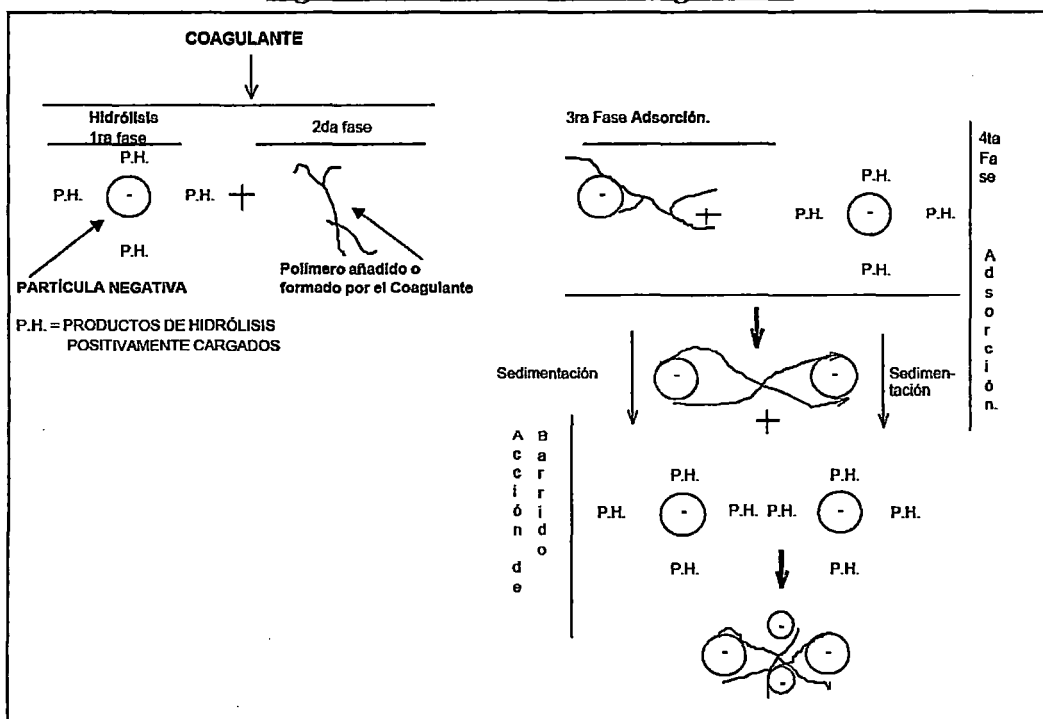
## 2.5. ETAPAS O FASES DE LA COAGULACIÓN

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el que se presenta las siguientes etapas:

- ✓ Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- ✓ Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- ✓ Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- ✓ Adsorción mutua de coloides.
- ✓ Acción de barrido.



**Figura N° 2.7: Fases de la coagulación**

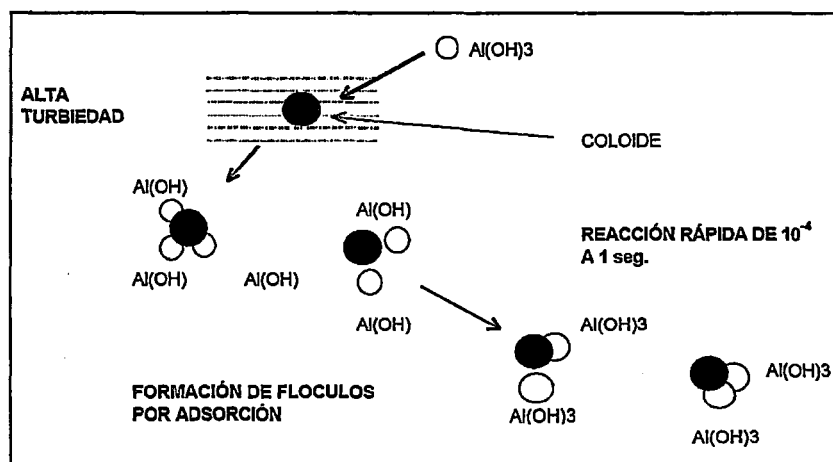


## 2.6. TIPOS DE COAGULACIÓN

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido

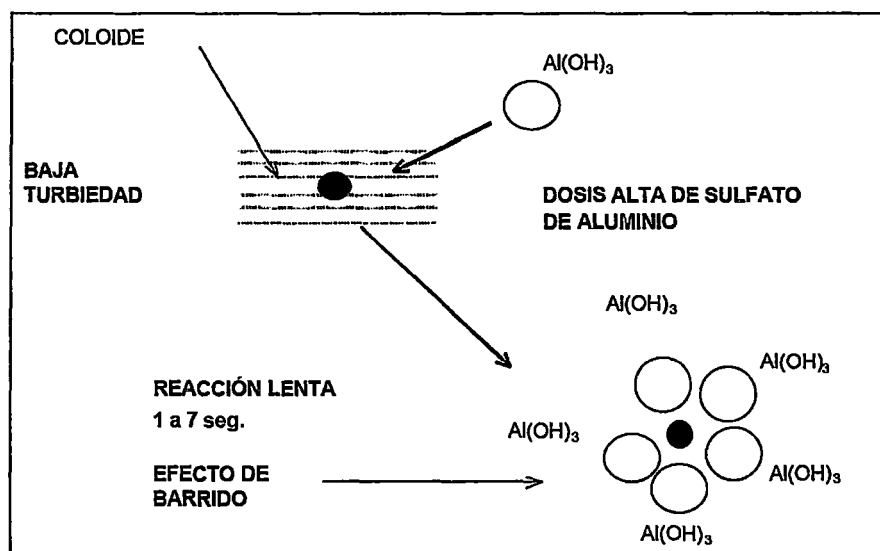
- Coagulación Por Adsorción:** Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidos por los coloides y forman los flocúlos en forma casi instantánea.

**Figura N° 2.8: Coagulación por adsorción**



- b. **Coagulación por Barrido:** Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

**Figura N° 2.9: Coagulación por barrido**



## 2.7. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU COMPORTAMIENTO EN LA COAGULACIÓN

**Tabla N° 2.1: Tipo de Coagulación según la clasificación del agua**

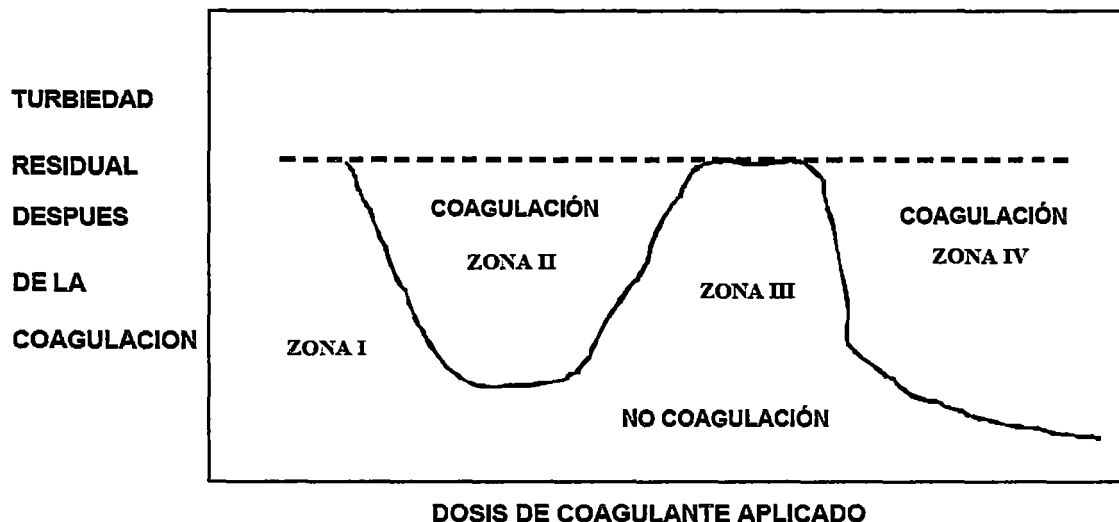
Tipo de Agua.	Tipo de Coagulación.	Requerimiento.
1. Baja Concentración de Coloides, baja alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de alcalinidad o partículas, o ambas.
2. Baja concentración de coloides, alta alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de Barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de partículas.
3. Alta concentración de coloides, baja alcalinidad	Adsorción de polímeros metálicos positivos, en la superficie de los coloides. (pH 4 a 7).	Dosis de coagulantes incrementa con concentración de partículas, adición de alcalinidad
4. Alta concentración de coloides, alta alcalinidad.	Adsorción de polímeros, metálicos positivos y precipitaciones de hidróxidos (pH>7)	Dosis de coagulante incrementa con concentración de partículas.

## 2.8. REMOCIÓN DE TURBIEDAD

La aplicación de una dosis creciente del coagulante al agua presenta diferentes zonas de coagulación, como se puede observar en la Fig. 16.

- ✓ Zona 1.- La dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas y por lo tanto no se produce coagulación.
- ✓ Zona 2.- Al incrementar la dosis de coagulantes, se produce una rápida aglutinación de los coloides.
- ✓ Zona 3.- Si se continúa incrementando la dosis, llega un momento en que no se produce una buena coagulación, ya que los coloides se reestabilizan.
- ✓ Zona 4.- Al aumentar aún más la dosis, hasta producir una supersaturación se produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas que conforman la turbiedad.

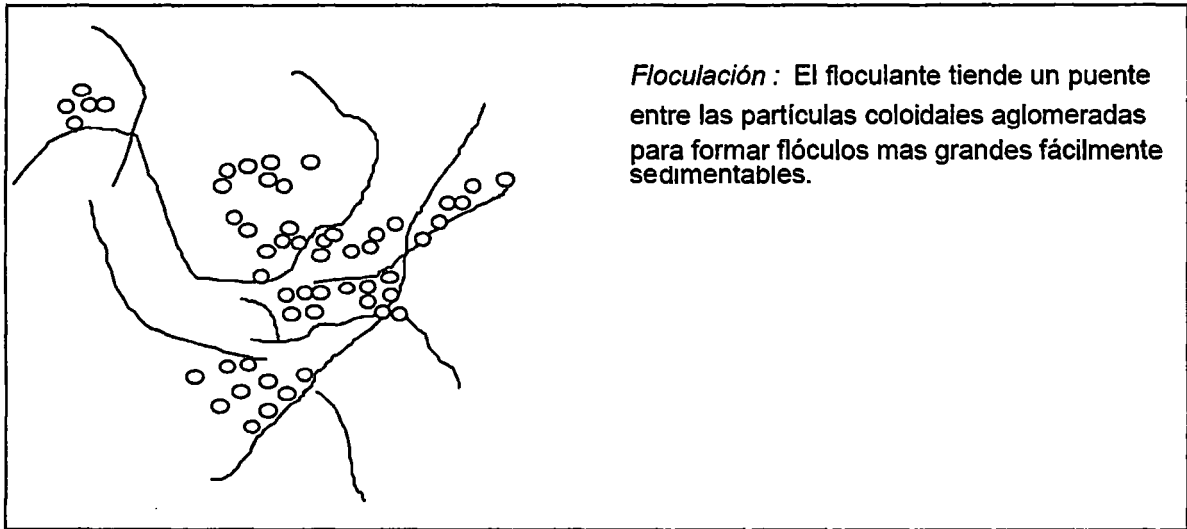
**Figura N° 2.10: Coagulación por barrido**



## 2.9. FLOCULACIÓN

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

**Figura N° 2.11: Floculación de las partículas.**



Suceden que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo que suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados, tal como se está mostrando en la Figura 19.

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso. La floculación puede ser mejorada por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

### 2.9.1. TIPOS DE FLOCULACIÓN

- a) **Floculación Pericinética:** Esta producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.
- b) **Floculación Ortocinética:** Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada

es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinetica luego se produce la floculación ortocinetica.

### 2.9.2. PARÁMETROS DE LA FLOCULACIÓN

Los parámetros que se caracterizan la floculación son los siguientes:

- ✓ Floculación Ortocinetica (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- ✓ Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- ✓ Número de colisiones (choque entre microfloculos).
- ✓ Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- ✓ Densidad y tamaño de floc.
- ✓ Volumen de lodos (los floculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).

### 2.9.3. TIPOS DE FLOCULANTES

Los floculantes son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga. Estos floculantes pueden ser de naturaleza: mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis.

- a. **Floculantes Minerales:** Se encuentra la sílice activada, que es el primer floculante empleado, que debe ser preparado antes de emplear, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución. (caso Atarjea en los años 70 – 80, se utilizó en el tratamiento de agua).

- b. **Floculantes Orgánicos Naturales:** Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales. Los alginatos, cuya estructura polimérica son: Los ácidos manuránicos y Los ácidos glucónico.
- c. **Floculantes Orgánicos de Síntesis:** Son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10<sup>6</sup> a 10<sup>7</sup> g/mol, estos se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:
- ✓ Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico).
  - ✓ Neutros o no ionicos (poliacrilamidas).
  - ✓ Catiónicos (copolímero de acrilamidas + un monómero catiónico).

## 2.10. SULFATO DE ALUMINIO

El sulfato de aluminio es una sal inorgánica que por sus propiedades físico-químicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales. Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor. Corresponde a un hidrato con 14 moles de agua y fórmula general  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ . Cuando está en solución se disocia en cationes y aniones, donde el catión  $Al^{+3}$  finalmente se hidroliza formando una estructura tetraédrica con las moléculas del agua, el cual facilita el proceso físico-químico de la coagulación y posterior floculación de las partículas coloidales.

### a. Características:

- ✓ APARIENCIA: Sólido granulado, color blanco, soluble en agua.
- ✓ ANÁLISIS QUÍMICO:

Características	Especificación
- Aluminio, $Al_2O_3$ ,	% 17.0 mín
- Basicidad, $Al_2O_3$ ,	% 0.60 máx.

- Hierro, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 0.05 máx.
- Insolubles, % 0.20 máx.

✓ **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

Características	Especificación
- Malla 4, pasante, %	100
- Malla 10, pasante, %	60 mín.
- Malla 50, pasante, %	20 máximo

**b. Utilización del Sulfato de aluminio en el proceso de tratamiento de aguas**

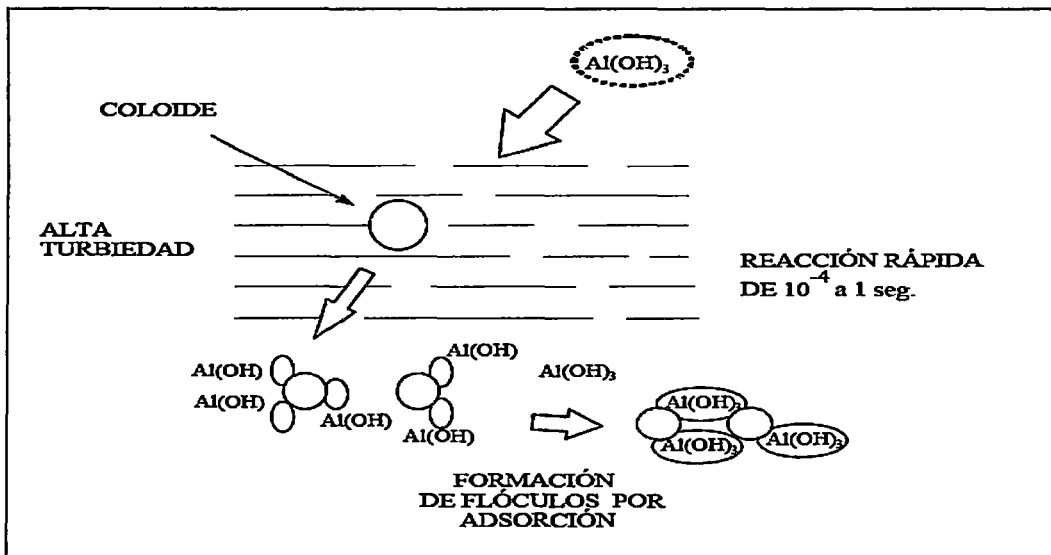
El sulfato de aluminio se utiliza como coagulante de impurezas en todo tipo de aguas, ya sea para el uso industrial o doméstico. La función primordial del coagulante es la de suministrar iones capaces de neutralizar efectivamente las cargas eléctricas de la mayor parte del material coloidal existente en el agua y así causar su precipitación. La importancia de los coagulantes se debe, en parte, a las propiedades esponjosas del flóculo, ya que este tipo de estructura posee amplias áreas superficiales a las que se adhieren las partículas coloidales o semicoloidales.

El flóculo que forma el sulfato de aluminio al entrar en contacto con el agua en concentraciones muy diluidas es el Hidróxido de Aluminio. Este flóculo se forma y trabaja efectivamente en un pH de 5.5 a 8.0. La dosificación más adecuada para cada tipo de agua se deberá obtener llevando a cabo pruebas de jarra comparativas.

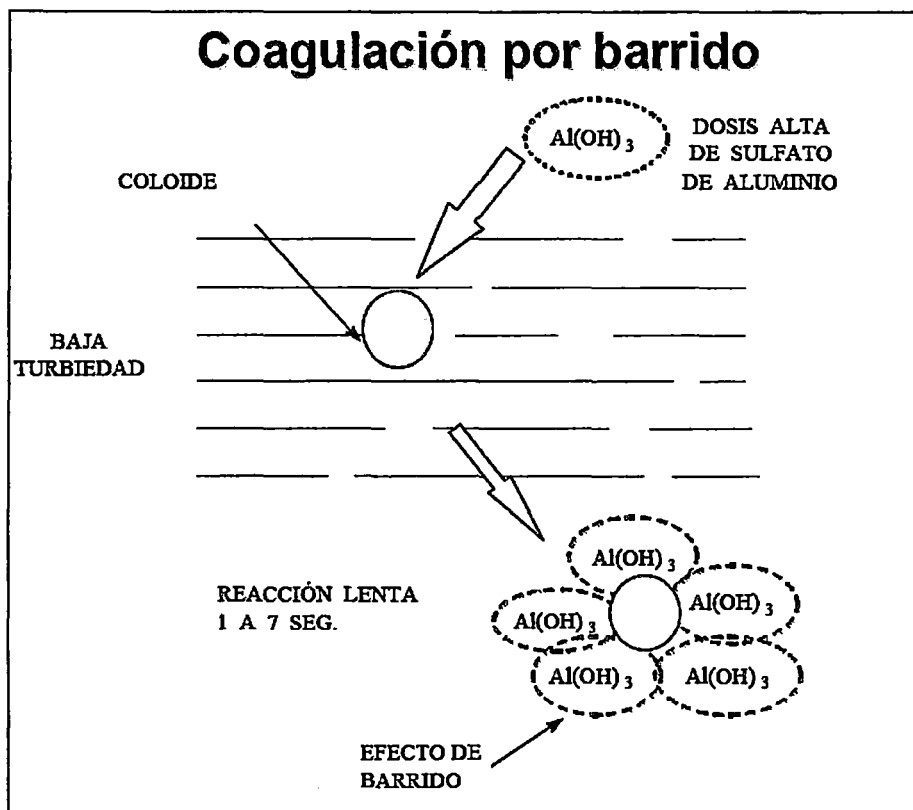
El Sulfato de Aluminio Tipo B presenta características químicas parecidas a las del producto Tipo A, pero tiene un contenido de hierro mayor. El Sulfato de Aluminio Tipo B, por su contenido de hierro, presenta un excelente desempeño como coagulante, debido a su mayor afinidad para remover compuestos orgánicos causantes de color en el agua. Para su manufactura se usa Ácido Sulfúrico y minerales ricos en alúmina. El producto tiene dos presentaciones: sólido y líquido. El Sulfato de Aluminio Tipo B sólido se fabrica en polvo o granulado. El producto líquido es despachado en carro-tanques o cisternas para ser

almacenado en los depósitos. En el caso de consumidores menores, el producto es suministrado en garrafas de capacidad adecuada al consumo, las cuales pueden ser reutilizadas. En los gráficos se muestra cómo actúa el Sulfato de Aluminio en el agua.

**Figura Nº 2.12: Coagulación por absorción**



**Figura Nº 2.13: Mecanismo de la coagulación por barrido**





Factores que influyen en el proceso de coagulación, es decir cómo reacciona el sulfato de aluminio de acuerdo a estos factores:

### Características del agua cruda

- Alcalinidad
- Temperatura
- pH

### VARIABLES QUÍMICAS

- Dosis óptima de coagulante
- pH óptimo del agua cruda
- Concentración óptima de coagulante

### c. Tipos

**Tabla N° 2.2: Tipos de Sulfato de Aluminio**

Características	Tipo A	Tipo A M20	Tipo B-200	Tipo B-500	Tipo A Solución 8%	Tipo B Solución 8%
<b>Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)%</b>	17.0 min.	17.0 min.	16.0 min	15.5 min.	% 7.8 a 8.2	% 7.8 a 8.2
<b>Basicidad %</b>	0.60 max.	0.60 max.	0.70 max.	0.70 max.	0.20 max.	0.20 max.
<b>Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)%</b>	0.05 max.	0.05 max.	0.50 max.	0.50 max.	0.10 max.	0.35 max.
<b>Insolubles %</b>	0.2 max.	0.2 max.	2.0 max.	5.0 max.	0.20 max.	1.0 max.
<b>Apariencia</b>	Granulado	Granulado	Granulado	Granulado	Líquido	Líquido
<b>Color</b>	Blanco	Blanco	Beige claro	Beige	Ligeramente Amarillento	Beige
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	-				1.30 - 1.35	1.30 - 1.35
<b>Presentación</b>	Bolsa polipropileno no 25 y 50 kg	Bolsa polipropileno o 25 y 50 kg	Bolsa polipropileno o 50 kg	Bolsa polipropileno 25 y 50 kg	IBC 1.3 TM y Cisterna 25 TM	IBC 1.3 TM y Cisterna 25 TM

Fuente: Informe del Área de Operaciones EPSASA - Diciembre 2012

## 2.11. POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

PAC es un coagulante inorgánico líquido base policloruro de aluminio, indicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal en suspensión en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales, como reemplazo de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas. PAC, incluye una serie de productos que varían en el grado de su neutralización ácida, polimerización y concentración de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Mientras el ácido es neutralizado en el proceso de producción, la parte de aluminio del producto se vuelve más polimerizada, resultando en una mayor carga catiónica y en un aumento de la capacidad de desempeño. El grado de neutralización ácida se mide por la basicidad la cual puede variar desde 0% (solución de cloruro de aluminio) hasta un 83% (solución de clorohidrato de aluminio). Normalmente, los productos disponibles de policloruro de aluminio, tienen una basicidad que varía desde el 10-70%.

### a) Aplicaciones y beneficios

- ✓ Rápida formación de flóculos
- ✓ Tiempos cortos para reaccionar y sedimentar
- ✓ Muy versátil para tratar aguas de variada turbiedad, alcalinidad y contenido de materia orgánica Comparado con el sulfato de aluminio, presenta un mejor efecto de coagulación, aun cuando se trata agua a bajas temperaturas ( $<10^\circ\text{C}$ )

PAC ofrece características de desempeño únicas, cuando se compara con productos convencionales, como sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, etc. PAC es el producto ideal en las siguientes aplicaciones: PAC se emplea como el coagulante primario en plantas de tratamiento de agua potable municipales e industriales, reemplazando la necesidad de otros coagulantes, como aluminio, y en muchos casos eliminando o al menos reduciendo notablemente la necesidad de químicos reguladores de pH, ayudas de coagulación y ayudas de filtración. Beneficios consistentemente reconocidos de PAC son:

- ✓ Deja menor residual de aluminio
- ✓ Mejora en la remoción de turbidez
- ✓ Mejora en la remoción de color
- ✓ Aumento en la remoción de Carbón Orgánico Total
- ✓ Menor turbidez en la filtración
- ✓ Aumento de la operación de filtros
- ✓ Reducción en la frecuencia de retrolavados en los filtro
- ✓ Reducción de lodos de un 25-75%
- ✓ Operación simplificada al eliminar reguladores de pH y ayudas de coagulación
- ✓ Menor costo de operación.

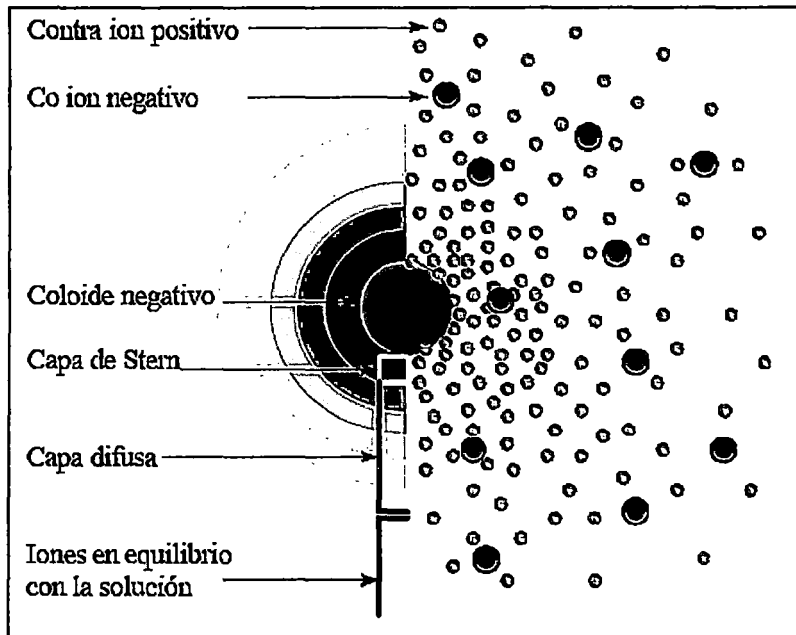
## **2.12. POTENCIAL Z**

Es una medida de la estabilidad de una partícula e indica el potencial que se requiere para penetrar la capa de iones circundante en la partícula para desestabilizarla. Por lo tanto, el potencial zeta es la potencia electrostática que existe entre la separación de las capas que rodean a la partícula.

### **a. Modelo de la doble capa**

Se usa el modelo de la doble capa para visualizar la atmósfera iónica en la proximidad del coloide cargado y para explicar cómo actúan las fuerzas eléctricas de repulsión. Es posible entender este modelo como una secuencia de etapas que ocurren alrededor de un coloide negativo, si los iones que neutralizan sus cargas son repentinamente separados (figura 2.14) (Coagulation & Flocculation, Zeta-Meter).

**Figura Nº 2.14: Capa difusa**



La vista izquierda muestra el cambio en la densidad de carga alrededor del coloide. La derecha muestra la distribución de iones positivos y negativos alrededor del coloide cargado. Efecto del coloide sobre el ion positivo (llamado *contraion*) en la solución. Inicialmente, la atracción del coloide negativo hace que algunos iones positivos formen una rígida capa adyacente alrededor de la superficie del coloide; esta capa de contraiones es conocida como la *capa de Stern*.

Otros iones positivos adicionales son todavía atraídos por el coloide negativo, pero estos son ahora rechazados por la capa de Stern, así como otros iones positivos que intentan acercarse al coloide. Este equilibrio dinámico resulta en la formación de una *capa difusa* de contraiones, éstos tienen una alta concentración cerca de la superficie, la cual disminuye gradualmente con la distancia, hasta que se logra un equilibrio con la concentración de los contraiones en el seno de la disolución.

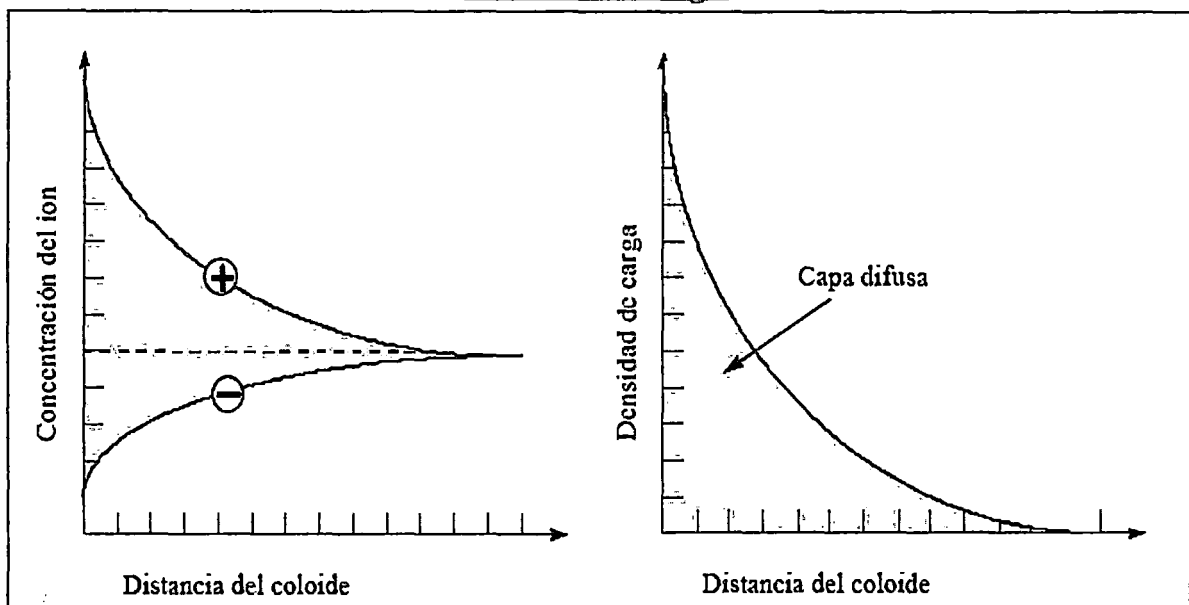
En forma similar, aunque opuesta, en la capa difusa hay un déficit de iones negativos, llamados *coiones* pues tienen la misma carga que el coloide. Su concentración se incrementa gradualmente al alejarse del coloide, mientras que las fuerzas repulsivas del coloide son compensadas por los iones positivos, hasta alcanzar nuevamente el equilibrio.

La capa difusa puede ser visualizada como una atmósfera cargada rodeando al coloide. A cualquier distancia de la superficie, la densidad de carga es igual a la diferencia de concentración entre iones positivos y negativos. La densidad de carga es mucho mayor cerca del coloide y gradualmente disminuye a cero cuando las concentraciones de iones positivos y negativos se asemejan.

Los contraiones de la capa de Stern y de la capa difusa son los que juntos llamaremos la *doble capa*. El espesor de esta doble capa depende del tipo y concentración de los iones de la solución. La variación de la densidad de iones en la capa difusa se muestra en las figuras 3 y 4. La primera muestra la variación en la concentración de iones positivos y negativos con la distancia de un coloide negativo, la segunda el efecto neto, esto es, la diferencia en la densidad de carga positiva y negativa.

El coloide negativo y su atmósfera cargada positivamente producen un potencial eléctrico relativo a la solución. Este tiene su valor máximo en la superficie y disminuye gradualmente con la distancia, aproximándose a cero fuera de la capa difusa. La caída del potencial y la distancia desde el coloide es un indicador de la fuerza repulsiva entre los coloides en función de la distancia a las cuales estas fuerzas entran en juego.

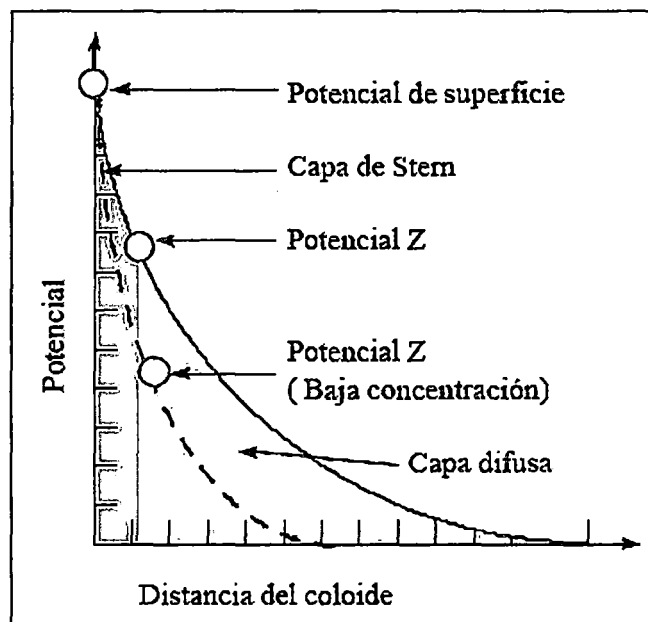
**Figura N° 2.15: (a) Variación en la concentración de iones. (b) variación en la densidad de carga.**



Un punto de particular interés es el potencial donde se unen la capa difusa y la de Stern. Este potencial es conocido como el potencial zeta, el cual es importante porque puede ser medido de una manera muy simple, mientras que la carga de la superficie y su potencial no pueden medirse. El potencial zeta puede ser una manera efectiva de controlar el comportamiento del coloide puesto que indica cambios en el potencial de la superficie y en las fuerzas de repulsión entre los coloides.

La relación entre el potencial zeta y el potencial de superficie depende del nivel de iones en la solución. Así, en el agua, la doble capa hace que el potencial zeta sea una buena aproximación del potencial de superficie (figura N° 2.16) (Coagulation & Flocculation; Zeta-Meter).

**Figura N° 2.16: Potencial Z y superficial**



**b. Determinación del Potencial Zeta:**

Cuando se dispone de un microscopio, la movilidad electroforética y el potencial zeta pueden determinarse mirando a través de él, la suspensión coloidal colocada en una celda electroforética iluminada con una luz oblicua, de tal modo que las partículas coloidales brillen a manera de puntos luminosos, y se pueda medir su velocidad de desplazamiento en una cuadrícula micrométrica. La movilidad electroforética se calcula con la fórmula:

$$M = \frac{d \cdot A}{t \cdot I \cdot R_s} \quad (2.2)$$

Donde:

M: movilidad en micrones/segundo por voltio por centímetro.

d: distancia que la partícula recorre en micrones.

t: tiempo en segundos que la partícula tarda en recorrer la distancia d.

A: área transversal de la celda en cm<sup>2</sup>.

El potencial zeta se calcula con la fórmula:

$$\xi = \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu}{D_c} M \quad (2.3)$$

Donde:

M : Movilidad en micrones/segundo por voltio por centímetro.

$\xi$  : Potencial zeta en voltios

D<sub>c</sub> : Constante dieléctrica

$\mu$  : Viscosidad absoluta en poises.

## 2.13. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

a. **Pérdidas de Carga:** En los floculadores hidráulicos, la energía requerida para la agitación de la masa de agua se obtiene de la pérdida de carga que se produce en la unidad. Esta pérdida de carga tiene tres causas fundamentales:

- ✓ Por cambio de dirección y turbulencias. ( $h_{11}$ )
- ✓ Ensanchamiento y contracción de la sección de escurrimiento. ( $h_{12}$ )
- ✓ Por la fricción en los tramos rectos. ( $h_2$ )

La suma de estas pérdidas constituye la pérdida de carga total. En los floculadores de flujo horizontal, la suma de la pérdida de carga por cambio de dirección y turbulencia más la pérdida debida al ensanchamiento y contracción de la sección es proporcional a la altura de velocidad  $v^2/2g$ .

$$\text{Así se tiene: } h_1 = h_{11} + h_{12} = K \cdot N \cdot v^2 / 2 \cdot g \quad (2.4.)$$

Donde:

K = Constante empírica = 3,5

N = Número de tabiques

v = Velocidad media del flujo

La pérdida de carga por fricción en los tramos rectos se puede calcular con la fórmula de Manning:

$$h_2 = (v \cdot n)^2 / R^{4/3} \cdot L \quad (2.5.)$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning = 0,013 (para superficies de cemento)

R = Radio Hidráulico (m).

L = Longitud del canal (m).

La pérdida de carga  $h_2$  es la que predomina y puede representar hasta el 90% de la pérdida total.

b. **Gradiente de Velocidad:** La potencia disipada por unidad de volumen en floculadores hidráulicos se determina mediante la siguiente expresión:

$$P = g \cdot h / T \quad (2.6.)$$

Donde:

P = Potencia disipada por unidad de volumen (g/ cm<sup>2</sup>. s).

h = Pérdida de carga (cm)

T = Tiempo de retención (s)

g = Densidad del líquido (g/ cm<sup>3</sup>)

El gradiente de velocidad se calcula según la siguiente expresión:

$$G(s-1) = (P/m)^{1/2} \quad (2.7.)$$

Para  $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $m = 0,00001335 \text{ g. s/cm}^2$



# CAPITULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE QUICAPATA

## 3.1. PLANTA DE TRATAMIENTO N° 1

El proyecto modificado adopta a las unidades existentes para producir 360 L/s y tiene las siguientes unidades:

- ◆ Una cámara de llegada y vertedero.
- ◆ Un canal distribuidor.
- ◆ Seis floculadores
- ◆ Cuatro decantadores con sus respectivas tolvas de lodos.
- ◆ Cuatro filtros, cada uno con dos sub. unidades

### 3.1.1. CÁLCULO DE VERTEDERO

El diseño del vertedero que está instalado en la parte superior de la cámara de llegada de agua cruda fue realizada por los técnicos de CES; este vertedero está instalada para fines de medición del caudal de agua cruda que ingresa al tratamiento, pero como la velocidad de llegada a la cámara produce turbulencias y el nivel de agua no se mantiene constante sino oscilante, por tal razón se ha instalado un indicador del nivel de agua con flotador y ésta tiene una regla por donde se desliza el indicador del nivel de agua.

El vertedero está construido de una plancha metálica, cuyo dimensionamiento se puede ver en el detalle.

$$Q = C_e \frac{2}{3} (2. g)^{\frac{1}{2}} b \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (3.1.)$$

**Donde:**

h : Carga hidráulica sobre la cresta del vertedero; (m).

b : Ancho efectivo del vertedero; (m).

B : Ancho del canal de llegada; (m).

$C_e$  : Coeficiente de descarga; adimensional.

$Q$  : Caudal; ( $m^3/s$ ).

Para el vertedero de la planta N° 1, ( $b/B = 0.7$ ), entonces:

$$C_e = 0.594 + 0.03 (h/p) \quad (3.2.)$$

Dónde:

$p$  : Altura desde la base hasta la cresta del vertedero; m.

Datos de las dimensiones:

$$p = 0.20m.$$

$$b = 0.89m.$$

$$B = 1.25m.$$

$$h = 0.60m.; \text{ altura máxima de carga hidráulica}$$

Que se puede medir Reemplazando los datos en la ecuación anterior se tiene los caudales que se puede medir.

**Tabla N° 3.1: Carga hidráulica vs Caudal**

Carga Hidráulica [h] (m.)	Caudal [Q] (L/s)
0.10	50
0.20	146
0.30	275
0.40	434
0.50	621
0.60	835

Actualmente se cuenta con un medidor ultrasónico que registra el caudal en L/s y el caudal acumulado total [ $m^3$ ].

### **3.1.2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA**

La unidad de mezcla rápida es de tipo rampa, a donde cae el agua desde el vertedero produciéndose el resalto en el punto extremo de la pendiente para producir la mezcla con

el coagulante agregado, pero además, en el punto de caída del agua a la rampa es donde cae también la solución de sulfato de aluminio para la coagulación.

#### **Parámetros de Mezcla Rápida:**

- ✓ El gradiente hidráulico en la mezcla rápida es de  $1,233 \text{ s}^{-1}$
- ✓ Tiempo de retención es de 2.31 segundos.
- ✓ Número de Fraude (F) es de 4.54 para conseguir un resalto estable.

#### **3.1.3. DISTRIBUIDOR**

El canal de distribución de flujo tiene 25.10m. De largo para repartir un caudal de 360 L/s a 06 floculadores mediante 06 vertederos de reparto.

#### **Parámetro del canal de distribución.**

- ✓ Para el dimensionamiento de los vertederos de reparto a los Unidades de los floculadores, las relaciones de velocidad en el canal y en los vertederos es:

$$\frac{V_L}{V_c} \leq 0.660 \quad (3.3.)$$

Dónde:

$V_L$  = Velocidad lateral en vertedero; m/s.

$V_c$  = Velocidad en canal; m/s.

$$\frac{V_L}{V_c} \leq 0.603 \text{ (práctico)} \quad (3.4.)$$

- ✓ La variación del caudal entre la primera y la última resulte  $\leq$  a 10%.
- ✓ Gradiente hidráulico en las compuertas es de  $9.21 \text{ s}^{-1}$

#### **3.1.4. FLOCULADOR DE PANTALLAS DE FLUJO VERTICAL**

Actualmente la planta N° 1 tiene 06 unidades floculadores con pantallas de PVC y los marcos con madera de flujo vertical; cada uno de estos floculadores tiene tres zonas de floculación. Como el caudal total de tratamiento es 360 L/s, por cada floculador, 60 L/s.

### **Parámetros siguientes:**

- ✓ Tiempo de retención igual o mayor a 20 minutos.
- ✓ Gradientes de velocidad de 40  $\text{seg}^{-1}$ , 30  $\text{seg}^{-1}$  y 20  $\text{seg}^{-1}$  en la primera, segunda y tercera zona de floculación respectivamente, según los ensayos de laboratorio

### **Primera zona de Floculación**

- ✓ Gradiente hidráulico 49  $\text{s}^{-1}$
- ✓ Tiempo de residencia 7.4minuto
- ✓ Numero de compartimiento entre pantallas 32unidad
- ✓ Separación entre pantallas 0.26m
- ✓ Velocidad en los canales 0.21m/s, Velocidad en los ventanas 0.14m/s

### **Segunda zona de floculación**

- ✓ Gradiente hidráulico 33  $\text{s}^{-1}$
- ✓ Tiempo de residencia 7.4minuto
- ✓ Numero de compartimiento entre pantallas 26unidad
- ✓ Separación entre pantallas 0.33m
- ✓ Velocidad en los canales 0.165m/s
- ✓ Velocidad en los ventanas 0.11m/s

### **Tercera zona de floculación**

- ✓ Gradiente hidráulico 22.2  $\text{s}^{-1}$
- ✓ Tiempo de residencia 7.4minuto
- ✓ Numero de compartimiento entre pantallas 21unidad
- ✓ Separación entre pantallas 0.44m
- ✓ Velocidad en los canales 0.124m/s
- ✓ Velocidad en los ventanas 0.08m/s

### **3.1.5. VERTEDERO DE SALIDA DE LOS FLOCULADORES AL CANAL DE REUNIÓN DE AGUA FLOCULADA**

El agua floculada ingresa al canal de reunión por medio de vertederos, el mismo que debe diseñarse, de tal manera que los flóculos formados no se rompan al pasar pero también

debe mantener el gradiente de los últimos compartimientos del floculador para que los flóculos formados no sedimenten al fondo.

El vertedero de salida es de tipo de cresta inclinada, por donde fluye el agua floculada manteniendo el nivel de agua en la salida del floculador hacia el canal de recolección; así mismo el ancho del vertedero se mantiene igual al ancho del floculador. El parámetro importante para el diseño es el gradiente hidráulico, y este se determinará variando la altura de agua en el vertedero.

- ✓ Gradiente hidráulico  $20.872 \text{ s}^{-1}$
- ✓ Velocidad en los vertederos  $0.227 \text{ m/s}$

### **3.1.6. CANAL DE REUNIÓN DE AGUA FLOCULADA**

El canal de agua floculada recibe el flujo de los seis vertederos de salida de los floculadores, así mismo desde este canal se reparte hacia los canales repartidores para los decantadores. El diseño de este canal se basa en su gran capacidad de conducción muy por encima del caudal tratado, por lo que este canal trabaja con nivel de agua que hay entre la salida de los floculadores y el punto de descarga a las tuberías recolectoras con orificios del decantador. Este canal tiene 1.10 m. de ancho y 2.45 m. de altura, y por la misma función de ser un canal intercomunicador de nivel de agua, tiene una pendiente mínima.

### **3.1.7. CANAL DISTRIBUIDOR DE AGUA FLOCULADA**

El canal distribuidor de agua floculada tiene la función de repartir uniformemente por debajo de las placas inclinadas de asbesto cemento, a fin de que el flujo sea uniforme a través de ellas. El tipo del canal de reparto, es de ancho uniforme y de altura variable, con salidas laterales de orificio de 6" de diámetro, los mismos que están ubicadas en la parte inferior del canal.

Para los cálculos de diseño se tiene los mismos parámetros que se ha adoptado del canal distribuidor de agua coagulada: relación de velocidades en el canal y en los orificios es  $\leq 0.462$ , así mismo también la variación de caudal entre el primer y el último orificio debe ser  $\leq 10\%$ .

Hay 04 canales distribuidores para 08 decantadores.

- ✓ Ancho del canal;  $B = 0.80 \text{ m.}$
- ✓ Longitud del canal;  $L = 8.95 \text{ m.}$
- ✓ Velocidad lateral en los orificios;  $VL = 0.18 \text{ m/s.}$
- ✓ Separación entre los orificios;  $a = 0.50 \text{ m.}$

### 3.1.8. COLECTOR MÚLTIPLE CON ORIFICIOS PARA EXTRACCIÓN DE LODO DEL DECANTADOR.

Los colectores de lodos de los decantadores están diseñados para extraer uniformemente de la tolva de lodos, por un canal de extracción y este tiene orificios de succión a lo largo del canal; así mismo el canal colector descarga en el canal general de descarga o limpia, el cual es controlado a través de una válvula; pero a la vez cada decantador son controlados por una válvula de pie hacia el canal general de recolección de lodos.

- ✓ Longitud del decantador;  $L = 8.95 \text{ m}$
- ✓ Ancho del decantador;  $B = 6.20 \text{ m}$
- ✓ Ancho del canal;  $b = 0.30 \text{ m}$
- ✓ Altura canal; variable  $Av = \text{de } 0.15 \text{ a } 0.40 \text{ m}$
- ✓ Profundidad de la tolva;  $h = 1.20 \text{ m}$
- ✓ Profundidad decantador;  $H = 4.00 \text{ m}$

La capacidad de almacenamiento de lodos producidos de los decantadores, se calcula considerando que los lodos deben alcanzar 0.50m por encima del nivel desde donde inicia la pendiente de la tolva hacia el punto de descarga principal que es la válvula de pie  
Volumen de la capacidad de almacenamiento de los lodos en las tolvas es:

$$V_{CD} = B \times L [(h/6) + h'] \times N \quad (3.5.)$$

$$= 6.2 \times 8.95 [(1.2/6) + 0.5] \times 4$$

$$V_{CD} = 155.37 \text{ m}^3$$

Caudal de lodos producidos, se calcula utilizando la ecuación dada por Arboleda basado en los estudios realizados por Camp y Hudson, para el cual se adoptará una dosificación promedio de 25 mg/l

$$V_L = 0.153 \times Q \times D \quad (3.6.)$$

$$V_L = 0.153 \times 0.36 \times 25 \times 24$$

$$V_L = 33.048 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dónde:

$V_L$  = Volumen de lodos producidos en una hora;  $\text{m}^3$

$Q$  = Caudal tratado en planta;  $\text{m}^3/\text{s}$

$D$  = Dosis de coagulante;  $\text{mg}/\text{l}$

Frecuencia de descarga de los lodos

$$F = V_{CD} / V_L = 155.37 / 33.048$$

$$Z = 4.7 \cong 5.0 \text{ días}$$

Diámetro de los orificios de descarga

$$d = x / [1.162 \times (H^{0.5} / V_a)^{0.5}]$$

Dónde:

$x$  = Separación de los orificios;  $\text{m}$  (1.0 m)

$H$  = Profundidad del decantador;  $\text{m}$

$V_a$  = Velocidad de arrastre;  $\text{cm}/\text{s}$  ( $V_a = 1.0 \text{ cm}/\text{s}$ )

$$d = 1 / [1.162 \times (4^{0.5} / 0.01)^{0.5}]$$

$$d = 0.06\text{m} = 60\text{cm}$$

### 3.1.9. DECANTADOR DE PLACAS PARALELAS

El decantador existente, la misma que fue construida teniendo en cuenta que debe ser de alta eficiencia en comparación a los sedimentadores tradicionales; el decantador es de tipo laminar, provisto de placas paralelas de asbesto cemento, por el cual, el agua floculada pasa desde la parte inferior hacia arriba en forma ascendente atravesando las placas con un flujo de tipo laminar y finalmente el agua decantada es recolectada por las tuberías de recolección que a la vez vierte el agua al canal central que conduce hacia los filtros. En realidad, en este tipo de decantadores los efectos que favorecen la remoción de las partículas flóculos suspendidas es:

- ◆ Aumento del área de sedimentación
- ◆ Disminución de la altura de caída de la partícula.
- ◆ Régimen de flujo laminar
  - ✓ Separación de las placas en el plano horizontal  $e' = 0.10$  m
  - ✓ Espesor de las placas  $e = 0.6$  cm
  - ✓ Angulo de inclinación de las placas =  $60^\circ$
  - ✓ Espaciamiento entre las placas  $d = 8.06$  cm
  - ✓ Velocidad de sedimentación:  $V_s = 0.025$  cm/s (Ensayo realizado en laboratorio)
  - ✓ Número de canales formados por las placas  $N = 116$
  - ✓ Número de Reynolds

$$Nr = 4 \times R_H \times V_o / \nu \quad (3.7.)$$

Dónde:

$\nu$  = viscosidad cinemática;  $\text{cm}^2/\text{s}$

$\nu = 0.01146$  (  $15^\circ\text{C}$  )

$R_h$  = Radio hidráulicas de módulos de placas cm

$Nr = 4 \times 3.89 \times 0.199 / 0.01146$

$Nr = 270$



### 3.1.10. UNIDAD DE LOS FILTROS

El sistema de filtración está compuesto por una batería de 04 unidades, con un sistema de lavado con agua a presión el mismo que es generado por el tanque elevado; los filtros son de flujo descendente y tiene un lecho filtrante de antracita y arena.

El filtro es de flujo descendente, con un sistema de lavado por tanque elevado y con una tasa de filtración promedio de  $250 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ . Cada unidad tiene 6.0 m. de largo y 5.20 m. de ancho útil, y un área útil de  $30.86 \text{ m}^2$ . El falso fondo modificado tiene 0.50 m. de altura; así mismo el drenaje está conformado por viguetas pre-fabricadas con orificios de 1" cada 15cm. en ambos lados.

La cama de soporte está compuesta por grava con tamaño de 2.0" a 1/8" de diámetro y un espesor de 0.45 m.; así mismo el medio filtrante está constituido por arena y antracita seleccionada de las siguientes características.

**Tabla Nº 3.2: Características de las unidades de filtro**

<u>CARACTERÍSTICAS</u>	<u>ARENA</u>	<u>ANTRACITA</u>
Espesor de la capa (m.)	0.30	0.50
Tamaño efectivo (mm.)	0.56	0.84
Coefficiente de uniformidad	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$
Tamaño del grano más pequeño (mm)	0.42	0.71
Tamaño del grano mayor (mm.)	1.41	2.00

### 3.2. PLANTA DE TRATAMIENTO Nº 2

Esta planta mantiene el funcionamiento de las unidades de proceso de tipo hidráulico y comprende de las siguientes unidades:

- ✓ Mezclador Parshall
- ✓ Canal distribuidor
- ✓ Floculador de pantallas de flujo vertical
- ✓ Sedimentador convencional
- ✓ Filtros de alta tasa y de lavado mutuo

### 3.2.1. MEZCLADOR PARSHALL.

El agua cruda llega del embalse a la planta N<sup>o</sup> 2 por una tubería de Ø 12", primero llega a una cámara rompe presión, y de ésta el agua es conducida por un canal rectangular con techo hasta el mezclador Parshall, al cual también está llegando la tubería que vierte la solución de sulfato de aluminio. A continuación se muestra los cálculos de dimensionamiento del mezclador Parshall que tiene una garganta de 0.305 m. y para un caudal de 182L/s.

- ✓ Tiempo de residencia = 0.91 s.
- ✓ Gradiente hidráulico = 1,131 s<sup>-1</sup>
- ✓ Numero de Froude = 2.192
- ✓ Altura del resalto = 0.51m
- ✓ Velocidad en el resalto = 1.17m/s

### 3.2.2. CANAL DISTRIBUIDOR

El canal distribuidor existente no cumple la de distribuir el agua coagulada, sino hay mucha desviación en el reparto y por ésta razón se ha colocado compuertas metálicas graduables para cada vertedero lo cual no es adecuado cuando varía el caudal. Un canal de interconexión con los floculadores de 9.70m de largo con un desnivel de 2.41m, desde el inicio de la canaleta Parshall hasta la compuerta de derivación al canal de distribución a los floculadores o alternativa al canal de desviación a los filtros, para operar con filtración directa.

Un canal de distribución a los floculadores de 11.90m de largo, ancho variable entre 0.56m y 0.28m y profundidad constante de 0.55m tiene ocho orificios laterales de 0.275m de ancho y 0.535m de altura, mediante las cuales se distribuyen a las unidades de floculación. El ingreso a este canal se efectúa mediante una compuerta de 0.557m de ancho y 0.35m de altura.

Ocho unidades de floculación hidráulica, de pantalla de flujo vertical de 4.85m de largo, 1.375m de ancho y 2.40m de altura, cada una la separación de las pantallas es de 0.51m y el gradiente hidráulico es 40 s.<sup>-1</sup>, 30 seg.<sup>-1</sup> y 20 s.<sup>-1</sup>. y el tiempo de residencia es 20 minutos.

Una sola unidad de decantación de tipo convencional, de flujo horizontal, de 26.12m de largo, 11.58m de ancho y altura variable de 2.36m en la zona de recolección y 3.15m en la zona de entrada.

Ocho vertederos de salida de las unidades de floculación y una pantalla compacta ubicados a 0.50m de los vertederos a todo lo ancho de la unidad. Una batería de cuatro filtros de lecho doble de antracita y arena para operar con tasa declinante y con un sistema de retro lavado del tipo en que una unidad se lava con el flujo que produce por lo menos los tres restantes. Cada filtro tiene 13.52m<sup>2</sup> de área filtrante.

### 3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA GRAVA DE LOS FILTROS DE PLANTA N°2

**Tabla N°3.3: Distribución del material en los filtros**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ARENA</b>	<b>ANTRACITA</b>
Espesor de la capa (m.)	0.30	0.50
Tamaño efectivo (mm.)	0.56	0.84
Coefficiente de uniformidad	≤ 1.5	≤ 1.5
Tamaño del grano más pequeño (mm)	0.42	0.71
Tamaño del grano mayor (mm.)	1.41	2.00

### 3.3. SISTEMA DE CONTROL Y DE DOSIFICACIÓN

El departamento de Producción cuenta con medidor Parshall al ingreso del embalse, así como un medidor ultrasónico en la planta N°1, y la canaleta Parshall en la planta N°2.

#### 3.3.1. DOSIFICADORES DE SULFATO DE ALUMÍNIO

Los equipos dosificadores tienen la función de preparar la solución al 2.0% en peso de sulfato de aluminio, pero fundamentalmente estos equipos tienen que dosificar exactamente igual dosis el tiempo que funcione mientras no sea modificada la calibración. Los dosificadores de sulfato de aluminio tiene un motor-reductor accionado hacia un eje sin-fin, el cual dosifica el sulfato de aluminio depositado en la tolva haciendo caer hacia el

tanque de solución según la velocidad calibrada; obviamente el equipo tiene una curva de calibración de unidades contómetro versus peso de sulfato aluminio dosificado, pero en la práctica ésta curva no es tan exacto, por lo que generalmente se calibra cada vez utilizando una balanza de triple barra realizando varias pesadas hasta encontrar la dosificación deseada. Este equipo tiene también un tanque de solución de 180 litros de capacidad, al cual el agua ingresa controlado por una llave de tipo compuerta, pero lo importante es que en el tanque hay un eje agitador de tipo hélice con tres paletas de acero inoxidable; este agitador está accionado por un motor monofásico de ¼ de HP de 1725 r.p.m. al igual que el motor-reductor; luego disolverse el sulfato de aluminio y lográndose la solución concentrada, este sale por una tubería de 1 ½" de Ø que a la vez controla el nivel de solución en el tanque, y esta solución se vierte en la garganta del parshall o en la caída del vertedero en la otra planta. Cada planta tiene dos dosificadores para un funcionamiento alternado y tiene la siguiente especificación:

Dosificadores : 02 Unidades  
Capacidad : 2,000 gr/min.  
Tipo : Volumétrico – al seco.  
Marca : Wallage & Tiernan  
Serie : SS30964/A-690522

Motor – Reductor :

- Marca : General Electric  
- Serie : SKH37KG/09S  
- Potencia : 1/4 HP  
- R.P.M. : 1725  
- Voltaje: 220 volt.

Agitador :

- Marca : Century  
- Serie : CS - 8-123085-02

- Potencia : 1/4 HP
- R.P.M. : 1725
- Voltaje : 220 volt.

Cálculo de peso de sulfato de aluminio a dosificar considerando dosis máxima: 60 mg/L planta N° 1

$$\text{Pesosa} = 70 \times 360 \times 60 / 1000 = 1296 \text{ g/min}$$

El peso calculado está por debajo de la capacidad de los dosificadores instalados, es decir que estos equipos seguirán utilizándose aun cuando las plantas operen en sus capacidades máximas.

### 3.3.2. DOSIFICADORES DE CLORO

Después de clarificar al agua se dosifica el cloro para realizar la desinfección. El cloro se adquiere comercialmente en botellas de acero de 100 y 150 lb, envasado a presión en forma líquida; luego el cloro se dosifica utilizando equipos cloradores al vacío de 100 lb/24 horas de capacidad. Los equipos cloradores consta del clorador propiamente dicho que principalmente tiene diafragmas de apertura, y a través de ella también se controla la presión y se es que excede ésta se abre hacia el escape o ventilador; luego el cloro ingresa al medidor rotámetro de vidrio colocado en el clorador en forma vertical, de tal manera que el cloro gaseoso ingresa por la parte inferior del medidor y sale para arriba elevando el indicador del flujo para la lectura, y el cloro pasa por una llave check y de este sale la manguera que conduce hacia el inyector; el inyector es un tubo Venturi y a través de ella pasa una corriente de agua a 25 psi (medido en el manómetro instalado antes del inyector) que crea una presión negativa en la garganta o sea un vacío parcial, el cual se comunica por el conducto de manguera hacia el clorador abriendo el check; entonces el cloro se mezcla en el inyector y la solución concentrada se conduce por una tubería de 1" de Ø hacia el punto donde se inyecta a la tubería matriz de agua clarificada que viene de los filtros. El agua

utilizada para el funcionamiento de los cloradores es del tanque elevado. Para cada planta hay un clorador y las especificaciones es como sigue:

CLORADOR DE PLANTA N° 1

- 01 CLORADOR
- MARCA : WALLACE & TIERNAN PENNWALT
- MODELO : V - 100
- CAPACIDAD : 100 Lb/24 Horas
- INCLUYE:
  - 01 VÁLVULA REGULADORA
  - 01 INYECTOR AL VACÍO

CLORADOR DE PLANTA N° 2

- 01 CLORADOR
- MARCA : ADVANCE - CHLORINATOR
- MODELO : 480
- CAPACIDAD : 100 Lb/24 horas
- INCLUYE : INYECTOR AL VACÍO

El cálculo de cloro a dosificar durante las 24 horas a la planta N° 1 considerando una dosis promedio de 2.0mg/L es como sigue:

$$\text{Pesocloro} = 360 \times 86400 \times 1.3 / 10^6 = 40.435 \text{ Kg.}$$

$$\text{Pesocloro} = 89.064 \text{ Lb}$$

El peso de cloro dosificado a la planta de mayor producción es menor a la capacidad de dosificación de los cloradores instalados.

### **3.4. BOMBAS DE DIAFRAGMA PARA LA DOSIFICACIÓN DE POLICLORURO DE ALUMINIO**

Las especificaciones técnicas de la bombas de para la dosificación de policloruro de aluminio.

- ✓ El Equipo es: Monofásico para 220 voltios
- ✓ Caudal de 0 a 45 l/h
- ✓ Contra Presión de 3 a 4 bar
- ✓ Protección de 55 IP
- ✓ Volumen de impulsión: 4 ml/impulso
- ✓ Altura de succión 5 mca
- ✓ Accesorios: accesorios completo de succión y de inyección

### **3.5. LÍNEA DE ADUCCIÓN**

- ✓ Dos líneas de aducción de Quicapata al reservorio de Libertadores con tubería de 10pulgadas y 16pulgadas de diámetro suministran a dos reservorios de 1000 a 2000m<sup>3</sup> de capacidad respectivamente.
- ✓ La línea de aducción de Quicapata al reservorio de Acuchimay con tubería de 12pulgadas de diámetro con capacidad de 2,500m<sup>3</sup>
- ✓ La línea de aducción de Quicapata a reservorio de Miraflores con tubería de 10pulgadas de diámetro y capacidad de 1,500m<sup>3</sup>, tipo apoyado de forma circular.
- ✓ Reservorio de pueblo libre alta con capacidad de 200m<sup>3</sup> al cual abastece con sistema de bombeo.
- ✓ Reservorio de pueblo libre baja de 100m<sup>3</sup> al cual abastece con sistema de bombeo
- ✓ Reservorio de río seco con capacidad de 200m<sup>3</sup> al cual abastece con sistema de bombeo del reservorio libertadores
- ✓ Reservorio picota con capacidad de 250m<sup>3</sup> al cual abastece con sistema de bombeo.
- ✓ Reservorio de Vista Alegre con capacidad de 200m<sup>3</sup> al cual abastece con sistema de bombeo de Quicapata.
- ✓ Reservorio San José de capacidad de 80m<sup>3</sup> al cual abastece de la línea de libertadores de 4pulgadas.

### **3.6. ALMACENAMIENTO**

Cuenta con 12 reservorios, de los cuales 2 están ubicados en la planta de tratamiento y los restantes en la ciudad.

### **3.7. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Para los efectos de distribución o de abastecimiento de agua potable a la ciudad, las redes de distribución de agua potable que cubren estas están comprendidas por redes matrices de 4", 6", 10", 12" y 14" de diámetro. Además existen redes de alcantarillado de servicio local con diámetro de 5" en el casco central y de 8" en zonas periféricas, con 8 colectores con diámetro de 8", 10" y 12" y un emisor principal de 1.0m de diámetro que recolecta las aguas residuales para ser conducidas hasta la planta de tratamiento de aguas residuales de Totorá.



## CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describirá las metodologías y técnicas de laboratorio referido a la turbiedad, la determinación del pH, la determinación de la temperatura y la prueba de jarras, detallando para cada uno de ellos, los procedimientos y protocolos que se utilizan.

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD

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

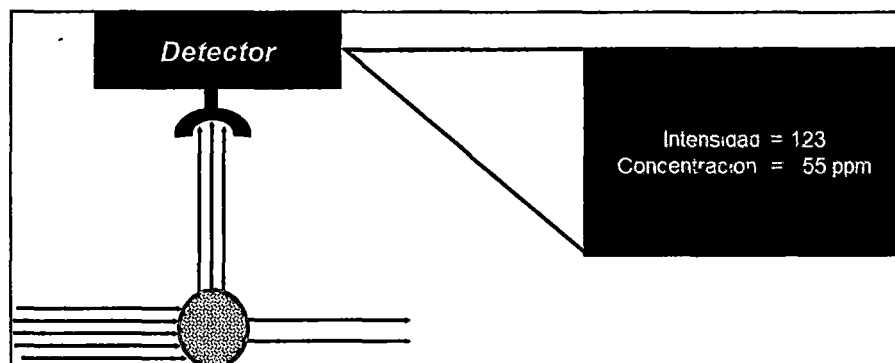
#### a) Objetivos del Análisis:

Determinar la turbidez de muestras de agua potable, subterráneas y superficiales mediante el método nefelométrico

#### b) Fundamentos del método:

La luz que se dispersa debido a las partículas es recogida por el detector (el cual se encuentra a  $90^\circ$  con respecto al haz de radiación). La cantidad de luz dispersa es proporcional a la turbidez de la muestra en Unidades Nefelométricas de Turbidez.

**Figura Nº 4.1: Mecanismo de detección de un Turbidímetro**



Fuente: Manual de Análisis químico – EPSASA 2012

### c) Interferencias:

La turbidez puede determinarse en cualquier muestra de agua libre de residuos y de sedimentos gruesos. El material de vidrio sucio, la presencia de burbujas de aire, las cuales pueden presentarse en la muestra durante la agitación, pueden dar resultados falsos.

### d) Equipos y materiales:

- ✓ Nefelómetro ó turbidímetro.
- ✓ Celdas o tubos de medición
- ✓ Balanza analítica, con 0.1mg de precisión.
- ✓ Fiolas de 100 mL
- ✓ Pipetas volumétricas de 5 mL y 10 mL.
- ✓ Equipo de filtración.
- ✓ Filtro de membrana de 0.1 $\mu$ m.

### e) Reactivos

- ✓ **Agua Libre de Turbiedad:** Filtrar agua destilada en papel filtro con un tamaño de poro menor de 0.2  $\mu$ m. Para este fin se puede utilizar filtro de membrana. Se debe enjuagar el recipiente en que se recoja el filtrado y descartar los primeros 200 ml obtenidos. El agua así obtenida se puede considerar como 0.0 NTU.
- ✓ **Agua de baja turbiedad: con un valor nominal de 0.2 NTU:** Se llevan 10 ml de suspensión stock de formacina (agitar previamente el frasco con dicha suspensión) a una fiola de 100 ml y se enrasa con agua libre de turbidez. Esta suspensión es estable durante un mes.
- ✓ **Suspensión Estándar de Formacina 40 NTU:** Se llevan 10 ml de suspensión estándar de formacina de 400 NTU (agitar previamente) a una fiola de 100 ml y se enrasa con agua libre de turbidez. Preparar diariamente.

- ✓ **Suspensión Estándar de Formacina 4 NTU:** Se llevan 10 ml de suspensión estándar de formacina de 40 NTU (agitar previamente) a una fiola de 100 ml y se enrasa con agua libre de turbidez. Preparar diariamente.

**f) Procedimiento:**

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

**g) Manejo del turbidímetro HACH modelo 2100P:**

- ✓ Llenar la muestra de agua en la celda de muestreo y limpiar la celda.
- ✓ Prender el turbidímetro y seleccionar el rango de medida y nuevamente apretar el botón de encendido y esperar a que salga 0.00.
- ✓ Agitar la muestra asegurándose de que no presente huellas de suciedad e insertar la celda en el porta muestra y presionar: READ

## **4.2. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

**a) Objetivo y principio del análisis:**

El objetivo del método es determinar el valor de pH de muestras de aguas potables y residuales que se obtiene por medidas potenciométricas usando un electrodo de vidrio. El pH se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones de hidrógeno y representa el grado de alcalinidad o acidez de una solución. En las aguas crudas el pH tiene un valor óptimo en el cual se logra una mejor coagulación. En las

aguas tratadas, se relacionan los valores del pH con los de Alcalinidad para conocer mediante la curva de Baylis la calidad corrosiva o incrustante del agua.

**b) Interferencias:**

Los iones sodio causan interferencias cuando se miden pH altos, por la baja actividad del ión hidrógeno. A pH menores que 12 el error es insignificante, debido a que la membrana del electrodo está compuesta por un vidrio especial que arroja bajo error, sin embargo, a pH mayores que 12 se debe agregar un valor de corrección.

**c) Rango de trabajo:**

El rango de trabajo de pH es de 0 a 14.

**d) Reactivos:**

- ✓ Soluciones Buffer Certificados de pH 4.01, 7.00 y 10.00
- ✓ Solución de EDTA, 0.1M: Pesar 37.2 g de la sal sódica de dietil-tetramino acético, disolver y diluir a 1 litro con agua destilada.
- ✓ Ácido clorhídrico, HCl, 0.1M: (Medir 8.5 ml de HCl concentrado y diluir a 1 litro) con agua destilada

**e) Materiales:**

- ✓ Vasos de 150 ml.

**f) Equipos:**

- ✓ pH meter CG 840.
- ✓ Electrodo combinado de pH.

### **g) Procedimiento:**

- ✓ El electrodo de pH consta de las siguientes partes:
  - Cámara interna
  - Orificio de llenado
  - Electrodo de referencia
  - Unión de referencia
  - Bulbo sensor de pH
- ✓ Limpiar el bulbo con agua destilada. Llenar el electrodo por el orificio de llenado con la solución electrolítica de KCl 3 mol/L, el nivel de llenado debe encontrarse una pulgada por encima del nivel de la muestra. Agitar el electrodo como un termómetro clínico, para remover las burbujas de aire.
- ✓ El electrodo de pH debe almacenarse en 200 ml de solución buffer de pH 7 al cual se agregó 1 g de KCl.
- ✓ Para eliminar sales inorgánicas, sumergir el electrodo en una solución ácida de HCl 0.1 M por 30 minutos. Luego enjuagar con agua destilada y sumergir el electrodo en un solución de EDTA 0.1 M por 15 minutos.
- ✓ Para eliminar los residuos de aceites y grasas, sumergir el electrodo en metanol por 30 minutos.
- ✓ Para eliminar residuos de proteínas, sumergir el electrodo en una solución de hipoclorito de sodio al 10% por 5 minutos.
- ✓ Después de realizar algún procedimiento de limpieza, drenar la solución interna y rellenar la cámara con solución electrolítica.

### **h) Medición:**

- ✓ Sumergir el electrodo en la primera solución tampón y oprimir la respectiva tecla de valor de pH. En la pantalla aparecen << Cal >>, <<WAIT>>, <<P1>> y el respectivo valor. Cuando está identificada la solución tampón, el indicador <<WAIT>> es intermitente; tan pronto como el valor se ha estabilizado, se apaga

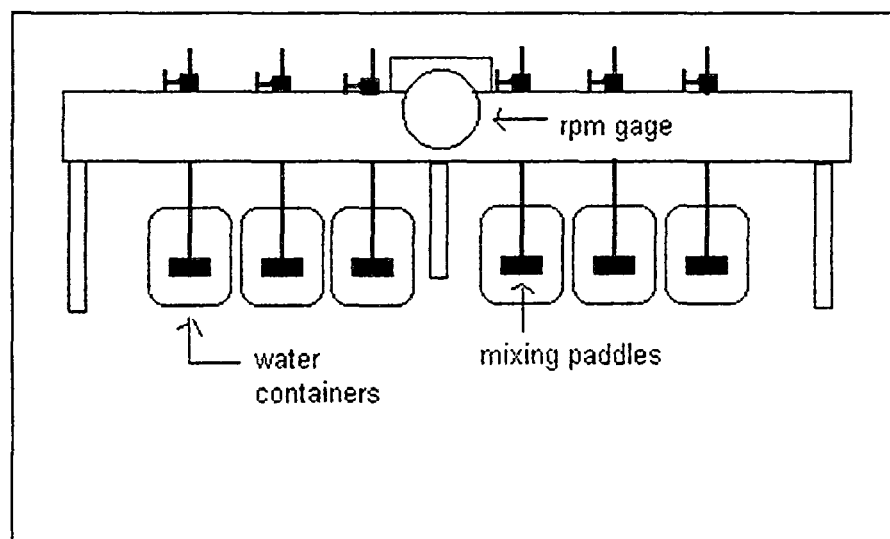
<<WAIT>>. El indicador <<P2>> intermitente invita a continuar con la calibración.

- ✓ El electrodo se enjuaga con agua destilada y se repite el proceso con la segunda solución tampón. Cuando el medidor de valor-pH ha asumido la calibración aparece <<CAL>> y <<OK>>, luego el punto cero del electrodo en <<pH >> y la pendiente en <<%>>. Ahora se encuentra.
- ✓ Preparado el medidor de valor - pH con el electrodo para la medición. Si se desea que aparezcan el punto cero y la pendiente en forma repetida, es necesario oprimir una de las teclas de valor de tamponamiento y luego la tecla <<pH>>.

### 4.3. PRUEBA DE JARRAS

La prueba de jarras simula a pequeña escala los procesos de coagulación y floculación para la obtención de la dosis para luego llevar a la planta de tratamiento a gran escala. Este método permite realizar ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Una prueba de jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor.

**Figura N° 4.2: Esquema de un equipo de jarras**



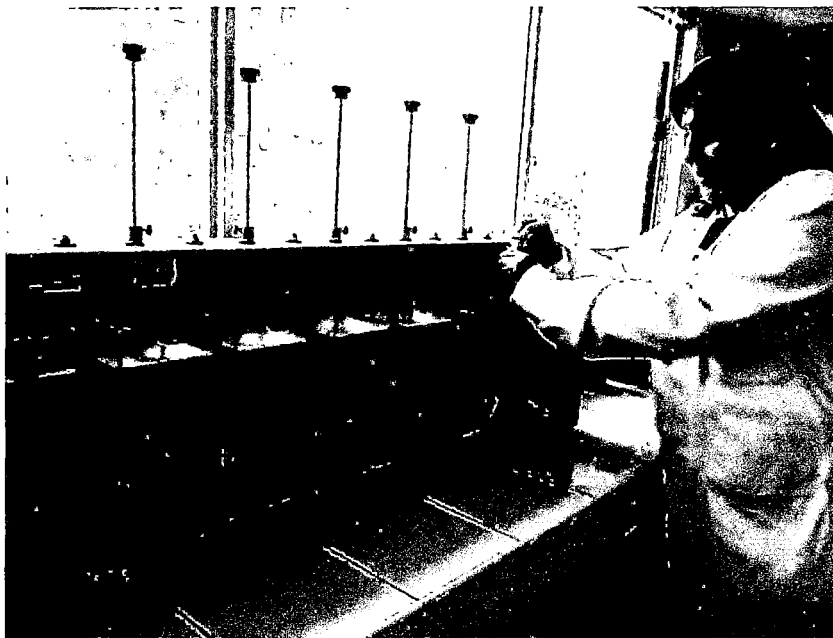
**a. Aparato para la prueba de jarras:**

El aparato de prueba de jarra contiene seis contenedores cada uno de 2 litros con sus respectivos remos. Un envase actúa como un control, mientras que las condiciones de funcionamiento puede variar entre los restantes cinco contenedores. Un medidor de RPM en la parte superior central del dispositivo permite el control uniforme de la velocidad de mezclado en todos los contenedores (Figura N° 4.2).

**b. Procedimiento:**

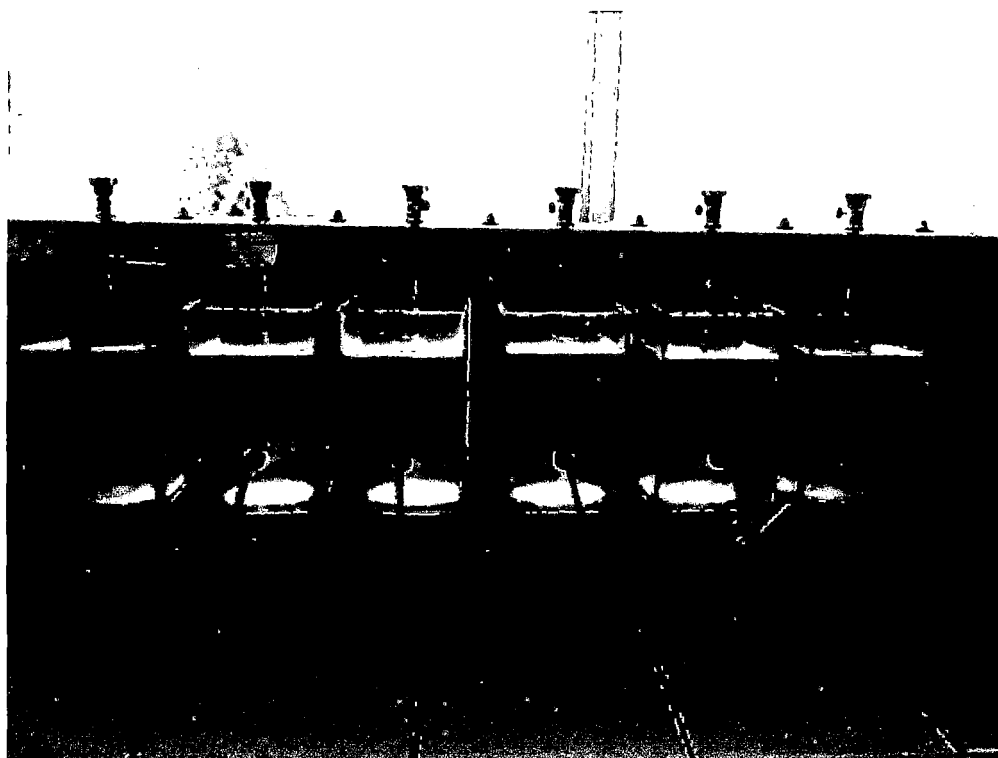
- ✓ Llenar los recipientes con la muestra de agua cruda. Un contenedor se utilizará como control mientras que los otros cinco contenedores se puede ajustar dependiendo de qué condiciones se encuentran en evaluación. Por ejemplo, el pH de los frascos se puede ajustar o variaciones de las dosis de coagulante se puede agregar a determinar las condiciones óptimas de funcionamiento.
- ✓ Añadir el coagulante a cada contenedor y agitar a aproximadamente a 260 ó 270 rpm por 1 minuto. La etapa de mezcla rápida ayuda a dispersar el coagulante a través de cada contenedor. Los coagulantes empleados son el sulfato de aluminio y PAC, que ayudan a producir pequeños agregados para formar partículas más grandes.

**Imagen N° 4.3: Prueba de jarras**



- ✓ Luego a los 30 segundos de la mezcla rápida se adiciona el PAC, luego viene el proceso de floculación por un tiempo de 40 rpm y la sedimentación en un tiempo de 20 minutos a una revolución de cero. Inmediatamente después se procede a realizar la lectura de la turbidez del agua cruda utilizando el turbidímetro.

**Imagen N° 4.4: Prueba de jarras, etapa de mezcla rápida**



- ✓ Apague los agitadores y permitir que los contenedores actúen con sedimentadores por un tiempo de 20 minutos. A continuación, medir la turbidez final en cada contenedor. La turbidez final se puede evaluar más o menos a simple vista o con más precisión usando un nefelómetro.

#### **4.4. DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE**

Los resultados obtenidos se analizan y se escoge la dosis optima como la que presenta menor turbidez y color, para cada concentración de coagulante. En esta prueba se tomaron concentraciones de sulfato aluminio 15%, 18%, 20%, 25%, 28% y 30%, y luego se hace un segundo procedimiento, estandarizando la dosis optima del sulfato de aluminio y



procedemos a realizar el segundo test de jarras adicionando el POLIFLOC (PAC) alternando las concentraciones 0,1 hasta 0,6 ppm y determinamos la dosis optima, también se determinó la variación de pH respecto a la concentración y dosis de coagulante.

#### **4.5. VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN**

En esta prueba se observa el comportamiento de los flóculos producidos con respecto al tiempo de sedimentación, esto permite comparar entre valores óptimos no solo desde el punto de vista de la concentración y la dosis sino también el de la velocidad de sedimentación y así tener argumentos a la hora de escoger la mejor dosis que produjeron resultados positivos durante el ensayo de dosis óptima; se tomaron muestras con diferentes tiempos de sedimentación y se evaluó la turbidez y el color residual.

#### **4.6. pH ÓPTIMO**

El objetivo es determinar el rango de pH óptimo que caracteriza al agua a tratar, el cual varía según la muestra y los coagulantes empleados, los valores por encima o por debajo de dichos rangos producen efectos negativos en el tratamiento. El pH inicial de cada jarra estaba en un rango entre 6.5-7.5 unidades y se determinaron los parámetros finales ya nombrados.

#### **4.7. GRADIENTE Y TIEMPO ÓPTIMO DE COAGULACIÓN**

La dispersión del coagulante en el agua es un factor muy importante cuando la desestabilización de las partículas coloidales se produce por efecto de adsorción-neutralización pero no afecta en gran medida si la coagulación se produce por barrido; el objeto de esta prueba es analizar de manera cualitativa la influencia de la intensidad y el tiempo de mezcla rápida en el proceso de coagulación. Las velocidades que se usaron fueron 270 y 260 rpm, distribuyendo el coagulante en cada jarra cada 10 s.

#### 4.8. GRADIENTE Y TIEMPO ÓPTIMO DE FLOCULACIÓN

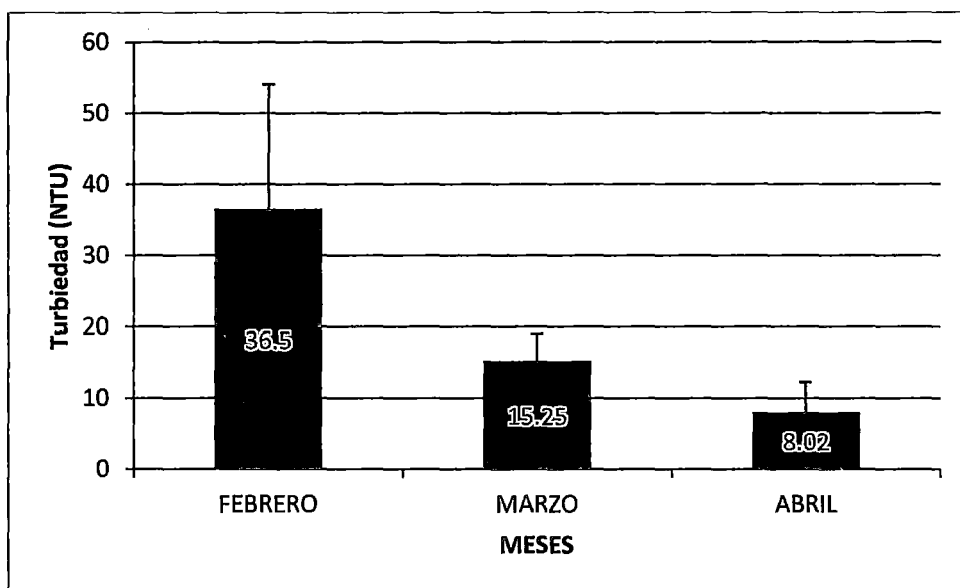
La finalidad es conocer la intensidad y el tiempo de contacto óptimo que se le debe dar al proceso de floculación para que las partículas coloidales puedan adherirse y formar un material que sedimente rápidamente y que no se destruya al pasar por los filtros. El proceso seguido para realizar esta prueba consistió en realizar el proceso de mezcla rápida con los parámetros hasta ahora encontrados como óptimos, se deja que ocurra la floculación a la velocidad programada de 40 rpm para el proceso de floculación hasta que se cumpla el tiempo de 15 min que es el tiempo determinado y se observa la calidad del agua sedimentada.

## CAPITULO V: SELECCIÓN DEL COAGULANTE ÓPTIMO

Para la selección del coagulante óptimo, es necesario utilizar la prueba de jarras, la cual nos podrá mostrar la curva de selección, de esta manera elegir el punto más bajo en relación con la turbidez final de la muestra en estudio.

A continuación se muestra en primer lugar el promedio de turbidez del agua de ingreso a la planta de tratamiento de Quicapata.

**Figura N°5.1: Valores Promedio de Turbidez - 2014**

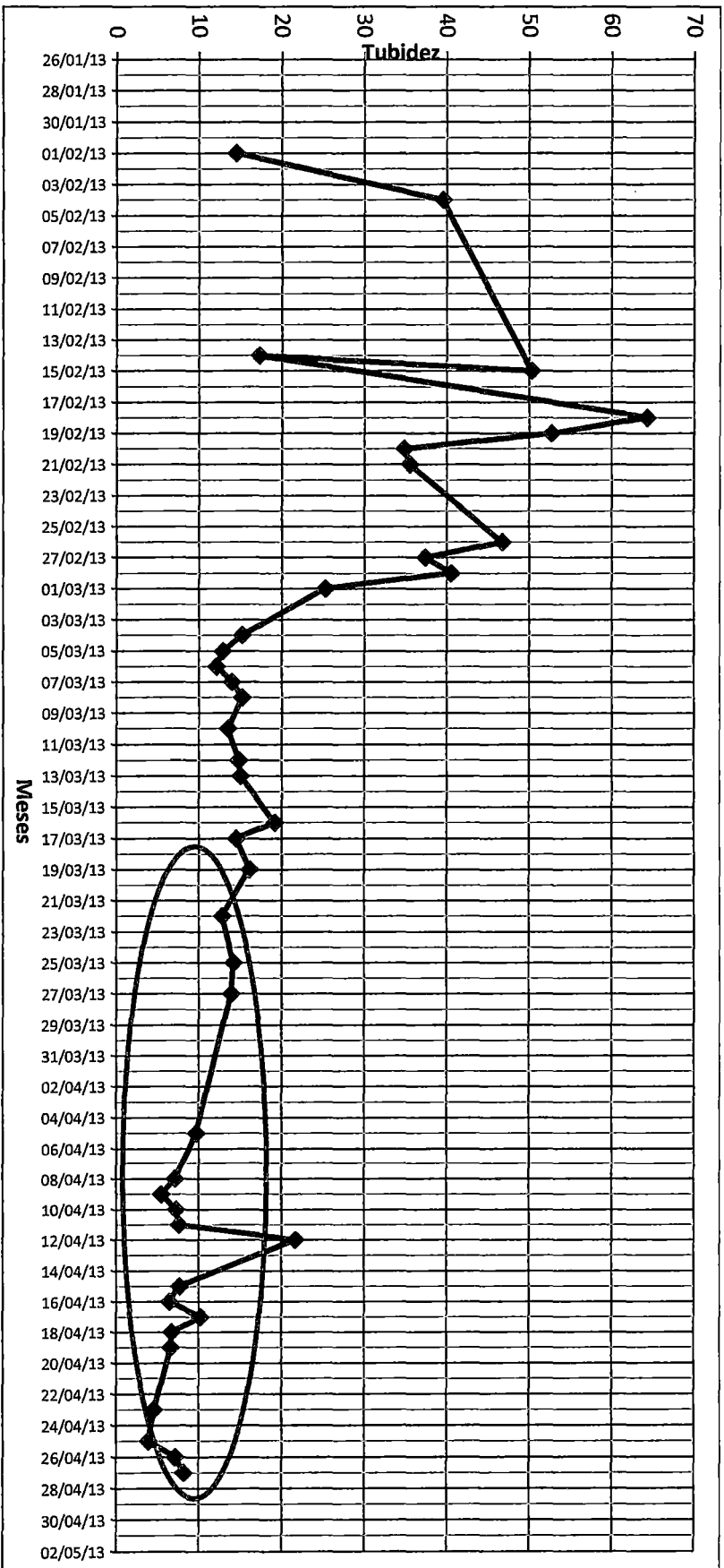


Fuente: Planta de Tratamiento de Agua Potable "Quicapata" -2014

La turbiedad varia en los meses de febrero y marzo (se incrementa debido a la presencia de las lluvias) y menor en abril.

Todos los valores de los tres meses en estudios se muestra en la figura N°5.2, donde podemos observar que la turbidez es mayor en los meses de febrero y marzo, debido al incremento de las lluvias en la ciudad de Ayacucho, pero desciende considerablemente en el mes de abril. Esto nos permite seleccionar solo los valores donde se tengan turbiedades por debajo de 20 NTU

**Figura N°5.2: Valores de Turbidez entre los meses de Febrero, marzo y abril - 2014**



Fuente: Planta de Tratamiento de Agua Potable "Quicacapata" -2014

## 5.1. COMPARACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE

En este punto de la tesis se muestra las tablas comparativas entre la dosificación del sulfato de aluminio y el PAC, analizados desde la perspectiva de con quien se logra obtener una turbidez sedimentada menor. Así mismo se hace referencia al pH que tiene que estar en un rango de 6.5 - 8.5 (rango dado por la OMS). Para facilitar la comparación y en vista que se tiene una gran cantidad de datos obtenidos en el laboratorio durante las prácticas, solo se muestra 10 tablas representativas.

### 5.1.1. Prueba N°01

En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis.

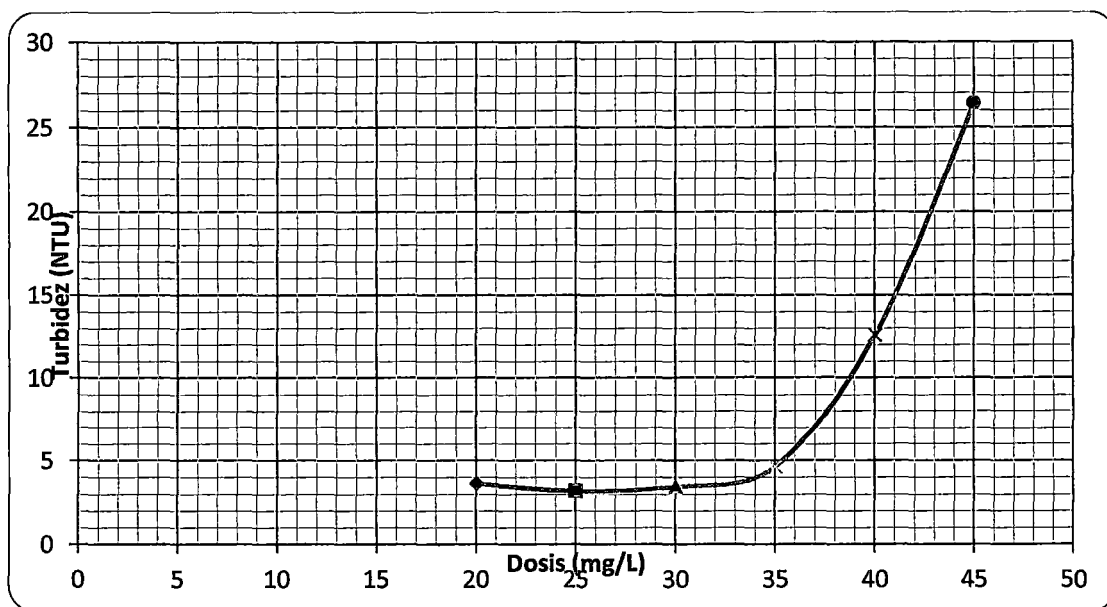
Datos generales:

Fecha	01-Mar-13
Hora	10:00 a.m.
Turbidez agua cruda	27 NTU
pH	7.06
Alcalinidad	28 ppm
Dureza	22 ppm

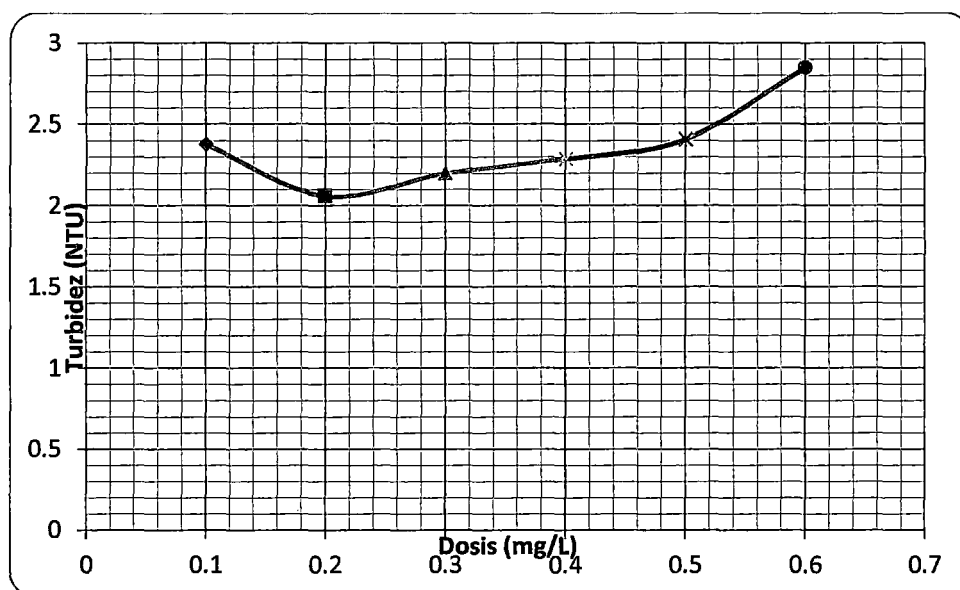
**Tabla N° 5.1: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°01)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio - PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis Sulfato (mg/L)	Dosis (mg/L)	NTU	pH
20	3.66	7.59	25	0.1	2.38	6.83
25	3.19	7.38	25	0.2	2.06	6.81
30	3.46	7.38	25	0.3	2.2	6.79
35	4.67	7.08	25	0.4	2.29	6.78
40	12.6	6.7	25	0.5	2.41	6.78
45	26.4	6.24	25	0.6	2.85	6.78
	Promedio	7.06			Promedio	6.80
	Desviación	0.51			Desviación	0.02

**Figura N° 5.3: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.4: Dosis Óptima de PAC**



En el Tabla N°5.1, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (20, 25, 30, 35, 40, 45 mg/L), resultando con dosis óptima 25mg/L, que nos reportada una turbiedad de 3.19 NTU. Luego con esta dosis se procede a realizar otra prueba de jarras para interactuar la dosis óptima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la

columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.2mg/L obteniendo una turbiedad de 2.06 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS. Toda esta informacion se corrobora con las figuras N°5.3 y N° 5.4, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.2. Prueba N°02

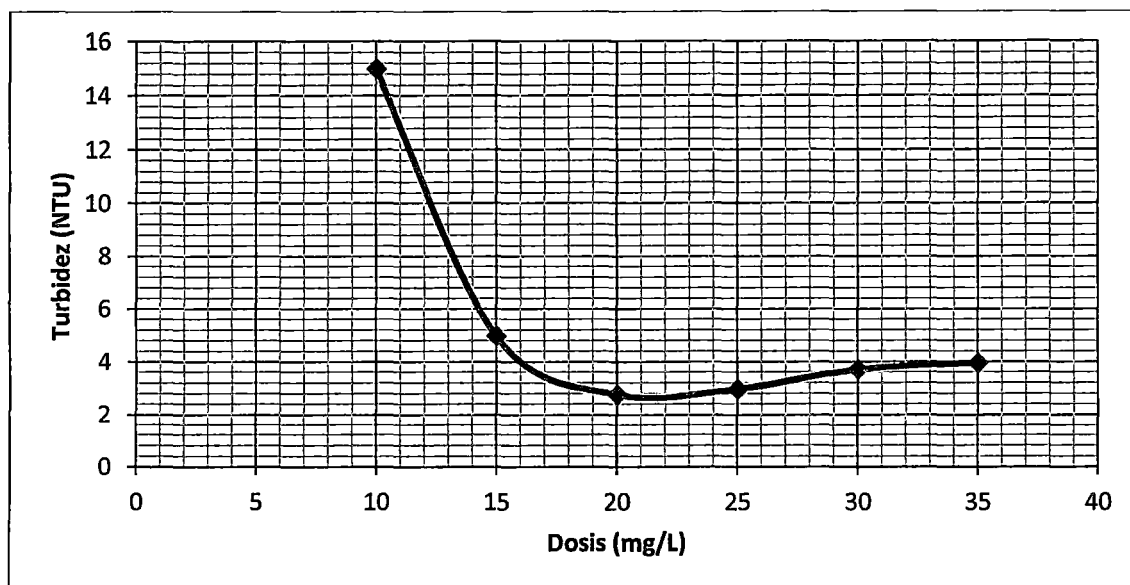
En la siguiente tabla se muestra los resultados de los análisis. Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	06-Mar-13
Hora	8am
Turbidez agua cruda	12.1 NTU
pH	7.86
Alcalinidad	20 ppm
Dureza	18 ppm

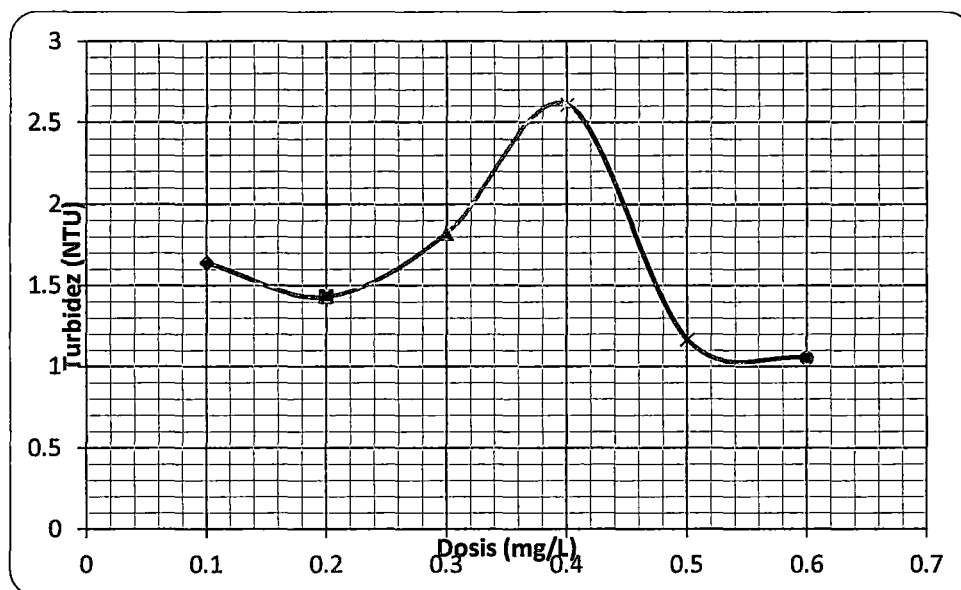
**Tabla N° 5.2: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°02)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio – PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis Sulfato (mg/L)	Dosis (mg/L)	NTU	pH
10	15	7.68	20	0.1	1.64	6.86
15	4.98	7.47	20	0.2	1.43	6.85
20	2.76	7.37	20	0.3	1.82	6.84
25	2.97	6.96	20	0.4	2.61	6.86
30	3.71	6.81	20	0.5	1.17	6.87
35	3.96	6.7	20	0.6	1.05	6.88
	Promedio	7.17			Promedio	6.86
	Desviación	0.40			Desviación	0.01

**Figura N° 5.5: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.6: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.2, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (10, 15, 20, 25, 30, 35 mg/L), resultando con dosis óptima 20mg/L, que nos reportada una turbiedad de 2.76 NTU. Luego con esta dosis se procede a relaizar otra prueba de jarras para interactuar la dosis óptima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la columna 4 y 5, resultando la dosis óptima de PAC en 0.6 mg/L obteniendo una turbiedad



de 1.05 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS. Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.5 y 5.6, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.3. Prueba N°03

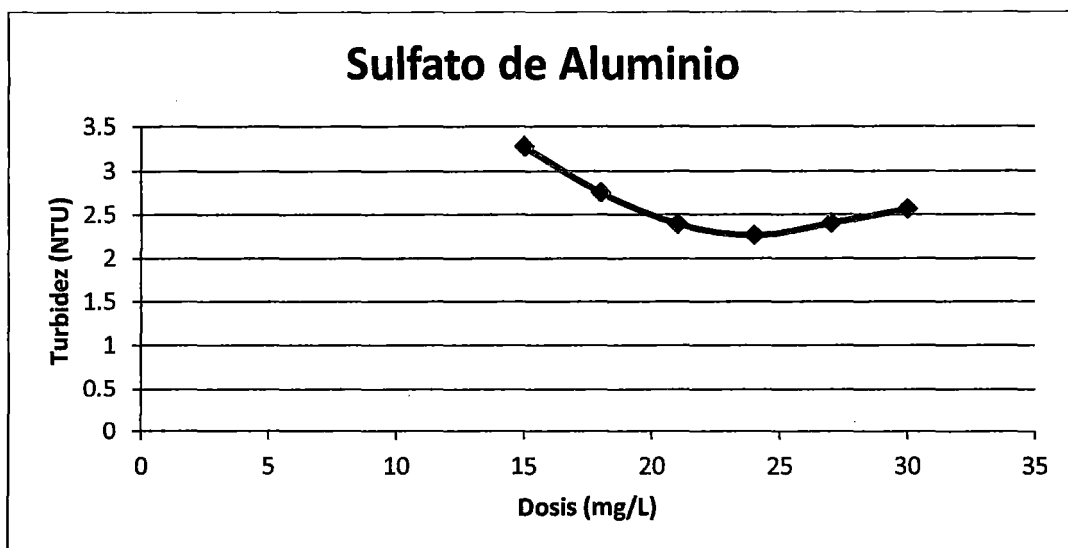
En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis. Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	05-Abr-13
Hora	8.30am
Turbidez agua cruda	7.14 NTU
pH	7.65
Alcalinidad	24 ppm
Dureza	20 ppm

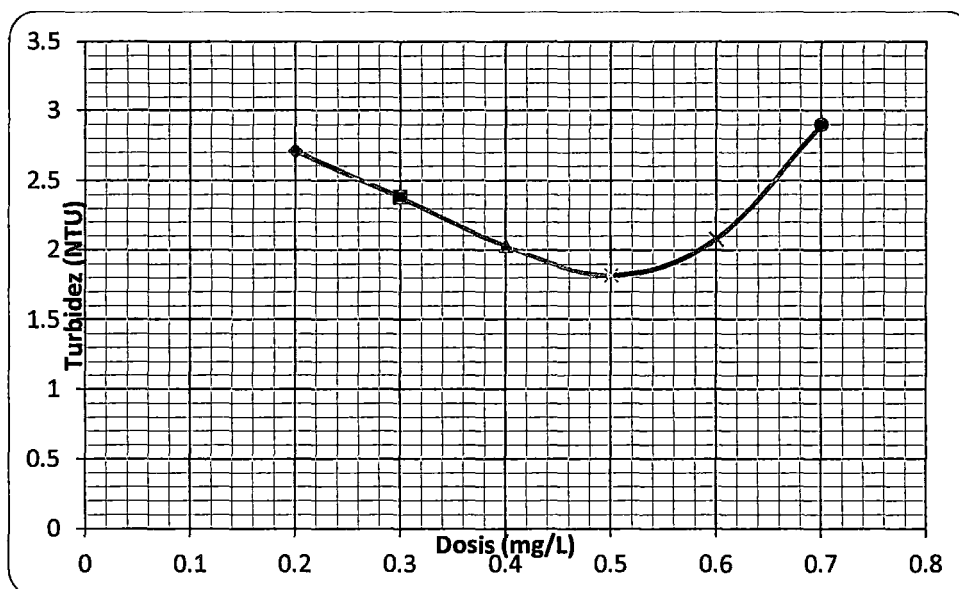
**Tabla N° 5.3: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°03)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis (mg/L)	NTU	pH
15	3.28	6.69	24	0.2	2.71	6.89
18	2.76	6.82	24	0.3	2.38	6.79
21	2.4	6.81	24	0.4	2.03	6.86
24	2.27	6.72	24	0.5	1.82	6.95
27	2.41	6.82	24	0.6	2.08	6.93
30	2.57	6.82	24	0.7	2.9	6.85
	Promedio	6.78			Promedio	6.88
	Desviación	0.06			Desviación	0.06

**Figura N° 5.7: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.8: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.3, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (15, 18, 21, 24, 27, 30 mg/L), resultando con dosis óptima 24 mg/L, que nos reportada una turbiedad de 2.27 NTU. Luego con esta dosis se procede a relaizar otra prueba de jarras para interactuar la dosis óptima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la

columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.5 mg/L obteniendo una turbiedad de 1.82 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS. Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.7 y 5.8, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

#### 5.1.4. Prueba N°04

En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis.

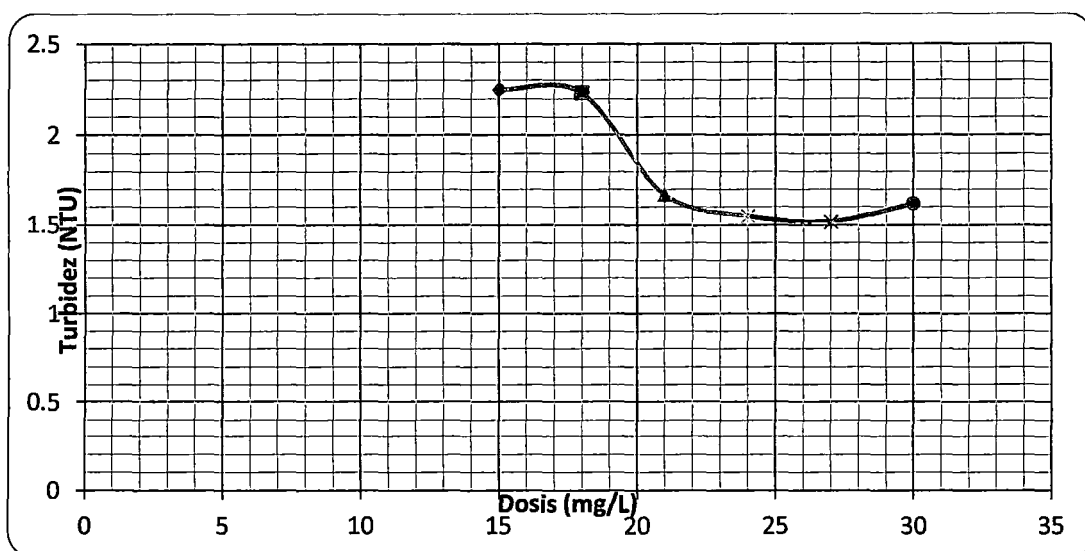
Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	09-Abr-13
Hora	8.30am
Turbidez agua cruda	6.01 NTU
pH	6.9
Alcalinidad	26 ppm
Dureza	20 ppm

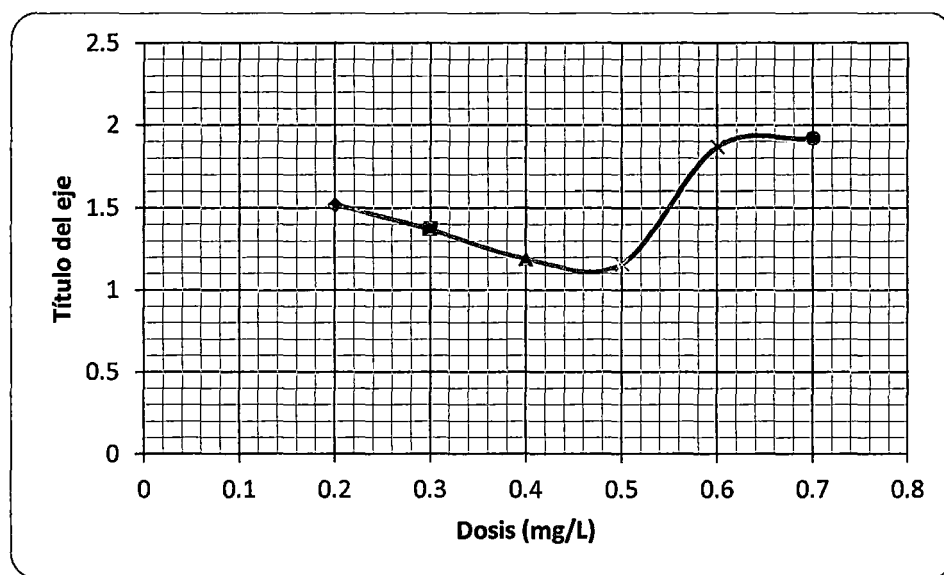
**Tabla N° 5.4: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°04)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis PAC (mg/L)	NTU	pH
15	2.25	6.9	27	0.2	1.52	6.89
18	2.23	6.81	27	0.3	1.37	6.78
21	1.67	6.9	27	0.4	1.19	6.59
24	1.55	6.82	27	0.5	1.16	6.95
27	1.52	6.78	27	0.6	1.87	6.95
30	1.62	6.98	27	0.7	1.92	6.83
	Promedio	6.87			Promedio	6.83
	Desviación	0.07			Desviación	0.14

**Figura N° 5.9: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.10: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.4, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (15, 18, 21, 24, 27, 30 mg/L), resultando con dosis óptima 27 mg/L, que nos reportada una turbiedad de 1.52 NTU. Luego con esta dosis se procede a relaizar otra prueba de jarras para interactuar la dosis óptima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la columna 4 y 5, resultando la dosis óptima de PAC en 0.5 mg/L obteniendo una turbiedad

de 1.16 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS. Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.9 y 5.10, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.5. Prueba N°05

En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis.

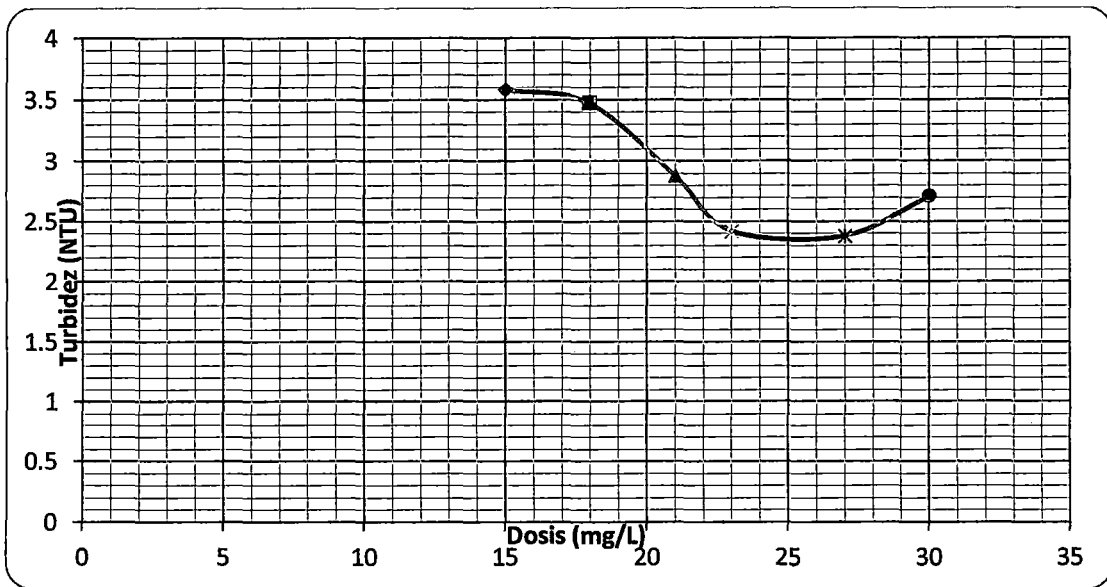
Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	10-Abr-13
Hora	8.30a.m
Turbidez agua cruda	7.23 NTU
pH	7.25
Alcalinidad	28 ppm
Dureza	20 ppm

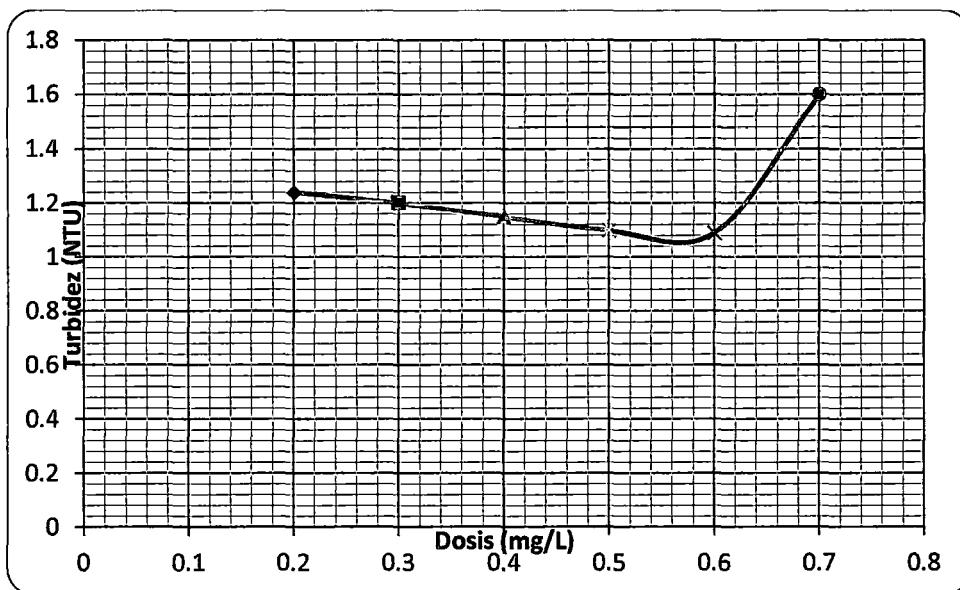
**Tabla N° 5.5: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°05)**

PRUEBA DE JARRAS						
Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis PAC (mg/L)	NTU	pH
15	3.58	6.81	27	0.2	1.24	6.18
18	3.47	6.91	27	0.3	1.2	6.19
21	2.88	6.9	27	0.4	1.15	6.18
23	2.42	6.87	27	0.5	1.1	6.17
27	2.38	6.91	27	0.6	1.09	6.97
30	2.71	6.83	27	0.7	1.6	6.29
	Promedio	6.87			Promedio	6.16
	Desviación	0.17			Desviación	0.10

**Figura N° 5.11: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.12: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.6, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (15, 18, 21, 24, 27, 30 mg/L), resultando con dosis óptima 27 mg/L, que nos reportada una turbiedad de 2.38 NTU.

Luego con esta dosis se procede a relaizar otra prueba de jarras para interactuar la dosis optima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.6 mg/L obteniendo una turbiedad de 1.09 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS.

Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.10 y 5.11, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.6. Prueba N°06

En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis.

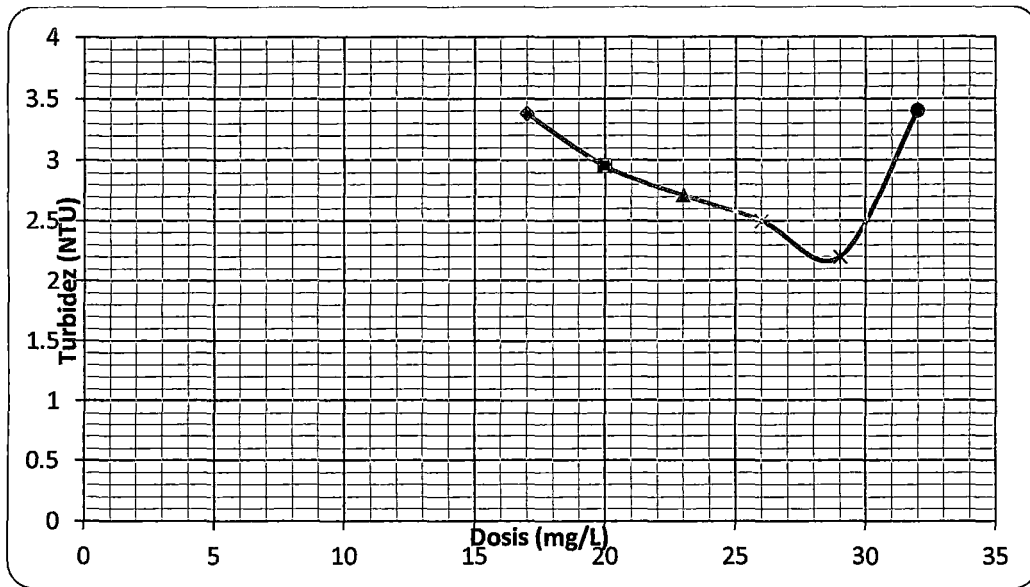
Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	11-Abr-13
Hora	9a.m
Turbidez agua cruda	7.6 NTU
pH	6.99
Alcalinidad	28 ppm
Dureza	20 ppm

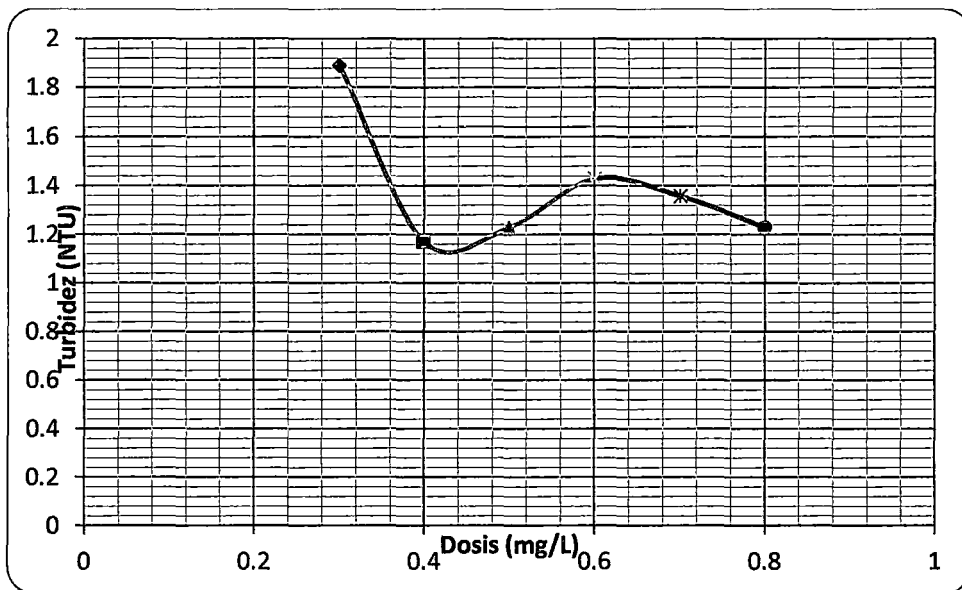
**Tabla N° 5.6: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°06)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis PAC (mg/L)	NTU	pH
17	3.38	7.13	29	0.3	1.89	6.7
20	2.95	7	29	0.4	1.17	6.7
23	2.71	6.69	29	0.5	1.23	6.66
26	2.5	6.82	29	0.6	1.43	6.65
29	2.2	6.72	29	0.7	1.36	6.6
32	3.4	6.69	29	0.8	1.23	6.58
	Promedio	6.84			Promedio	6.65
	Desviación	0.18			Desviación	0.05

**Figura N° 5.13: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.14: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.6, se muestra la determinación de la dosis optima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (17, 20, 23, 26, 29, 32 mg/L), resultando con dosis óptima 29 mg/L, que nos reportada una turbiedad de 2.2 NTU.



Luego con esta dosis se procede a relajar otra prueba de jarras para interactuar la dosis optima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.4 mg/L obteniendo una turbiedad de 1.17 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS.

Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.12 y 5.13, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.7. Prueba N°07

En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis.

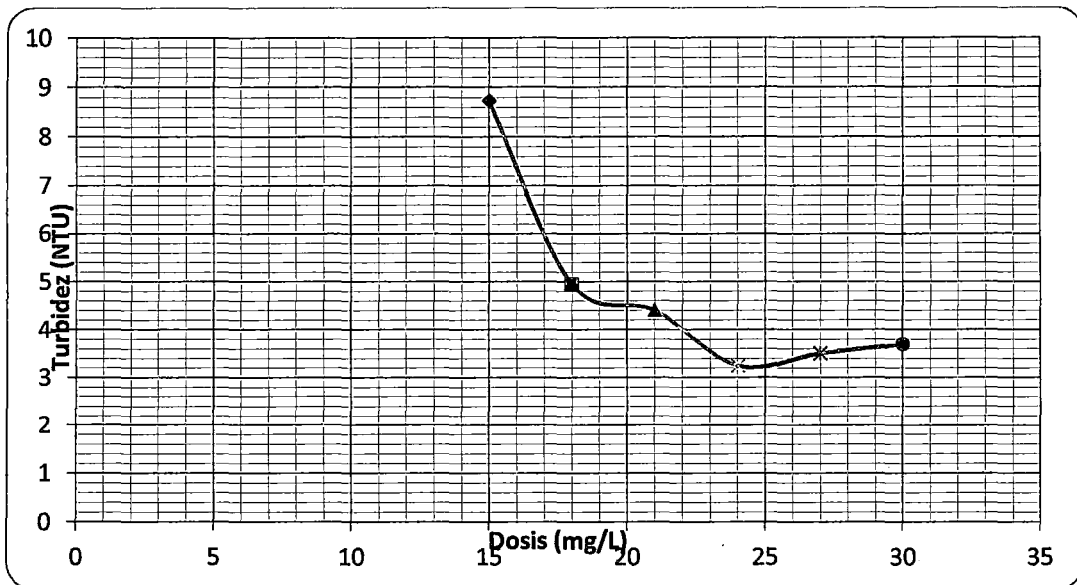
Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	12-Abr-13
Hora	8am
Turbidez agua cruda	21.7 NTU
pH	7.1
Alcalinidad	26 ppm
Dureza	24 ppm

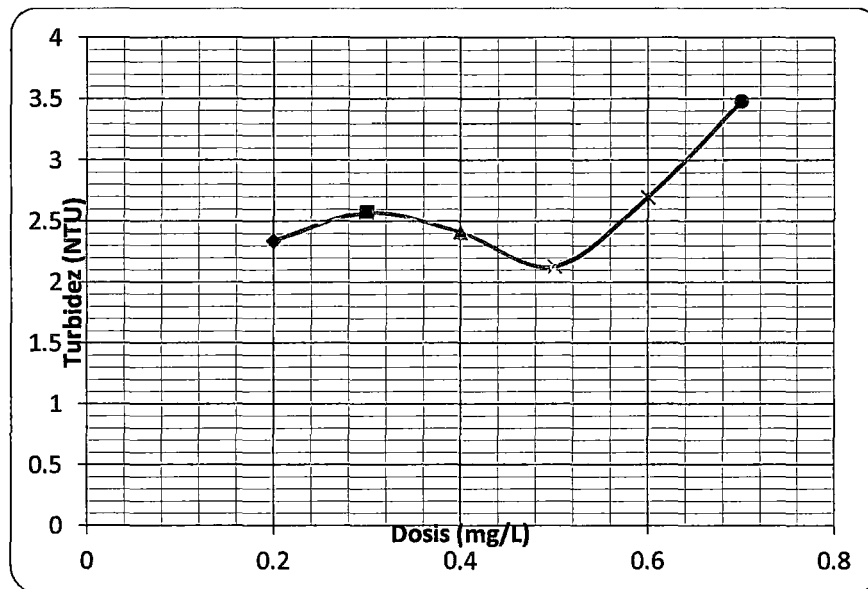
**Tabla N° 5.7: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°07)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis PAC (mg/L)	NTU	pH
15	8.73	7.02	24	0.2	2.34	7.08
18	4.94	7.05	24	0.3	2.57	7
21	4.4	7.12	24	0.4	2.41	7.02
24	3.25	7.1	24	0.5	2.13	7.01
27	3.51	7.12	24	0.6	2.7	7.05
30	3.69	7.09	24	0.7	3.48	7.04
	Promedio	7.08			Promedio	7.03
	Desviación	0.04			Desviación	0.03

**Figura N° 5.15: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.16: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.7, se muestra la determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (17, 18, 21, 24, 27, 30 mg/L), resultando con dosis óptima 24 mg/L, que nos reportada una turbiedad de 3.25 NTU. Luego con esta dosis se procede a relajar otra prueba de jarras para interactuar la dosis óptima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la

columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.5 mg/L obteniendo una turbiedad de 2.13 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS.

Toda esta información se corrobora con las figuras N°5.14 y 5.15, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

### 5.1.8. Prueba N°08

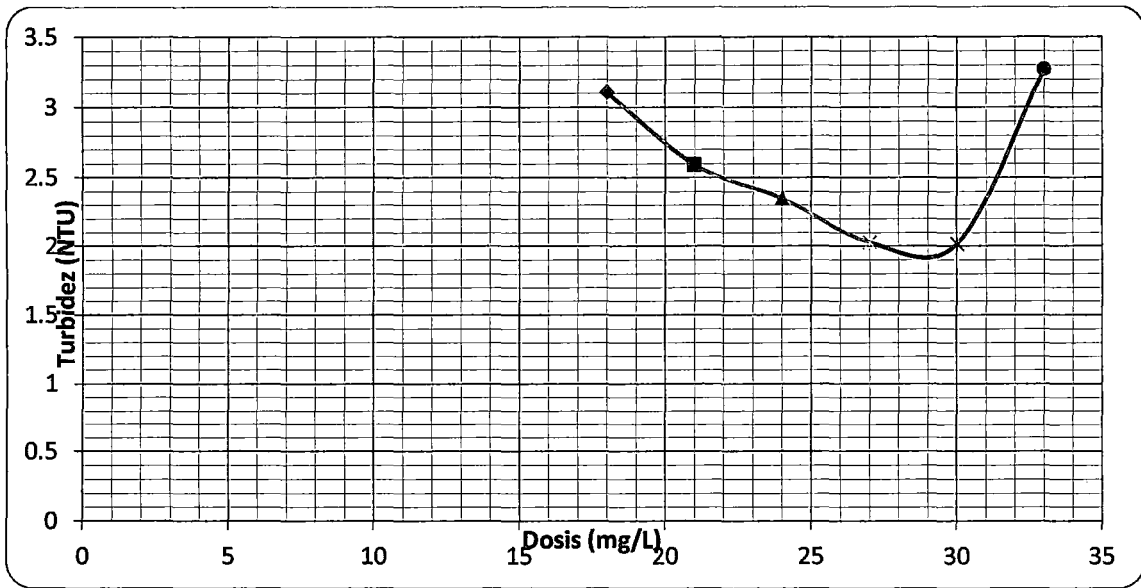
En la siguiente Tabla se muestra los resultados de los análisis. Datos generales:

Datos de referencia	
Fecha	15-Abr-13
Hora	8.30a.m
Turbidez agua cruda	7.64 NTU
pH	7.65
Alcalinidad	30 ppm
Dureza	20 ppm

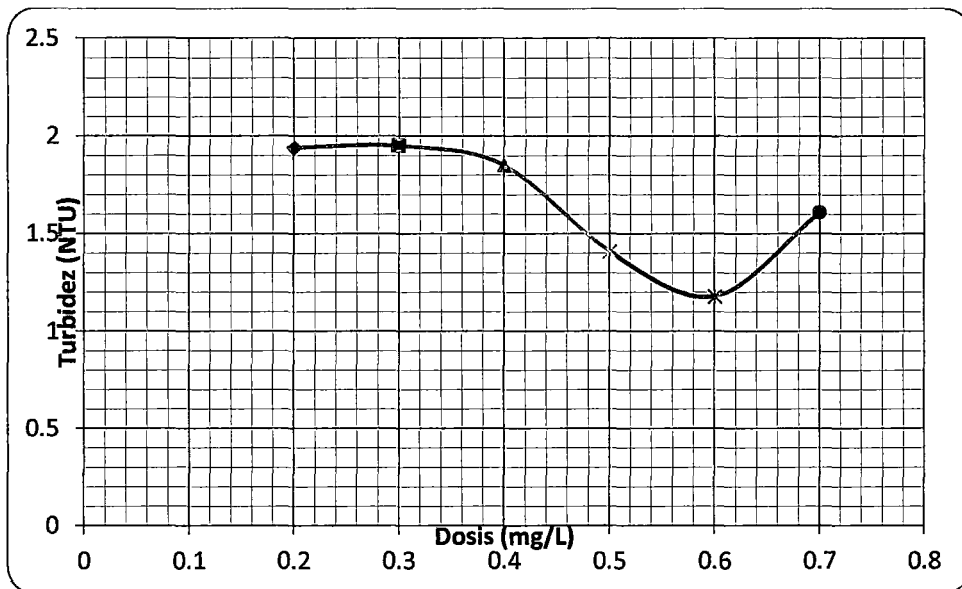
**Tabla N° 5.8: PRUEBA DE JARRAS (Prueba N°08)**

Sulfato de aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC			
Dosis (mg/L)	NTU	pH	Dosis (mg/L)	Dosis PAC (mg/L)	NTU	pH
18	3.11	7.1	24	0.2	1.94	6.78
21	2.59	7.03	24	0.3	1.95	6.9
24	2.35	6.94	24	0.4	1.85	6.88
27	2.03	6.85	24	0.5	1.41	7.04
30	2.02	6.79	24	0.6	1.18	6.98
33	3.27	6.77	24	0.7	1.61	6.95
	Promedio	6.91			Promedio	6.92
	Desviación	0.13			Desviación	0.09

**Figura N° 5.17: Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio**



**Figura N° 5.18: Dosis Óptima de PAC**



En la Tabla N°5.7, se muestra la determinación de la dosis optima de sulfato de aluminio, en la primera columna se puede apreciar la dosis de sulfato que se adicionan (18, 21, 24, 27, 30, 33 mg/L), resultando con dosis óptima 24 mg/L, que nos reportada una

turbiedad de 2.35 NTU. Luego con esta dosis se procede a relajar otra prueba de jarras para interactuar la dosis optima del sulfato de aluminio con el PAC; el cual se muestra en la columna 4 y 5, resultando la dosis optima de PAC en 0.6 mg/L obteniendo una turbiedad de 1.18 NTU. Dichos resultados se encuentran por debajo de los Limites Máximos Permisibles (5NTU) exigidos por la OMS.

Toda esta información se corrobora con los graficos N°5.15 y 5.16, donde se muestra el punto más bajo (punto óptimo) de ambos en los datos señalados.

## 5.2. Comparación de la Turbiedad obtenida con ambos coagulantes

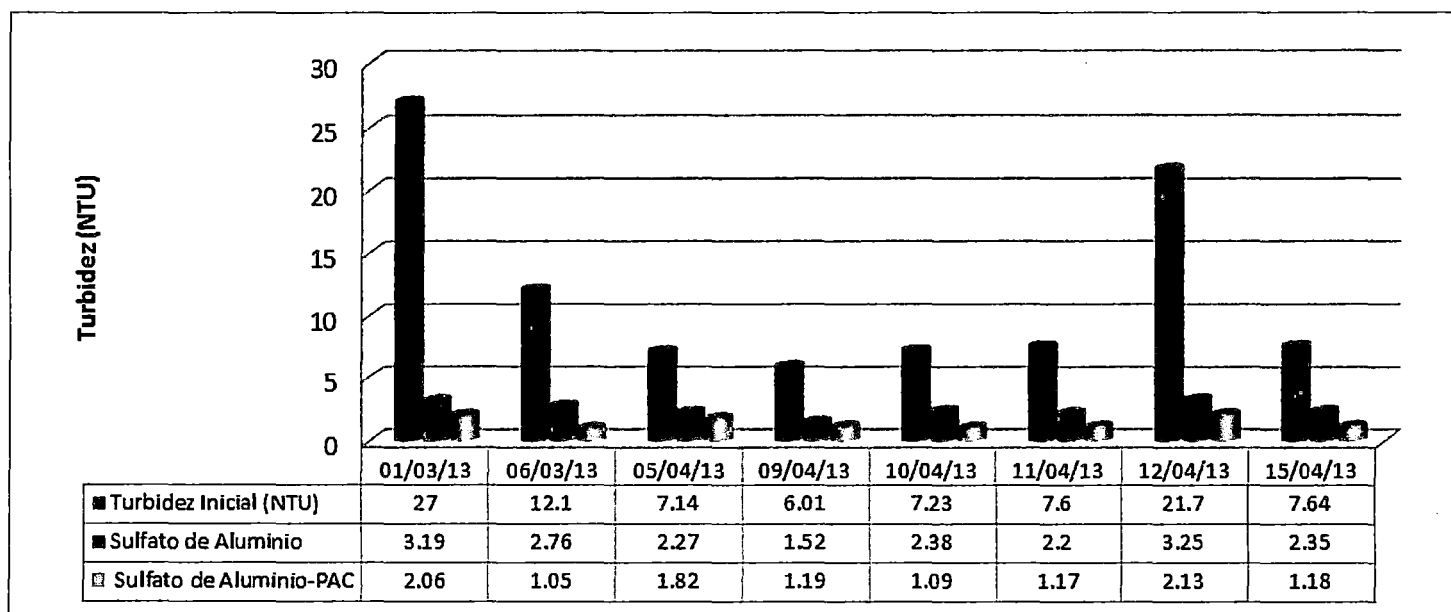
En el siguiente ítem, se muestra la comparación cuantitativa de los dos coagulantes (sulfato de aluminio y PAC), se aprecia la turbidez inicial, final, el rango y la variación de pH.

**Tabla N° 5.9: Resumen de Dosis óptima de Coagulante**

Día	Turbidez Inicial (NTU)	Sulfato de Aluminio			Sulfato de Aluminio-PAC		
		Turbidez Final (NTU)	Dosis óptima (mg/L)	pH	Turbidez Final (NTU)	Dosis óptima (mg/L)	pH
01/03/13	27	3.19	25	7.38	2.06	0.2	6.81
06/03/13	12.1	2.76	20	7.37	1.05	0.6	6.88
05/04/13	7.14	2.27	24	6.72	1.82	0.5	6.95
09/04/13	6.01	1.52	27	6.78	1.19	0.5	6.95
10/04/13	7.23	2.38	27	6.91	1.09	0.6	6.97
11/04/13	7.6	2.2	29	6.72	1.17	0.4	6.7
12/04/13	21.7	3.25	24	7.1	2.13	0.5	7.01
15/04/13	7.64	2.35	24	6.94	1.18	0.6	7.04
PROMEDIO	<b>12.05</b>	<b>2.49</b>	<b>25.00</b>	<b>6.99</b>	<b>1.46</b>	<b>0.49</b>	<b>6.91</b>

**Figura N° 5.19: Comparación de dosis óptima de ambos coagulante**

**Determinación de la dosis optima de Coagulante**



De la Tabla N° 5.9 se puede decir que el PAC es un buen agente coagulante que actúa como ayudante del sulfato de aluminio, esto se demuestra en las pruebas realizadas, alcanzando una promedio de turbidez final de 1.46 NTU en comparación con el sulfato de aluminio que es de 2.49 NTU, cabe mencionar también no altera el valor del pH registrándose 6.91.

Analizando la figura N° 5.18 podemos ver que en comparación entre el uso sulfato de aluminio y el uso de PAC como ayudante de coagulación, el PAC registra turbiedades por debajo del sulfato de aluminio e incluso con una turbiedad inicial de 27 NTU, el sulfato de aluminio registra 3.19 NTU y el PAC como ayudante de coagulación marca 2.06 NTU, lo mismo ocurre para aguas de turbiedades bajas como 6.01 NTU, registrando 1.52 NTU para el sulfato y 1.19 NTU para el PAC.

## CONCLUSIONES

1. Se evaluó el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio en aguas de bajas turbiedades, de dichas pruebas se puede concluir que el sulfato de aluminio es un excelente floculante para aguas de una turbiedad moderada (15 – 60 NTU), para aguas muy claras (menores de 20 NTU) es necesario utilizar el policloruro de aluminio como ayudante en la formación de floculos, como se determinó en las pruebas y su resumen en la tabla N°5.9..
2. Según los estudios realizados el sulfato de aluminio tiene un rango de utilización para depurar aguas con una turbiedad no menor de 20 NTU y no mayor de 200NTU, con un promedio de 2.25 ppm, esto es corroborado en la tabla N°5.9..
3. El policloruro de aluminio actúa como un agente de ayuda a la formación de floculos y funciona en un rango menor a 10NTU con un dosis promedio de 0.49 ppm, esto es corroborado en la tabla N°5.9.
4. El rango óptimo para el funcionamiento del sulfato de aluminio y del policloruro de aluminio, es de 5 a 27 NTU, funcionando mejor en el rango de turbiedad muy bajas como por ejemplo 6.01 NTU de turbiedad inicial, registrando 1.19 NTU de turbiedad final.
5. La dosis más baja de policloruro de aluminio está en un rango de 0.2 a 0.6 ppm, resultando la dosis promedio de 0.49 ppm.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios más profundos empleando para esto la determinación del potencial Z, que dará más luces a la investigación sobre el uso de policloruro de aluminio en aguas de baja turbiedad.
2. Se recomienda realizar el estudio en función a la variación de rango de pH y temperatura, puesto que dichas características puede influenciar en los resultados finales.
3. Es necesario extrapolar los estos resultados a la planta de tratamiento, puesto que existen más variables que controlar (caudal de ingreso del agua, caudal de dosificación, tiempo de mezclado) y verificar los rangos de turbiedad en que puede funcionar el policloruro de aluminio.
4. Se recomienda realizar un estudio de la parte económica, sobre todo del empleo y de las maquinarias necesarias para que el policloruro de aluminio se pueda usar en la planta.
5. Se recomienda buscar nuevos procesos de tratamiento de agua potable en diferentes escalas de capacidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CEPIS 1982 "Plantas Modulares de Tratamiento de Águas"  
Volúmenes I y II. Documento Técnico N°8
  
2. CEPIS, Lima-Perú. "Manual de Procedimientos para Análisis de  
Água Vol 1, Análisis Físicos-Químicos y Bacteriológicos.  
SUNASS – 1997.
  
3. EPSASA y PROAGUAGZ "Cambio de filtros rápidos Planta N°1 –  
Quicapata"  
  
Informe Preliminar. Noviembre 2000. Ayacucho.
  
4. Ricardo Alvarado "Manual sobre el Tratamiento de Agua para  
Abastecimiento Público" Ayacucho – Perú, 2002.
  
5. Pantera "Agua Pura Fuente de Vida Sana"  
Boletín del Agua N°1, San Miguel  
Industrial S.A. Lima, Febrero 2000.
  
6. Arboleda Valencia, Jorge. Teoría y Práctica de la Purificación del agua.  
Editorial Nomos S.A tomo I, 2008. Bogotá Colombia.
  
7. Cánepa de Vargas, Lidia. Tratamiento de agua para consumo Humana.  
Organización panamericana de Salud OMS,  
Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias  
del Ambiente CEPIS/OPS. Tomo I Plantas de Filtración  
Rápida. 2010 Lima –Perú.

8. Romero Rojas, Jairo.                      Calidad del Agua Edición II. 1999
  
9. Harris Daniel, C.                              Análisis Químico Cuantitativo edición II  
    Editorial Reverte S.A-Barcelona –España 2001.
  
10. Informe del Proyecto Especial Rio Cachi (PERC) 2009 – Ayacucho
  
11. Informe Memoria EPSASA – 2009 – Ayacucho
  
12. Manual Técnico de Agua.4<sup>ta</sup> Edic. Española 1979. Edit. Artes Gráficas Grijelmo S.A.  
    Uribitarte, 4 Bilbao (España).

**ANEXO Nº 01**

**Plano de Distribución de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Quicapata**

**ANEXO N° 02**

**Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ayacucho**

**ANEXO Nº 03**

**Reglamento de la calidad de agua para consumo humano**

## ANEXO I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS  
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = &lt; 1,8 / 100 ml

## ANEXO II

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE  
CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	—	Aceptable
2. Sabor	—	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

## ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitratos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Aclamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Fotato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2-Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4-Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1-Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2-Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Ácido Nitrotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotaluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4-DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2-Dibromo-3-Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2-Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3-Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacoloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5-T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Tifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Clorpirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Flitproxifena	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodlorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,9
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,02
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6-Triclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,2

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{\text{LMP}_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{\text{LMP}_{\text{dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodlorometano}}}{\text{LMP}_{\text{bromodlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{\text{LMP}_{\text{bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

**ANEXO IV**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE**  
**PARÁMETROS RADIACTIVOS**

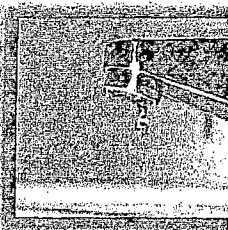
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global $\alpha$	Bq/L	0,5
3. Actividad global $\beta$	Bq/L	1,0

**Nota 1:** Si la actividad global  $\alpha$  de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global  $\beta$  es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.



**ANEXO Nº 04**

**Catalogo especializado de normas técnicas peruanas para la calidad del agua – INDECOPI**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
RELACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS DE CALIDAD DE AGUA.....	2
ICS 13.060.01 CALIDAD DEL AGUA EN GENERAL.....	2
ICS 13.060.20 AGUA POTABLE.....	2
ICS 13.060.45 ANÁLISIS DE AGUA EN GENERAL.....	5
ICS 13.060.60 DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL AGUA.....	5
ICS 13.060.99 OTRAS NORMAS RELATIVAS .....	5

## INTRODUCCIÓN

Las normas Técnicas establecen los niveles de calidad y seguridad, son el medio el que brinda transparencia en el mercado, y en son elemento fundamental para competir.

Por este motivo el CID INDECOPI, pone a disposición de las empresas, Pymes, consultores, estudiantes y ciudadanía en general el "CATÁLOGO DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS sobre CALIDAD DEL AGUA" aprobadas por el Indecopi a través de la comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

La presentación del catálogo es amigable y de fácil ubicación, está clasificada por áreas temáticas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Normas y dentro de estas en orden correlativo por código de NTP, con un resumen del contenido de la misma.

La colección está a disposición para consulta y venta en: Centro de Información y Documentación del INDECOPI (CID), en el Horario de atención: Lunes a Viernes de 8:30h a 16:30h

Dirección: Calle la Prosa 104 San Borja, Lima 41 - Perú  
Teléfono: (511)224-7800 anexos 1511, 1394, 1722, 1353  
Fax: (511)224-0346  
E-mail: [ltelleria@indecopi.gob.pe](mailto:ltelleria@indecopi.gob.pe)

Biblioteca Virtual:  
[http://www.indecopi.gob.pe/0/home\\_biblioteca\\_virtual.aspx](http://www.indecopi.gob.pe/0/home_biblioteca_virtual.aspx)

Tienda Virtual  
[http://www.indecopi.gob.pe/0/home\\_tienda.aspx](http://www.indecopi.gob.pe/0/home_tienda.aspx)

## RELACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS DE CALIDAD DE AGUA

## ICS 13.060.01 CALIDAD DEL AGUA EN GENERAL

CODIGO : NTP ISO 5667-3:2001  
TÍTULO : CALIDAD DEL AGUA. Muestra parte 3: guía para la preservación y manejo de muestras. 38 p.

RESUMEN : Establece guías de las precauciones que se deben tomar para la preservación y el transporte de las muestras de agua. Estas guías son apropiadas cuando una muestra (muestra puntual o compuesta) no puede ser analizada en el lugar de muestreo y tiene que ser transportada a fin de ser analizada en el laboratorio

DESCRIPTORES : AGUA; CALIDAD; TRATAMIENTO DE AGUA; MUESTREO

PRECIO : S/.61,52

CODIGO : NTP 311.024:1971  
TÍTULO : ENSAYOS PARA AGUA. Medida electrométrica del pH con electrodo de vidrio 4 p.

RESUMEN : Establece el método de ensayo potenciométrico, por medio del electrodo de vidrio, para determinar el pH del agua entre 0°C y 50°C. Las características esenciales a exigir del aparato, establece la forma en que debe usarse el electrodo de vidrio y el método a seguir para obtener resultados comparables. No es aplicable para la determinación de valores de pH superiores a 11 unidades o inferiores a 1 unidad

DESCRIPTORES : AGUA; pH; ENSAYOS

PRECIO : S/.3,36

## ICS 13.060.20 AGUA POTABLE

CODIGO : NTP ISO 5667-5:2001  
TÍTULO : CALIDAD DEL AGUA. Muestreo. Parte 5: Guía para el muestreo de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de comidas y bebidas 16 p.

RESUMEN : Establece principios detallados que deben ser aplicados al diseño de los programas de muestreo, a las técnicas de muestreo y al manipuleo y preservación de muestras de agua para consumo humano y agua utilizada para el procesamiento de comidas y bebidas.

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ALIMENTOS; BEBIDAS; MUESTREO

PRECIO : S/.33,55

CODIGO : NTP ISO 7393-2:2002  
TÍTULO : CALIDAD DE AGUA. Determinación de cloro libre y cloro total. Parte 2: Método colorimétrico para control de rutina usando N,N-dietil-1,4-fenilendiamina (DPD) 20 p.

RESUMEN : Establece un método de ensayo aplicable en campo, para la determinación de cloro libre y cloro total en agua; se basa en la medida de la intensidad del color por comparación visual, con una escala de estándares los cuales son calibrados regularmente. Es aplicable a concentraciones, en términos de cloro (Cl<sub>2</sub>), desde 0,0004mmol/L a 0,07 mmol/L (0,03, mg/L a 5 mg/L) de cloro total. Para mayores concentraciones la muestra debe ser diluida. Si la velocidad de operación y la robustez del equipo no cubren los requerimientos, el método de determinación por espectrofotometría se describe como un procedimiento alternativo

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CLORO; METODO COLORIMETRICO; ENSAYOS

PRECIO : S/.33,55

CODIGO : NTP 214.003:1987  
TÍTULO : AGUA POTABLE Requisitos 6 p.  
RESUMEN : Establece los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; REQUISITOS  
PRECIO : S/.3,36

CODIGO : NTP 214.005:1987 (Revisada el 2011)  
TITULO : AGUA POTABLE. Toma de muestras. 1a. ed. 6 p.  
RESUMEN : Establece el método para el muestreo del agua potable  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; MUESTREO  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.011:2000  
TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de hierro. Método espectrofotométrico de la fenantrolina. 2a. ed. 11 p.  
RESUMEN : Establece el método para determinar el contenido de hierro en el agua para consumo humano. El rango de aplicación del método es de 0 g Fe/L a 10 g Fe/L. El método depende del tipo de celda, con paso de luz de 1 cm o mayor, que se use  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ESPECTROFOTOMETRIA; HIERRO; ENSAYOS; REQUISITOS  
PRECIO : S/22,36

CODIGO : NTP 214.014:1988 (Revisada el 2011)  
TITULO : AGUA POTABLE. Determinación de cianuro. Método del electrodo de ion selectivo (Método de rutina). 1a. ed. 6 p.  
RESUMEN : Establece el método del electrodo de ion selectivo para determinar el contenido de cianuro total en agua potable. Es aplicable a muestras con rangos de concentraciones de cianuro de 0,05 mg/l a 10 mg/l  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CIANURO; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.015:1987 (Revisada el 2011)  
TITULO : AGUA POTABLE. Determinación de bario. Método

espectrofotométrico de absorción atómica. 1a. ed. 4 p.  
RESUMEN : Establece el método espectrofotométrico de absorción atómica para determinar el contenido de bario en agua potable  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; BARIO; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.016:2000  
TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de nitratos. Método espectrofotométrico. 2a. ed. 7 p.  
RESUMEN : Establece el método para determinar el contenido de nitratos (NO<sub>3</sub>) en agua para consumo humano mediante espectrofotometría ultravioleta. Este método mide la absorbancia de nitratos a la longitud de onda de 220 nm y se aplica para aguas no contaminadas o con bajo contenido de materia orgánica  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; NITRATOS; ESPECTROFOTOMETRIA; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,19

CODIGO : NTP 214.017:1988 (Revisada el 2011)  
TITULO : AGUA POTABLE. Determinación de nitratos. Método de reducción con Cadmio (Método de referencia). 1ª. ed. 7 p.  
RESUMEN : Establece el método para determinar el contenido de nitratos en agua potable mediante la reducción con cadmio. Este método permite medir los nitratos en un rango entre 0,01 y 1,0 mg de NO<sub>3</sub> - N/l. Es especialmente recomendado para niveles de NO<sub>3</sub> por debajo de 0,1 mg N/l, donde otros métodos carecen de la adecuada sensibilidad  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; NITRATOS; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.019:2010

TITULO : CALIDAD DE AGUA. Determinación de cianuro. Método colorimétrico. 2a. ed. 9 p.  
RESUMEN : Establece el método colorimétrico para determinar el contenido de cianuro total en aguas del medio ambiente y aguas residuales domésticas e industriales.  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CIANURO; ENSAYOS  
PRECIO : S/22,36

CODIGO : NTP 214.020:2000  
TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de cloruros. Método volumétrico del nitrato mercuríco. 2a. ed. 7 p.  
RESUMEN : Establece el método del nitrato mercuríco para determinar el contenido de cloruros en agua para consumo humano. También se aplica a otros tipos de agua. El método se aplica para muestras con contenido menor de 100 mg Cl-/L y para muestras con contenido mayor de 100 mg Cl-/L. Se puede determinar mayores concentraciones de cloruros por medio de diluciones de la muestra  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CLORUROS; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,19

CODIGO : NTP 214.021:1988 (Revisada el 2011)  
TITULO : AGUA POTABLE. Determinación de cloruros. Método Argentométrico. 1ª. ed. 4 p.  
RESUMEN : Establece el método argentométrico para la determinación de cloruros en agua potable. Este método es adecuado para el caso de aguas relativamente claras cuando la presencia de Cl es de 1,5 mg a 100 mg por litro  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CLORUROS; METODO ARGENTOMETRICO; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.022:1988 (Revisada el 2011)

TITULO : AGUA POTABLE. Determinación de sulfatos. Método gravimétrico (Método de Referencia). 1ª. ed. 4 p.  
RESUMEN : Establece el método gravimétrico para la determinación de sulfatos en el agua potable. Este método es de mayor precisión en concentraciones mayores que 10 mg/l con un valor óptimo a 50 mg/l  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SULFATOS; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,26

CODIGO : NTP 214.023:2000  
TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de sulfatos. Método turbidimétrico. 2a. ed. 7 p.  
RESUMEN : Establece el método turbidimétrico para determinar el contenido de sulfatos en muestras de agua para consumo humano, subterránea y superficial. El rango de aplicación del método es de 0 mg SO<sub>4</sub>-2/L. Se puede determinar mayores concentraciones de sulfato por medio de diluciones de la muestra  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SULFATOS; ENSAYOS  
PRECIO : S/11,19

CODIGO : NTP 214.025:1990  
TITULO : AGUA POTABLE. Determinación del pH. Método potenciométrico. 5 p.  
RESUMEN : Establece el método potenciométrico para la determinación del pH en agua potable  
DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; pH; ENSAYOS  
PRECIO : S/3,36

CODIGO : NTP 214.027:2000  
TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de fosfatos. Método espectrofotométrico del ácido ascórbico. 8 p.  
RESUMEN : Establece el método espectrofotométrico del ácido

ascórbico para determinar el contenido de fosfatos en el agua para consumo humano. El rango de aplicación del método es de 0 mg P/L lo que también depende del espectrofotómetro y del tipo de celda, con paso de luz de cm o mayor, que se use

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; FOSFATOS; ESPECTROFOTOMETRIA; ENSAYOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.029:2000

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de pH. Método electrométrico 10 p.

RESUMEN : Establece el método electrométrico para determinar el pH en el agua para consumo humano. El presente método es aplicable a aguas en muestras acuosas diluidas. El rango de aplicación de método es de 0 a 14 unidades de pH

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; pH; ENSAYOS

PRECIO : S/.22,36

#### ICS 13.060.45 ANÁLISIS DE AGUA EN GENERAL

CODIGO : NTP 5667-14:2005

TITULO : CALIDAD DEL AGUA. Muestreo. Parte 14: Guía para el aseguramiento de la calidad del muestreo del ambiente y su manipulación 28 p.

RESUMEN : Establece guías para la selección y el uso de varias técnicas de aseguramiento de la calidad relacionadas al muestreo manual de aguas superficiales, potables, residuales, marinas y subterráneas.

DESCRIPTORES : AGUA; AGUA POTABLE; CALIDAD; MUESTREO

PRECIO : S/.50,34

#### ICS 13.060.60 DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL AGUA

CODIGO : NTP 214.036:2010

TITULO : CALIDAD DE AGUA. Determinación de color

verdadero. Método espectrofotométrico a una sola longitud de onda. 1a. ed. 6 p.

RESUMEN : Establece el método espectrofotométrico a una sola longitud de onda para determinar el color verdadero aplicado a aguas naturales, agua potable y aguas residuales domésticas e industriales.

DESCRIPTORES : CALIDAD DEL AGUA; COLOR; ESPECTROFOTOMETRIA; METODOS DE ENSAYOS

PRECIO : S/.11,19

#### ICS 13.060.99 OTRAS NORMAS RELATIVAS

CODIGO : NTP 214.006:2010

TITULO : CALIDAD DE AGUA. Determinación de turbiedad. Método nefelométrico. 3a edición 8 p.

RESUMEN : La presente Norma Técnica Peruana establece el método nefelométrico para determinar la turbiedad en el agua para consumo humano. También es aplicable a muestras de agua que estén libres de residuos y sedimentos que se depositen rápidamente. 1.2 El rango de aplicación del método es de 0 a 4 000 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICO QUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.007:1999

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de color. Método de comparación visual. 2a edición 7 p.

RESUMEN : Establece el método de comparación visual para medir el color del agua para consumo humano, mediante la escala platino-cobalto. El método de comparación visual o de platino-cobalto, es aplicable a todas las muestras de agua tratada o de aquellas cuyo color se debe a materiales naturales; no es

aplicable en cambio a la mayoría de las aguas residuales industriales de coloración Intensa. El rango de aplicación del método es de 0 a 500 unidades de color verdadero (UCV)

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICO QUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS

PRECIO : S/.11,19

CODIGO : NTP 214.008:2002

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de arsénico. Método de dietilditiocarbamato de plata. 2a. ed. 9 p.

RESUMEN : Establece el método de dietilditiocarbamato de plata para determinar el contenido de arsénico en el agua para consumo humano y aguas naturales

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ARSENICO; METODO DE DIETILDITIOCARBAMATO DE PLATA; ENSAYOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.009:2002

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación del sabor. Método del umbral del sabor. 2a. ed. 8 p.

RESUMEN : Establece el método del umbral para determinar el sabor en el agua consumo humano. Se aplica a muestras de agua que son inocuas para la ingestión, descartándose las que pueden estar contaminadas por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas peligrosas; las que contengan agentes decorantes, como el arseniato de sodio, o las que producen fuentes desconocidas. No se aplica a aguas residuales o fluidos similares no tratados

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SABOR; ENSAYOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.010:2002

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de manganeso. Método espectrofotométrico del persulfato 9 p.

RESUMEN : Establece el método espectrofotométrico del persulfato para determinar el contenido de manganeso en el agua para consumo humano y aguas residuales

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; MANGANESO; METODO ESPECTROFOTOMETRICO; ENSAYOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.018:1999

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA. 2a edición 10 p.

RESUMEN : Establece el método titulométrico con EDTA para determinar la dureza en aguas para consumo humano, subterráneas y superficiales. El presente método es aplicable para muestras de aguas con rango de concentraciones de dureza entre 0 y 1000 mg/L de CaCO3

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICO QUIMICOS; ESPECIFICACIONES; REQUISITOS

PRECIO : S/.22,36

CODIGO : NTP 214.026:1999

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la alcalinidad. Método volumétrico 10 p.

RESUMEN : Establece el método volumétrico para determinar la alcalinidad en aguas para consumo humano, subterráneas y superficiales. El método es aplicable para muestras de aguas con rango de concentraciones de alcalinidad entre 1 mg CaCO3/L y 1000 mg CaCO3/L

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; SANEAMIENTO; ENSAYOS FISICO QUIMICOS;

REQUISITOS

PRECIO : S/22,36

CODIGO : NTP 214.030:2001

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de cloro residual. Método colorimétrico DPD 12 p.

RESUMEN : Establece el método colorimétrico DPD para determinar el cloro residual en aguas naturales y tratadas. La concentración mínima detectable es de aproximadamente 10 ug de cloro como Cl<sub>2</sub>/L. Este límite de detección se consigue en condiciones ideales, los límites de detección en el trabajo rutinario son mas altos

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; CLORO RESIDUAL; METODO COLORIMETRICO; ENSAYOS

PRECIO : S/27,98

CODIGO : NTP 214.031:2001

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes totales. Método de filtración por membrana 18 p.

RESUMEN : Establece el método de ensayo para la detección y recuento de coliformes totales en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, y subsecuente incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial de lactosa a una temperatura de 35°C±0,5°C. La determinación de coliformes totales por la técnica de filtración por membrana es altamente reproducible, puede utilizarse para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestras y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de tubos múltiples

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; COLIFORMES; TRATAMIENTO DE AGUA; MUESTREO

PRECIO : S/33,55

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes termotolerantes. Método de filtración por membrana. 16 p.

RESUMEN : Establece el método de ensayo para la detección y recuento de coliformes termotolerantes en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, seguida de una incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial de lactosa a una temperatura de 44,5°C± 0,2°C

DESCRIPTORES : COLIFORMES; AGUA POTABLE; TRATAMIENTO DE AGUA

PRECIO : S/33,55

CODIGO : NTP 214.033:2002

TITULO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de colonias heterotróficas. Método de filtración por membrana. 15 p.

RESUMEN : Establece el método de ensayo para la detección y recuento de colonias heterotróficas en agua, utilizando la técnica de filtración por membrana, que consiste en hacer pasar un volumen de muestra a través de una membrana de celulosa, seguida de una incubación en contacto con un medio de cultivo selectivo y diferencial a una temperatura

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; METODO DE FILTRACION POR MEMBRANA; COLONIAS HETEROTROFICAS; ENSAYOS

PRECIO : S/27,98

CODIGO : NTP 311.337:2004

TITULO : PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Dióxido de cloro 30 p.

RESUMEN : Esta Norma Técnica Peruana establece las características y especifica los requisitos y los métodos de ensayo correspondientes al dióxido de

sobre su uso en el tratamiento del agua para consumo humano

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; TRATAMIENTO DE AGUA; IMPUREZAS; ALMACENAMIENTO; ENSAYOS; ROTULADO

PRECIO : S/50,34

CODIGO : NTP 350.111:2001

TITULO : DIMENSIONES DE LAS CONEXIONES FABRICADAS PARA TUBOS QUE CONDUCCEN AGUA. 22 p.

RESUMEN : Establece los requisitos mínimos dimensionales de las conexiones fabricadas de acero para tubos que conducen agua

DESCRIPTORES : CONEXIONES; DIMENSION; TUBOS; ABASTECIMIENTO DE AGUA; ACERO; AGUA POTABLE

PRECIO : S/44,77

CODIGO : NTP 350.113-2:2001

TITULO : COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 2: Requisitos para los materiales de barrera 5 p.

RESUMEN : Establece los requisitos aplicables a los materiales constituyentes de los reservorios, cisternas, tanques y tubos (Incluyendo los cementos portlands y cementos hidráulicos mezclados), prefabricados y moldeados en obra, así como a los materiales de barrera, que entran en contacto directo con el agua para consumo humano (revestimiento exterior, pinturas, revestimiento interior y forros, mantas de aislamiento, compuestos obturantes, agentes para eliminar el moho y diafragmas) Incluyendo pero no limitándose a productos orgánicos, inorgánicos o metálicos, concreto premoldado o moldeado en el lugar, pasta de cemento y mortero

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ADITIVOS; CONCRETO; TOXICOLOGIA; ENSAYOS

CODIGO : NTP 350.113-1:2001

TITULO : COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 1: Requisitos generales. 12 p.

RESUMEN : Establece el requisito para que los contaminantes químicos e impurezas que se transmiten indirectamente al agua para consumo humano, mediante los productos, componentes y materiales usados en los sistemas de abastecimiento tengan efectos mínimos en la salud de las personas. Esta norma no establece los requisitos de rendimiento, sabor y olor para los productos, componentes o materiales del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ABASTECIMIENTO DE AGUA; TOXICOLOGIA; ADITIVOS; CONCRETO

PRECIO : S/27,98

CODIGO : NTP 350.113-3:2001

TITULO : COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 3: Evaluación de materiales/productos. Materiales de barrera. 15 p.

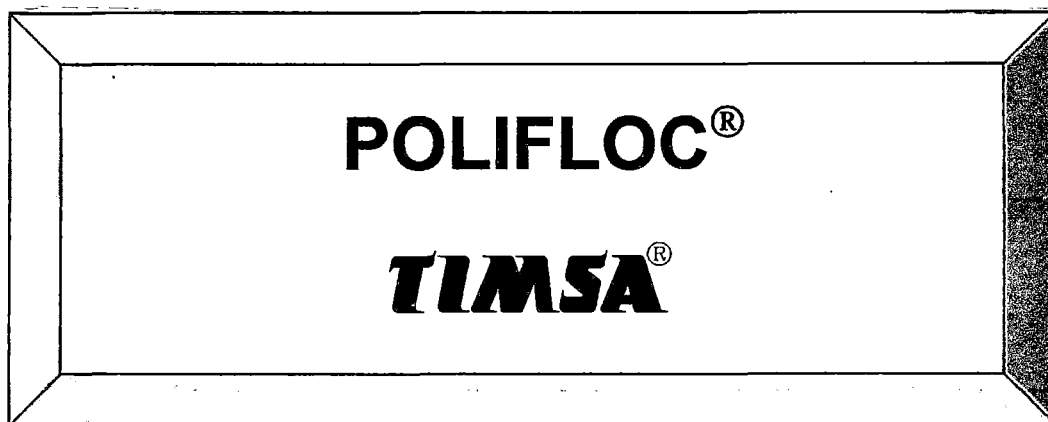
RESUMEN : Establece los requisitos generales que se aplican a la preparación, acondicionamiento y exposición de la muestra para la evolución de los productos/materiales utilizados como materiales de barrera en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

DESCRIPTORES : AGUA POTABLE; ABASTECIMIENTO DE AGUA; IMPUREZAS; ADITIVOS; TOXICOLOGIA

PRECIO : S/27,98

**ANEXO Nº 05**

**Información técnica del polifloc**



**MANUAL DE INSTALACION, PUESTA EN MARCHA Y MANTENIMIENTO**

---

**TIMSA – Técnica e Ingeniería de Mezclas, S.A.**

Monte Potrero, Naves 44-45

28500 – ARGANDA DEL REY (Spain)

Tfno. +34 91 871 33 41

Fax. +34 91 870 42 45

- General
- **ANTES DE ARRANCAR**
- Recomendaciones de seguridad

#### **DETALLE DE EQUIPOS**

- Descripción POLIFLOC
- Croquis colector de entrada
- Esquema del cuadro eléctrico
- Agitadores HAS
- Dosificador TDS-00

#### **RECOMENDACIONES GENERALES**

- Motores
- Reductores
- Variadores de velocidad electrónicos
- Lubricación
- Pares de apriete
- Identificación, repuestos y reparaciones
- Garantías



- Este manual técnico contiene las instrucciones necesarias para la instalación, puesta en marcha y mantenimiento de los preparadores en automático de polielectrolito POLIFLOC® y debe estar en manos del personal encargado de estas tareas.
- **Antes de proceder al montaje, desmontaje o puesta en marcha de las máquinas** y para evitar accidentes y daños a las personas, a las máquinas y a las instalaciones, así como para conseguir un mejor rendimiento, **ES IMPRESCINDIBLE**:
  - **LEER** este manual.
  - Observar todas las indicaciones del apartado **“RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD”**
  - Efectuar todas las comprobaciones detalladas en el apartado **“ANTES DE ARRANCAR”**
- En las reparaciones realizadas por el propio usuario sólo deben utilizarse repuestos originales. Solicitar a TIMSA información sobre piezas de repuesto recomendadas.
- Es aconsejable que el usuario mantenga en su almacén las piezas de repuesto recomendadas por TIMSA con el fin de poder reparar la máquina en el menor tiempo posible.

Antes de arrancar **ES IMPRESCINDIBLE** realizar las siguientes comprobaciones:

- La tensión disponible ha de ser la adecuada para la conexión del armario eléctrico; consultar el esquema de conexionado que debe incluirse en este manual.
- Confirmar que los reductores de velocidad de los agitadores y del dosificador volumétrico de polielectrolito tienen el nivel adecuado de lubricante.
- Confirmar el correcto apretado de los tornillos que sujetan la hélice al eje.
- En el caso de varias hélices sobre un mismo eje comprobar que las distancias de cada hélice a la brida son las previstas en la documentación correspondiente.

**Aplicaciones:**

Preparación y maduración de polielectrolito

**Descripción:**

Equipo automático para la preparación en continuo de polielectrolito compuesto por los siguientes elementos:

- Depósito con dos o tres compartimentos (según modelos) en acero inoxidable
- Colector de entrada de agua con:
  - Válvula de entrada
  - Filtro
  - Manómetro
  - Presostato
  - Electroválvula
  - Contador de impulsos
  - Válvula reguladora de caudal
  - Boquilla pulverizadora
  - Drenaje
- Dos o tres agitadores (según modelos)
- Un dosificador de polielectrolito en polvo TDS-00
- Tres sondas de nivel en el último compartimento
- Armario eléctrico de protección, mando y maniobra incluyendo variador electrónico de velocidad con software incorporado

El Polifloc®, una vez superados los pasos que más adelante se detallan, va a preparar automáticamente la mezcla agua/polielectrolito, en función de la concentración elegida mediante el mando ubicado en el armario de control con la leyenda "Dosificación de polielectrolito en %", dentro del rango comprendido entre 0,12% y el 0,5%. El caudal del dosificador variará automáticamente en función del caudal de agua que esté entrando al depósito y la concentración que indiquemos con dicho mando.

En el colector de entrada de agua, se ha dispuesto un contador de impulsos (1 impulso por litro), el cual los transmite al variador de frecuencia, en función del caudal de entrada de agua. Dicho variador regulará el caudal de polielectrolito suministrado por el dosificador, en función del valor promedio de impulsos recibidos en el último intervalo de seis minutos

Si cambia el caudal de agua entrante, a partir de ese instante, **habrá que esperar a que se inicie el próximo intervalo de 6 minutos**, para que el variador promedie los impulsos recibidos durante ese tiempo y en función de esa lectura, varíe el caudal del dosificador.

Si durante el proceso de preparación de polielectrolito, variamos la concentración deseada con el mando "Dosificación de polielectrolito en %", dentro del rango comprendido entre 0,12% y el 0,5%, el caudal de polielectrolito suministrado por el dosificador variará **instantáneamente**, en función de caudal de agua que ha entrado al depósito en el intervalo de 6 minutos anterior a ese instante.

### Casos especiales

El motor del dosificador no podrá **“nunca”** funcionar por debajo de una velocidad mínima establecida (aproximadamente 450rpm) con el fin de que las aspas del ventilador logren la refrigeración necesaria para evitar el sobrecalentamiento del motor.

En función del caudal de agua que entra al depósito, al dosificador se le demandará la cantidad de polielectrolito necesario para preparar la mezcla a la concentración deseada, elegida mediante el mando “Dosificación de polielectrolito en %”.

En determinadas circunstancias, podría darse el caso de que **el caudal de agua entrante disminuyera tanto** sobre el nominal del equipo, que la cantidad de polielectrolito demandada al dosificador fuese menor a la suministrada por el dosificador cuando el motor gira a la velocidad mínima establecida. En este caso, **la concentración** de la mezcla **aumentaría**, superando la concentración indicada mediante el mando.

Al contrario que lo expuesto en el anterior párrafo, también podría darse el caso de que **el caudal de agua entrante aumente tanto** sobre el nominal del equipo que la cantidad de polielectrolito demandado al dosificador sea superior a la máxima que suministra el dosificador, **disminuyéndose la concentración** de la mezcla.

Es por esto por lo que se recomienda que el volumen de agua que entra al depósito en una hora sea similar al volumen del depósito.

### Montaje y puesta en marcha (Equipos Standard):

- Conectar el tubo de agua de preparación a la válvula de entrada, comprobando que la presión de llegada sea superior a 2 bar para que el presostato de control permita la puesta en marcha del equipo
- Conectar la aspiración de las bombas dosificadoras y los tubos de rebose y drenaje para evitar derrames en la zona de trabajo.
- Conectar la alimentación eléctrica al interruptor principal, en el siguiente orden de izquierda a derecha:

R-S-T (Atención 380 v), Tierra

- Accionar primero el interruptor general situado en el exterior del armario de control, en el lateral izquierdo.

- A continuación, en el interior del armario de control, en el margen superior izquierdo, accionar de izquierda a derecha, el interruptor diferencial y dos interruptores generales. En el armario de control, se encenderá la luz "Tensión Mando".
- Girar mando a la posición "MARCHA":  
Sonará la alarma por las siguientes causas:
  - Si la presión de entrada de agua es menor a 2 bar (en caso necesario se puede regular a una presión inferior actuando sobre el tornillo de regulación situado en la parte inferior del presostato, después de quitar su tapa, a una presión mínima de 1 bar). Si la presión de entrada de agua es mayor a 2 bares o se ha procedido a la regulación del presostato, a continuación, se abrirá la electroválvula y simultáneamente arrancarán los agitadores y el dosificador de polvo.
  - En el armario de control, se encenderá la luz "Nivel bajo", ya que en el último compartimiento, aún no hay nivel de agua. Se desconectará la alarma, pulsando el botón "RESET"
- Verificar que el sentido de giro de los agitadores y del tornillo del dosificador de polvo coincide con el indicado en las flechas correspondientes; si fuera necesario invertir dos fases en la alimentación de entrada al Polifloc®.
- Regular el caudal de agua deseado, actuando sobre la válvula situada, en el sentido de entrada del agua, después del contador de impulsos. En caso de duda, ver plano adjunto del colector de entrada, la válvula reguladora de caudal es la referencia 7.  
Para averiguar el caudal de agua (valor promedio en un intervalo de 6 minutos) que entra al depósito, podrá acceder al variador de frecuencia que se encuentra en el interior del armario de control, y pulsando una vez sobre la tecla "M", y a continuación, pulsando sobre las flechas ▲▼, buscar el parámetro 61. Dicho parámetro visualizará el valor promedio de litros/hora en el último intervalo de 6 minutos anterior al instante de dicha visualización.
- El primer llenado de todos los compartimientos del Polifloc®, se realizará **sólo con agua. ¡¡MUY IMPORTANTE!!**
- A continuación, girar mando a la posición "PARO" y vaciar el agua de los dos últimos compartimientos (sólo del último en equipos de dos compartimientos) abriendo las válvulas del colector de drenaje, dejando siempre el primer compartimiento lleno de agua.
- Llenar la tolva del dosificador con polielectrolito en polvo, aproximadamente hasta la mitad.
- Girar mando a la posición "MARCHA", volverá sonar la alarma y volverá a encenderse la luz "Nivel bajo". Desconectar la alarma, pulsando el botón "RESET".

- La concentración de la mezcla agua / polielectrolito es regulable entre 0,12% y el 0,5% con el mando que se encuentra en el armario de control con la leyenda "Dosificación de polielectrolito en %". El caudal del dosificador variará automáticamente en función del caudal de agua que esté entrando al depósito y la concentración que indiquemos con dicho mando. A partir de este momento el funcionamiento es totalmente automático.
- Esperar a que se llenen los tres compartimentos (dos en otros equipos) y dejar que la solución madure al menos 1 hora antes de su utilización
- Cuando el nivel del último compartimento llega al nivel superior, se origina el cierre de la electroválvula cortando la entrada de agua y se para el dosificador de polvo, que volverán a funcionar automáticamente al descender el nivel por debajo de la sonda inferior; los tres (dos) agitadores permanecerán siempre en funcionamiento.
- Una vez completado el primer ciclo de llenado satisfactoriamente, se puede llenar completamente la tolva de polielectrolito, cuidando de poner siempre la tapa para evitar que el polvo se humedezca y de limpiar cuidadosamente los posibles derrames en la zona de trabajo para evitar accidentes.
- Cuando, debido a la aspiración de las bombas de polielectrolito, el nivel en el último compartimento descienda por debajo del nivel mínimo, el equipo hará sonar la alarma y se encenderá la luz "Nivel bajo". Una vez enterado, la alarma se desconectará pulsando el botón "RESET"

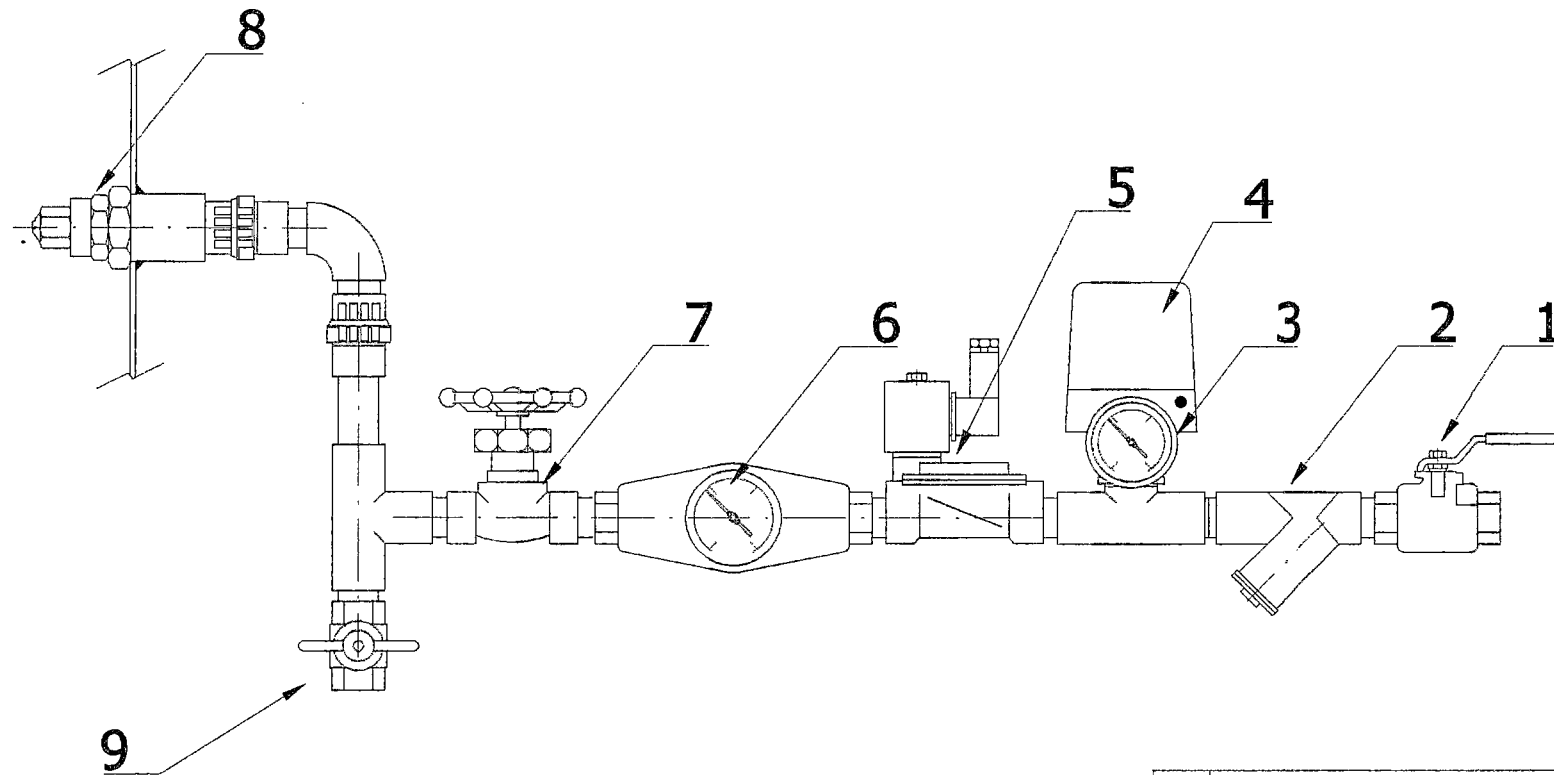
#### **Parada de Emergencia**


En caso de accidente o situación de emergencia, debe accionarse **inmediatamente** la seta "Parada de Emergencia". Una vez realizados los servicios de socorro o establecido el buen orden, se deberán seguir los pasos siguientes, en el orden indicado:

- Girar el mando de selección PARO-MARCHA, a la posición PARO
- Levantar la seta "Parada de Emergencia"
- Girar el mando de selección PARO-MARCHA, a la posición MARCHA
- El equipo hará sonar la alarma para obligarnos a pulsar el botón "RESET"

#### **Mantenimiento:**

- Motores eléctricos, ver apartado "MOTORES"
- Variador de velocidad, ver apartados "VARIADOR DE VELOCIDAD ELECTRONICO" o "VARIADOR DE VELOCIDAD MECANICO"
- Dosificador de polvo, ver apartado "TDS-00"
- Armario eléctrico, consultar el correspondiente esquema.
- Entrada de agua, ver apartado "COLECTOR DE ENTRADA"



9	DRENAJE	
8	BOQUILLA PULVERIZADORA	
7	VALVULA REGULADORA DE CAUDAL	
6	CONTADOR DE IMPULSOS	
5	ELECTROVALVULA	
4	PRESOSTATO	
3	MANOMETRO	
2	FILTRO	
1	VALVULA DE BOLA	
Ref.	Designación	Material y dimensiones
Dibujado	Fecha 6/02/07 Nombre Angel Rutz	 <b>TIMSA</b>
	FICHERO ACAD/ANGEL-ISO9001/PLANS CLIENTE/ /TIMSA/POLIFLOC/ESP/...	
<b>COLECTOR DE ENTRADA AGUA</b>		PLANO Nº Sustituye a Sustituido por HOJA 1 DE 1

AGITADORES MODELO	HAS (Hélice axial con reductor)	Fecha 30.10.00
<p><b>Descripción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitadores con motor eléctrico y reductor de velocidad.</li> <li>• Amarre por brida circular</li> <li>• Móvil de perfil alabeado axial T25 de gran rendimiento de bombeo.</li> <li>• Eje y hélice(s) en acero inoxidable</li> </ul>		
<p><b>Aplicaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcla y homogeneización de polielectrolito</li> </ul>		
<p><b>Montaje y puesta en marcha:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la fijación de la brida sobre el tanque mediante los correspondientes tornillos y tuercas.</li> <li>• Introducir el eje por el agujero del reductor hasta hacer tope, montando a continuación la arandela y apretando el tornillo de fijación (ver apartado "PARES DE APRIETE"). El arrastre se realizará mediante chaveta.</li> <li>• Montar la(s) hélice(s) en el eje en posición impulsante apretando los tornillos Allen (ver apartado "PARES DE APRIETE").</li> <li>• Hacer girar el agitador comprobando que el sentido de giro sea el indicado en la flecha del reductor para hélice en posición impulsante; en caso de sentido de giro contrario invertir dos fases en el motor.</li> </ul>		
<p><b>Mantenimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor: Mantenimiento propio de un motor eléctrico. Ver apartado "MOTORES"</li> <li>• Reductor: Standard de este agitador exento de mantenimiento y engrasado "por vida".</li> <li>• La aparición de vibraciones anormales es síntoma de desequilibrio en el eje ó en la hélice ó de holgura en el guiado. Proceder a sustituir la(s) pieza(s) defectuosa(s) solicitando una lista de repuestos a TIMSA.</li> </ul>		
		HAS 1



**Descripción:**

- Dosificador con motor eléctrico y reductor de velocidad.
- Tolva de 75 lts.
- Tornillo extractor-dosificador.
- Estanqueidad mediante retén.
- Regulación de caudal mediante variador electrónico de velocidad incluido en el armario eléctrico del POLIFLOC®
- Fijación en la parte superior del POLIFLOC®
- Resistencia de calentamiento en el tubo de descarga
- Construcción en acero inoxidable

**Aplicaciones:**

- Dosificación de polielectrolito en polvo en equipos POLIFLOC®

**Montaje y puesta en marcha:**

- Comprobar la fijación sobre el tanque mediante los correspondientes tornillos y tuercas.
- Llenar la tolva con polielectrolito en polvo hasta la mitad aproximadamente, cuidando de poner siempre la tapa para evitar que el polvo se humedezca y de limpiar cuidadosamente los posibles derrames en la zona de trabajo para evitar accidentes.
- Cuando el equipo arranque de manera automática siguiendo el ciclo previsto, comprobar que el tornillo gira en el sentido de la flecha marcada sobre el tubo de descarga.
- Ajustar el caudal de polielectrolito por medio del variador electrónico de velocidad situado en el interior del armario eléctrico de mando del POLIFLOC®. En el display digital se indican aproximadamente los kg/hora de polvo que se dosifica (de 2,5 a 15)
- **IMPORTANTE!!** Regular el termostato correspondiente a la resistencia de calentamiento montada sobre el tubo de descarga a la temperatura mínima que haga pasar el producto de manera fluida evitando la humedad. Una temperatura excesiva en esta resistencia puede originar solidificación del polielectrolito

- **NO INTRODUCIR** las manos ni ningún objeto dentro de la tolva del dosificador estando el equipo conectado; tener en cuenta que tratándose de un equipo automático, aunque el tornillo esté parado, puede arrancar en cualquier momento.

#### **Mantenimiento:**

- **Motor:** Mantenimiento propio de un motor eléctrico ó neumático. Ver apartado "*MOTORES*"
- **Reductor:** Standard de este equipo exento de mantenimiento y engrasado "por vida", aunque en casos especiales podría ir lubricado con aceite. Este extremo puede comprobarse en la etiqueta adhesiva, en la que figuraría "lleno de aceite", siendo entonces los intervalos de sustitución de lubricante los indicados en el apartado "*REDUCTORES*" y el lubricante el recomendado en el apartado "*ACEITES Y GRASAS*"
- **Variador de velocidad,** ver apartado "*VARIADOR DE VELOCIDAD ELECTRONICO*".

**Descripción:**

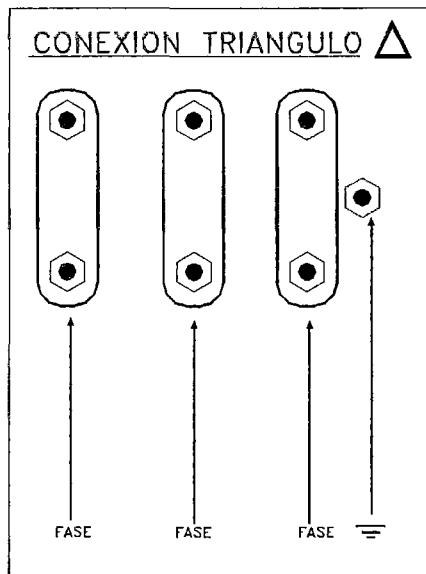
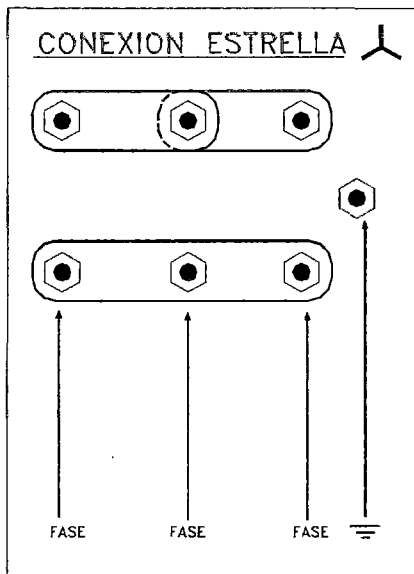
- Los agitadores y el dosificador de polielectrolito en polvo son accionados por un motor eléctrico.










**Conexión y puesta en marcha:**

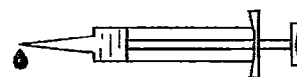
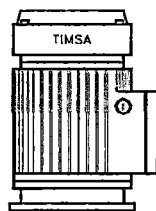
- Comprobar que el aislamiento y la protección del motor son los adecuados a la instalación y a las normas de seguridad en vigor.  
**ATENCIÓN:** TIMSA rehusa toda responsabilidad sobre máquinas que no hayan sido instaladas respetando las normas de seguridad en vigor.  
Asimismo esta circunstancia deja sin efecto la garantía del agitador
- Los motores normales van provistos de cajas de conexiones de 6 bornas, permitiendo la conexión en estrella ó en triángulo según la posición de las barras.
- Las condiciones normales para servicio continuo son:
  - Temperatura ambiente hasta +40°C
  - Para temperatura ambiente superior se reduce la potencia nominal (quedando aproximadamente en el 80% para 60°C)
  - Altitud sobre el nivel del mar de hasta 1000 m
  - Para altitud superior se reduce la potencia nominal aproximadamente en un 8% por cada 1000 m suplementarios.
- Las temperaturas máximas en los puntos más calientes del devanado son para clase B: 125°C, clase F: 155°C y clase H: 180°C.

**Mantenimiento:**

- La mayoría de los motores llevan rodamientos engrasados "por vida".
- Mantener siempre libre de objetos extraños la tapa del ventilador para asegurar una correcta refrigeración por las aletas de la carcasa.



		TENSION		
		220	380	660
TIPO MOTOR	220/380			
	380Δ			
	380/660			



Engrasar motores con  
carcasa superior 160-200

**Descripción:**

- Los reductores para los agitadores y el dosificador de polvo del POLIFLOC® son del tipo sinfín-corona de eje hueco.

**Utilización:**

- La temperatura normal máxima en la carcasa para reductores de sinfín corona puede ser hasta de 85°C. Temperaturas superiores deben consultarse con TIMSA.
- El máximo nivel de ruido no deberá sobrepasar 85 dB.

**Montaje y puesta en marcha:**

- Después de hacer las comprobaciones detalladas en el apartado "MOTORES", verificar que el reductor está firmemente anclado.
- Todos los reductores se suministran con el aceite necesario y tienen lubricación "por vida".
- Una vez puesto el equipo en servicio comprobar la ausencia de ruidos anormales ó de vibraciones en el reductor, así como la estanqueidad del mismo observando si existieran fugas de lubricante. La temperatura de la carcasa debe de ser controlada después de algún tiempo de funcionamiento.

**Mantenimiento:**

- En reductores con "Engrase por vida" ningún mantenimiento
- En caso de aparición de vibraciones ó ruidos anormales proceder a sustituir la(s) pieza(s) defectuosa(s) solicitando una lista de repuestos a TIMSA.

**Descripción:**

- Variador electrónico programable.

**Aplicaciones:**

- Se instala en los POLIFLOC® para poder variar la dosificación del polielectrolito con precisión.
- Va montado en el armario eléctrico de mando y maniobra incluido en el equipo.

**Montaje y puesta en marcha:**

- Utilizar el variador con temperatura ambiente entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $+40^{\circ}\text{C}$
- Comprobar que la tensión disponible coincide con la necesaria y no presenta oscilaciones superiores al 10% del nominal.
- Cuando arranque el convertidor comprobar el rango de dosificación máximo y mínimo alcanzable. Este rango debe coincidir con el especificado en la oferta del equipo. Si no fuera así contactar inmediatamente con TIMSA ya que el hacer girar el motor del dosificador a velocidades superiores o inferiores a las previstas puede producir graves daños en el mismo y en la instalación.
- Todos los convertidores de velocidad suministrados por TIMSA están programados, y el programa protegido contra manipulación accidental.

**Mantenimiento:**

- Ningún mantenimiento.

**Descripción:**

- Los reductores montados en los preparadores de polielectrolito POLIFLOC, tanto en los agitadores como en el dosificador de polvo llevan lubricación "por vida" y no requieren ningún mantenimiento.

**Descripción:**

- El par necesario para apretar un tornillo viene determinado por el material del mismo, por su diámetro y por la calidad utilizada.
- Los pares de apriete para los tornillos que Timsa suministra con sus equipos son los siguientes:

Tornillos acero carbono		Tornillos acero inoxidable	
Diámetro tornillo mm	Par de apriete Nm	Diámetro tornillo mm	Par de apriete Nm
1.6	0.12	1.6	0.45
2	0.25	2	0.55
2.5	0.53	2.5	0.80
3	0.91	3	1.85
4	2.09	4	4.1
5	4.14	5	8.0
6	7.1	6	13.9
8	17.4	8	33.9
10	34	10	69
12	59	12	117
14	95	14	188
16	148	16	291
18	205	18	411
20	291	20	586
22	400	22	
24	500	24	
27	741	27	
30	1005	30	
33	1366	33	



**Identificación:**

- Cada POLIFLOC® lleva una placa de características de acero inoxidable con la siguiente información:
  - Modelo POLIFLOC
  - Referencia TIMSA (P-xxxxx).
  - Fecha de fabricación
  - Número de fabricación
- En el caso de solicitar repuestos ó información sobre alguna de nuestras máquinas, y con el fin de evitar errores, deberán facilitarnos los datos de la placa de características, en especial la referencia TIMSA y el número de fabricación.

**Repuestos:**

- Es imprescindible utilizar repuestos originales TIMSA.
- Para evitar errores al solicitar repuestos facilitar los datos de la placa de características, especialmente la referencia TIMSA (P-xxxxx) y el número de fabricación de la máquina.

**Reparaciones:**

- TIMSA cuenta con un servicio de reparaciones en nuestro taller, facilitando presupuesto una vez revisada la máquina ó alguna de sus partes (agitadores, dosificador de polielectrolito en polvo, etc ...) y antes de proceder a su reparación.
- En el caso de avería rogamos se pongan en contacto con TIMSA para intentar resolverla por teléfono.
- En caso necesario nuestros técnicos podrían desplazarse a la instalación, previo presupuesto aceptado por escrito.

PLANOS Y DIBUJOS  
EXPLICATIVOS

IDENTIFICACION, REPUESTOS Y  
REPARACIONES

Fecha 23/06/99



**TIMSA** CE

AGITADOR/MIXER

POLIFLOC \_ \_ \_ \_

REFERENCIA/REFERENCE

FECHA/DATE

Nº

Fabricado en España/Made in Spain



**GARANTIAS**

Fecha 14.09.99

**General:**

- **TIMSA** garantiza su suministro durante 12 meses después de la entrega contra cualquier defecto de diseño, de material ó de ejecución. Esta garantía cubre la sustitución ó reparación, por su cuenta y en sus talleres, de todas las partes defectuosas, siendo el comprador el que debe probar los mencionados defectos. La sustitución de una ó varias piezas durante el periodo de garantía no prolonga el plazo de la misma.
- La garantía de **TIMSA** cubre exclusivamente la máquina(s) suministrada(s); no admitiéndose reclamaciones en caso de avería por posibles daños ocasionados en la instalación, en el producto o en la calidad de la producción o disminución de la misma.

**Lo que no cubre la garantía:**

- Gastos como consecuencia de operaciones de desmontaje, de montaje y de transporte
- Daños ocasionados por una instalación incorrecta
- Deterioros procedentes de negligencias
- Daños ocasionados por defectos de mantenimiento
- Piezas sometidas a desgaste
- Funcionamiento después de modificación de las condiciones de servicio ó explotación
- Deterioro como consecuencia de almacenaje en condiciones inadecuadas
- Instalación de piezas de repuesto ó accesorios ajenos al suministro de TIMSA

Garantía 1

