

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



**“TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE
EFLUENTÉS EN UNA ACTIVIDAD DE JOYERÍA”**

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE
CONOCIMIENTOS**

PRESENTADO POR:
MARÍA SOLEDAD GUERRA QUESADA

LIMA – PERÚ
2010

DEDICATORIA

A Dios por esa fuerza del espíritu....

A mis padres Susana y Luis por el amor y esfuerzo...

A mis hermanos su compañía e incondicionalidad...

A mi familia y amigos el entusiasmo y apoyo....

RESUMEN

Dentro del sector productivo Nacional se contempla que muchas actividades no poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales y en otros casos los sistemas de tratamiento de agua residuales no operan con la eficiencia requerida, al no contar con el mantenimiento adecuado o por deficiencias de tecnología.

La actividad en *estudio*, derivaba directamente al colector, una línea de vertido de agua residual industrial con niveles de pH altos, elevadas concentraciones de sólidos sedimentables, en suspensión y presencia de metales como Plomo a niveles que superan los valores máximos, según el Reglamento de Desagües Industriales, D.S. 028-60 y los valores máximos admisibles según, D.S. 021-2009-VIVIENDA, para descarga de aguas residuales no domésticas a sistemas de alcantarillado.

En este ámbito, se plantea una propuesta técnica para la implementación de una planta de tratamiento de agua residual industrial “línea de vibrado”, partiendo de la caracterización del efluente hasta la puesta en marcha de la PTAR.

En una etapa inicial, y para definir viable la propuesta de reutilización, se realizó la caracterización del efluente, el monitoreo de caudales, recopilación de la data de las actividades involucradas, ensayos a nivel laboratorio y el planteamiento de la propuesta técnica preliminar del tratamiento.

En una fase intermedia, se realizaron los diseños de las unidades de pre tratamiento y tratamiento requeridos, teniendo en consideración las bases y criterios de diseño para una mejor propuesta técnica y económica.

La tecnología que se propone, es mediante operaciones de precipitación química y filtración, lo cual posibilita la obtención de un efluente libre de turbidez, con reducción de metales y que pueda ser recirculado y utilizado nuevamente como

fuelle de agua en la línea de vibrado, completándose de esta forma un ciclo de recirculación.

En una etapa final con el diseño establecido y aprobado por el cliente se procedió a la fabricación de los equipos y adquisición de los materiales y químicos, instalación de las unidades, pruebas de arranque y pruebas finales de operación y control de calidad.

INDICE

Págs.

RESUMEN

ÍNDICE

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1	Introducción	8
1.2	Objetivo del estudio	9
1.3	Descripción del proceso	9
	1.3.1. Ubicación	9
	1.3.2. Actividad	9
	1.3.3. Material de las piezas de trabajo	10
	1.3.4. Materiales Abrasivos	10
	1.3.5. Químicos Empleados	11
	1.3.6. Características del agua fuente	12
1.4	Máquinas vibradoras	12
1.5	Descripción de las actividades	13
1.6	Agua residual generada	14

CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS PROCESOS DE COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN.

2.1	Coagulación	17
	2.1.1 Coloides	18
	2.1.2 Mecanismos de Coagulación	20
	2.1.3 Factores que incluyen en el proceso de coagulación	25
	2.1.4 Coagulantes disponibles	27
2.2	Floculación	29
2.2.1	Cinética de la floculación	29

2.2.2	Factores que influyen en la floculación	30
2.2.3	Tipos de floculantes	35
2.3	Sedimentación	36
2.4	Filtración	37
2.4.1.	Factores que influyen en la filtración	38

CAPITULO III ASPECTOS TECNICOS PRELIMINARES.

3.1	Caracterización Del Vertido	40
3.1.1	Estación de muestreo	40
3.1.2	Medición de caudales	40
3.1.3	Análisis fisicoquímicos	42
3.1.4	Análisis por ICP	43
3.1.5	Conclusiones de calidades de agua	45
3.2	Pruebas de laboratorio	46
3.2.1	Pruebas de jarras	46
3.2.2	Ensayos químicos	49
	A) Pruebas de jarras – Laboratorio UNI	50
	B) Pruebas de jarras- Laboratorio Promaquirsa	55

CAPITULO IV SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN UNA ACTIVIDAD DE JOYERIA.

4.1	Descripción del tratamiento	65
4.2	Diseños de las unidades	66
4.2.1	Sedimentador	66
4.2.2	Floculador	69
4.2.3	Filtro	73
4.2.4	Equipos auxiliares	76

4.3	Implementación de la planta de tratamiento	77
4.3.1	Fabricación de las unidades	78
4.3.2	Sistema de control	80
4.3.3	Presupuesto de la planta de tratamiento	80
4.3.4.	Consideraciones del arranque de planta	82

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	84
5.2.	Recomendaciones	86

CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA 87

CAPITULO VII APÉNDICES 88

Apéndice N° 1	Controles químicos y fichas técnicas
Apéndice N° 2	Memoria de cálculos
Apéndice N° 3	Planos y diagramas
Apéndice N° 4	Fotografías.
Apéndice N°5	Costos y manuales de operación y mantenimiento.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Dentro de marco de adecuación de las actividades productivas en el aspecto ambiental, surge la necesidad de evaluar y dar un tratamiento a un efluente industrial, proveniente de una línea de producción de una actividad de elaboración de joyas. El tratamiento, debe adecuar las características del efluente a niveles según la Ley General de Servicios de Saneamiento N°26338, D.S.021-2009 para vertimiento hacia redes de alcantarillado o evaluar la posibilidad de reciclar dicho recurso al proceso productivo.

Con el fin de remover los contaminantes presentes en el agua residual se aplicará un tratamiento primario avanzado (TPA), mediante coagulación-floculación a fin de precipitar los diferentes contaminantes atrapados en flóculos y fáciles de eliminar del agua, alcanzándose de esta forma tasas elevadas de depuración en una sola etapa de tratamiento.

Dentro de los constituyentes más importantes que son removidos por coagulación-floculación se tiene al contenido total de sólidos (el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución) y el color; de igual forma se logra una reducción significativa de la carga orgánica (DBO) y metales pesados entre otros.

De esta forma un tratamiento y manejo adecuado de las aguas residuales industriales permitirá mejorar la calidad del agua sin problemas de incumplimiento de las normas legales vigentes; de igual forma permitirá disminuir el vertimiento de agua tratada hacia el cuerpo receptor y

recircular a las operaciones productivas **minimizando** el uso de aguas frescas.

1.2. Objetivos del estudio

1.2.1. Identificar y evaluar el impacto ambiental, que se genera como consecuencia de la condición operacional actual y en base a ello, proponer un tratamiento para cumplir con las exigencias de la normatividad ambiental vigente según Ley General de Servicios de Saneamiento N°26338, DS-021-2009 para vertidos hacia redes de alcantarillado.

1.2.2. Implementar una planta de tratamiento para la reutilización del efluente en mención con los beneficios de:

- ✓ Mejor manejo de un recurso básico.
- ✓ Mejorar la calidad del efluente general.
- ✓ Disminuir el vertimiento de agua tratada hacia el cuerpo receptor.
- ✓ Mejora de la gestión ambiental de la empresa.
- ✓ Minimizar el uso de agua fresca tratada.

1.3. Descripción del proceso

1.3.1. Ubicación

El local de la Empresa se encuentra ubicado en una zona industrial, se localiza el distrito de Los Olivos, provincia y departamento de Lima.

1.3.2. Actividad

La empresa tiene como actividades principales la elaboración de productos cosméticos y fabricación de joyas de fantasía.

La planta de Joyería, cuenta con una línea de proceso denominado “acabado en masa” ó “vibrado”, en donde las piezas de metal blanco son pulidas como una operación previa al aplicado de los recubrimientos galvánicos. En este sentido las piezas deberán ser preparadas previamente

para que el recubrimiento sea el óptimo - perfecta adherencia - debido a ello, en el área de vibrado las piezas son sometidas a un tratamiento mecánico de lijado y pulido (vibrado) mediante materiales abrasivos en presencia de una solución química alcalina, a base de fosfatos y detergentes, seguido de los respectivos enjuagues.

A esta línea de proceso también retornan las piezas con acabados defectuosos para eliminarles los recubrimientos y darle un nuevo baño.

Cuando se concluye el tiempo de vibrado, se descarga el material ayudados por tamizadores y canastillas, luego este material luego es sumergido en unas tinajas de enjuague con agua desionizada a 80°C por espacio de 3 a 5 segundos y finalmente estas piezas son secadas en un horno para luego continuar con la cadena de producción ingresando a la sección de baños electrolíticos.

1.3.3. Material de las piezas de trabajo

El material de las piezas a pulir, corresponde a un polímero plastificado o metal fundido (aleación de plomo, zinc y estaño).

El tiempo de vibrado está en función del material y modelo de las piezas, en general se maneja tiempos que varían entre 10 minutos a cinco horas por lote si el material es metal y tiempos de 10 horas en promedio si el material es plástico.

1.3.4. Materiales Abrasivos

Los Compuestos abrasivos son materiales de formas y tamaños diversos que rebajan (desbastan) las piezas en mayor o menor grado. El compuesto a usar se determina por la forma y tamaño de las piezas que se van a pulir y del acabado que se pretende lograr.

Se emplean de igual forma materiales adecuados para el lustrado de las piezas, tales como: la cáscara de nuez, pedazos de madera, piedra melón etc., los cuales actúan como transportador de la solución química para el lustrado.

Los materiales abrasivos y de acabado empleados mayormente son:

Media o Billa de piedra melón.

Billa de acero.

Billa de vidrio.

Billa de porcelana.

Billa de madera.



Fotografía N° 1.3.4-1: Materiales Abrasivos

1.3.5. Químicos empleados

Los químicos empleados son:

- Jabón en polvo burnishing, de marca registrada ISIQUM
 - Aditivo Tripolifosfato
 - Aditivo pirofosfato de sodio
 - Pasta de prepulido para media de madera.
 - Pasta de lustre para media de madera.
- Acido nítrico.

1.3.6. Características del agua fuente

Se dispone de dos tipos de agua para la preparación de la solución química, agua dura de la red de SEDAPAL y agua desionizada obtenida por intercambio iónico.

Tabla 1.3.6-1 Calidad de Agua utilizadas en la sección Vibrado.

Agua Empleada	Calidad		
	Parámetro	valor	Expresado como
Agua dura	Dureza total	280,0	ppm CaCO ₃
	pH	6,9	--
	Sólidos totales Disueltos	395,0	ppm
Agua desionizada	Dureza total	0,0	ppm CaCO ₃
	pH	8,0	--
	Sólidos totales Disueltos	10,0	ppm

1.4. Máquinas vibradoras

Dentro del área se dispone de dos líneas de producción y con un total de 14 maquinas vibradoras, cada línea tiene un vertido independiente hacia las cajas de registro, en el plano N°1 se puede apreciar la distribución de los desagües, ver apéndice 03.

Los vibradores son de la marca ROTO FINISH y la capacidad de los mismos asociados al caudal de la solución jabonosa es la siguiente.

Tabla 1.4-1 Especificaciones de máquinas vibradoras

Capacidad del Vibrador	Caudal
0,75 pie ³	2,25 GPH
1,0 pie ³	3,0 GPH
2,5 pie ³	7,5 GPH

El proceso funciona vibrando el tambor que contiene la media respectiva y las piezas; la relación de volumen de media Vs piezas es de 6 a 1 aproximadamente. La vibración es creada por un motor que rota una serie de pesos excéntricos. El movimiento se realiza tanto en el exterior como en el interior de las piezas.

El éxito en el vibrado depende de ciertas variables y de cómo se controlen estas operaciones. Las variables son:

- Amplitud de la vibración: movimiento rápido y agresivo para el devastado o uno lento para el lustrado, se tiene registrado estándares de velocidad para cada caso.
- Nivel del líquido: demasiado líquido inhibe la correcta vibración produciendo un sonido más apagado. Generalmente cuando más ruidosa en la operación es mejor.
- Carga: la proporción de piezas y compuestos es otro factor a controlar, entre más piezas haya en el vibrador tenderán a golpearse entre sí : una buena proporción en volumen es de 6 partes de compuesto por 1 de piezas.



Fotografía N° 1.4-1: Máquina vibradora.

1.5. Descripción de las actividades

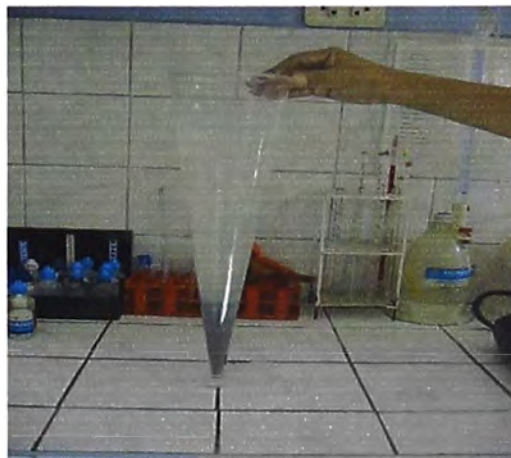
Las actividades realizadas están en función de la programación diaria y según el tipo de material, la secuencia será:

- a) Carga del vibrador con la media correspondiente a un nivel del 70%.
- b) Aplicación de la solución de jabón a un flujo establecido de acuerdo a la capacidad de la máquina, mediante bombas dosificadoras tipo diafragma.
- c) Programación del tiempo de vibrado- Inspecciones.
- d) Enjuagues.
- e) Secado e Inspección final.

1.6. Agua residual.

Debido al uso del agua en las actividades propias del vibrado de piezas para joyería, se producen aguas residuales industriales sin ningún tratamiento.

La calidad del agua generada corresponde a un agua residual con presencia de sólidos sedimentables producto de la abrasión de los materiales y billas de trabajo con la solución química de limpieza, confiriéndole al agua una turbiedad propia de la materia coloidal presente con presencia de sedimentos flotantes.



Fotografía N° 1.6-1: Nivel de sólidos sedimentables.

La industria en mención elimina aguas residuales con elevadas concentraciones de sólidos en suspensión, de apariencia opalescente y coloración ligeramente grisácea. Estos contaminantes al llegar a un curso de agua no permiten el paso de la luz solar, evitándose de esta manera el proceso de fotosíntesis necesario para la oxigenación y recuperación de las aguas; creándose un riesgo ambiental que debe removerse para eliminar los efectos negativos sobre el cuerpo receptor.

En el plano N° 1 se puede visualizar los flujos resultantes de las operaciones de vibrado y la derivación inicial de dichas líneas hacia el colector.

Por otro lado, los colectores que recepcionaban dichas fuentes si bien es cierto presentaban pase; en la etapa de evaluación previa, se pudo comprobar una marcada reducción en el diametro por ensuciamiento con los lodos y sedimentos, de igual forma, se pudo apreciar ensuciamiento de las cajas de registro con gran cantidad de material adherido a las paredes de contextura porosa y color gris-plomizo.

En el apéndice N° 4, se muestran algunas vistas de los colectores y cajas de registro. Ver fotografías N° 1 y N° 2.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS PROCESOS DE COAGULACIÓN, FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN

La presencia en el agua de diversas sustancias sólidas, constituye uno de los aspectos más importantes de contaminación. La fracción sólida por sólidos totales en suspensión (STS), deberá ser eliminada para evitar un gran número de inconvenientes, siendo los más importantes: la contaminación de los cuerpos receptores y los problemas de imagen legal y social.

Desde el punto de vista operativo, los problemas que se presentan son la obstrucción de los conductos, abrasión de bombas, desgaste de materiales. No debemos olvidar que estos sólidos inciden en los costos de operación y mantenimiento.

El tamaño de las partículas contaminantes en el agua es muy variado; hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista y dejándolos en reposo se pueden separar bien por decantación, bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua, también resultan fáciles separarlas por filtración. Sin embargo hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal, denominados coloides, que presentan una gran estabilidad en el agua, tienen un tamaño que oscila normalmente entre 0,001 a 1 micrón y constituyen una parte importante de la contaminación y causa principal de la turbiedad en el agua.

Debido a la gran estabilidad que presentan estos coloides resulta imposible separarlos eficientemente por decantación o simple flotación, tampoco es posible separarlos por filtración debido a que pasarían a través del filtro.

La causa de esta estabilidad es, que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hacen que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse. para dejarse remover por sedimentación ó filtración.

La estabilidad de los coloides depende de su tamaño y propiedades eléctricas y está afectada por la naturaleza química del medio de dispersión (por ejemplo, fuerza iónica, pH, contenido orgánico en el agua).

En base a ello, como se pretende eliminar la presencia de turbiedad y color en las aguas residuales industriales, el tratamiento físico-químico en estudio, tiene como finalidad alterar el estado físico de estas sustancias mediante la adición de ciertos productos químicos y hacerlas susceptibles de separación mediante una subsecuente sedimentación y/o filtración.

Mediante este tratamiento se puede llegar a eliminar del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO₅ del 30 al 40% de la DQO.

Se ha demostrado también que los coloides tienen importancia en la degradación, transformación y transporte de metales, compuestos orgánicos tóxicos, virus y otros; ver referencia bibliográfica (1). Los metales, iones y una gran variedad de compuestos orgánicos pueden ser adsorbidos por los coloides y varias reacciones de transformación como la oxidación y reducción pueden ser catalizadas por las superficies coloidales.

2.1. Coagulación

Consiste en la desestabilización de los coloides por neutralización de las cargas superficiales, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado.

Esto se consigue adicionando al agua, productos químicos “coagulantes” y aplicando una energía de mezclado. El objetivo del coagulante es neutralizar la carga superficial, así cuando las partículas se toquen entre sí en la cámara de coagulación se pegaran entre si y formaran partículas sedimentables llamada *masa floculenta*. La energía generada durante un choque (para cierto porcentaje de las partículas) será suficiente para que las partículas floculen.

2.1.1. Coloides

El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas. Desde el punto de vista físico se puede decir que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides. Las dispersiones coloidales son partículas discretas separadas por el medio dispersivo, cuyo tamaño normalmente oscila entre 0,001 a 1 micra (μm), las dispersiones coloidales se pueden considerar como dispersiones ultrafinas.

Debido, a que las partículas coloidales son muy pequeñas, su área superficial en relación con la masa es muy grande, como resultado de esta gran área, el fenómeno predominante que controla el comportamiento de las suspensiones coloidales es la superficie, en tal forma, que la química coloidal es usualmente considerada como la química de superficie. La masa de las partículas coloidales es tan pequeña que los efectos gravitacionales pierden importancia.

Los coloides forman suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural; también son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

Las dispersiones coloidales de sólidos en líquidos, por lo general, son de dos tipos: Los sólidos que se unen fuertemente con el líquido y los que no se unen en forma fuerte, las dispersiones del primer tipo suelen ser más estables y difíciles de separar del líquido que las del segundo tipo. Los coloides que se unen fuertemente con el agua se llaman hidrófilos y los que no lo hacen se llaman hidrófobos.

En el campo de los líquidos, estos coloides no siempre son dispersiones hidrófobos bien definidos, así la materia natural que colorea las aguas superficiales y la materia en suspensión coloidal de las aguas residuales domésticas son ejemplos, que se encuentran en la práctica de coloides de carga negativa cuasi hidrófobos-hidrófilos. Ver referencia bibliográfica (1).

Dentro de las principales propiedades de los coloides tenemos:

❖ **Propiedades eléctricas**

Todas las partículas coloidales tienen una carga eléctrica, la magnitud de la carga varía considerablemente con la naturaleza de la materia coloidal y puede ser positiva o negativa. La estabilidad de muchas dispersiones coloidales depende de su carga eléctrica.

Cuando las partículas coloidales se colocan en un campo eléctrico, migran hacia el polo de carga opuesto, este fenómeno se conoce como *electroforesis* y es muy utilizado para determinar la naturaleza de la carga de la partícula coloidal y otras propiedades.

❖ **Propiedades cinéticas**

- **Movimiento browniano.-** Consiste en el movimiento constante e irregular que realizan las partículas coloidales dentro de la fase líquida. Las partículas coloidales son bombardeadas por las

moléculas del medio de dispersión y debido a su masa tan pequeña los coloides se mueven en desorden por el impulso del bombardeo.

- **Difusión.-** Debido a la alta energía cinética. Responde a la Ley de Fick.

❖ **Propiedades ópticas**

- **Dispersión de la luz (efecto Tyndall-Faraday).-** Describe el fenómeno de dispersión de la luz al pasar a través de una suspensión coloidal, debido a que las partículas coloidales tienen dimensiones mayores que la longitud de onda promedio de la luz blanca, interfieren con el paso de la luz. La dispersión es directamente proporcional al tamaño de las partículas.

El efecto Tyndall se utiliza como base para la determinación de turbiedad en el agua por medio de un nefelómetro, esta prueba es usada por lo general para probar la presencia de un coloide, puesto que las soluciones verdaderas y las suspensiones gruesas no producen este fenómeno.

❖ **Propiedades de superficie**

- **Adsorción.-** Los coloides tienen una gran área superficial y en consecuencia un gran poder adsorbente, la adsorción normalmente tienen carácter selectivo escogiendo algunos iones y excluyendo otros. Esta característica hace que se produzcan partículas cargadas y es la base fundamental de la estabilidad de muchas dispersiones coloidales.

2.1.2. Mecanismos de coagulación

Se puede considerar tres mecanismos básicos en el proceso de coagulación:

A) Compresión de la doble capa.

La estabilidad de los coloides depende de su carga eléctrica, sin embargo la dispersión coloidal (fase sólida y acuosa juntas) no tienen una carga eléctrica neta, por lo que la carga primaria en la partícula debe ser equilibrada en la fase acuosa. La necesidad de electroneutralidad se manifiesta como una doble capa eléctrica compuesta por (1) Capa fija llamada capa de Stern, de iones de carga opuesta absorbida a la superficie del coloide y (2) una capa difusa, de una mezcla de iones cargados, como se aprecia en la Figura N° 2.1.2-1.

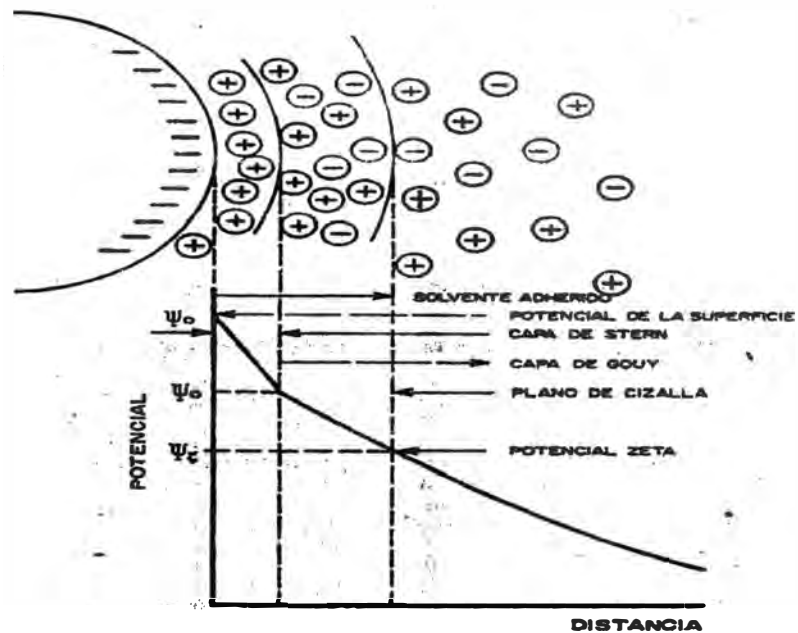


Figura N° 2.1.2-1: Modelo de la doble capa difusa de Stern-Gouy.

Debido a la carga primaria sobre la partícula, se genera un potencial eléctrico entre la superficie de esta y el resto de la solución. La carga es máxima en la superficie de la partícula y disminuye con la distancia desde la superficie. Cuando el agua contiene una alta concentración de iones (fuerza iónica alta) la doble capa eléctrica se

compacta, la capa ocupará un volumen menor y se extenderá menos hacia la solución favoreciendo la coagulación.

Existen tres potenciales de interés, el de superficie o de Nerst, el de la capa fija y el potencial zeta. Este último potencial, es el que existe en el plano de cizalla, se mide experimentalmente y refleja la diferencia de potencial entre el plano de corte y la fase “gruesa”; de tal forma que el potencial zeta, es como ya se dijo una medida para determinar la carga del coloide, medida que disminuye el potencial zeta, las partículas pueden aproximarse cada vez más aumentando la posibilidad de una colisión.

Cuando se agrega a la dispersión un electrolito en alta concentración, aumentará la concentración de los iones en la doble capa y por consiguiente disminuirá el espesor de la capa, llevando a la disminución o tal vez la eliminación del potencial de la barrera, como se ilustra en la figura 2.1.2-2; con la reducción o eliminación de la barrera de energía la partículas se pueden acercar y agregar.

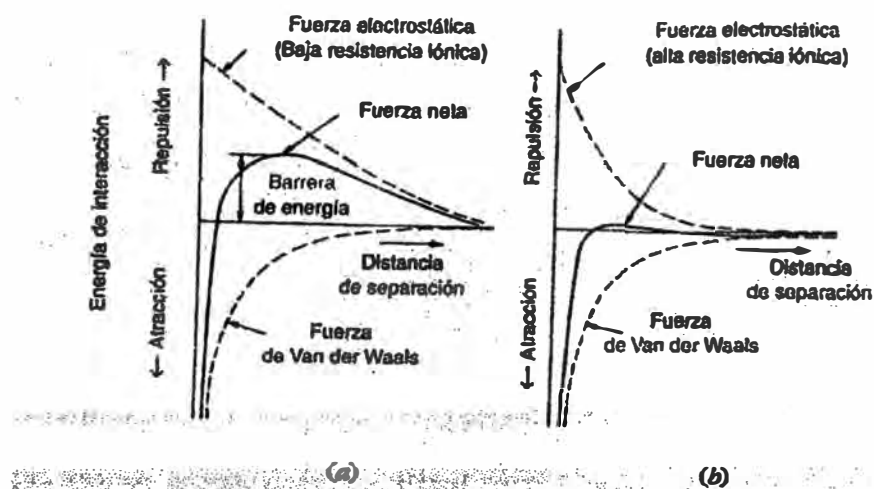


Figura 2.1.2-2: Efecto de la fuerza iónica del líquido y las distancias entre las partículas coloidales sobre las fuerzas que interactúan

B) Neutralización de la carga del coloide

La carga de un coloide se puede neutralizar por adición de moléculas de carga opuesta llamadas *coagulantes* que tienen la capacidad de adsorberse sobre el coloide, las cargas opuestas del coagulante y de los coloides se anulan mutuamente y se obtiene la coagulación, sin embargo una sobredosis puede llegar a revertir la carga y llevar a la formación de una partícula estable con carga opuesta. El efecto de neutralización de la carga se encuentra estrechamente ligado al de compresión de la doble capa.

Por otro lado se ha observado que el efecto de neutralización aumenta marcadamente con el número de cargas del ion coagulante, reduciéndose la distancia efectiva en la cual se manifiesta la acción de la carga eléctrica.

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado, la velocidad de precipitación aumenta con el incremento en la concentración de las partículas coloidales (Figura N° 2.1.2-3)

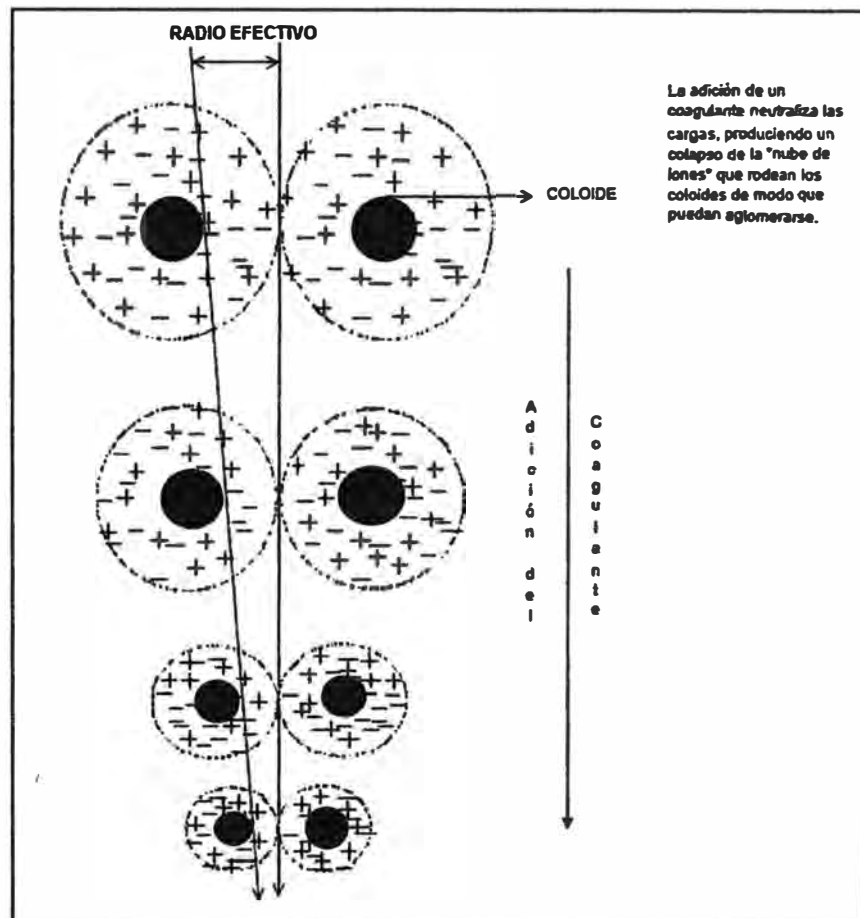


Figura N° 2.1.2-3: Desestabilización del coloide y compresión de la capa difusa - Inmersión en un precipitado o floculo de barrido.

C) Puentes entre las partículas

Este mecanismo, se da cuando se hace uso de polímeros naturales y sintéticos de cadena larga con carga eléctrica (polielectrolitos), los cuales pueden desestabilizar los coloides formando un puente entre un coloide y otro. Un punto cargado en el polímero de cadena larga puede unirse o adsorberse a un punto en un coloide siempre que el resto del polímero se extienda a la solución, ver figura N° 2.1.2-4.

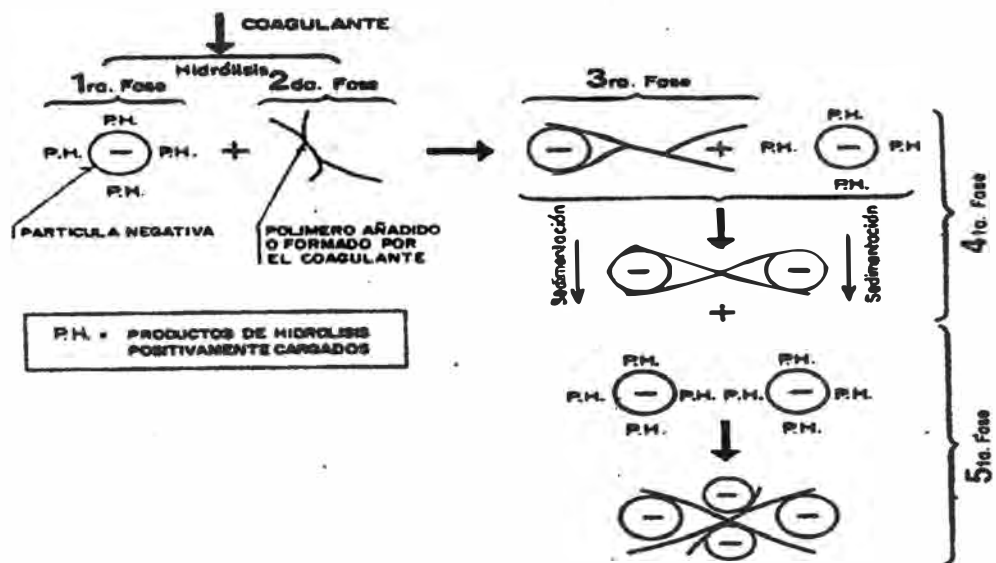


Figura N° 2.1.2-4: Modelo esquemático del proceso de coagulación con formación de puentes.

2.1.3. Factores que influyen en el proceso de coagulación

Dentro de los factores que mayor influencia ejercen en el desarrollo del proceso de coagulación tenemos:

A) pH.- EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario, podría significar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran, la cal viva, cal apagada, carbonato sódico, sosa cáustica ó ácidos minerales.

B) Naturaleza del agua cruda

Las características del agua que tienen mayor correlación con el proceso de coagulación son: la concentración y la naturaleza de los coloides, el pH y la alcalinidad.

Se presentan cuatro situaciones diferentes, las cuales se resumen en la tabla N° 2.1.3-1

Tabla N° 2.1.3-1: Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación.

	Tipo de agua	Coagulación producida por	Requerimiento
I	Baja concentración de coloides. Baja alcalinidad	-Formación de precipitado. -Floc de barrido.	-Alta dosis de coagulantes. -Adición de alcalinidad o partículas, o ambas.
II	Baja concentración de coloides. Alta alcalinidad.	-Formación de precipitado. -Floc de barrido.	-Dosis altas de coagulantes. -Adición de partículas.
III	Alta concentración de coloides. Baja alcalinidad.	Adsorción de polímeros metálicos positivos en la superficie de los coloides (pH 4 a 7)	-Dosis de coagulante se incrementa con la concentración de partículas -Puede requerirse elevar la alcalinidad.
IV	Alta concentración de coloides. Alta alcalinidad.	-Adsorción de polímeros metálicos positivos y precipitación de hidróxidos (pH>7,0)	-Dosis de coagulante se incrementa con la concentración de partículas.

C) Agitación rápida de la mezcla.

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado. Por lo tanto, es necesario que en el momento de la introducción del coagulante, el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, debido a que los tiempos de coagulación son muy cortos (pudiendo alcanzar tiempos cercanos a 1 segundo cuando la coagulación se realiza por adsorción).

D) Tipo y cantidad de coagulante.

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro. La cantidad teórica de cada coagulante depende de la reacción estequiométrica con los compuestos del agua cruda.

La selección del coagulante y las dosis exactas en cada caso específico solo puede ser determinada mediante pruebas de jarra.

2.1.4. Coagulantes disponibles

Los coagulantes más comunes en el tratamiento químico de aguas son:

- Sulfato de aluminio.
- Cloruro de aluminio / policloruro de aluminio.
- Aluminato de sodio.
- Cloruros de hierro.
- Sulfatos de hierro.
- Mezclas inorgánicas.
- Coagulantes orgánicos-poliámidas.

Dentro del campo de tratamiento de aguas, los coagulantes más comúnmente empleados han sido sales de aluminio y de hierro, entre los que cabe destacar están el sulfato de aluminio y el cloruro férrico. Tradicionalmente el *sulfato de aluminio* ha sido el químico coagulante de mayor uso en el mercado, debido a los costos, por esta razón la mayoría de las plantas están diseñadas para trabajar con estas sales de aluminio, las cuales están disponibles en presentación líquida y sólida, así como en diferentes grados de pureza.

Sin embargo en estas dos últimas décadas, una nueva sal de aluminio, el *Policloruro de Aluminio (PACl)* está siendo cada vez más empleado, este producto por su carácter polimérico ofrece muchas ventajas técnicas como coagulante y floculante en relación con otros floculantes monómeros tradicionalmente empleados. El PACl, corresponde a una sal básica del

cloruro de aluminio, un polímero de hidroxiclорuro de aluminio con fórmula siguiente:



Estas formas poliméricas con elevada carga eléctrica, en que se presenta el ión aluminio, permite utilizar el PACl en un margen de pH más amplio comprendido entre 5 y 10, alcanzándose flóculos de mayor tamaño y más pesados con una mayor reducción de la turbidez y color.

Los productos pueden tener una basicidad diferente, pueden tener presentación líquida o sólida y parte del grupo de cloruros puede ser sustituido por sulfatos.

La diferencia fundamental entre el PACl y los coagulantes inorgánicos constituidos por sales metálicas simples radica en que incorpora a su molécula básica, cadenas poliméricas hidrolizadas mientras que las sales monómeras deben empezar a generarlas por la hidrólisis al entrar en contacto con el agua .

Las moléculas poliméricas del policloruro de aluminio (PACl), sufren a su vez hidrólisis en medio acuoso dando lugar a nuevas especies insolubles menos sensibles frente a las variaciones de medio (pH, alcalinidad, temperatura, etc.), hecho que se traduce en un eficaz comportamiento frente a aguas de características cambiantes o frente a variaciones en las condiciones de trabajo de la unidades depuradoras.

En cuanto al **sulfato férrico**, funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, es uno de los coagulantes más amplios y conocidos. Produce flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la coprecipitación de aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en

tratamiento de aguas potables aunque en algún caso puede producir problemas de coloración.

El **cloruro férrico**, es similar al anterior aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas.

2.2. Floculación

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de promover el crecimiento del microflóculo hasta alcanzar el tamaño y peso necesarios para que puedan sedimentar. Consiste en la captación mecánica de las partículas **neutralizadas** dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

El objetivo es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta, aplicando velocidades decrecientes para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, esto posibilitará la separación de los flóculos por sedimentación (flotación) y/o filtración.

En el floculador, los microflóculos formados en el proceso de coagulación se aglutinan formando flóculos de mayor tamaño y densidad. La formación de los floculos depende de la permanencia y de la cantidad de energía aplicada (gradiente de velocidad) en el floculador, la energía que posibilita la agitación del agua puede ser mecánica, hidráulica ó neumática.

2.2.1. Cinética de la floculación

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto para promover el crecimiento de los flóculos.

- *Floculación pericinética*

Se basa en las colisiones debidas al movimiento de las moléculas e inducidas por la energía térmica, a este movimiento se le denomina “movimiento browniano”.

- *Floculación ortocinética*

Se basa en las colisiones de las partículas por el movimiento del fluido. A este mecanismo se le denomina también floculación por convección forzada.

Las partículas pequeñas ($< 1\mu\text{m}$) están sometidas a floculación pericinética motivada por el movimiento browniano, mientras que las que presentan un tamaño mayor, están afectadas principalmente por el gradiente de velocidad del líquido, predominando en ella la floculación ortocinética. Ambos mecanismos son complementarios no pudiéndose alcanzar una buena eficiencia en ausencia de alguno de ellos.

2.2.2. Factores que influyen en la floculación

Los principales factores que influyen en la eficiencia de este proceso son:

- a) *Características del agua.*

La coagulación y por consiguiente la floculación son extremadamente sensibles a las características fisico-químicas del agua cruda, tales como la alcalinidad, pH y la turbiedad.

La concentración y la naturaleza de las partículas que producen la turbiedad también tienen una notable influencia en el proceso de floculación, en todos los modelos matemáticos de floculación, la velocidad de formación de floculos, es proporcional a la concentración de las partículas, en este sentido, un agua que contiene poca turbiedad coloidal es frecuentemente, de floculación más difícil,

ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos, obteniéndose en aguas con elevada turbiedad resultados satisfactorios con valores bajos de la gradiente de velocidad (G) y tiempos de floculación relativamente cortos (<15 min).

b) Gradiente de velocidad

La floculación es favorecida por una agitación lenta de la mezcla, puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. El mezclado debe ser suficiente para que los choques tengan la energía requerida para que las partículas se peguen entre si, por otra parte, un mezclado demasiado intenso no resulta favorable porque rompería los flóculos ya formados.

En todas las ecuaciones desarrolladas y que caracterizan la velocidad de aglomeración de las partículas, en la floculación ortocinética aparece el parámetro de gradiente de velocidad G , como un parámetro de proporcionalidad, cuanto mayor sea el valor G , más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Mientras tanto a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzaran una intensidad que los rompe en partículas menores.

Los valores recomendados para gradientes de velocidad para floculación se encuentran dentro del rango de 100 a 10 s^{-1} , naturalmente es conveniente que se haga una compartimentación con gradientes escalonados en forma decreciente, después de formados los flóculos en la última cámara se debe tener cuidado en la conducción

del agua floculada hacia el decantador, no debiendo tener un gradiente mayor de 20 s^{-1} .

b.1) Número de Camp

El número de Camp, C_a Representa el producto adimensional del gradiente de velocidad por el tiempo de permanencia = GT , que define un parámetro controlable en todo proyecto de unidades de mezcla y floculación, así Camp (1955), observó que los gradientes de velocidad utilizados en los Estados Unidos variaban entre 20 y 74 s^{-1} con valores de GT entre $23\ 000$ y $210\ 000$, en floculadores que operaban satisfactoriamente. Sin embargo, para una variación tan amplia en el número que lleva su nombre Camp, no identifica adecuadamente las condiciones para la optimización del proceso de floculación.

En teoría, para valores iguales de $G.T.$ en diferentes instalaciones podría establecerse que la oportunidad de que ocurran choques entre las partículas es la misma. Por lo tanto, para valores elevados de G y bajos de T o a la inversa, el desempeño de las unidades sería similar. Sin embargo la experiencia muestra que tal circunstancia no siempre se cumple siendo necesario realizar ensayos en cada caso para determinar los valores más adecuados de G y T .

Por otra parte, además de las características del líquido a tratar en la determinación de estos parámetros influyen implicancias económicas, ya que G se relaciona con un consumo de energía y T con el dimensionamiento de la instalación.

b.2 Estabilidad de los floculos.- A medida que un flóculo aumenta en tamaño su densidad disminuye y el flóculo se vuelve mas sujeto a tensiones por cizallamiento generadas por gradientes de velocidad;

cuanto mayor es la gradiente de velocidad mayor es la velocidad de aglutinación de las partículas por lo tanto los flóculos aumentaran hasta un límite máximo, arriba del cual las fuerzas de cizallamiento las rompen en partículas menores.

Soucek y Sindelar (7) demostraron que la ruptura de los floculos se caracteriza por las condiciones de turbulencia y que para valores de S por debajo de 1,3 la ruptura resulta despreciable.

$$S = G \cdot Re^{-0.5} \quad \text{Estabilidad de flóculos}$$

c) Tiempo de Floculación

En todos los modelos propuestos para la floculación, la velocidad de aglomeración es proporcional al tiempo, existe un tiempo óptimo que normalmente está entre 20 y 40 minutos, a través de los ensayos de pruebas de jarras se puede determinar este tiempo.

La permanencia del agua en el floculador durante un tiempo inferior o superior al óptimo produce resultados inferiores, véase la figura N° 2.2.2-1.

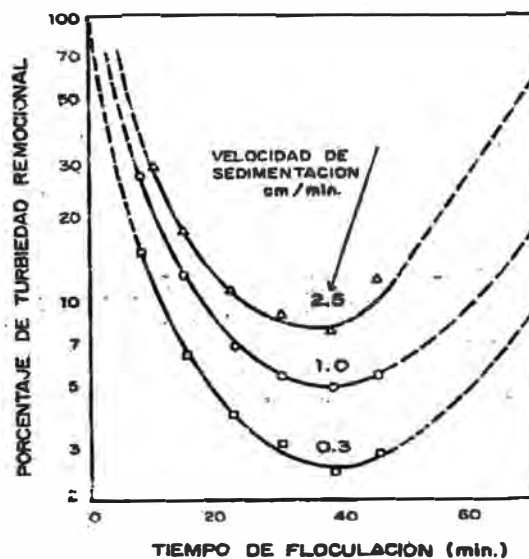


Figura N° 2.2.2-1: Efecto del periodo de floculación en la sedimentación

Para aproximar el tiempo real de retención en el tanque floculador al tiempo nominal escogido se realiza una compartimentalización de la unidad, lo cual permite en forma paralela evitar los cortocircuitos de agua aumentando la eficiencia del proceso.

d) Variación del caudal de agua.

Toda variación de caudal modificará los tiempos de residencia y gradiente de velocidad en el floculador.

Generalmente los floculadores hidráulicos son mas flexibles a estas variaciones, al disminuir el caudal aumenta el tiempo de retención y disminuye la gradiente de velocidad, al aumentar el caudal el comportamiento es a la inversa variando de esta forma el número de Camp (N_c).

En floculadores mecánicos el efecto es mas perjudicial debido a su poca flexibilidad ya que el gradiente de velocidad permanece constante y el tiempo de residencia aumenta o disminuye de acuerdo a como varíe el caudal.

En este punto, debemos indicar que se acostumbra clasificar a los floculadores en mecánicos e hidráulicos, de acuerdo al tipo de energía utilizada para agitar la masa de agua; de esta forma los floculadores hidráulicos utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica y en el caso de los floculadores mecánicos utilizan energía de una fuente externa, que normalmente es un motor acoplado a un variador de velocidad que hace posible el cambio de la intensidad de agitación.

2.2.3. Tipos de floculantes

Existen, además, ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).

Puede suceder que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente grandes como para sedimentar con la rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante se hace necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra, enlazando las partículas individuales en aglomerados favoreciendo la floculación.

Según su naturaleza, los floculantes pueden ser:

- **Minerales:** por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.
- **Orgánicos:** son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético. Los floculantes orgánicos de origen natural se obtienen a partir de productos naturales como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales) y derivados de la celulosa. Su eficacia es relativamente pequeña.

Los de origen sintético, son macromoléculas de cadena larga, solubles en agua, conseguidas por asociación de monómeros simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables por lo que se le denominan polielectrolitos.

Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

- Polielectrolitos no iónicos: son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones.
- Polielectrolitos aniónicos: Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).
- Polielectrolitos catiónicos: caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

La selección del polielectrolito adecuado se hará en ensayos de laboratorio mediante las pruebas de jarras.

2.3. Sedimentación

Sirve para reducir la turbiedad y eliminar sustancias en suspensión que puedan separarse en un tiempo razonable por la sola acción de la gravedad. Se aprovecha la acción que ejerce la fuerza de la gravedad sobre las partículas más pesadas, que descienden depositándose sobre el fondo.

Esta operación se utiliza para la eliminación de arena, material particulado proveniente de los procesos industriales, floculos químicos cuando se realiza una coagulación-floculación y para la concentración de sólidos.

La sedimentación como tal, es en esencia un fenómeno netamente físico. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de la caída de las partículas en el agua, de esta forma las partículas en suspensión sedimentan en diferente forma, dependiendo de las características de las partículas así como de su concentración.

Se denomina partículas discretas a las partículas aisladas que no cambian de densidad, tamaño o forma al descender en el líquido no habiendo interferencia entre las mismas durante el proceso, generalmente las partículas discretas que sedimentan en este corto tiempo tienen un tamaño

cercano a 0,01mm y una masa específica aproximada de 2650 Kg/m³, similar a la de la arena.

Las unidades de sedimentación pueden ser de sección rectangular, cuadrada o circular y el periodo de retención puede variar entre 1 y 12 horas, es conveniente determinar en cada caso mediante pruebas la velocidad de sedimentación para optimizar el tiempo que debe ser el suficiente para permitir que los sólidos en suspensión se asienten (partículas de mayor densidad que el agua) o floten (partículas de menor densidad que el agua).

Factores que influyen en el proceso de sedimentación:

- (1) Naturaleza del agua cruda.- Las variaciones de concentración de las materias en suspensión modifican la forma de sedimentación de las partículas así como las propiedades de las partículas modifican los depósitos formados.
- (2) Condiciones hidráulicas.- Los criterios y parámetros hidráulicos de diseño tienen suma importancia en la eficiencia de los sedimentadores. Así en la zona de sedimentación se debe tener el número de Reynolds lo más bajo posible, en la zona de entrada debe satisfacer una distribución uniforme del flujo de ingreso a fin de evitar corriente que generen turbulencia y alteren la operación. Por otro lado, elementos de salida mal ubicados y/o diseñados pueden ocasionar cortocircuitos y zonas muertas.
- (3) Factores externos.- Como el viento, programas de mantenimiento de la unidad entre otros.

2.4. Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que se direcciona a través de un medio poroso o filtrante. Mediante esta operación se elimina los sólidos finos

remanentes del tratamiento anterior empleando medios granulares; la filtración es generalmente una operación final que se realiza en una planta de tratamiento, por consiguiente los resultados de calidad deberán coincidir con los patrones finales establecidos dependiendo del tipo de uso al que se le destine el agua tratada.

La filtración es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos pero complementarios: Transporte y adherencia. Inicialmente las partículas al moverse son transportadas de la suspensión a la superficie de los granos del medio filtrante, estas permanecerán adheridas a los granos en la medida que resistan la acción de las fuerzas de cizallamiento debido a las condiciones hidrodinámicas del escurrimiento; el transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, afectado por los parámetros que gobiernan la transferencia de masas.

La adherencia entre partículas y granos es básicamente un fenómeno de acción superficial que es influenciado por parámetros físicos y químicos.

2.4.1. Factores que influyen en la filtración

La eficiencia de la filtración está relacionada con las características de la suspensión y del medio filtrante, con la hidráulica de la filtración y calidad del efluente así tenemos:

a) Características de la suspensión

Relacionada con el tipo de partícula, tamaño de partículas suspendidas, densidad de las partículas suspendidas, pH en el afluente, resistencia o dureza de las partículas suspendidas y el potencial Z de la suspensión.

b) Características del medio filtrante, en donde se destacan el tipo de medio filtrante, el tamaño efectivo del material filtrante, el coeficiente

de uniformidad del material filtrante, el peso específico del material filtrante y el espesor de la capa filtrante

c) Características hidráulicas

Las características hidráulicas que influyen en la eficiencia de la filtración son: la tasa de filtración y la carga hidráulica disponible.

Tasas de filtración bajas no necesariamente aseguran producción de agua filtrada de mejor calidad.

La carga hidráulica a fijarse en un filtro influye en la duración de la carrera de filtración.

La selección de la carga hidráulica de un filtro depende de otros factores como espesor y granulometría del medio filtrante, aspectos económicos, entre otros. Si bien es cierto, que con cargas hidráulicas mayores las carreras de filtración resultan más largas, deberá contemplarse el inconveniente de compactación del medio filtrante que dificultará el lavado de la unidad.

d) Calidad del efluente

Está relacionada al uso que se destine el agua filtrada y a la existencia de una operación eficiente.

Se aconseja que un agua filtrada no presente color y tenga niveles bajos de turbidez.

CAPITULO III

ASPECTOS TÉCNICOS PRELIMINARES

3.1. Caracterización del vertido

3.1.1. Estación de muestreo

Las características del vertido fueron evaluadas en tres estaciones de muestreo, las cuales se pueden apreciar en la tabla N°3.1.1-1.

Tabla N° 3.1.1-1: Estaciones de muestreo.

Estación N°	Descripción	Parámetros evaluados			
		caudal	Físico químico	Metales	DBO(*)
1	Línea 1 que descarga a la caja de registro N°1	✓	✓	✓	X
2	Línea 2 que descarga a la caja de registro N°2	✓	✓	X	X
3	Línea 3 (línea 1+línea 2), que descarga a la caja de registro N°3	✓	✓	✓	✓

(*)=Evaluado por la empresa.

3.1.2. Medición de caudales

Los vertidos industriales de la sección de vibrado son conducidos por medio de dos tuberías hacia un colector principal, cuyo tirante de agua es variable, la descarga es libre, no cuenta con unidades de retención física

Las descargas varían según la hora y proceso industrial que se realice. Los resultados del aforo obtenidos en las mediciones de campo realizadas en la planta se muestran en la tabla N° 3.1.2-1 para dos días de muestreo. Los muestreos se realizaron en la caja de registro N° 3, ver plano N° 1.

Los caudales registrados en los puntos de descarga al colector; en ningún caso superaron el nivel de 0,4 l/s; valor inicial brindado para el proyecto.

Tomando en consideración que se encuentra en implementación una línea adicional de vibrado que aportaría un 50% del flujo a la descarga actual, se proyectó un flujo de 0,6l/s, que será considerado como base de diseño, en la evaluación de las unidades de tratamiento.

Tabla N° 3.1.2-1: Medición de caudales en la estación N°3.

19-05-09		20-05-09		20-05-09	
Hora	Caudal, (l/s)	Hora	Caudal,(l/s)	Hora	Caudal,(l/s)
8:30	0,38	16:30	0,32	0:30	0,38
9:00	0,35	17:00	0,28	1:00	0,33
9:30	0,38	17:30	0,25	1:30	0,33
10:00	0,35	18:00	0,25	2:00	0,32
10:30	0,39	18:30	0,26	2:30	0,32
11:00	0,26	19:00	0,26	3:00	0,34
11:30	0,25	19:30	0,28	3:30	0,33
12:00	0,28	20:00	0,29	4:00	0,00*
12:30	0,39	20:30	0,28	4:30	0,00*
13:00	0,34	21:00	0,32	5:00	0,00*
13:30	0,36	21:30	0,38	5:30	0,34
14:00	0,39	22:00	0,32	6:00	0,25
14:30	0,39	22:30	0,32	6:30	0,33
15:00	0,28	23:00	0,39	7:00	0,36
15:30	0,26	23:30	0,34	7:30	0,38
16:00	0,28	24:00	0,28	8:00	0,36
Máximo =0,39l/s.			(*)= Parada de producción por falta de material		
Mínimo =0,25l/s.					
Promedio=0,32l/s.					

3.1.3. Análisis físico-químico

Las características generales del efluente residual industrial se muestran en las tablas adjuntas, la realización de los ensayos obedecieron a fechas establecidas por el cliente manteniendo la siguiente secuencia:

- o Inicio de muestreos y controles como pruebas preliminares, del 06 Mayo al 06 de Junio del 2009: Controles físico-químicos, uno (01) en forma semanal y un control ICP para metales.
- o Del 01 al 30 de Octubre 2009: Controles físicos químicos, uno semanal y un control ICP para metales.

En la tabla N° 3.1.3-1, la caracterización se realiza en forma independiente a cada línea de vertido, según el plano N° 1 se tiene dos líneas de vertidos independientes identificados como línea 1 de vibradoras chicas (caja de registro N° 1) y la línea 2 de vibradoras grandes y tambores (caja de registro N° 2). En el plano N°1, se aprecia de igual forma la línea adicional de vibrado proyectada y que aportaría como se mencionó en el punto 3.1.2, un 50% al flujo de descarga actual.

Tabla N° 3.1.3-1: Caracterización de las aguas correspondientes a las líneas de descarga sección vibrado. (+)

PARAMETROS	Expresado (ppm)	Agua de vibrado			
		07.05.09(*)	12.05.09	22.05.09	29.05.09
Valor pH	-	9,4	9,5	8,8	8,58
Turbidez	NTU	1290	828	338	380
Sólidos Totales disueltos(TDS)	mg/l	1990	3100	950	410
SS	ml/l/h	92,0	50,0	33	10
Estación de muestreo		1	1	2	2

(*) = Muestra compuesta enviada a SGS para control ICP.

(+) = Realizado en el laboratorio Promaquirsa.

En la tabla 3.1.3-2, se muestran los resultados de la caracterización realizada al vertido correspondiente a la línea 3. Ver plano N° 1.

Tabla N° 3.1.3-2: Caracterización de las aguas correspondientes a la sección de vibrado. (+)

PARAMETROS	Expresado	FECHA				DS 021-2009-VIVIENDA
		Agua de vibrado				VAM
		06.10.09	15.10.09	24.10.09	29.10.09	
Valor pH	-	8,4	9,3	9,5	9,4	9,0
Turbidez	NTU	539	1290	938	780	--
Sólidos Totales disueltos	mg/l	428	950	2900	1800	--
Sólidos sedimentables	ml/h	22,0	30,0	33	20	8,5
Estación de muestreo		3	3	3	3	--

(+) = Realizado en el laboratorio Promaquirsa.

3.1.4. Análisis por ICP

Realizado en SGS, a una muestra de agua residual compuesta para dos fechas diferentes. Los resultados originales se adjuntan en el apéndice N° 1, según solicitud de análisis MA902563 y MA906553.

En la Tabla N° 3.1.4-1, se muestran los resultados.

Tabla N° 3.1.4-1: Ensayo ICP total -Laboratorio SGS

		07-05-09	15-10-09	LPM (& R.M.011- 96 EM/VMM	DS 021- 2009- VTIENDA VMA(+)	
		L.D.	Muestra 1	Muestra 2		
Aluminio	mg/l	0,01	0,21	0,11	10	
Antimonio	mg/l	0,0055	0,174	0,450		
Arsénico	mg/l	0,005	<0,005	<0,005	1,0	0,5
Bario	mg/l	0,003	0,013	0,005		
Boro	mg/l	0,1	<0,1	<0,1		4,0
Cadmio	mg/l	0,001	0,001	0,002		0,2
Calcio	mg/l	0,1	16,7	28,2		
Cerio	mg/l	0,05	<0,005	<0,005		
Cobalto	mg/l	0,001	0,055	0,174		
Cobre	mg/l	0,003	0,26	0,517	1,0	3,0
Cromo	mg/l	0,001	0,006	0,016		
Escandio	mg/l	0,003	<0,003	<0,03		
Estaño	mg/l	0,01	1,81	9,15		
Estroncio	mg/l	0,001	0,178	0,275		
Fosforo	mg/l	0,1	25,1	>50		
Hierro	mg/l	0,1	0,4	5,8	2,0	
Lantano	mg/l	0,0005	0,0005	<0,0005		
Litio	mg/l	0,01	0,01	0,04		
Magnesio	mg/l	0,04	1,85	7,56		
Manganeso	mg/l	0,002	0,010	0,030		4,0
Molibdeno	mg/l	0,005	<0,005	<0,005		
Níquel	mg/l	0,001	0,005	0,008		4,0
Plata	mg/l	0,001	0,005	<0,001		
Plomo	mg/l	0,004	0,499	0,987	0,4	0,5
Potasio	mg/l	0,1	1,2	6,2		
Selenio	mg/l	0,05	<0,05	<0,05		
Silicio	mg/l	0,5	2,1	5,4		
Sodio	mg/l	0,1	>60	>60		
Talio	mg/l	0,03	<0,03	<0,03		
Titanio	mg/l	0,003	0,005	<0,003		
Vanadio	mg/l	0,002	<0,002	<0,002		
Wolframio/	mg/l	0,005	<0,005	<0,005		
Zinc	mg/l	0,005	0,209	1,659	3,0	10
Estación muestreo	--		N° 1	N° 3		

(&)= Para efluentes líquidos en actividades minero-metalúrgicas (operaciones nuevas en todo momento). Ministerio de energía y Minas. Perú.1996.

(+)= VMA para descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado. Perú Noviembre 2009

3.1.5. Conclusiones sobre la calidad del agua

De los controles realizados se concluye que contamos con una calidad de agua residual muy variable, con un nivel de sólidos disueltos máximo registrado de 1800 ppm y un mínimo de 428 ppm, para la línea 3 de descarga final. La evaluación independiente a cada línea reportó:

Línea 1: Máximo 3,100 ppm y un mínimo de 1990 ppm.

Línea 2: Máximo 950 ppm y un mínimo de 410 ppm.

El nivel de pH mínimo fue de 8,4 y el máximo 9,5; es decir que se ubica en un rango alcalino por la adición de los detergentes y fosfatos.

En cuanto a los sólidos sedimentables (SS) hemos registrado valores mínimos de 10 ml/l/h para la línea 2 y un máximo de 92ml/l/h para el caso de la línea 1, por lo que para un efluente mezcla se considera 50 ml/l/h.

En cuanto a la turbidez como nivel máximo 1290 unidades y como valor mínimo 539 NTU, valores altos y que son consecuencia de la materia coloidal presente y sobre cuya remoción se basó el tratamiento químico planteado.

En cuanto a los resultados de la prueba ICP, se estableció una comparación con los límites máximos permisibles de emisión de efluentes líquidos para actividades Minero-metalúrgicas (R.M.011-96), por ser la actividad que se relacionaría mejor en las operaciones de pulido de piezas metálicas. De esta forma, se registra metales como plomo y hierro con niveles superiores al límite (0,987 ppm y 5,8 ppm respectivamente), estaño no regulado, cobre y zinc en niveles debajo de los valores máximos de la Norma.

Se estableció de igual forma una comparación con los VMA, según D.S. 021-2009-VIVIENDA, para descarga de agua residual al sistema alcantarillado y que entrará en vigencia con la aprobación del Reglamento.

Para evitar las fluctuaciones marcadas de calidad en el agua residual se recomendó estandarizar y controlar la preparación de las soluciones químicas para las actividades de vibrado.

Finalmente podemos concluir que en las condiciones actuales la calidad del agua industrial residual evaluada, sobrepasa los valores máximos admisibles en los parámetros pH, sólidos totales en suspensión (SST), asociados a la turbiedad y color; según Ley General de Servicios de Saneamiento N° 26338, D.S. 021-2009, para vertidos hacia redes de alcantarillado, debido a ello se prosiguió con los ensayos para seleccionar y acondicionar la tecnología de tratamiento.

3.2. Pruebas de laboratorio

La sección experimental se basa en el tratamiento físico-químico que se pretende aplicar para la eliminación de sólidos coloidales mediante coagulación y floculación es decir por desestabilización y agregación, para facilitar su sedimentación o filtración posterior.

En el tratamiento de aguas residuales, los procedimientos de coagulación y floculación son simples, efectivos y relativamente económicos; sin embargo es imprescindible determinar el ó los coagulantes óptimos y las dosis adecuadas tanto del coagulante como del floculante ya que estos estarán en función del pH, la concentración de coloides, alcalinidad y TDS del agua a tratar.

3.2.1. Pruebas de jarras

La prueba más representativa para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes a pequeña escala es el ensayo de “Prueba de Jarras”, por ello sigue siendo el método más utilizado y útil para evaluar

los procesos de coagulación y floculación y los efectos en las fases subsiguientes del tratamiento: decantación (o flotación) y filtración.

El objetivo fundamental es determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción, entre otros.

Al realizar las pruebas de jarras se considero lo enumerado en la bibliografía (6) y (7) por lo que en función de esta y otras lecturas previas se adoptaron algunos parámetros como velocidades del agitador de 200 y 40 rpm, para las etapas de mezcla rápida y lenta respectivamente para coagular y flocular la disolución. El procedimiento seguido se indica líneas abajo.

Las pruebas a escala de laboratorio se realizaron en la empresa PROMAQUIRSA y en el laboratorio N° 20 de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA y para ambos casos se emplearon el mismo procedimiento y químicos.

A) Equipos, Materiales y químicos

- Equipo de Jar-Test, modelo Floc Tester ET- 730 de marca Lovibond de 10 a 300 rpm.
- Un turbidímetro con fuente luminosa infrarroja, marca Lovibond con campo de medición de 2 a 2000NTU.
- Medidor portátil de pH marca Hanna.
- Medidor portátil de TDS y conductividad marca Hanna y
- Material de laboratorio.

Dentro de los productos químicos empleados en las pruebas de jarras se tiene:

- Sulfato de alumina $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ de la firma Industrial y Comercial Química Andina.
- Policloruro de aluminio (PACl), $Al_n(OH)_m Cl_{(3n-m)}$, de la firma Industrial y Comercial Química Andina.
- Polímero aniónico Bufloc 5292, de la firma Buckman.
- Polímero catiónico-Chemlock 3020, de la firma Nalco.
- Polímero aniónico de alto peso molecular Chemlock 2040 de la firma Nalco.
- Polímero catiónico C-581, marca Cytec, de la firma Chem Supply, como auxiliar de coagulación.

Las fichas técnicas de los químicos indicados se adjuntan en el Apéndice N° 1

B) Procedimiento

Se mantuvo el siguiente procedimiento:

- o Determinar la turbiedad, pH y TDS del agua cruda.
- o Colocar 1 litro de la muestra en cada uno de las cuatro jarras y trabajarlas hasta un volumen de muestra de 800ml, llevarlas al aparato de agitación.
- o Añadir la dosis del químico coagulante
- o Dar al aparato la máxima velocidad (200 rpm).
- o Luego de 1 min de agitación rápida, reducir la velocidad de rotación del aparato a 40 r.p.m. y mantener la agitación por 20 min. Si se conocen los gradientes de velocidad y los tiempos de floculación correspondiente, ajustar la velocidad de rotación del aparato a fin de obtener los gradientes deseados, durante los tiempos correspondientes.
- o Observar y anotar el tiempo que transcurre hasta la aparición de los flóculos en cada una de las jarras y la apariencia, tamaño y cantidad de flóculos al final del período de agitación.

- Dejar sedimentar por 20 min y determinar la turbiedad, pH y TDS del agua sobrenadante, utilizando una pipeta de 25 ml para retirar lentamente una muestra, sin agitar los flóculos.
- Si ninguna de las muestras tiene un resultado satisfactorio, por ejemplo turbiedad menor que 50 NTU, realizar un nuevo test modificando las dosis de coagulante, hasta conseguir una coagulación satisfactoria.

La condición mínima que se estableció en los ensayos fue el de alcanzar una correspondencia con la aproximada neutralización del potencial Z a fin de asegurar la desestabilización de las partículas eléctricamente cargadas en cada muestra del agua residual evaluada.

Las muestras evaluadas que producen la mayor reducción de turbiedad y color corresponderán a la dosis óptima de los productos químicos utilizados.

3.2.2. Ensayos químicos

En este capítulo se muestran los diferentes ensayos realizados tanto en el laboratorio de la UNI como en el laboratorio PROMAQUIRSA. Las pruebas de laboratorio se realizaron con la extracción de varias muestras recolectadas en días diferentes y programados teniendo en consideración la producción de tal forma que se pueda alcanzar una evaluación en las condiciones más críticas. Las estaciones de muestreo corresponden a las indicadas en la tabla 3.1.1-1. 4

A) Prueba de jarras en el laboratorio de la UNI.

Se realizaron los ensayos en la UNI y el reporte se adjunta en el Apéndice N° 1

a) **Resultados.-** En esta sección hacemos un resumen de dicho reporte.

Fecha de muestreo : 21-05-09 Estación de muestreo : N° 3

Tabla N° 3.2.2-1: Características iniciales de la muestra.

Alcalinidad inicial	1300mgCaCO ₃ /l
pH inicial	9,16
Turbiedad inicial	4494,0 UNT

Tabla N° 3.2.2-2: Reactivo y dosis utilizada.

Dosis óptima, de PACl	400mg/l
Concentración	1%
Tiempo total de floculación	5 min

Tabla N° 3.2.2 -3: pH óptimo.

pH	TURBIEDAD (UNT)
7,00	175,00
7,50	145,00
8,00	89,40
8,50	85,20
9,10	81,80
9,65	92,70

Tabla N° 3.2.2-4: Dosis óptima.

Dosis mg/l	TURBIEDAD (UNT)
325	140
350	150
375	154
400	117
425	117
450	113
475	120
500	117

Tabla N° 3.2.2-5 Parámetros de floculación.

TIEMPO	GRADIENTE			
Minutos	20	40	50	60
5	2,34	1654,00	---	---
10	2,13	30,50	---	---
15	2,18	2286,00	---	---
20	3,94	5,55	---	---
25	3,83	>4000,00	---	---
30	3,65	314,00	---	---

“Los gradientes donde no aparecen la turbiedad, estos especifican que la sedimentación se ha efectuado muy lentamente, eliminando ese resultado para el cálculo de la gradiente”

Los resultados del ensayo realizado en la UNI y mostrados en las tablas se aprecian en las gráficas N° 3.2.2-1, N° 3.2.2-2 y N° 3.2.2-3.

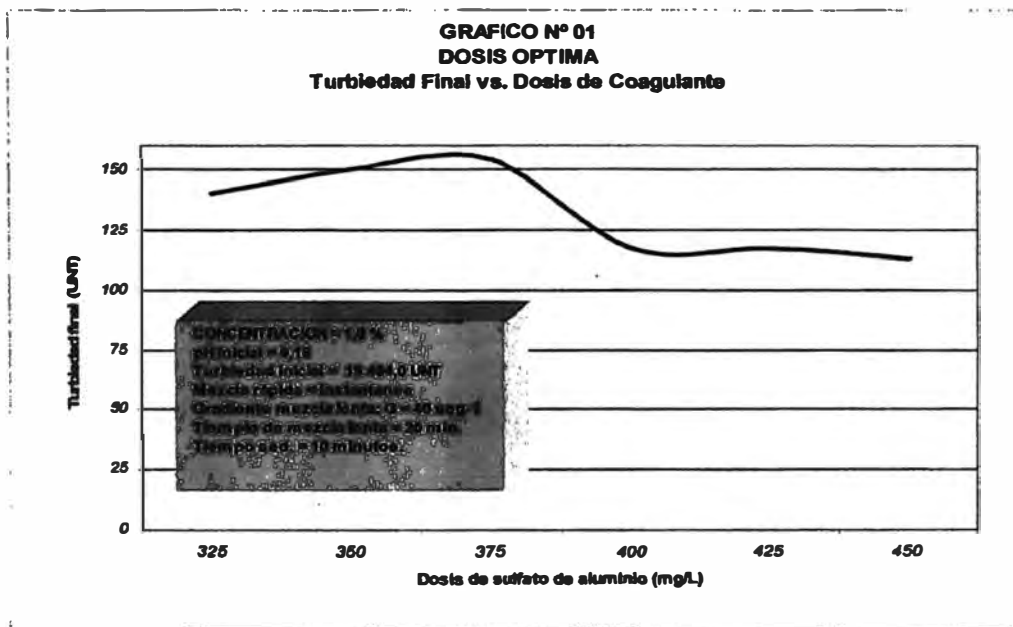


Figura N° 3.2.2-1: Gráficos con Dosis óptima Vs turbiedad.

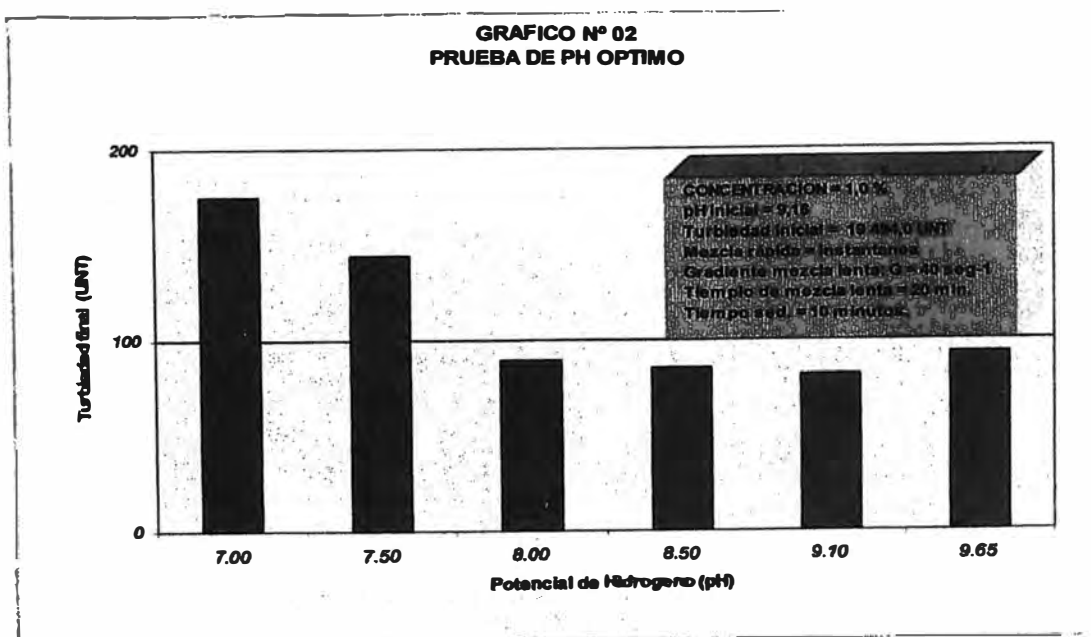
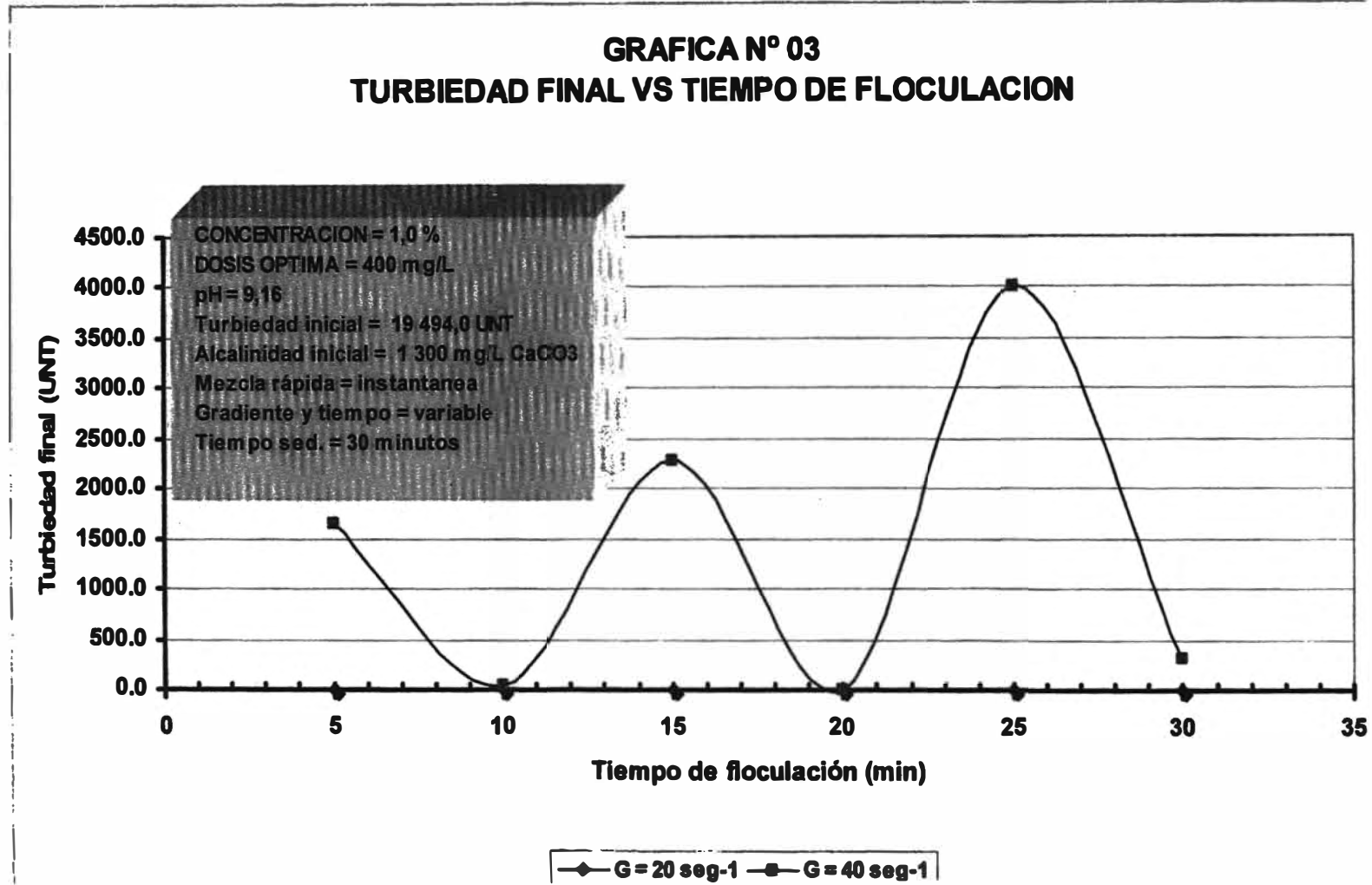


Figura N° 3.2.2-2: Gráfico con pH óptimo Vs turbiedad.

Figura N° 3.2.2-3: Gráfica de turbiedad Vs tiempo de floculación



b) Conclusiones – Laboratorio UNI.

La muestra brindada a la UNI corresponde a un vertido crítico y ello se refleja en la calidad del agua para el ensayo, que reportó una turbiedad de 4494,0 NTU, valor bastante elevado y supera el máximo registrado durante todo el periodo de monitoreo.

Dentro de las conclusiones brindadas se tienen:

- ✓ La muestra presenta alta concentración de sólidos suspendidos, los cuales pueden ser removidos al pH original de la muestra
- ✓ La formación de los floculos en la prueba de jarras utilizando policloruro de aluminio a una concentración de 1.0%, se obtiene una remoción de casi al 100% para una sedimentación de 30min con tiempos de floculación de 5min.
- ✓ La floculación del sistema debe efectuarse a gradientes bajos ($G=20\text{seg}^{-1}$), y tiempos de decantación mayores a 30minutos para una clarificación de agua a tratar.
- ✓ La remoción de turbiedad utilizando policloruro de aluminio ha generado una cantidad alta de lodo hidratado de 1100 ml para una muestra de 2000 ml.
- ✓ Cuando se utilizo el polímero Bufloc a una concentración del 0,01% en una dosis entre 0,01 y 1,25 ppm, utilizando la dosis óptima de 400 ppm del policloruro de aluminio, se apreció que la decantación no mejora, es mas lenta y la generación del lodo fue mayor.

B) Prueba de jarras en el laboratorio PROMAQUIRSA.

Se realizan las pruebas de jarras indicadas:

- a) En la primera prueba se utilizó el sulfato de aluminio como coagulante con y sin acondicionamiento de pH al agua residual.
- b) En el segundo ensayo se varió el coagulante por el policloruro de aluminio PACl, debido a que nos permite un trabajo con un margen más amplio de pH comprendido entre 5 y 10 y poder evaluar los beneficios de su estructura polimérica en el proceso de formación del floculo.
Definido el coagulante se mide la eficiencia del mismo para dos muestras diferentes de agua residual.
- c) En un tercer ensayo se busca una remoción más eficiente complementando la coagulación con la ayuda de floculantes aniónicos.
- d) En un cuarto ensayo al no conseguir buenos resultados con los floculantes aniónicos, se realizan pruebas con floculantes catiónicos a fin de reforzar la acción del policloruro, encontrando muy buenos resultados con el polímero catiónico C-581.
- e) Finalmente establecidas las dosis de los químicos seleccionados se hacen ensayos finales de coagulación-floculación durante un periodo mensual y con una frecuencia de muestreo y control semanal.

Se toma como criterio de evaluación para los ensayos de jarras el parámetro turbiedad, reportando los resultados en forma paralela en escalas como pobre (turbiedad sobre los 100NTU), regular (turbiedad entre 100 y 50NTU), buena (turbiedad entre 50NTU y 25NTU) y muy buena (para niveles menores a 25NTU), basados en el control visual; la escala establecida internamente obedece a los patrones de turbiedad. Se fija en la escala muy buena valores debajo de 25NTU estimando que el efluente pasará en la etapa final por el filtro en donde se reducirá este valor.

B.1) Resultados.**a) Ensayo N°1.- Selección y dosificación de los productos químicos.**

Tratamiento con coagulante inorgánico: sulfato de aluminio

Se realizaron ensayos sin y con neutralización hasta pH 7,0

Características del agua cruda del 14 Mayo 2009:

Turbiedad: 551; pH: 9,3; TDS: 1210

Tiempos de: Mezcla rápida: 1 min, Floculación: 20 min y

Decantación: 20min

Estación de muestreo N° 2

Tabla N° 3.2.2-6: Resultados ensayo N°1

Jarr a N°	Coagulante Dosis (ppm)	Resultado de la Floculación	Agua Decantada			Observación
			Turbiedad NTU	pH	TDS	
1	50	Ninguna	450	9,1	1230	Sin neutralización
2	100	Pobre	280	9,0	1250	Sin neutralización
3	100	Pobre	260	6,7	1215	Con neutralización
4	250	Pobre	120	6,3	1260	Con neutralización
5	250	Pobre	140	9,0	1270	Sin neutralización
6	300	Pobre	110	8,9	1275	Sin neutralización

Comentario.- Se observa que con el sulfato de aluminio como coagulante sólo no se logra reducir el nivel de turbidez inicial presente a niveles esperados, inclusive realizando la neutralización del agua no se alcanza mejora en la eliminación de la materia coloidal.

b) Ensayo N° 2.- Selección y dosificación de los productos químicos

Tratamiento con coagulante inorgánico: policloruro de aluminio (PACl).

Se realizaron ensayos sin neutralización a dos muestras de agua residual, debido a que el empleo del PACl posibilita un trabajo en un rango de pH entre 6 a 9,5

Estación de Muestreo N° 2

Características del agua cruda del 14 Mayo 2009

Turbiedad: 551; pH: 9,3; TDS: 1210

Tiempos de: Mezcla rápida: 1 min, Floculación: 20 min y

Decantación: 20min

Tabla N° 3.2.2-7: Resultados ensayo N° 2- Estación de Muestreo N° 2

Jarra N°	Coagulante Dosis (ppm)	Resultado de la Floculación	Agua Decantada			Observación
			Turbiedad NTU	pH	TDS	
1	100	Pobre	250	8,9	1230	Sin neutralización
2	200	Pobre	140	8,8	1240	Sin neutralización
3	300	Regular	80	8,8	1250	Sin neutralización
4	350	Regular	50	8,6	1250	Sin neutralización
5	400	Buena	30	8,5	1230	Sin neutralización
6	400	Muy Buena	25	8,5	1220	Sin neutralización

Comentario.- Para la calidad de agua evaluada se registra una buena eliminación de la materia coloidal con el empleo del PACl a una dosis de 400ppm; se requiere repetir el ensayo para otras calidades de agua.

Estación de muestreo N° 1.

Características del agua cruda del 16 mayo 2009

Turbiedad: 1350; pH: 9,5; TDS: 2560

Tabla 3.2.2-8: Resultados ensayo N° 2 – Estación de Muestreo N° 1

Jarra N°	Coagulante Dosis (ppm)	Resultado de la Floculación	Agua Decantada			Observación
			Turbiedad NTU	pH	TDS	
1	200	Pobre	350	9,4	2568	Sin neutralización
2	300	Pobre	210	9,4	2550	Sin neutralización
3	350	Pobre	160	9,3	2580	Sin neutralización
4	400	Pobre	100	9,2	2620	Sin neutralización
5	500	Regular	80	9,0	2630	Sin neutralización
6	600	Buena	38	8,8	2640	Sin neutralización

Comentario.- A una dosificación de 400 ppm del PACl para la calidad de agua indicada no se alcanza una adecuada eliminación de la turbidez, el líquido clarificado tiene una apariencia opalescente, recién con una dosis de 600ppm se logra reducir la turbidez al nivel de 38 NTU.

Vemos que con variaciones en la calidad del agua sobre todo cuando se elevan los niveles de turbidez y salinidad esta última asociada a la alcalinidad se requieren dosis muy altas de PACl.

- c) Ensayo N° 3.- Selección y dosificación de los productos químicos**
 Tratamiento con coagulante inorgánico: policloruro de aluminio y
 floculantes: Polímero aniónico Bufloc 5292 y Polímero aniónico
 Chemlock 2040
 Se realizaron los ensayos sin neutralización
 Estación de muestreo N° 1.
 Características del agua cruda del 08 Octubre 2009
 Turbiedad: 1350; pH: 9,5; TDS: 2560
 Tiempos de: Mezcla rápida: 1 min, Floculación: 20 min y
 Decantación: 20min

Tabla N° 3.2.2-9: Resultados ensayo N° 3- Estación de Muestreo N° 1

Jarra N°	Coagulante Dosis (ppm)	Floculante Dosis (ppm)	Resultado	Agua Decantada			Observación
				Turbiedad NTU	pH	TDS	
1	350	x	Pobre	160	9,4	2600	-----
2	400	x	Pobre	120	8,9	2580	-----
3	350	5	Pobre	130	9,2	2620	Polímero Bufloc
4	400	10	Pobre	120	9,1	2590	Polímero Bufloc
5	350	5	Regular	90	9,1	2430	Polímero 2040
6	400	10	Buena	48	8,9	2610	Polímero 2040

Comentario.- Con la aplicación del floculante aniónico Bufloc aplicado para mejorar los resultados debido a la variación en la calidad del agua residual, no se aprecia una mejora considerable en cuanto a turbidez, es notorio sí que se alcanza una mejor formación de flóculos con tiempos de sedimentación menores y menor volumen de lodos. Lo mismo se registra para el caso del polímero aniónico Chemlock.

d) Ensayo N°4.- Selección y dosificación de los productos químicos.

Tratamiento con coagulante inorgánico: policloruro de aluminio
y un auxiliar de coagulación Polímero catiónico C-581

Se realizaron los ensayos sin neutralización

Estación de muestreo N° 3.

Características del agua cruda del 10 Octubre 2009

Turbiedad: 780; pH: 9,4; TDS: 1850

Tiempos de: Mezcla rápida: 1 min, Floculación: 20 min y

Decantación: 20min

Tabla N° 3.2.2-10: Resultados ensayo N° 4- Estación de Muestreo N° 3

Jarra N°	Coagulante Dosis (ppm)	Polímero Auxiliar Dosis (ppm)	Resultado	Agua Decantada		Observación
				Turbiedad NTU	pH	
1	300	x	Regular	90	9,0	—
2	350	x	Regular	80	8,8	—
3	300	25	Buena	40	8,9	Polímero C581
4	350	50	Muy Buena	25	8,7	Polímero C581

Comentario.- Se selecciona la dosis del policloruro entre 300 y 400 ppm para evaluar el comportamiento combinado con el polímero catiónico C-581.

Se puede apreciar una muy buena remoción de la materia coloidal a un nivel de 350 ppm de PACl y 50 ppm del polímero catiónico C-581.

La muestra de agua residual tratada luego del ensayo de jarras (ensayo N° 4); se envía a un Laboratorio externo para control de plomo. Lo mismo se hace para el agua fuente residual sin tratamiento y el agua residual tratada con la dosis de 350ppm de PACl y 50 ppm del polímero catiónico C-581. Los resultados se adjuntan en la tabla 3.2.2-11.

Tabla N° 3.2.2.-11: Resultados del análisis de plomo en muestras de agua residual.(+)

Fecha de muestreo	Muestras	Pb (mg/l)	Método
10-10-09	E-4 Sin tratamiento	0,512	Absorción Atómica
10-10-09	E-4 Con tratamiento	0,183	Absorción Atómica
Estación de muestreo N° 3			

(+)=Laboratorio H&F

e) Ensayo N° 5

Establecidas las dosis de los químicos para la coagulación-floculación en los ensayos preliminares, se procedió a trabajar bajo las mismas condiciones de ensayo indicadas en el punto 3.2.1, tomando muestras de agua residual una vez por semana durante un mes y que correspondió al periodo del 20 de Octubre al 20 de Noviembre. Los resultados se muestran en la tabla 3.2.2-12.

Tabla N° 3.2.2-12: Resumen de los ensayos a los efluentes de la sección de vibrado. (+)

Fecha	22/10/09	29/10/09	03/11/09	15/11/09
Volumen(ml)	800	800	800	800
pH inicial	9,3	9,5	9,4	8,5
TDS Inicial	1050	450	1800	790
NTU inicial	728	980	690	660
Coagulante ppm	350	300	350	300
Velocidad coagulación, rpm	200	200	200	200
Floculante , ppm	50	35	50	35
Velocidad Floculación, rpm	40	40	40	40
Tiempo floculación, min.	20	20	20	20
Sedimentación, min.	20	20	20	20
TDS final	1100	480	1880	800
NTU final	12,5	18,5	25,9	13,8
Apariencia final	clara	clara	Clara – lig. Finos.	clara
pH final	9,1	9,2	9,1	8,1
Estación de muestreo	N°3	N°3	N°3	N°3

(+)= Laboratorio Promaquirsa.

B.2) Conclusiones

- ✓ Estos ensayos nos dieron el perfil para ver hasta qué nivel se alcanza en la remoción de turbidez y determinar la viabilidad del tratamiento propuesto de coagulación / floculación para *poder reutilizar* esta fuente; de igual forma los resultados de estos ensayos fueron tomados como consideraciones de diseño para el desarrollo e implementación de la planta de tratamiento
- ✓ Se realizaron varios ensayos básicamente por las variaciones marcadas en la calidad del agua residual en cuanto a SS, TDS, y turbiedad; buscando encontrar los químicos y dosis adecuados que se adapten a este abanico de calidades. Encontrando en el coagulante policloruro de aluminio y el polímero cationico C-581 la combinación perfecta para reducir el nivel de turbidez por ello podemos concluir que la eficacia de un coagulante no es una propiedad intrínseca de este, sino que depende de cuánto se adecue a las características del agua a tratar.
- ✓ Se registra problemas de clarificación cuando los niveles de TDS del agua residual industrial supera las 2,000 ppm por ello se hace necesario la aplicación de un floculante cationico –polímero C-581, se comprobó que la combinación de ambos químicos favorece notablemente la coagulación.
- ✓ Las dosis teóricas adecuadas de los químicos para los procesos de coagulación y floculación quedaron establecidos en 350 ppm de PACl y 50 ppm del polímero catiónico C-581
- ✓ Se demostró que por medio del proceso de coagulación – floculación – sedimentación, se alcanzan eficiencias de remoción de la turbiedad de hasta un 98,0%, no se realizaron pruebas de DBO para ver la variación con el tratamiento

pero de acuerdo a estudios similares es de esperar una reducción de este parámetro.

- ✓ Por los ensayos realizados, se recomienda tener en consideración un pre tratamiento de retención de sólidos sedimentables pesados y sólidos flotantes que interferirían en el tratamiento posterior; de igual forma concluir que parte del tratamiento implica un filtración final para eliminar las partículas finas que puedan ser arrastradas del Floculador.
- ✓ Por los resultados de calidad obtenidos a las soluciones de limpieza requeridas en las máquinas de vibrado podemos concluir que no había un control y manejo adecuado de los productos químicos causando ello un consumo mayor y generando efluentes residuales con calidad muy variable.
- ✓ Para el ensayo realizado de control de plomo en la muestra de agua residual se aprecia una reducción del 64%. Será necesario realizar un número mayor de ensayos para determinar el comportamiento de este elemento con el tratamiento propuesto.
- ✓ La reducción de metales es un punto a tomar en consideración, se evaluó únicamente para el parámetro plomo pero es de esperar una reducción en los otros metales presentes
- ✓ De acuerdo a los ensayos y con aprobación del Empresa contratante se determina implementar la planta de tratamiento del agua residual con fines de reuso hacia el proceso de vibrado, teniendo como base que el tratamiento propuesto puede constituir una etapa primaria que podría requerir complementarse con un tratamiento de afino que involucraría básicamente la reducción de sales y cuya implementación estaría en función de los resultados obtenidos en planta.

CAPITULO IV

SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PARA LAS ACTIVIDADES DE JOYERIA.

4.1. Descripción del tratamiento

Las aguas turbias residuales provenientes del proceso de vibrado son derivadas por dos líneas separadas hacia la poza de retención de sólidos, luego el efluente pre tratado es transportado para ser sometido a las fases de depuración físico-químicas de coagulación, floculación y filtración.

El proceso de coagulación se efectúa en una unidad que permite una mezcla rápida y homogénea de los productos coagulantes con el agua residual, llamado como mezcla y ubicado en la misma unidad denominada Floculador.

Las soluciones establecidas de los productos químicos requeridos para la coagulación, se almacenan en tanques independientes y de material fibra de vidrio reforzado.

El transporte de las soluciones coagulantes desde los depósitos asignados hasta el cono mezcla se lleva a cabo en forma independiente y mediante dos bombas dosificadoras cuyo funcionamiento se acciona únicamente cuando ingresa agua residual a la unidad de tratamiento.

El agua residual, una vez coagulada, pasará a la siguiente etapa de floculación para favorecer la agregación de las partículas individuales o floculos formados durante la coagulación y originar flóculos de mayor tamaño, los cuales debido a su aumento de peso, decantarán en la última

etapa del tratamiento físico-químico. La floculación se da en un tanque de sección circular y flujo vertical con tres cámaras de pase.

De la última cámara del floculador se deriva el agua hacia la unidad de filtración y finalmente hacia el tanque de almacenamiento de agua tratada, concluyendo en esta unidad *el alcance del proyecto*, con las respectivas pruebas de arranque, control y funcionamiento de la planta.

4.2. Diseño de las unidades de tratamiento.

4.2.1. Poza de separación de sólidos.

Estructura Hidráulica que tiene como finalidad homogenizar los efluentes y retener los sólidos que puedan sedimentar antes de ser bombeados hacia la planta de tratamiento. El diseño de esta poza contempla una retención de flotantes.

La poza de separación es de sección rectangular, flujo horizontal y de operación continua. Ver plano N° 2.

El diseño de la unidad se basa en el volumen generado de lodos en un tiempo fijado que determinará la frecuencia de extracción de lodos.

Para la retención de flotantes se considera la implementación de una pantalla deflectora con criterios de diseño para unidades retentoras de grasa y flotantes.

A) Diseño.

El dimensionamiento de la unidad se realizó teniendo en cuenta las siguientes bases de diseño:

- Área disponible para la construcción de la unidad.
- Caudal proyectado según producción de 0,6 l/s.

Como criterios de diseño se tiene:

- Altura producida por lodos en todo el periodo de limpieza para un nivel de sólidos sedimentables (30ml/l/h), fijado en 7 días.
- $H = 1,50$ a $2,00$ m = altura líquida útil
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente del 5 al 10 % hacia la una caja inferior.
- $L = 2,5$ a $3,0$ B, en donde L= longitud útil de la poza y B = ancho útil de la poza.
- $t_s = L \cdot B \cdot H / Q = 1$ a 3 h: tiempo de permanencia.
- Se contempla que la unidad sea diseñada en dos secciones: una donde se realice la recolección de sólidos y la otra conformada por una cámara que contenga el agua pretratada para ser bombeada hasta la planta de tratamiento.

B) Cálculos

En la tabla N° 4.2.1-1, se muestran los valores de cálculo, para los parámetros fijados de SST, periodo de limpieza y ancho de la unidad.

Tabla N° 4.2.1-1: Determinación de sólidos acumulados.

Parámetro	Valor	Und.
Muestra (SST) (+)	30	ml/l/h
Caudal	0,6	l/s
Tiempo de régimen diario	24	h
Periodo de limpieza (+)	7	días
Tiempo total de acumulación	168	h
Ancho útil de la unidad (+)	1,2	m
Largo útil de la unidad	3,0	m
Area de la poza de sedimentación	3,6	m ²
Cantidad de sólidos acumulados	4,6	m ³
Altura de sólidos	1,25	m

C) Resultados del Diseño.

En la tabla N° 4.2.1-2 se muestran los resultados del diseño para la unidad de sedimentación de sólidos y flotantes.

Tabla N° 4.2.1-2 Especificaciones técnicas - Poza de Sedimentación (TQ01).

Parámetro	Valor	Und.
Caudal	0,60	l/s
Ancho unidad	1,20	m
Longitud zona sedimentación	3,00	m
Longitud total	3,60	m
Altura Sedimentador	1,60	m
Área de sedimentación	3,60	m ²
Altura de Borde libre	0,35	m
Altura de agua	1,70	m
Altura Total	2,20	m
Periodo de Retención	2,7	h
Volumen de la Unidad	5,76	m ³
Loza Superior	0,15	m
Loza Inferior	0,15	m
Ancho (cámara de bombeo)	1,20	m
Largo (cámara de bombeo)	0,60	m
Altura de la cámara bombeo	1,60	m

4.2.2. Flocculador.

Es una estructura hidráulica, cuyo objetivo es la formación adecuada de los flóculos para que por acción de la gravedad se depositen en la zona cónica de la unidad (zona de lodos). Esta unidad presenta tres cámaras concéntricas, el ingreso es externo y el agua clarificada es derivada al filtro por el anillo interno.

En la primera cámara de la unidad denominada anillo externo, se ubica el *cono mezcla*, en donde se realiza la coagulación; el agua ingresa hacia el cono mezcla a un flujo de 0,6 l/s y las soluciones químicas coagulantes ingresan simultáneamente en forma transversal a través de dos líneas independientes. Ver plano N° 3.

El fluido asciende para pasar a la segunda cámara y de allí desciende para ingresar por el fondo hacia la tercera cámara. La floculación se da en la primera y segunda cámara, seguida de una decantación en la tercera cámara, aprovechando los caudales bajos y tiempos de residencia altos.

La unidad consta de un compartimiento central que cumple la función de decantar el fluido, en dicho anillo se fijó un módulo de sedimentación para favorecer la caída de las partículas finas, incrementando la capacidad de sedimentación al aumentar el área superficial, el módulo de sedimentación presenta una inclinación de pendiente necesaria para el escurrimiento de los flóculos.

En la zona de decantación se debe tener el número de Reynolds mas bajo posible para tender a flujo laminar y estabilizar el flujo.

Al ingreso se debe distribuir adecuadamente el flujo para evitar cortocircuitos. La recolección del agua decantada es a través de una tubería, ubicada sobre una altura de 0,95m por encima del módulo de sedimentación.

Por otro lado la unidad presenta una **Zona de lodos** tipo tolva, independiente para la cámara 1 y las cámaras 2 y 3; con líneas de descarga también independientes y válvulas toma muestra.

Se busca una floculación escalonada con gradientes de velocidad decrecientes.

A) Diseño

El Floculador propuesto es una variación del tipo Cox, constituido por compartimientos intercomunicados, las aberturas se colocan alternativamente en la parte superior e inferior de las cámaras obligando al fluido a realizar un movimiento en ascendente y descendente, el flujo vertical es por el caudal bajo, $Q < 75$ l/s.

Bases de diseño

- Flujo de operación = $Q = 0,6$ l/s
- Gradiente de la prueba de jarras menor a $20s^{-1}$
- Tiempo de floculación, $t = 30$ min.

Criterios de diseño

(Basados en la literatura de ENOHSa. Capítulo VII Floculación.)

- Elección de una variación de Floculador tipo Cox por orden práctico y económico.
- Velocidades entre 0,7 y 0,5m/s en la primera cámara y 0,2 a 0,1m/s, en la última cámara.
- Energía entregada $1 \cdot 10^4 < GT < 1 \cdot 10^5$. Bajos GT para alta turbidez.
- Tiempo de floculación 20 a 30 min. ; cuando sigue una decantación y/o filtración
- Con los resultados hidráulicos (G), mantener la estabilidad de los floculos en la unidad.

Datos cámara mezcla

Caudal de ingreso agua residual = 0,6 l/s

Caudal dosificación del coagulante Policloruro = 0,0021/s (sol 10%)

Caudal polímero catiónico = 0,0015l/s (sol 2%)

Cálculos

Volumen de la cámara

$$V_c = Q \cdot T$$

$V_c = 1,08 \text{ m}^3$; factor seguridad 40% $V_c = 1,62 \text{ m}^3$

Se fija una altura , $H = 1,65 \text{ m}$.

El área,

$$A = V/H$$

A 0,98 m² y

Diámetro 1,11 m

Calculo del gradiente de velocidad durante el pase del compartimiento

Velocidad en el pase del compartimiento

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Para $d_1 = 65 \text{ mm}$, $U = 0,181 \text{ ms}^{-1}$

Gradiente medio en la cámara

$$G = \sqrt{\frac{\rho g}{\mu} \cdot \frac{h}{T}}$$

$$G = 10,25 \text{ s}^{-1}$$

Gradiente en el pasaje

$$G = n \cdot \sqrt{\frac{\rho g}{\mu} \cdot R_H^{-0,67} \cdot U^{1,5}}$$

$$G = 35,64 \text{ s}^{-1}$$

Número de Reynolds en el pase

$$Re = 10309,71$$

Luego con los resultados hidráulicos (G), para este tipo de Floculador se determino bajo cierto tipo de condiciones la estabilidad de los floculos en la unidad.

La estabilidad de los floculos $S = GRe^{-0,5}$

$$S = 0,351$$

Para valores de S debajo de 1,3 la rotura resulta despreciable, para lo cual en la unidad de acuerdo al resultado obtenido de $S < 1.3$ resulta muy favorable para la formación de floculos. Los detalles de los cálculos en el apéndice N° 2.

B) Resultados de diseño-Floculador.

Tabla 4.2.2-1: Especificaciones técnicas del Floculador (TQ02)

Parámetro	Valor	Unidad
Material	FV y resina Vinilester	--
Diámetro externo	1,40	m
Diámetro medio	0,80	m
Diámetro interno	0,40	m
Altura recta	2,10	m
Altura total	2,90	m
Volumen de la unidad	1,89	m ³
Modulo de sedimentación	0,40 diámetro x 0,3 altura	m
Tubería de ingreso	1,0	Pulg.
Tubería salida	2,0	Pulg.
Tubería lodos	2,0	Pulg.
Cono mezcla	6 x2-PVC	Pulg.

4.2.3. Filtro

A) Diseño

Se toma como referencia bibliografía CEPIS –Plantas de filtración lenta-Ing. Lidia Vargas de Canepa y ENOSHA Cap.VII-4-filtración lenta.

Criterios

- Cumple con el criterio de calidad para aguas fuentes con niveles de turbiedad menores a 50 NTU.
- Velocidad de filtración de 1,0 a 1,5m/h equivale a una tasa de filtración entre 24 y 36 m³/m²dia.
- Velocidad de descarga del lavado = 1,0 m/min.
- Pérdida de carga durante la operación normal, 0,2 a 0,3m como máximo.
- La altura del lecho filtrante de 1,0 a 1,2 m.
- La altura mínima de la capa de agua sobre la arena deberá ser similar a la altura de expansión de la arena en el lavado.
- La altura mínima entre el modulo y la canaleta de recolección deberá ser de 0,65m para evitar el arrastre de los floculos finos.
- Altura total de 1 a 2,0 m. como máximo; para facilidad en la remoción del lecho de grava cuando se requiera descarga.
- Velocidad en el canal de descarga , $V_C = 1,5$ m/s

Cálculos

▪ Área de filtración

$$A_F = Q/V_F$$

Para $Q = 2,16\text{m}^3/\text{h}$ y $V_F = 1,5$ m/h, se determina un área de filtración.

$$A_F = 1,44 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro} = (4 A_F / \pi)^{1/2}$$

$D = 1,35$ m, fijándose el diámetro en $D = 1,4$ m.

- Tasa de lavado.- Sólo con flujo ascendente:

V_L , Velocidad de lavado recomendada de 1,0m/min

Caudal de lavado= $Q_L = A_F * V_L$

$$Q_L = 0,024 \text{ m}^3 / \text{s}$$

- Área del canal de descarga (A_C). Se considera tipo canaleta circular.

Para $V_C = 1,5\text{m/s}$

$$A_C = Q_L / 1,5$$

$$A_C = 0,016\text{m}^2$$

- Pérdidas de carga para la fluidización del lecho

$$h_i = (1-\varepsilon_0) L_i (\rho_{si} - \rho_a)$$

Donde: ρ_{si} = Peso específico de cada material filtrante en kg/m^3

ρ_a = Peso específico del agua en kg/m^3

h_i = Perdida de carga en el material expandido (i) , en (m)

L_i = Espesor del material filtrante (i) expandido en (m)

ε_0 = Porosidad del material filtrante (i) expandido

Se tiene:

Para la arena $h_1 = (1-0,46) (2,65-1,0)0,45 = 0,35 \text{ m}$

Para la antracita $h_2 = (1-0,58) (1,50-1,0)0,40 = 0,08\text{m}$

Pérdida de carga total $h_t = 0,43 \text{ m}$

Considerando la expansión del lecho en el retrolavado más la pérdida de carga del medio filtrante, la carga de agua sobre el lecho debe ser de 1.50 m, para realizar el retro lavado y no tener problemas de arrastres.

- Altura del filtro

Altura del lecho filtrante 1,0 m

Cámara de expansión 0,3m

Altura del módulo 0,30m

Nivel de agua sobre el módulo	0,7m
Nivel libre	0,5m
Altura total	2,80m

Tabla4.2.3 -1: Especificaciones material granular

Arena de cuarzo	Antracita
Tamaño efectivo (<i>mm</i>) 0,50	Tamaño efectivo (<i>mm</i>) 0,83
Coefficiente de uniformidad 0,8	Coefficiente de uniformidad <1,50
Tamaño máximo (<i>mm</i>) 1,19	Tamaño máximo (<i>mm</i>) 2,00
Tamaño mínimo (<i>mm</i>) 0,35	Tamaño mínimo (<i>mm</i>) 0,70
Densidad del material(g/cm^3) 2,65	Densidad del material(g/cm^3) 1,50

Para incrementar la eficiencia de la unidad de filtrado se le acondiciono un módulo de sedimentación para garantizar la eliminación de posibles sedimentos finos que serán retenidos en el módulo, debido a la gran área de contacto e irán discurriendo hacia el lecho de filtrado.

La unidad presenta un distribuidor para ingreso del agua en forma uniforme a través de toda el área de filtración con un colector de 2" y ramales de 1" con toberas de PVC de ½". La recolección del agua filtrada es a través de una canaleta ubicada a un metro del módulo de sedimentación.

Tabla4.2.3 -2: Distribución del material granular en el filtro

	Altura lecho	Volumen del lecho (litros)	Cantidad de material filtrante (Kg)
Grava 3/4"	6"	230,79	326,20
Grava 1/16"	8"	312,64	441,89
Grava 1/32"	10"	390,80	552,37
Antracita 0,83mm	16"	615,44	572,36
Total	40"	1549.67	1892,82

Resultados del diseño- Filtro

Tabla4.2.3 -3: Especificaciones técnicas del filtro (TQ03)

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro externo	1,40	m.
Altura total	2,70	m.
Modulo de sedimentación	1,40 diámetro x 0,3 altura (polietileno)	--
Tubería de ingreso	2,0	Pulg.
Tubería salida	2,0	Pulg.
Altura material filtrante.	1,00	m.
Altura libre	1,20	m.
Altura de líquido	2,30	m.
Distribuidor inferior	Colector central y ramales en PVC.	--
Distribuidor de salida	Canaleta con descarga a tubo de \varnothing 2"	---

4.2.4. Equipos auxiliares

- A) **Bombas.-** Los equipos auxiliares de bombeo, se resumen en la tabla N° 4.2.4-1. Los cálculos de la potencia se adjuntan en el apéndice N° 2.

La planta de tratamiento de agua residual, requiere de dos bombas para su funcionamiento, una para el transporte del agua residual hacia la planta de tratamiento y otra bomba para el retorno del agua residual tratada hacia planta.

En cuanto a las bombas dosificadoras para aplicación de los químicos policloruro de aluminio y polímero catiónico, las unidades seleccionadas son del tipo electromagnéticas con diafragma de PTFE, de doble regulación mediante frecuencia de pulsos y carrera; la selección obedece básicamente a las condiciones de operación como

son flujo de dosificación, presión y características del fluido. Las especificaciones técnicas se adjuntan en el apéndice N° 1.

Tabla N° 4.2.4-1: Equipos auxiliares.

EQUIPOS	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	POTENCIA (hp)	CAUDAL
Bomba, tanque sedimentador.	B01	0,75	10GPM a 25m
Bomba, tanque de agua tratada.	B02	0,75	10GPM a 25m
Bomba dosificadora, solución de Policloruro.	BD01	0,10	48 GPD a 80PSI
Bomba dosificadora , Solución de polímero catiónico.	BD02	0,10	24 GPD a 80PSI

4.3. Implementación de la planta de tratamiento

Diseñadas las unidades de pre tratamiento y tratamiento se procedió a realizar las operaciones de fabricación para lo cual se considero:

- Treinta días para la fabricación de las unidades
- Siete días para el montaje y empalmes
- Cinco días para de control y operación a carga

4.3.1. Consideraciones a tomar en la fabricación de las unidades

A) Sedimentador

- En concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con armadura metálica. El esfuerzo de compresión especificado del concreto $f'c$, está basado en la fuerza de compresión alcanzada a los 28 días.
- El encofrado y desencofrado se hará de acuerdo a lo especificado en **obras de concreto armado / encofrado y desencofrado.**
- El acero de refuerzo se hará de acuerdo a lo especificado en **obras de concreto armado/acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.**
- Todos los materiales que se empleen en la construcción de la obra serán de primera calidad y de conformidad con las especificaciones técnicas de éstos.
- Todos los trabajos sin excepción se desarrollarán dentro de las mejores prácticas constructivas a fin de asegurar su correcta ejecución.
- La mezcla de concreto deberá garantizar la resistencia respaldada por los ensayos efectuados en laboratorios competentes; en estos deben indicar las proporciones, tipo de granulometría de los agregados, calidad en tipo y cantidad de cemento a usarse, así como también la relación agua cemento; según Normas ASTM C-31 y C-39.

Se tendrá especial cuidado de no dañar las construcciones colindantes al momento de realizar las excavaciones tanto para el Sedimentador, canaletas y nuevas líneas de desagüe.

El plano de ubicación y arreglo general de la poza de retención de sólidos flotantes y sólidos sedimentables se muestran en el apéndice N° 3, planos N°1 y N° 2 respectivamente.

B) Floculador

Estructura Hidráulica fabricada en material fibra de vidrio Mat-300, Mat 450, roving continuo 2400 y resina Vinilester Novolac A-440 adecuados para la función que va a desempeñar, para dicho fin se laminará la FV capa por capa hasta darle el espesor adecuado de 8mm; con un tiempo de gelación de 7 a 12 minutos.

Acabado: Lizo exterior y rugoso interior, llevara una franja como visor.

Los detalles de fabricación se indican en el apéndice N° 3, plano N° 3 La base del equipo se realizará, con estructura de tubos de hierro de 3" de diámetro, recubierta con base y acabado anticorrosivo.

C) Filtro

Estructura Hidráulica: fabricada íntegramente en material FVR, constituida por fibra de vidrio Mat-300, Mat-450, roving continuo 2400 y resina Vinilester Novolac A-440 adecuados para conseguir una laminación reforzada en construcción de tanques, para dicho fin se lamina la FV capa por capa hasta darle el espesor de 8 mm; con un tiempo de gelación de 7 a 12 minutos.

Acabado: Lizo exterior y rugoso interior, llevara una franja como visor.

Los detalles de fabricación se indican en el apéndice N° 3, plano N°4.

4.3.2. Sistema de control

Los controles de la planta se basan en los elementos de control de nivel del líquido en las unidades de sedimentación- cámara de bombeo- y tanque de agua tratada. El sistema de control es sencillo y seguro.

El Tablero de control posee luces indicadoras de servicio y parada de la planta, asimismo luces de encendido y apagado de las bombas dosificadoras, de igual forma tiene un accionamiento manual.

El sistema de control de la planta, se muestra en el diagrama N°2, de procesos y sistema de control, en el apéndice N° 3.

Cómo funciona el control

El control de nivel LC01 del TQ01 determina un nivel mínimo de parada de la bomba B01 y un intervalo de nivel para que se inicie el traslado del agua hacia el floculador TQ02 , al encender la B01 se prenden las dosificadoras BD01 y BD02 que alimentan las soluciones químicas coagulantes, a su vez la bomba B01 esta enlazada con el control de nivel LC02, para que a un nivel máximo en el tanque de recepción de agua filtrada TQ04 pare la bomba B01, cuando el nivel en el tanque TQ04 alcanza un nivel máximo se prendera la B02 para alimentar el agua tratada a la sección vibrado y cuando alcanza un nivel mínimo pare la bomba B02.

4.3.3. Presupuesto de la planta de tratamiento.

Los costos utilizados para el presupuesto de la planta de tratamiento, se ha realizado en base a cotizaciones, en donde ya están establecidos los márgenes de utilidad; en la tabla N° 4.3.3-1, se detalla dicho presupuesto, de igual forma en el apéndice N° 5, en las tablas N° 4.3.3-2 y 4.3.3-3, se tiene los detalles de costos directos para los ítems de equipamiento y obras civiles, que constituyen las montos más relevantes.

Tabla N° 4.3.3-1: Estructura de costos de inversión – planta de tratamiento de agua-equipo nacional.

Item	COSTOS DIRECTOS	EQUIPO	MATERIALES	TOTAL	CONSTRUCCION Y MONTAJE	TOTAL (US\$)
1,0	OBRAS CIVILES -SEDIMENTADOR	0,00	0,00	0,00	1960,00	1960,00
2,0	CONDUCCIÓN DE AGUA RESIDUAL HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO	0,00	0,00	0,00	790,00	790,00
3,0	EQUIPOS	9480,00	2071,00	11551,00	2400,00	13951,00
4,0	PIPING Y VÁLVULAS	0,00	875,00	875,00	382,50	1257,50
5,0	ELECTRICIDAD	0,00	400,00	400,00	135,00	535,00
6,0	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	500,00	180,00	680,00	340,00	1020,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS			12775,00	6227,50	19513,50

COSTOS INDIRECTOS		
7,0	INGENIERÍA, 8%	1561,08
8,0	GASTOS ADMINISTRATIVOS, 5%	975,67
9,0	PUESTA EN MARCHA	1000,00
	TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	3536,75
	CONTINGENCIAS 20%	4610,05
	TOTAL PRESUPUESTO	US\$ 27660,30

4.3.4. Consideraciones del arranque de la planta.

Se realizaron los controles químicos tanto al agua de ingreso a la planta de tratamiento como al agua en las diferentes unidades de tratamiento, en un inicio nos abocamos a mantener las condiciones de dosificación teóricas obteniéndose un agua clarificada en la tercera cámara de floculador con finos muy ligeros que fueron retenidos en el filtro, posteriormente se trabajó para lograr encontrar las dosis mínimas de los químicos sin alterar la calidad del agua tratada.

Los efluentes generados en la planta de tratamiento durante las pruebas iniciales fueron vertidos al colector y evaluados por el departamento de control de a fin de aprobar el reuso en planta.

A la fecha el agua residual tratada está siendo reutilizada en la sección de vibrado previa mezcla con el agua fuente.

Resultados y comentarios

- Las dosis óptimas alcanzadas de los químicos quedaron establecidos en: Policloruro 300 ppm y Polímero cationico 35 ppm.
- Estimamos un aporte continuo de agua fresca nueva en la cámara de bombeo en un equivalente a 5% para lograr reponer el equivalente en los lodos retirados y diluir en parte la salinidad del agua.
- Se concluye la fase de implementación de la planta de tratamiento sin embargo se estima que luego de los controles realizados de arranque y operación inicial exista la necesidad de ajustar la calidad con elementos de control y/o equipos complementarios.

La tabla N° 4.3.4-1, muestra los resultados de calidad a los efluentes generados en la planta de tratamiento de agua residual, como se observa para todos los casos se puede manejar el parámetro de turbiedad a niveles menores de 5NTU, los niveles de pH no sobrepasan el valor de 9,0 y el TDS menor a 2,000ppm.

Tabla 4.3.4-1: Resultados de calidad agua residual tratada.

Dosificación: 300 ppm PACl y 35 ppm del polímero C-581.

	08/02/10			09/02/10			12/02/10			15/02/10		
Parámetros	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Turbiedad, NTU	750	8,5	5,0	690	7,3	2,9	1000	10,8	3,2	980	12,0	3,0
Apariencia	Turbia color plomizo claro	Lig. Finos	Clara	Turbia color plomizo claro	Clara	Clara	Turbia color plomizo claro	Clara	Clara	Turbia color plomizo claro	Lig. finos	Clara
Sólidos Totales Disueltos, en mg/l	950	980	970	890	860	900	1050	1150	1080	950	995	1130
PH	9,0	8,9	8,8	9,2	9,0	8,6	8,8	8,6	8,4	9,0	8,8	8,5

- (1) Agua Residual sin tratamiento
- (2) Salida Floculador (Luego de 40 minutos)
- (3) Salida Filtro (luego de 15 minutos)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ De la caracterización inicial realizada al agua industrial, se puede concluir que en las condiciones iniciales al proyecto la calidad del agua evaluada, sobrepasaba los valores máximos admisibles en los parámetros pH, sólidos totales en suspensión (SST), asociados a la turbiedad y color y metales como plomo; según Ley General de Servicios de Saneamiento N° 26338, D.S. 021-2009 para vertidos hacia redes de alcantarillado.
- ✓ De los ensayos químicos de coagulación floculación realizados se concluye que con los productos policloruro de aluminio y el polímero catiónico C-581 se alcanza una combinación perfecta para reducir el nivel de turbidez y materia en suspensión, por ello podemos concluir que la eficacia de un coagulante no es una propiedad intrínseca de este, sino que depende de cuánto se adecue a las características del agua a tratar.
- ✓ Las dosis óptimas alcanzadas de los químicos coagulantes-floculantes, quedaron establecidos en: Policloruro 300 ppm y Polímero cationico 35 ppm.
- ✓ El mecanismo combinado del coagulante –floculante PACL con el polímero del tipo catiónico reduce notablemente el nivel de lodos en un 50% aproximadamente, consiguiéndose con ello reducir la

frecuencia de mantenimientos con reducción de costos, mejoras en la operación del decantador y reducción de costos del gestor de residuos.

- ✓ De los controles físicos químicos finales realizados durante la operación de la Planta de Tratamiento, se obtienen valores de turbiedad menores a 5 NTU y pH entre 8,4 y 9,2.
- ✓ Para la selección del tratamiento propuesto se consideró en forma complementaria a la calidad del agua fuente los aspectos relacionados a los costos de inversión y operativos, disposición del área, posibilidad de reciclaje de lodos, facilidad de operación y mantenimiento de la PTAR, viéndose todo ello reflejado en la actualidad en actividades de operación y control eficientes.
- ✓ El costo de la inversión para implementar la planta de tratamiento del agua residual industrial proveniente de la sección de vibrado fue de US\$ 27 660,30
- ✓ Se alcanzan los objetivos del proyecto que fueron el mantener un mejor manejo del recurso hídrico y mejorar la gestión ambiental de la Empresa, quedando el sistema de tratamiento implementado queda operativo.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda la implementación de una poza de sedimentación adicional y que permita una mejor facilidad en las operaciones de limpieza.

- ✓ Analizado el parámetro de salinidad asociado con el nivel de alcalinidad y pH en la remoción de turbiedad, se comprobó que la eficiencia se reduce sobre las 2,000 ppm de TDS en agua residual por ello se recomienda un adecuado manejo y control en la preparación de las soluciones químicas de limpieza.

- ✓ Realizar estudios complementarios, para mejorar la calidad del agua residual tratada.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Sawyer Mc.Carty Parking, Química para Ingeniería Ambiental, 4ta edición Mc Graw Hill, 2001. Pag. 357
- (2) Mackenzie Davis- Susan Masten, Ingeniería y Ciencias Ambientales Mc. Graw Hill, 2005. Pag. 349
- (3) Raymond D. Lettermann, Calidad y Tratamiento del agua, quinta Ed.,2002, pag.297
- (6) Metcalf&Eddy, Ingeniería en aguas residuales, Tercera edición, Tomo I, Mc. Graw Hill, 1997.
- (7) ENOHSa Capítulo VII Floculación, Pag.1
- (8) Coagulación y floculación de contaminantes de agua cabierta.uchile.cl/revista/15/edu.
- (9) Manual DTIAPA N°C-5 CEPIS, Evaluación de plantas de tratamiento de Aguas, Tomo I
- (10) Tratamiento de filtración lenta, CEPIS, Ing. Lidia Canepa de Vargas, Junio 1992 .60 Paginas
- (11) www.agua-latina.info – Descripción de procesos
- (12) CEPIS, filtros ascendentes, Capitulo V, pag.77
- (13) CEPIS, Diseño de plantas de tecnología apropiada, manual II filtros ascendentes, Capitulo V, pag.48
- (14) López Ramírez, J.A. Optimización de tratamientos fisicoquímicos en Ingeniería química-Febrero 200, ED.ALCION.
- (15) Torra, A. Valero, F. Bisbal, JL; Tecnología del agua, Junio 1998,17 Págs. [Hpptt://cidta.usal.es/residuales/libros/policloruro](http://hpptt://cidta.usal.es/residuales/libros/policloruro).
- (16) ENOHSa Capítulo VII -4 Filtración lenta.

CAPITULO VII

APÉNDICES

APÉNDICE N° 1

Controles químicos y fichas técnicas.

1.1 Resultados de análisis y ensayos

- Ensayo de prueba de jarras UNI.
- Resultados análisis SGS-análisis ICP.

1.2 Fichas técnicas de productos químicos y materiales empleados.

- Productos coagulantes y floculantes
- Materiales filtrantes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANTARIA

INFORME DE ANÁLISIS

REFERENCIA A.F.Q INFORME N° 160 -2009 LAB N° 20

Tipo de Muestra : Agua Residual industrial - Planta Joyeria
Fecha de muestreo : 21-05-09 Hora: 11:20 am
Fecha de recepción : 22-05-09

RESULTADO DE ANÁLISIS PRUEBAS DE JARRAS

CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LA MUESTRA

CUADRO N° 01

Alcalinidad inicial	1 300 mg CaCO ₃ /L
pH inicial	9,16
Turbiedad Inicia	19 494,0 UNT

NOTA: La muestra presenta una coloración blanca, en ella se puede apreciar material suspendido no sedimentable.

RESULTADOS OBTENIDOS

CUADRO N° 02

REACTIVO UTILIZADO: POLICLORURO DE ALUMINIO

Dosis optima de coagulante	400,0 mg/L
Concentración	1,0 %
Tiempo total de floculación	5 min

Lima, 09 de Junio del 2009


ING° JORGE TELLO CEBEROS
JEFE (e) DEL LABORATORIO N° 20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

INFORME DE ANÁLISIS LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

REFERENCIA A.F.Q INFORME N° 0 - 09 LAB N° 20

Solicitante
Tipo de muestra
Fuente
Fecha de muestreo
Fecha de recepción

RESULTADO DE ANÁLISIS PRUEBAS DE JARRAS

**CUADRO N° 03
DOSIS ÓPTIMA**

DOSIS (mg/L)	TURBIEDAD (UNT)
325.00	140.00
350.00	150.00
375.00	154.00
400.00	117.00
425.00	117.00
450.00	113.00
475.00	120.00
500.00	117.00

**CUADRO N° 04
pH ÓPTIMO**

pH	TURBIEDAD (UNT)
7.00	175.00
7.50	145.00
8.00	89.40
8.50	85.20
9.10	81.80
9.65	92.70

**CUADRO N° 04
PARAMETROS DE FLOCULACION**

TIEMPO MINUTOS	GRADIENTE			
	20	40	50	60
5	2.34	1654.00	---	---
10	2.13	30.50	---	---
15	2.18	2286.00	---	---
20	3.94	5.55	---	---
25	3.83	> 4000.00	---	---
30	3.65	314.00	---	---

Nota: Los gradientes donde no aparecen la turbiedad, estos especifican que la sedimentación se ha efectuado muy lentamente, de tal forma que la medida de la turbidez ha sido mayor a 16 000 UNT, resultado que no vale para el calculo de la gradiente y el tiempo de floculación.

Conclusiones:

- ✓ La muestra presenta alta concentración de sólidos suspendidos, los cuales pueden ser removidos al pH original de la muestra.
- ✓ La formación de los floc en la prueba de jarras utilizando Policloruro de Aluminio a una concentración del 1,0 %, se ha obtenido una remoción de casi al 100 % para una sedimentación de 30 minutos con tiempos de floculación de 5 min.
- ✓ La floculación del sistema debe efectuarse a gradientes bajo ($G = 20 \text{ seg}^{-1}$), y tiempos de decantación mayores a 30 minutos para lograr una clarificación del agua a tratar.
- ✓ La remoción de turbiedad utilizando Policloruro de Aluminio ha generado una cantidad excesiva de lodo hidratado de 1 100 mL para una muestra de 2 000 mL (ver foto N° 03).
- ✓ Cuanto se utilizo el ayudante de coagulación (Polimero Buflog) a una concentración de 0,01 % para dosis que vario desde 0,01 a 1,25 mg/L, utilizando la dosis optima de 400 mg/L de Policloruro de Aluminio, se aprecio que la decantación del floc fue mas lenta y la generación de lodo fue mayor (por encima de 1 200 mL).
- ✓ El especialista encargado del diseño del sistema de tratamiento vera si es conveniente utilizar esta alternativa de tratamiento o realizar mas pruebas utilizando otros coagulantes.

Lima, 09 de Junio del 2009



 ING° JORGE TELLO CEBREÑOS
 JEFE (e) DEL LABORATORIO N° 20

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA906553**

Página 1 de 3

A solicitud de:	PROY. MANT. QUIMIC. REACTIV. Y SERV. AFIN. EIR CAL. THOMAS ALVAREZ 1391 URB. CHACRA RIOS NORTE, LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	ENV / LB-290951-001	Fecha de Recepción a SGS:	16/10/2009 04:00 p.m.
Muestreo realizado por:	Cliente		

Análisis	Método
ICP Total	EPA - 200.7: 1994 Rev 4.4 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

Emitido en Callao-Perú el 27/10/2009

[Handwritten Signature]
Reynaldo López.

Supervisor de Laboratorio

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de las muestras ni de las mismas tomadas.
El informe de ensayo solo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorio Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el sistema de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.
Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, información y jurisdicción definidas en ella.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.
No obstante lo estipulado en la Clausula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguadas por este contrato, se resolverán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en idioma español.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA906553

Página 2 de 3

Metz
Producto desmontado como
Identificación de Muestra

AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL 301741E
15/10/2009

AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL
MUESTRAS DE AGUA
07/05/2009

	L.O.		L.O.
Aluminio (mg/L)	0.01	0.11	0.01
Antimonio (mg/L)	0.005	0.450	0.005
Arsénico (mg/L)	0.003	<0.005	0.005
Bario (mg/L)	0.001	0.005	0.003
Berilio (mg/L)	0.0001	0.0292	0.0003
Bismuto (mg/L)	0.005	0.045	0.005
Boro (mg/L)	0.1	<0.1	0.1
Cadmio (mg/L)	0.001	0.002	0.001
Calcio (mg/L)	0.1	28.2	0.1
Cerio (mg/L)	0.05	<0.05	0.05
Circonio (mg/L)	0.001	0.040	0.001
Cobalto (mg/L)	0.001	0.174	0.001
Cobre (mg/L)	0.003	0.517	0.003
Cromo (mg/L)	0.001	0.016	0.001
Escandio (mg/L)	0.003	<0.003	0.003
Estañio (mg/L)	0.01	9.15	0.01
Estroncio (mg/L)	0.001	0.257	0.001
Fósforo (mg/L)	0.1	>50	0.1
Hierro (mg/L)	0.1	5.8	0.1
Itio (mg/L)	0.005	<0.005	0.005
Lantano (mg/L)	0.0005	<0.0005	0.0005
Litio (mg/L)	0.01	0.04	0.01
Magnesio (mg/L)	0.04	7.56	0.04
Manganeso (mg/L)	0.002	0.030	0.002
Molibdeno (mg/L)	0.005	<0.005	0.005
Níquel (mg/L)	0.001	0.008	0.001
Plata (mg/L)	0.001	<0.001	0.001
Plomo (mg/L)	0.004	0.987	0.004
Potasio (mg/L)	0.1	6.2	0.1
Selenio (mg/L)	0.05	<0.05	0.05
Silicio Total(SiO2) (mg/L)	0.5	5.4	0.5
Sodio (mg/L)	0.1	>60	0.1
Talio (mg/L)	0.01	<0.03	0.01
Titanio (mg/L)	0.001	<0.003	0.001
Vanadio (mg/L)	0.002	<0.002	0.002
Wolframio/Tungsteno (mg/L)	0.005	<0.005	0.005
Zinc (mg/L)	0.005	1.654	0.005

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorio Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.
Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en ella.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción o cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la autenticidad de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula II de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en idioma español.

INFORME DE ENSAYO MA906553

Control de Calidad

	Plata	Aluminio	Acero	Boro	Bario	Bromo	Bismuto	Cadmio
	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.01	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.1	(mg/L) 0.003	(mg/L) 0.0001	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.1
BLK BLANCO	<0.001	<0.01	<0.005	<0.1	<0.003	<0.0003	<0.005	<0.1
SPK RECUPERACION	99.00 %	97.50 %	96.80 %	95.00 %	99.50 %	91.70 %	95.90 %	104.60 %
STD PT_ICPOES_01	105.00 %	103.00 %	96.50 %	92.90 %	96.80 %	93.90 %	104.00 %	100.10 %
	Cromo	Cobre	Calcio	Cromo	Cobalto	Hierro	Niobio	Plomo
	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.05	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.003	(mg/L) 0.1	(mg/L) 0.1	(mg/L) 0.0005
BLK BLANCO	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	<0.003	<0.1	<0.1	<0.0005
SPK RECUPERACION	97.90 %	92.50 %	97.40 %	99.00 %	90.00 %	98.30 %	97.00 %	97.80 %
STD PT_ICPOES_01	93.20 %	99.00 %	96.20 %	100.40 %	96.50 %	106.70 %	97.50 %	99.80 %
	Fluor	Magnesio	Manganeso	Nickel	Sodio	Niquel	Teluro	Plomo
	(mg/L) 0.01	(mg/L) 0.04	(mg/L) 0.002	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.1	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.1	(mg/L) 0.004
BLK BLANCO	<0.01	<0.04	<0.002	<0.005	<0.1	<0.001	<0.1	<0.004
SPK RECUPERACION	94.10 %	98.50 %	91.10 %	96.80 %	97.70 %	96.10 %	78.10 %	99.00 %
STD PT_ICPOES_01	87.50 %	97.20 %	94.60 %	94.50 %	93.70 %	91.30 %	97.50 %	103.00 %
	Antimonio	Estadío	Selenio	Selenio Total(SG1)	Estadío	Estadío	Titanio	Teluro
	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.003	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.5	(mg/L) 0.01	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.003	(mg/L) 0.03
BLK BLANCO	<0.005	<0.003	<0.005	<0.5	<0.01	<0.001	<0.003	<0.03
SPK RECUPERACION	97.20 %	102.50 %	89.70 %	101.90 %	970.40 %	92.10 %	96.80 %	97.80 %
STD PT_ICPOES_01	98.50 %	99.00 %	96.30 %	97.50 %	99.80 %	99.10 %	99.00 %	94.50 %
	Vanadio	Vanadato/Tungstato	Litio	Zinc	Cromo			
	(mg/L) 0.001	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.005	(mg/L) 0.003			
BLK BLANCO	<0.001	<0.005	<0.005	<0.005	<0.003			
SPK RECUPERACION	96.00 %	97.20 %	97.20 %	95.50 %	98.70 %			
STD PT_ICPOES_01	93.20 %	94.70 %	96.30 %	99.00 %	93.90 %			

Nota:

BLK = Blanco REP = Replicado STD = Patrón de trabajo SPK = Spike
 * Porcentaje dentro del Rango de Ampliación de los Métodos.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del protocolo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditada por Indecopi conforme a los requisitos de ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en ella.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguadas por este contrato, se

regirán y serán interpretadas de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al

Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma

español.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002**



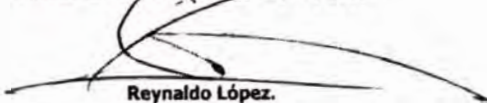
**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA906553**

Página 1 de 3

A solicitud de:	PROY. MANT. QUIMIC. REACTIV. Y SERV. AFIN. EIR CAL. THOMAS ALVAREZ 1391 URB. CHACRA RIOS NORTE, LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	ENV / LB-290951-001	Fecha de Recepción a SGS:	16/10/2009 04:00 p.m.
Muestreo realizado por:	Ciente		

Analisis	Método
ICP Total	EPA - 200.7: 1994 Rev 4.4 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

Emitido en Callao-Perú el 27/10/2009


Reynaldo López.

Supervisor de Laboratorio

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C. Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe. Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en ella.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 6 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguadas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA906553

Página 2 de 3

Matriz
Producto descrito como
Identificación de Muestra

AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL JONITAS
15/10/2009

AGUA RESIDUAL
AGUA RESIDUAL
MUESTRA DE AGUA
07/05/2009

ICP Test

	L.D.		L.D.
Aluminio (mg/L)	0.01	Aluminio (mg/L)	0.01
Antimonio (mg/L)	0.005	Antimonio (mg/L)	0.005
Arsénico (mg/L)	0.003	Arsénico (mg/L)	0.003
Bario (mg/L)	0.003	Bario (mg/L)	0.003
Berilio (mg/L)	0.0007	Berilio (mg/L)	0.0003
Bismuto (mg/L)	0.005	Bismuto (mg/L)	0.005
Boro (mg/L)	0.1	Boro (mg/L)	0.1
Cadmio (mg/L)	0.001	Cadmio (mg/L)	0.001
Calcio (mg/L)	0.1	Calcio (mg/L)	0.1
Cerio (mg/L)	0.05	Cerio (mg/L)	0.05
Circono (mg/L)	0.003	Circono (mg/L)	0.003
Cobalto (mg/L)	0.001	Cobalto (mg/L)	0.001
Cobre (mg/L)	0.003	Cobre (mg/L)	0.003
Cromo (mg/L)	0.001	Cromo (mg/L)	0.001
Escandio (mg/L)	0.003	Escandio (mg/L)	0.003
Estaño (mg/L)	0.01	Estaño (mg/L)	0.01
Estroncio (mg/L)	0.001	Estroncio (mg/L)	0.001
Fósforo (mg/L)	0.1	Fósforo (mg/L)	0.1
Hierro (mg/L)	0.1	Hierro (mg/L)	0.1
Itio (mg/L)	0.005	Itio (mg/L)	0.005
Lantano (mg/L)	0.0005	Lantano (mg/L)	0.0005
Litio (mg/L)	0.01	Litio (mg/L)	0.01
Magnesio (mg/L)	0.04	Magnesio (mg/L)	0.04
Manganeso (mg/L)	0.002	Manganeso (mg/L)	0.002
Molibdeno (mg/L)	0.005	Molibdeno (mg/L)	0.005
Níquel (mg/L)	0.001	Níquel (mg/L)	0.001
Plata (mg/L)	0.001	Plata (mg/L)	0.001
Plomo (mg/L)	0.004	Plomo (mg/L)	0.004
Potasio (mg/L)	0.1	Potasio (mg/L)	0.1
Selenio (mg/L)	0.05	Selenio (mg/L)	0.05
Silicio Total(SiO2) (mg/L)	0.5	Silicio(SiO2) (mg/L)	0.5
Sodio (mg/L)	0.1	Sodio (mg/L)	0.1
Talio (mg/L)	0.03	Talio (mg/L)	0.03
Titanio (mg/L)	0.003	Titanio (mg/L)	0.003
Vanadio (mg/L)	0.002	Vanadio (mg/L)	0.002
Wolframio/Tungsteno (mg/L)	0.005	Wolframio/Tungsteno (mg/L)	0.005
Zinc (mg/L)	0.005	Zinc (mg/L)	0.005

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en ella.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

COD 310



Industrial y Comercial Química Andina S.A.C

Av. Los Castillos 311 Urb. Sta. Rosa - Ate Vitarte Telf: 436-5225 - 436-5048 Fax: 436-4497

POLIFLOC

(POLICLORURO DE ALUMINIO)

TIPO PAC 100

HOJA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

1.- IDENTIFICACION :

Nombre Químico Genérico	:	Policloruro de Aluminio
Nombre Químico Específico	:	Policloruro de Aluminio
Nombre Comercial	:	POLIFLOC – Tipo PAC 100
Fórmula Química Aproximada	:	$Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{20}Cl_7$

2.- ESPECIFICACIONES TECNICAS (Características Químicas y Fisico-químicas)

Aluminio	como	Al	9.5 - 12.7 %
Aluminio	como	Al_2O_3	18.0 - 24.0 %
Cloruros	como	Cl^-	6.1 - 7.0 %
Basicidad	relación	OH/Al	70.0 - 90.0 %
Relación Atómica		Al/ Cl^-	2.0:1 - 1.9:1
Hierro	como	Fe_2O_3	max. 0.05 %
Densidad		gr/lto.	1.28 - 1.36
pH al 100%			2.40 - 3.20
Turbidez		N.T.U.	max. 50

Nota.- Las especificaciones técnicas descritas cumplen las Normas Técnicas Siguientes: Peruana NTP 311.333.1999, USA ANSI/AWWA B408-98 y European Standard DIN - EN 881:1997

3.- USOS Y APLICACIONES

- Coagulante primario y floculante en el tratamiento de agua para consumo humano e industriales.
- Floculante en el tratamiento de aguas residuales y servidas
- Impermeabilizante de concreto y de superficies asfálticas de carreteras.
- Industria del Papel

4.- PRESENTACION:

En cilindros y envases de polietileno de 200 y 60 litros.

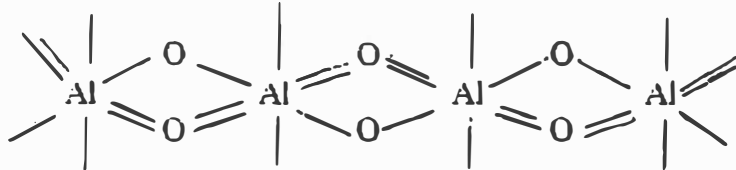


Industrial y Comercial Química Andina S.A.

Av. Los Castillos 311 Urb. Sta. Rosa - Ate Vitarte Tele/Fax 436-5225 - 436-5048

COMPORTAMIENTO DEL PACI COMO COAGULANTE/FLOCULANTE. VENTAJAS SOBRE EL SULFATO DE ALUMINA

Como mencionamos anteriormente, la cadena polimerica del POLICLORURO DE ALUMINIO (PACI),



Con un elevado numero de cargas eléctricas. Es esta una característica del PACI determinante de sus ventajas sobre los floculantes inorgánicos tradicionales (Sulfato de Alumina, Cloruro Férrico, Sulfato ferroso).

La presencia en el policloruro de Aluminio (PACI) de la cadena polimerica preformada y en parte ya hidrolizada, facilita notablemente el proceso de formación del floculo y da lugar a un floculo voluminoso de amplios márgenes de pH y temperatura.

La diferencia fundamental entre el PACI y los floculantes inorgánicos constituidos por sales metálicas simples radican que incorpora, ya en su molécula básica, cadenas polimericas hidrolizadas, mientras que las sales monomeras deben empezar a generarias por la hidrólisis al entrar en contacto con el agua.

Siendo estas cadenas polihidroxiladas la base del proceso de coagulación / Floculación, resulta evidente la ventaja de utilizar un producto en el que especies de este tipo estén ya presentes en la molécula original, y además con un mayor índice de polimerización y con una mayor densidad de carga electropositiva.

Las moléculas polimericas del PACI sufren a su vez hidrólisis en medio acuoso, dando lugar a nuevas especies insolubles menos sensibles frente a las variaciones del medio (ph, alcalinidad, temperatura, etc.) que las especies originadas a partir de la hidrólisis directa del Al^{+++} .

Este hecho se traduce en un eficaz comportamiento frente a aguas de características cambiantes o frente a variaciones en las condiciones de trabajo de las depuradoras

Justificadas por la estructura molecular del PACI y en base a resultados obtenidos tanto en plantas potabilizadoras como de tratamiento de aguas residuales, cabe mencionar las siguientes características del policloruro de aluminio como floculante.



LINEAS GENERALES DEL COMPORTAMIENTO DEL PACL COMO COAGULANTE / FLOCULANTE

- Floculos compactos y fácilmente sedimentables.
- Elevada velocidad de hidrólisis y floculación.
- Amplio intervalo de pH de trabajo.
- Poca influencia sobre el pH del agua tratada.
- Buen comportamiento a bajas temperaturas.
- * Mayor eficacia por unidad de átomo metálico empleada.
- Floculos de gran filtrabilidad:
 - Mejor calidad del agua filtrada.
 - Menor frecuencia de lavado de filtros.
- * Buen rendimiento en la eliminación de la materia orgánica.
- * Poca tendencia a originar fenómenos de sobredosificación.
- * Fangos fácilmente deshidratables



Industrial y Comercial Química Andina S.A.

Av. Los Castillos 311 Urb. Sta. Rosa - Ate Vitarte Tele/Fax 436-5225 – 436-5048

VENTAJAS DEL PACI

- Tratamiento de aguas a muy bajas temperaturas.
- Tratamiento de aguas muy cargadas.
- Posibilidad de reducir / eliminar el empleo de coadyuvantes.
- Menor volumen de fangos producidos.
- Eliminación o menor consumo de reguladores de pH.
- Menor contenido de Al residual en el agua tratada.
- Aumenta la capacidad de tratamiento de la planta.



CAMPOS DE UTILIZACION DEL PACI

1.- Tratamiento de Aguas.

Tratamiento de potabilización de agua (Clarificación).
Aguas de aporte industriales (para calderas, etc.)
Aguas residuales urbanas como coagulante/floculante.
Aguas residuales industriales. (Ej. Antes de su neutralización o vertido.)

2.- Tratamiento de Fangos.

Espesamiento y deshidratación de fangos en industrias químicas y/o petroquímicas y de fangos urbanos.

3.- Proceso de fabricación.

Recuperación de fibras y encolado en la industria del papel.
Clarificación jugo de azúcar.
Recuperación de Proteínas.

4.- Separación de aceite.

Separación de aceites en la industria del petróleo.
Separación de aceites en la industria del Aceite de pescado.

SUPERFLOC *

-581

floculant

Type: Liquid, cationic

SUPERFLOC * 581 floculant is a high molecular weight, liquid cationic floculant. It is effective as a dewatering aid in the centrifugation, filtration and flotation of industrial and municipal waste sludges. It is also useful in other solid-liquid separations such as in secondary clarification, water clarification and oil demulsification.

TYPICAL PROPERTIES

Appearance	Amber liquid
Specific gravity @ 25°C (77°F)	1.14-1.18
Viscosity* at 25°C	4000-6000 cps
pH	5-7
Solubility	Infinitely soluble in water
Chemical reactivity	Nonreactive
Shelf life, 50°-100°F (10°-40°C)	12 to 24 months
Freezing point	0°F (-18°C)
Flash point, closed cup	>200°F (>93°C)

*Brookfield No. 3 spindle 12 rpm

Environmental Properties

BOD	100,000 mg/L
COD	200,000 mg/L
Odor threshold no	120
Taste threshold no	9,000

POTABLE WATER STATUS

SUPERFLOC * 581 floculant has been reviewed and approved by the U.S. Environmental Protection Agency as a coagulant aid in the treatment of potable water at a maximum recommended dosage of 20 mg/L. Data has been submitted to the National Sanitation Foundation (NSF) in support of obtaining independent certification to ANS/NSF Health Effects Standard 60. SUPERFLOC * 581 floculant is manufactured to strict specifications with regard to residual monomers and meets all applicable AWWA standards.

ADVANTAGES

- Easy to apply, pourable liquid which simplifies dilution, feed and handling operations.
- Economical to use - effective at low dosage levels. Added savings can be realized in bulk deliveries.
- Effective over a wide pH range.
- Effective in chlorinated waters.
- Noncorrosive.
- Forms a low volume, compact, high-solids sludge with a higher organic content which can be readily incinerated and produces less ash.

PRINCIPAL USES

SUPERFLOC * 581 floculant is a highly cationic polyelectrolyte which is especially effective in dewatering a wide range of industrial and municipal sludges.

SUPERFLOC * 581 floculant is recommended for liquid-solids separation processes:

1. Gravity settling - improves floc formation yielding larger floc size and faster settling rates.
2. Filtration - increases filtration rates and produces greater cake solids.
3. Centrifugation - increases throughput while improving solids capture and centrate clarity.
4. Air flotation - results in clearer underflows, greater throughput per square foot of surface and high solids float sludge.
5. Water clarification - for improved effluent quality, suspended solids and turbidity reduction.

BOLETIN TECNICO DEL PRODUCTO

BENEFICIOS DEL PRODUCTO

CHEMLOK 2010 es un Fluculante Aniónico en Polvo de mediano peso molecular, diseñado para proporcionar:

- Alta velocidades de asentamiento / flotación de sólidos.
- Claridad superior del jugo
- Fácil drenado de lodos lo que facilita su manejo

CHEMLOK 2010 esta formulado para proporcionar las siguientes ventajas en su manejo.

- Disolución rápida.
- No genera polvos.
- No forma "ojos de pescado"

USOS PRINCIPALES

CHEMLOK 2010 Es un Floculante de mediano peso molecular que tiene diferentes aplicaciones principalmente en procesos de clarificación de aguas provenientes de diferentes procedencias, jugos de caña de azúcar, clarificación de efluentes industriales, etc.

DESCRIPCION GENERAL

CHEMLOK 2010 es un sólido seco y cristalino. Para propiedades físicas y químicas típicas, favor de referirse a la Hoja de Datos de Seguridad del Producto.

DOSIS.

La dosis del producto varia dependiendo de las características de las aguas a tratar. Su representante Técnico **CHEMLOK** le

APLICACION

Los Floculantes Secos requieren diluirse antes de usarse, se recomienda una concentración de 0.1 y 0.2 % para las soluciones del **CHEMLOK-2010**. Su representante Técnico le ayudara a diseñar el sistema de dilución adecuado.

Las soluciones de polímero no deben recircularse con bombas centrifugas. Utilice bombas de desplazamiento positivo.

La solución de Polímetro debe de ser alimentada a una T en donde se mezcla con agua fresca en un conjunto previo a la aplicación del producto para tener dilución continua al 1% o menos.

Se recomienda el uso de una bomba dosificadora para inyectar la solución del Polímetro a la T de mezclado

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

CHEMLOK 2010 debe de ser manejado con cuidado como cualquier producto químico.

Deben tomarse precauciones para evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Lave toda la ropa contaminada antes de volver a usarla. No lo ~~ingiera~~. Si se derrama el producto húmedo con material absorbente. Mantenga el empaque cerrado cuando no se use.

CHEMLOK 2010 debe ser almacenado en un lugar seco. El límite de almacenamiento en planta es de un año, en bolsas cerradas.

Los siguientes materiales son compatibles para estar en contacto directo con **CHEMLOK 2010** o sus soluciones.

- Acero Inoxidable 316 o 304
- Polietileno
- Polipropileno
- PVC
- teflón Viton, Buna- N, Fibra de Vidrio.

Debe de evitarse Acero al carbón, Bronce, Aluminio, Metales Galvanizados y Hules sintéticos y Naturales.

INNOVA Andina S.A.

Av. Rivera Navarrete 620 - Piso 11 San Isidro Telef.: (511) 441 7171 Fax: (511) 221 0384

BOLETIN TECNICO DEL PRODUCTO

BENEFICIOS DEL PRODUCTO

CHEMLOK 2040 es un Floculante Aniónico en Polvo de alto peso molecular, diseñado para proporcionar:

- Alta velocidades de asentamiento / flotación de sólidos.
- Claridad superior del jugo
- Fácil drenado de lodos lo que facilita su manejo

CHEMLOK 2040 esta formulado para proporcionar las siguientes ventajas en su manejo.

Disolución rápida.
No genera polvos.
No forma "ojos de pescado"

USOS PRINCIPALES

CHEMLOK 2040 Es un Floculante de alto peso molecular que tiene diferentes aplicaciones principalmente en procesos de clarificación de aguas provenientes de diferentes procedencias, jugos de caña de azúcar, clarificación de efluentes industriales, etc.

DESCRIPCION GENERAL

CHEMLOK 2040 es un sólido seco y cristalino. Para propiedades físicas y químicas típicas, favor de referirse a la Hoja de Datos de Seguridad del Producto.

DOSIS.

La dosis del producto varia dependiendo de las características de las aguas a tratar. Su representante Técnico CHEMLOK le recomendará la dosis adecuada para el máximo rendimiento en su tratamiento.

EMPAQUE

CHEMLOK 2040 se empaqa en sacos de papel con recubrimiento interior de Polietileno conteniendo 25 Kgs. de Producto

APLICACION

Los Floculantes Secos requieren diluirse antes de usarse, se recomienda una concentración de 0.1 y 0.2 % para las soluciones del CHEMLOK-2040. Su representante Técnico le ayudara a diseñar el sistema de dilución adecuado.

Las soluciones de polímero no deben recircularse con bombas centrifugas. Utilice bombas de desplazamiento positivo.

La solución de Polímetro debe de ser alimentada a una T en donde se mezcla con agua fresca en un conjunto previo a la aplicación del producto para tener dilución continua al 1% o menos.

Se recomienda el uso de una bomba dosificadora para inyectar la solución del Polímetro a la T de mezclado

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

CHEMLOK 2040 debe de ser manejado con cuidado como cualquier producto químico.

Deben tomarse precauciones para evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Lave toda la ropa contaminada antes de volver a usarla. No lo ingiera. Si se derrama el producto húmedo con material absorbente. Mantenga el empaque cerrado cuando no se use.

CHEMLOK 2040 debe ser almacenado en un lugar seco. El límite de almacenamiento en planta es de un año, en bolsas cerradas.

Los siguientes materiales son compatibles para estar en contacto directo con CHEMLOK 2040 o sus soluciones.

- Acero Inoxidable 316 o 304
 - Polietileno
 - Polipropileno
 - PVC
 - teflón Viton, Buna- N, Fibra de Vidrio.
- Debe de evitarse Acero al carbón, Bronce, Aluminio, Metales Galvanizados y Hules sintéticos y Naturales.

OBSERVACIONES

Si necesita asistencia o información, por favor llamar a sus representantes CHEMLOK.

INNOVA Andina S.A.

Av. Rivera Navarrete 620 - Piso 11 San Isidro Telef.: (511) 441 7171 Fax: (511) 221 0384

BOLETIN TECNICO DEL PRODUCTO

BENEFICIOS DEL PRODUCTO

CHEMLOK 3020 es un Floculante Catiónico en Polvo de alto peso molecular y media densidad de carga, diseñado para proporcionar:

- Alta velocidades de asentamiento / flotación de sólidos.
- Fácil drenado de lodos lo que facilita su manejo en centrifugas y filtros prensa

CHEMLOK 3020 esta formulado para proporcionar las siguientes ventajas en su manejo.

Disolución rápida.
No genera polvos.
No forma "ojos de pescado"

USOS PRINCIPALES

CHEMLOK 3020 Es un Floculante que tiene diferentes aplicaciones principalmente en procesos de clarificación de aguas provenientes de diferentes procedencias, jugos de caña de azúcar, clarificación de efluentes industriales tanto de alimentos como mineras, etc.

DESCRIPCION GENERAL

CHEMLOK 3020 es un sólido seco y cristalino. Para propiedades físicas y químicas típicas, favor de referirse a la Hoja de Datos de Seguridad del Producto.

DOSIS.

La dosis del producto varia dependiendo de las características de las aguas a tratar. Su representante Técnico **CHEMLOK** le recomendará la dosis adecuada para el máximo rendimiento en su tratamiento.

EMPAQUE

CHEMLOK 3020 se empaca en sacos de papel con recubrimiento interior de Polietileno conteniendo 25 Kgs. de Producto

APLICACION

Los Floculantes secos requieren diluirse antes de usarse, se recomienda una concentración de 0.1 hasta 1 % para las soluciones del **CHEMLOK-3020** en la deshidratación de lodos. Su representante Técnico le ayudara a diseñar el sistema de dilución adecuado.

Las soluciones de polímero no deben recircularse con bombas centrifugas. Utilice bombas de desplazamiento positivo.

La solución de Polímetro debe de ser alimentada a una T en donde se mezcla con agua fresca en un conjunto previo a la aplicación del producto para tener dilución continua al 1% o menos.

Se recomienda el uso de una bomba dosificadora para inyectar la solución del Polímetro a la T de mezclado

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

CHEMLOK 3020 debe de ser manejado con cuidado como cualquier producto químico.

Deben tomarse precauciones para evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Lave toda la ropa contaminada antes de volver a usarla. No lo ingiera. Si se derrama el producto húmedo con material absorbente. Mantenga el empaque cerrado cuando no se use.

CHEMLOK 3020 debe ser almacenado en un lugar seco. El límite de almacenamiento en planta es de un año, en bolsas cerradas.

Los siguientes materiales son compatibles para estar en contacto directo con **CHEMLOK 3020** o sus soluciones.

- Acero Inoxidable 316 o 304
 - Polietileno
 - Polipropileno
 - PVC
 - teflón Viton, Buna- N, Fibra de Vidrio.
- Debe de evitarse Acero al carbón, Bronce, Aluminio, Metales Galvanizados y Hules sintéticos y Naturales.

OBSERVACIONES

Si necesita asistencia o información, por favor llamar a sus representantes **CHEMLOK**.

INNOVA Andina S.A.

Av. Rivera Navarrete 620 - Piso 11 San Isidro Telef.: (511) 441 7171 Fax: (511) 221 0384



FILTERMEDIA®

Minerals Supply & Services S.A.C.

Medios Filtrantes para Plantas de Tratamiento de agua bajo standard ANSI / AWWA B 100-96

Dpto. Técnico

ARENAS PARA FILTRAR AGUA

ARENA CUARZOSA Código: MRS-ZURAS

Especificaciones:

- **Dureza = 7 (Escala de Mohs)**
- **Peso Específico = 2.7**
- **Solubilidad en HCL al 40 % , durante 24 horas < 1.2 %**
- **Materia orgánica = No contiene**
- **Materia laminar (micas) = No contiene**
- **Sulfatos = No contiene.**
- **Color = Gris**
- **Coefficiente de Esfericidad 0.80**
- **Granulometría : Tamaño efectivo (10%) = 0.50 mm.**
- **Tamaño Mínimo = 0.35 mm.**
- **Tamaño Máximo = 1.19 mm.**
- **Coefficiente de uniformidad 1.5**
- **Densidad aparente 1.45**

Ventas e Informes : Curazao 182 – Santa Patricia – La Molina – Lima 12 - Perú
Teléfonos: 348-9073 – 348-9786 - 965-8114 Telefax: 348-4287
Planta Industrial: Av Victor Malásquez Manzana A-6, Lote 03 – Manchay – Pachacamac – Lima 19
E-mail: mineralsss@terra.com.pe



FILTERMEDIA®

MINERALS SUPPLY & SERVICES SAC

Medios Filtrantes de agua bajo standard ANSI-AWWA B-100-96

ANTRACITA GRANULADA®

Especificaciones:

- **Dureza = 3.0 - 3.1 (Escala de Mohs)**
- **Peso específico = 1.5 - 1.7**
- **Solubilidad en HCL al 40 % , durante 24 horas menor al 2.0 %**
- **Partículas planas <10 %**
- **Coefficiente de Esfericidad 0.75**
- **Granulometría :**
- **Tamaño efectivo al 10% = 0.83 mm**
- **Tamaño mínimo 0.70mm**
- **Tamaño máximo 2.00 mm**
- **Coefficiente de uniformidad < 1.5**
- **Densidad aparente = 0.93**

PRESENTACIÓN

- **Sacos de polipropileno laminado de 50 Kg cada uno.**

Ventas e Informes : Curazao 182 – Santa Patricia – La Molina – Lima 12
Teléfonos: 348-9073 – 348-9786 - 9965-8114 Telefax: 348-4287
Planta Industrial: Av V. Malésquez Manzana A-8, Lote 03 – Pachacamac – Lima 19
E-mail: mineralsss@terra.com.pe

APÉNDICE N° 2

Memoria de cálculos

2.1 Memoria de cálculos

- **Diseño floculador.**
- **Cálculo potencia de la bomba.**

2.2 Detalles técnicos bombas dosificadoras.

Diseño de floculador

a) Datos

Densidad del agua

$$\rho = 999.13 \text{ kg.m}^{-3}$$

Viscosidad

$$\mu = 0.001139 \text{ Ns.m}^{-2}$$

Aceleracion de la gravedad

$$g = 9.807 \text{ m/s}^2$$

Tiempo de retencion hidraulica

$$T = 30 \text{ min}$$

Caudal necesario para la camara de floculacion

$$Q = 2.16 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0.00060 \text{ m}^3/\text{seg}$$

b) Dimensiones del tanque de floculador

Volumen de la camara $Q \cdot T = V_c$

$$V_c = 1.08 \text{ m}^3$$

$$f = 1.50$$

$$V = V_c \cdot f$$

$$V = 1.62 \text{ m}^3$$

Se fija una altura, H = 1.65 (m)

Diámetro = 1.11 m

b) Calculo de la Gradiente de velocidad durante el paso del compartimiento. con diámetros de 65mm, la velocidad en el pase será:

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Diámetro del paso del compartimiento 1

d = 65 mm

U = 0.181 ms⁻¹

h1 = 0.022 m

G1 = 10.25 s⁻¹

Diámetro del paso del compartimiento 2

d = 90 mm

U = 0.094 ms⁻¹

h2= 0.01 m
G2= 7.2 s-1
Perdida de carga en la cámara 1

h1= 0.022 m

Calculo de gradiente de velocidad media

$$G = \sqrt{\frac{\rho g \cdot h}{\mu \cdot T}}$$

G= 10.254 s-1

Numero de Camp

Ca= $G \times T$
Ca= 18457.158

Gradiente en el pase

$$G = n \cdot \sqrt{\frac{\rho g}{\mu}} \cdot R_H^{-0.67} \cdot U^{1.5}$$

n= 0.01

G= 35.64 s-1

Numero de reynolds en el pase

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu}$$

Re= 10309.71

Determinacion de la estabilidad de floculos

$$S = GRe^{-0.5}$$

S= 0.351

Para valores de S debajo de 1,3 la rotura resulta despreciable, para lo cual en la unidad de acuerdo al resultado obtenido de $S < 1,3$ resulta favorable la formación de floculos.

Calculo de la potencia de la bomba:

Datos:

D (in)	1
D _{in} (in)	0.936
z ₁ (m)	2
z ₂ (m)	3
Δz (m)	1
L (m)	15

Q (lt/s)	1.2
ρ (Kg/m ³)	1000
μ (Pa.s)	0.001
g (m/s ²)	9.81
ε (in)	0.000787

Se usaron tuberías de PVC fabricada bajo las normas ASTM D1784 y ASTM D-1785

Diameter		SCHEDULE 40 PVC						Schedule 80 PVC							
O.D.		Wall Thickness		I.D.		*Max Pressure 22.7° C (73° F)		Wall Thickness		I.D.		*Max Pressure 22.7° C (73° F)			
in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	p.s.i.	kPa	in	mm	in	mm	p.s.i.	kPa
0.5	12.70	0.840	21.34	0.109	2.77	0.602	15.29	600	4137.00	0.147	3.73	0.526	13.36	850	5860.75
0.75	19.05	1.050	26.67	0.113	2.87	0.804	20.42	480	3309.60	0.154	3.91	0.722	18.34	690	4757.55
1	25.40	1.315	33.40	0.133	3.38	1.029	26.14	450	3102.75	0.179	4.55	0.936	23.77	630	4343.85
1.25	31.75	1.680	42.16	0.141	3.58	1.360	34.54	370	2551.15	0.191	4.85	1.255	31.88	520	3585.40
1.5	38.10	1.900	48.26	0.145	3.68	1.590	40.39	330	2275.35	0.200	5.08	1.476	37.49	470	3240.65
2	50.80	2.375	60.33	0.154	3.91	2.047	51.99	280	1930.60	0.218	5.54	1.913	48.59	400	2758.00
2.5	63.50	2.875	73.03	0.203	5.16	2.445	62.10	300	2068.50	0.276	7.01	2.29	58.17	420	2895.90
3	76.20	3.500	88.90	0.216	5.49	3.042	77.27	260	1792.70	0.300	7.62	2.864	72.75	370	2551.15
4	101.60	4.500	114.30	0.237	6.02	3.999	101.55	220	1516.90	0.337	8.56	3.786	96.16	320	2206.40
6	152.40	6.625	168.28	0.280	7.11	8.031	153.19	180	1241.10	0.432	10.97	5.709	145.01	280	1930.60
8	203.20	8.625	219.08	0.322	8.18	7.941	201.70	160	1103.20	0.500	12.70	7.565	192.15	250	1723.75
10	254.00	10.750	273.05	0.365	9.27	9.976	253.39	140	965.30	0.593	15.06	9.493	241.12	230	1585.85
12	304.80	12.750	323.85	0.406	10.31	11.889	301.96	130	896.35	0.687	17.45	11.294	286.87	230	1585.85
14	355.60	14.000	355.60	0.438	11.13	13.072	332.03	130	896.35	0.790	19.95	12.412	315.26	220	1516.90
16	406.40	16.000	406.40	0.500	12.70	14.936	379.37	130	896.35	0.843	21.41	14.224	361.29	220	1516.90
18	457.20	18.000	457.20	0.562	14.27	16.809	426.95	130	896.35	0.937	23.80	16.014	406.76	220	1516.90
20	508.00	20.000	508.00	0.593	15.06	18.743	476.07	120	827.40	1.031	26.19	17.814	452.48	220	1516.90
24	609.60	24.000	609.60	0.687	17.45	22.544	572.62	120	827.40	1.218	30.94	21.418	544.02	210	1447.95

* Pipe pressure ratings must be devalued for temperatures greater than 23°C (73°F)
 • Pipe supplied in 6.1 m (20 ft.) lengths.
 • Highlighted areas indicate product proposed for this project.

Calculando el caudal que pasa por la tubería:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0.0012$$

Calculo de la velocidad de entrada y salida:

$$A \text{ (m}^2\text{)} = 0.00044$$

$$v \text{ (m/s)} = 2.703$$

Calculo del número de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$N_{Re} = 64266.08$$

Calculo de la perdida de carga primaria con la ecuación de Fanning Darcy:

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Calculando el factor fricción con la ec.de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \text{Log} \left(\left(\frac{1}{3,71} \right) \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \frac{2,51}{N_{Re} \sqrt{f}} \right)$$

$$\epsilon/D = 0.00084$$

$$f = 0.02277$$

$$h_f \text{ (m)} = 5.35$$

Calculo de las perdidas secundarias:

	K_i	
Cantidades		
Contracción Súbita (Salida del Tanque)	0.5	1
Ensanchamiento (Entrada al Tanque)	1	1
Union Universal	0.2	2
Valvulas de Bola	10	1
Codos de 90°	0.75	4

$$\Sigma(K_i \cdot \text{cantidad}) = 14.9$$

$$h_f = f \left(\frac{L_e}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) = K_i \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_f \text{ (m)} = 5.55$$

Calculando el Head de la bomba con la ecuación de Bernoulli

$$\frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta z + h_f = Head$$

$$\Delta P/\gamma \text{ (m)} = 0$$

$$\Delta v^2/2g \text{ (m)} = 0.3724$$

$$\Delta z \text{ (m)} = 1$$

$$h_f \text{ Total (m)} = 10.899$$

$$Head \text{ (m)} = 12.271$$

$$Pot = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Head}{\eta}$$

$$Potencia \text{ (Kw)} = 0.144$$

PULSAtron® Series A PLUS

Electronic Metering Pumps

PULSAFEEDER®
A Unit of IDEX Corporation

Key Features

- **Manual Control** by on-line adjustable stroke rate and stroke length.
- **Agency approved** for demanding **OUTDOOR** and indoor applications.
- **Highly Reliable** timing circuit.
- **Water Resistant** excellent for **OUTDOOR** and indoor applications.
- **Internally Dampened To Reduce Noise**, very acceptable for household installations.
- **Guided Ball Check Valve Systems**, to reduce back flow and enhance outstanding priming characteristics.
- **Premium Standard Wetted Component Materials**.
- **Few Moving Parts** and **Wall Mountable**.
- **Safe & Easy Priming** with durable leak-free bleed valve assembly (standard).
- **Optional Control**: External pace with auto/manual selection.

Complete Economical Selection

Six distinct models are available, having pressure capabilities to 250 PSIG, and flow capacities to 48 GPD, with a turndown ratio of 100:1. Metering performance is reproducible to within $\pm 3\%$ of maximum capacity.

Please refer to the reverse side for Series A PLUS specifications.

Operating Benefits

Reliable metering performance. Our guided check valves, with their state-of-the-art seat and ball designs, provide precise seating, and excellent priming and suction lift characteristics. Our timing circuit is highly reliable and, by design, virtually unaffected by temperature, EMI and other electrical disturbances.

Rated "hot" for continuous duty. Series A PLUS pumps continue to meet their specifications for pressure and capacity even during extended use. That's because of our high quality solenoid and special enclosure that effectively dissipates heat.

High viscosity capability. A straight flow path and ample clearance between the diaphragm and head enable standard PULSAtron pumps to handle viscous chemicals up to a viscosity of 1000 CPS.

Leak-free, sealless, liquid end. Our diaphragms are of superior construction—PTFE-faced, bonded to a composite of Hypalon and fabric layers, and reinforced with a metal insert for optimum flexibility and durability.

For additional information about PULSAtron's full-featured Series MP & Series E PLUS, refer to Technical Sheet No. EMP-027 & EMP-021, about the mid-range Series E & Series D refer to Technical Sheet No. EMP-022 & EMP-023. For information about the economical Series C PLUS & Series C, refer to Technical Sheet No. EMP-026 & EMP-024.

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

System Compatibility

A wide variety of chemicals can be pumped. Liquid end materials include glass-filled polypropylene (GFPPL), PVC, styrene-acrylonitrile (SAN), Polyvinylidene Fluoride (PVDF), PTFE, Hypalon, Viton, ceramic, alloys and 316SS.

Immediate installation and start-up.

Included as standard accessories with all models are an injection/back pressure valve assembly and a foot valve/strainer assembly*, including discharge and suction tubing.

Safe and easy priming and valve maintenance.

Included as a standard accessory is a bleed valve assembly, including return tubing (available only on those models with tubing connections).

Quick and economical liquid end maintenance.

Available for every model is a unique KOPkit®, a convenient, economically priced, package containing new cartridge check valves and other important spare parts.



technology
innovation diversity
excellence

PULSAtron Series A PLUS Specifications

Series A PLUS - Six model selections. Digit 1 and 2 (LB) signify product class, digit 3 and 4 signify pressure flow. For full model selection information refer to Price Schedule EMP-PS LP.

Pressure and Flow Rate Capacity

Capacity, nominal	GPH	0.25	0.45	0.50	1.00	1.25	2.00
	GPD	6	11	12	24	30	48
	LPH	0.9	1.7	1.9	3.8	4.7	7.6
Pressure, max PSIG/Bar							
250/17	—	LBC3	—	—	—	—	—
150/10	LB02	—	LB03	—	—	—	—
100/7	—	—	—	LB04	LB64	—	—
50/3.3	—	—	—	—	—	LBC4	—

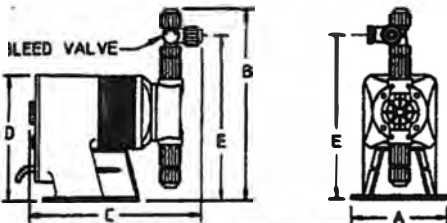
Connections:	Tubing	1/4" ID X 3/8" OD 3/8" ID X 1/2" OD 3/16" ID X 5/16" OD 1/4" FNPT
Reproducibility at max. capacity		± 3%
Viscosity Max CPS		1000
Stroke Frequency Max SPM		125
Stroke Frequency Turn-Down Ratio		10:1
Stroke Length Turn-Down Ratio		10:1
Power Input		115 VAC/50-60 HZ/1 ph 230 VAC/50-60 HZ/1 ph
Average Current Draw		
● 115 VAC: Amps		0.6
● 230 VAC: Amps		0.3
Peak Input Power Watts		130
Average Input Power		
● max SPM: Watts		50

Liquid End Materials

Series	Pump Head	Diaphragm	Check Valves		Fittings	Bleed Valve	Injection Valve Assembly Foot Valve Assembly	Tubing
			Seats/O-Rings	Balls				
A PLUS	GFPPL PVC SAN PVDF 316 SS	PTFE-faced Hypalon-backed	PTFE, Hypalon, Viton	Ceramic, PTFE, 316SS, Alloy C	GFPPL PVC PVDF	Same as fitting and check valve selected, except 316SS	Same as fitting and check valve selected	Clear PVC White PE

Important: Material Code— GFPPL = Glass-filled Polypropylene, PVC = Polyvinyl Chloride, SAN = Styrene-Acrylonitrile, PE = Polyethylene, PVDF = Polyvinylidene Fluoride. Hypalon and Viton are registered trademarks of E.I. DuPont Company. PVC wetted end recommended for sodium hypochlorite.

Dimensions



Series A PLUS Dimensions (Inches)

Model No.	A	B	C	D	E	Shipping Weight (lbs.)
LB02	5.0	9.6	9.5	6.5	8.2	10
LB03	5.0	9.9	9.5	6.5	8.5	10
LB09	5.0	9.9	9.5	6.5	8.5	10
LB04	5.0	9.9	9.5	6.5	8.5	10
LB64	5.0	9.9	9.5	6.5	8.5	10
LBC4	5.0	9.9	9.5	6.5	8.5	10

Note: Inches x 2.54=cm

KOPkit®

Available for every model, the KOPkit provides an economically priced package of parts required for routine maintenance. The kit typically contains new valve cartridges with o-rings, head, diaphragm, secondary o-ring seal, head screws and washers.

For further KOPkit information, refer to Technical Sheet No. GB-045.



An ISO Certified Company

IDEX
IDEX CORPORATION

PULSAFEEDER®

A Unit of IDEX Corporation

Standard Product Operations
27101 Airport Road • Punta Gorda, Florida 33982
TEL (941) 575-3800 • TEL 800-333-6877
FAX (941) 575-4085 • FAX 800-458-4085
epotech@pulsafeeder.com • www.pulsafeeder.com

Brochure No. EMP-025
Printed in the USA 04/04

APÉNDICE N° 3

Planos-Diagramas

Plano N° 1- Plano de ubicación sección vibrado-redes de desagüe Industrial.

Plano N° 2- Unidad de pre tratamiento-Poza de separación de sólidos.

Plano N° 3 –Unidad de tratamiento –floculador.

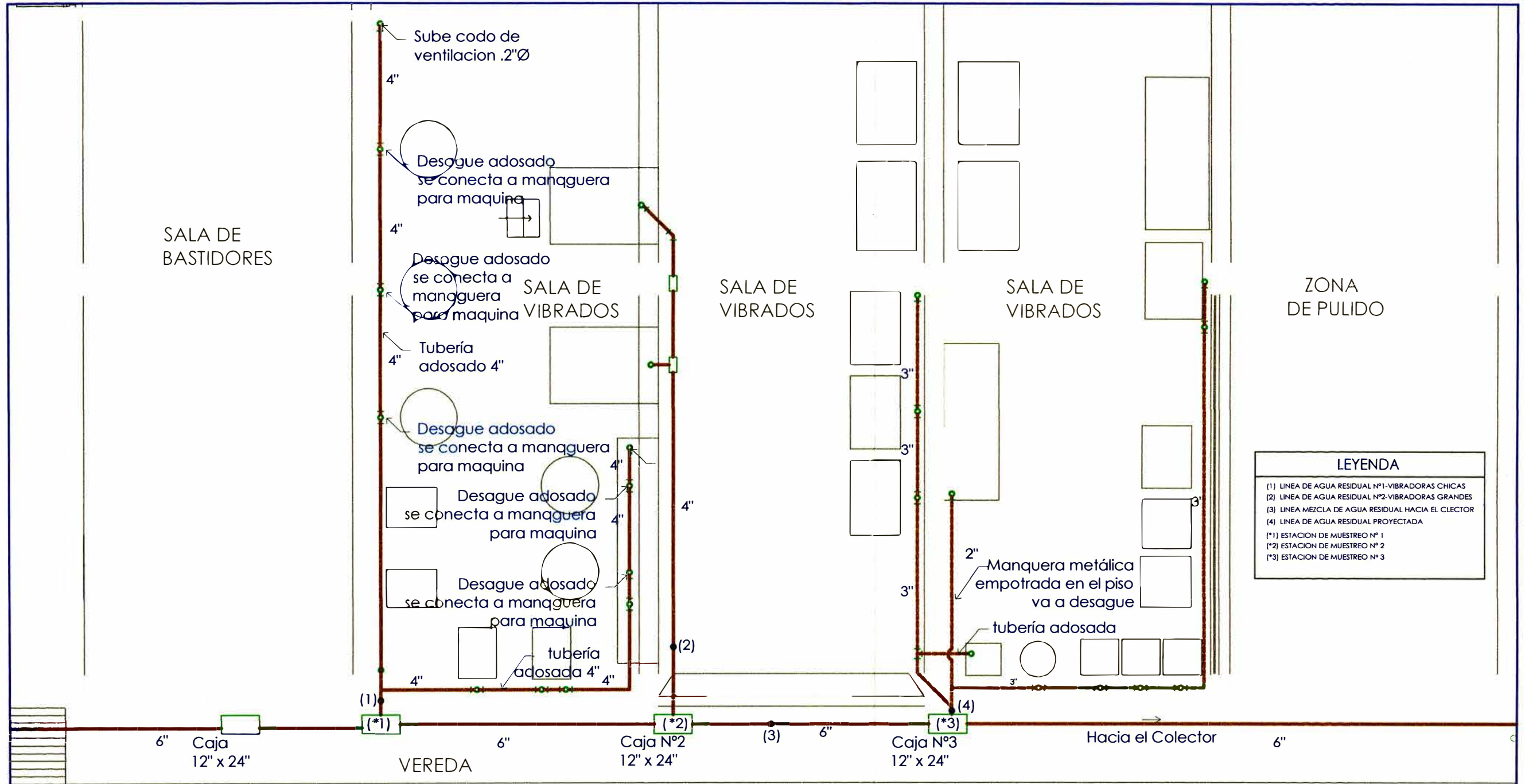
Plano N° 4- Unidad de tratamiento-Filtro.

Plano N° 5- Plano de ubicación de las unidades de tratamiento.

Plano N° 6- Vista 3D de la planta de tratamiento.

Diagrama N°1 de procesos de la planta de tratamiento.

Diagrama N°2 de procesos y sistema de control.



ESCALA: 1/100

REDES DE DESAGUE INDUSTRIAL SECCION VIBRADO



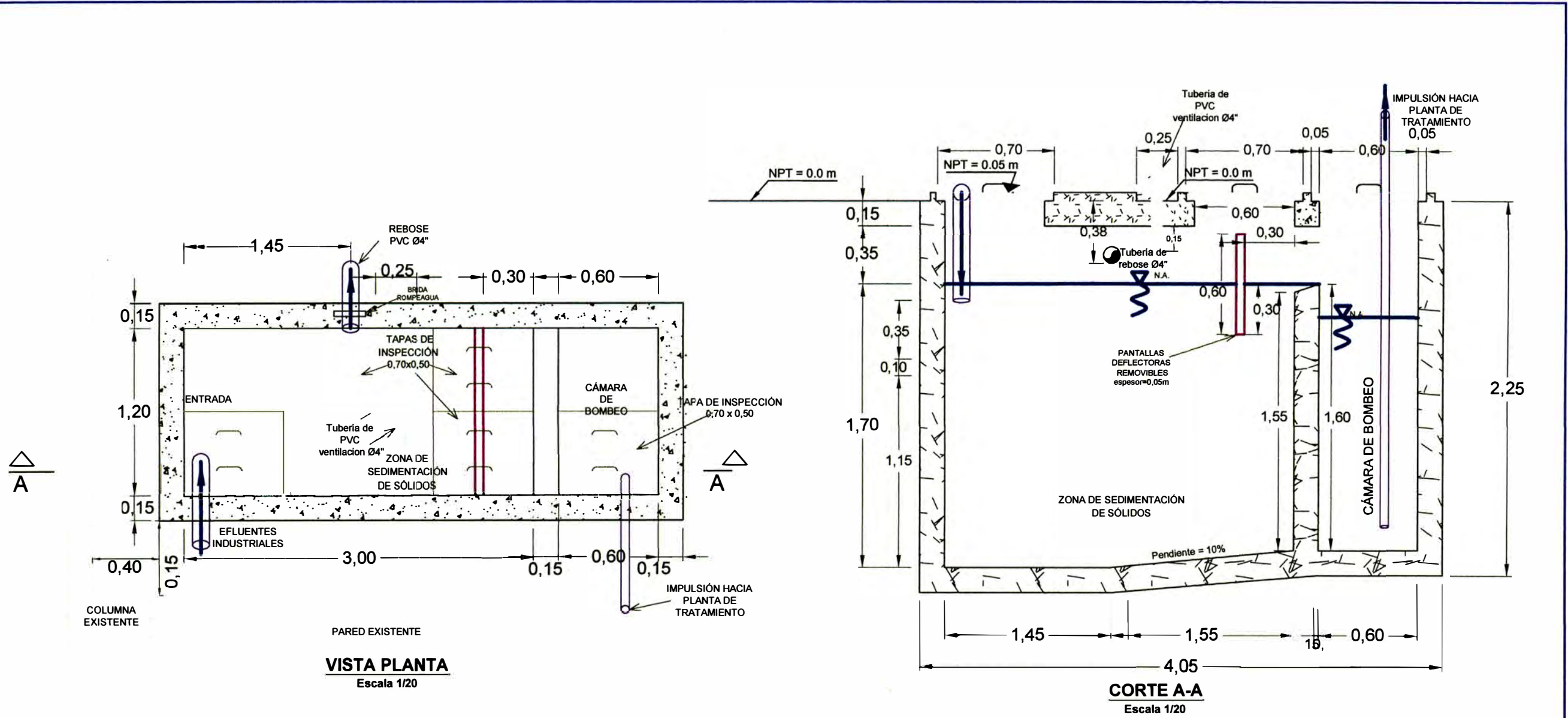
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
 INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
 TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
 Bach. GUERRA QUESADA, Maria Soledad

REVISADO:
 Ing. JUAN TURRIATE

FECHA
 ABRIL 2010

PLANO N° 1



**UNIDAD DE PRE TRATAMIENTO
CAMARA DE RETENCION DE SOLIDOS Y FLOTANTES**

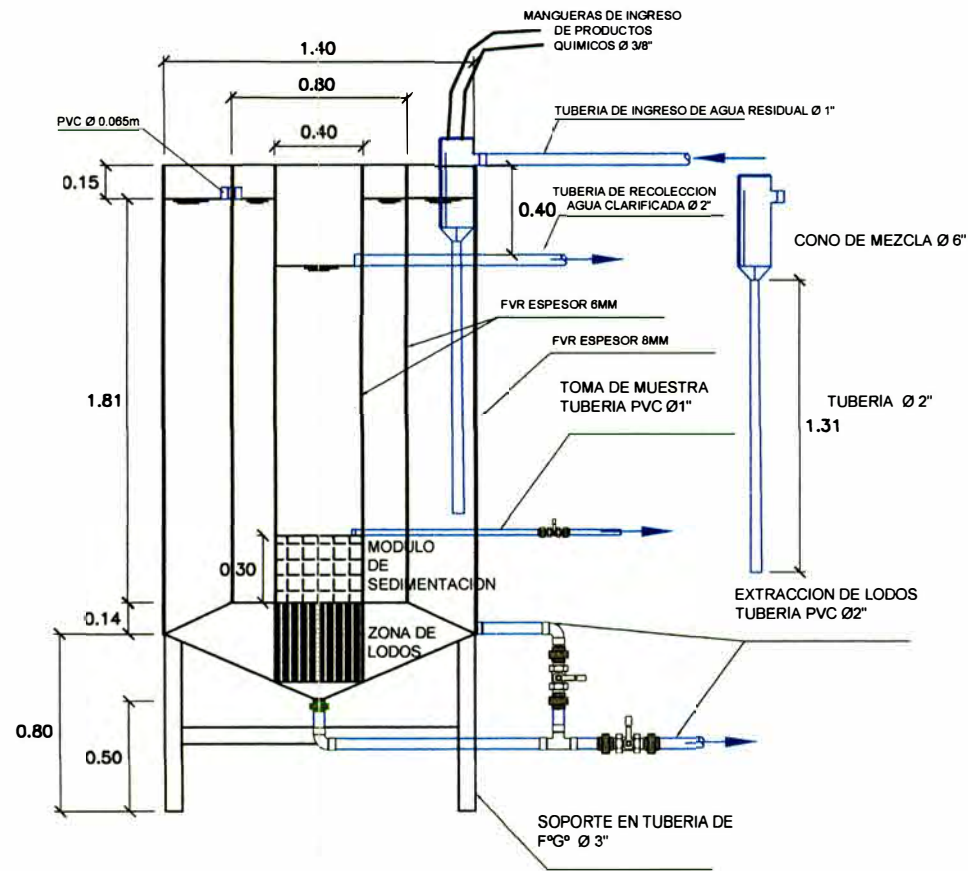


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
Bach. GUERRA QUESADA , Maria Soledad
REVISADO:
Ing. JUAN TURRIATE

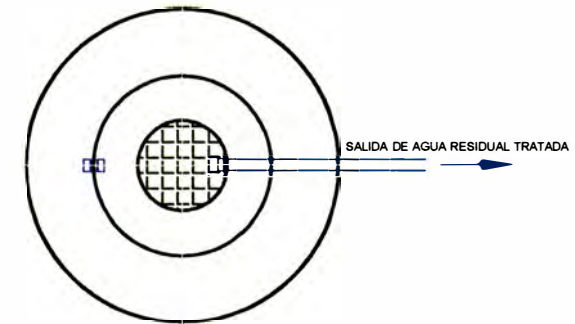
FECHA
ABRIL 2010

PLANO Nº 2



FLOCULADOR

ESCALA: 1/25



VISTA PLANTA

ESCALA: 1/25

UNIDAD DE TRATAMIENTO
FLOCULADOR



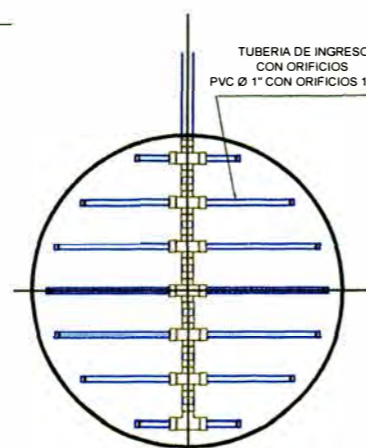
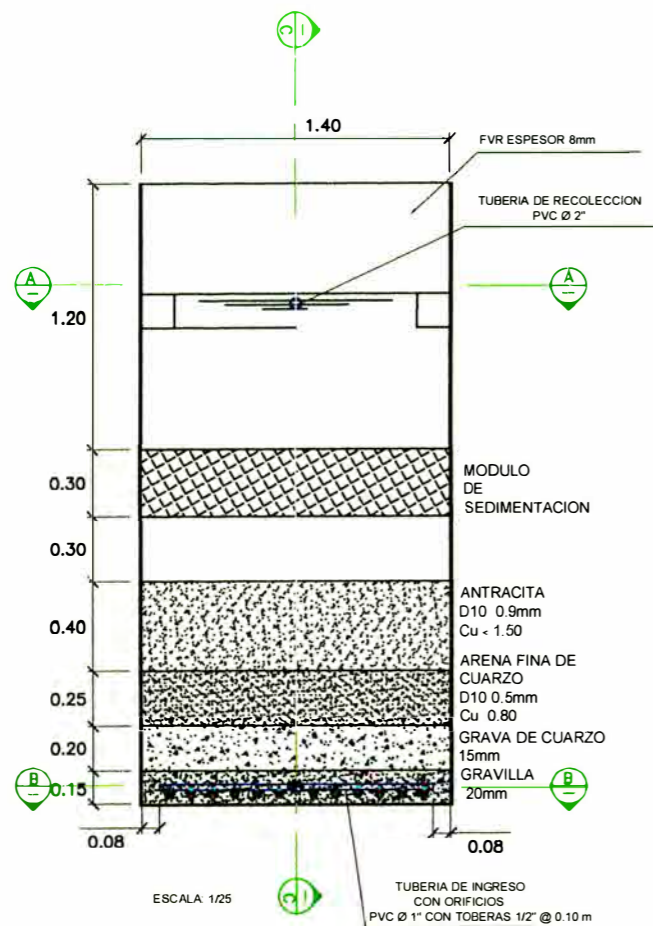
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
 INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
 TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
 Bach. GUERRA QUESADA , María Soledad

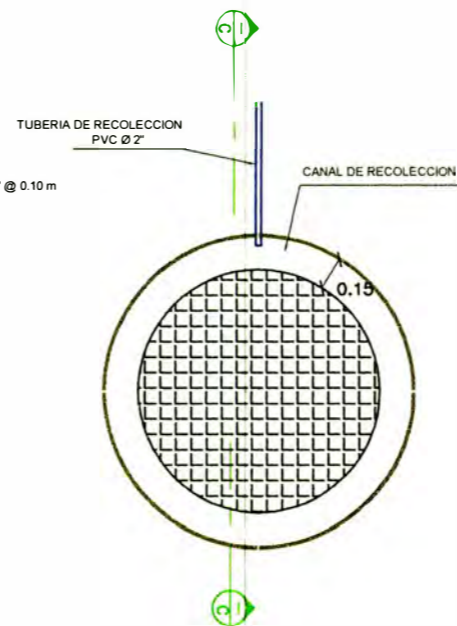
REVISADO:
 Ing. JUAN TURRIATE

FECHA
 ABRIL 2010

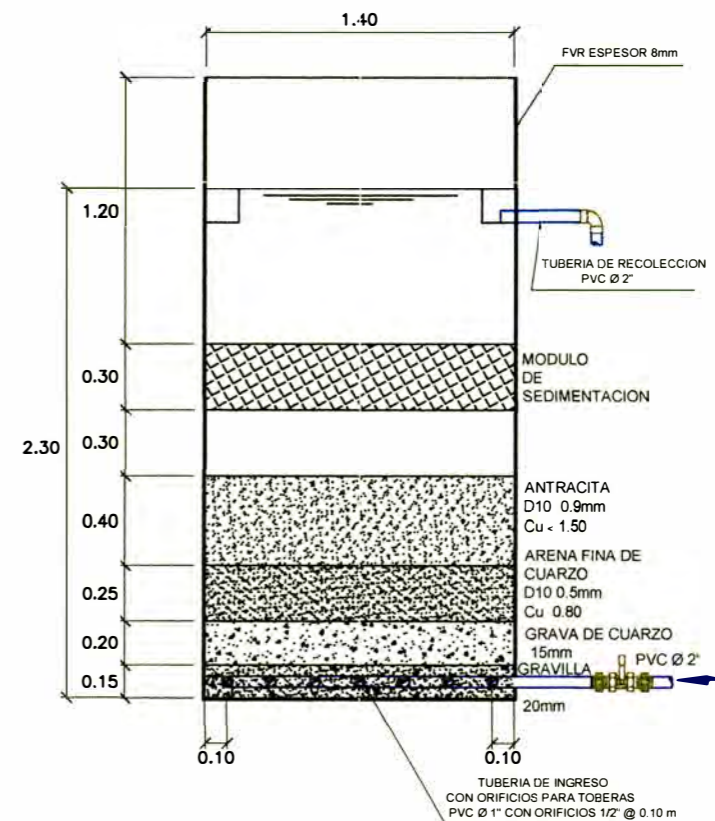
PLANO Nº 3



CORTE B-B
ESCALA 1/25



CORTE A-A
ESCALA 1/25



CORTE C-C
ESCALA 1/25

UNIDAD DE TRATAMIENTO FILTRO



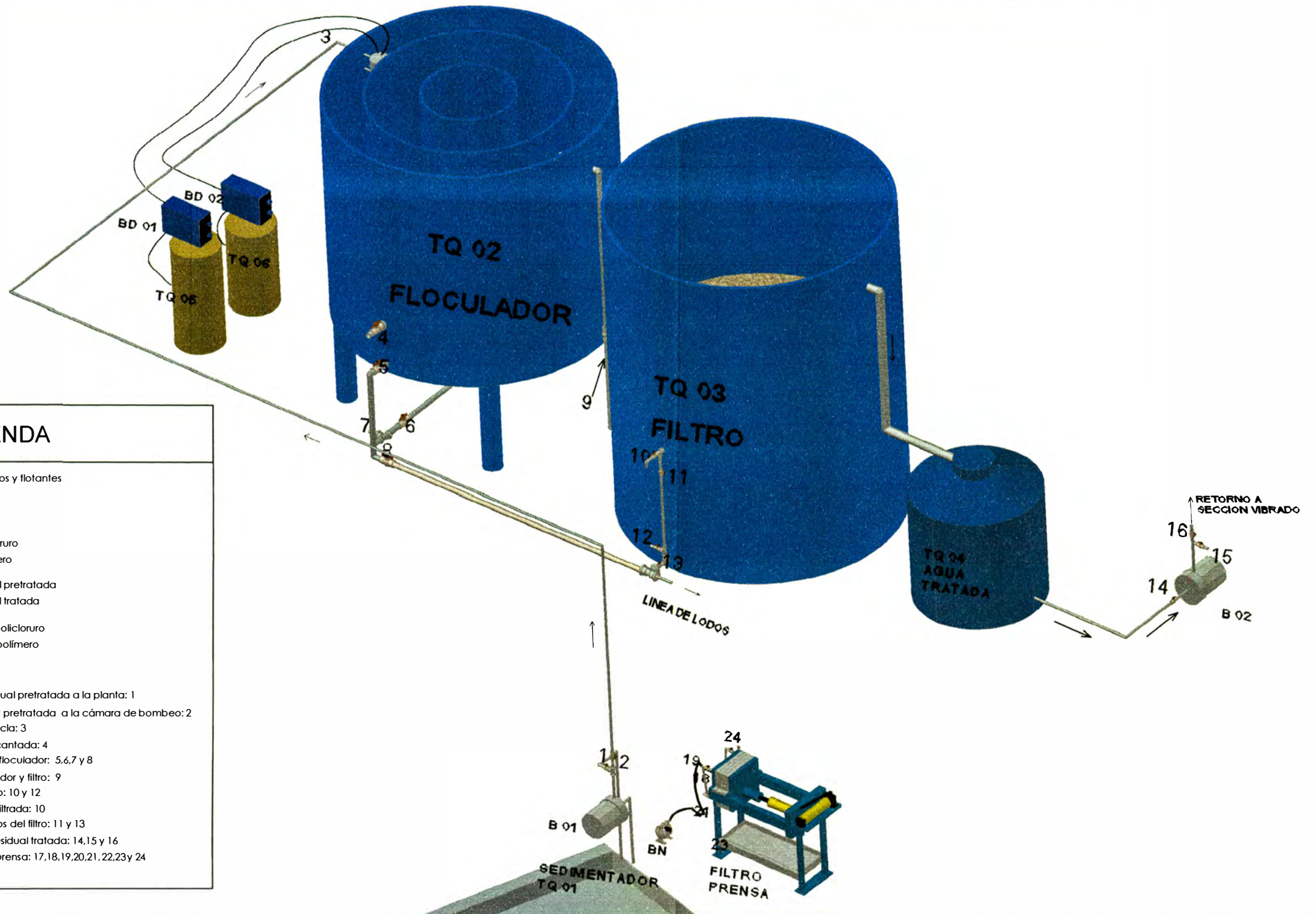
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
Bach. GUERRA QUESADA, María Soledad

REVISADO:
Ing. JUAN TURRIATE

FECHA
ABRIL 2010

PLANO Nº 4



LEYENDA

- TQ 01 Poza de retención de sólidos y flotantes
- TQ 02 Floculador
- TQ 03 Filtro
- TQ 04 Tanque de agua tratada
- TQ 05 Tanque solución de policloruro
- TQ 06 Tanque solución del polímero

- B 01 Bomba para agua residual pretratada
- B 02 Bomba para agua residual tratada

- BD 01 Bomba para solución de policloruro
- BD 02 Bomba para solución del polímero

- BN Bomba neumática

- Válvula de ingreso del agua residual pretratada a la planta: 1
- Válvula retorno del agua residual pretratada a la cámara de bombeo: 2
- Válvula toma muestra - cono mezcla: 3
- Válvula toma muestra - agua decantada: 4
- Valvulas de drenaje de lodos del floculador: 5,6,7 y 8
- Válvula de interconexión floculador y filtro: 9
- Valvulas para retrolavado del filtro: 10 y 12
- Válvula toma muestra del agua filtrada: 10
- Valvulas de drenaje de sedimentos del filtro: 11 y 13
- Valvulas de descarga de agua residual tratada: 14,15 y 16
- Valvulas pra operación del filtro prensa: 17,18,19,20,21, 22,23 y 24

VISTA 3D - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL SECCION VIBRADO



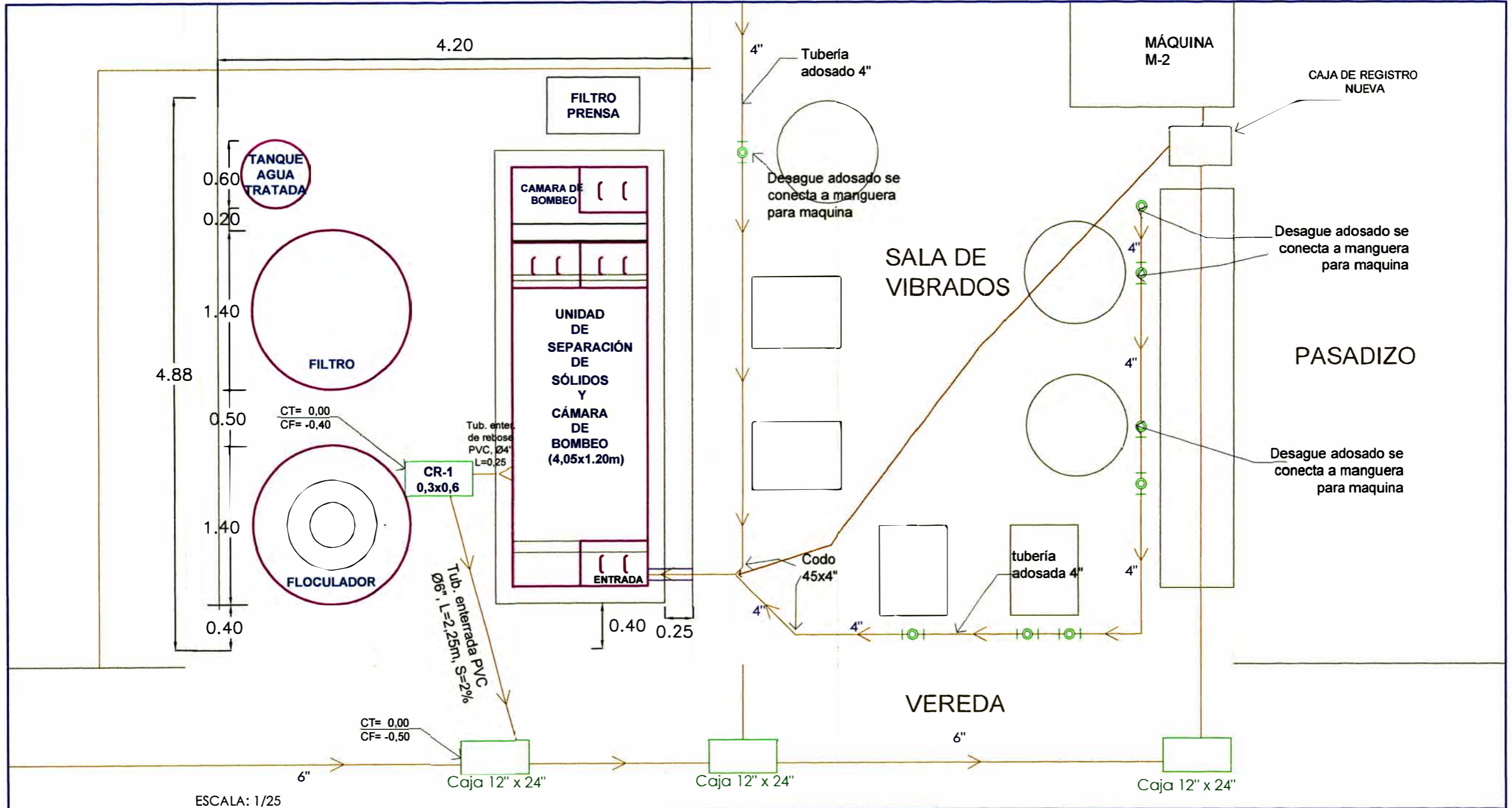
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
 INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
 TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
 Bach. GUERRA QUESADA , Maria Soledad

REVISADO:
 Ing. JUAN TURRIATE

FECHA
 ABRIL 2010

PLANO Nº 6



UBICACION DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA
 INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
 TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE EFLUENTES EN LA ACTIVIDAD DE JOYERIA

ELABORADO:
 Bach. GUERRA QUESADA , Maria Soledad

REVISADO:
 Ing. JUAN TURRIATE

FECHA
 ABRIL 2010

PLANO Nº 5

DIAGRAMA Nº 1: PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SECCION VIBRADO

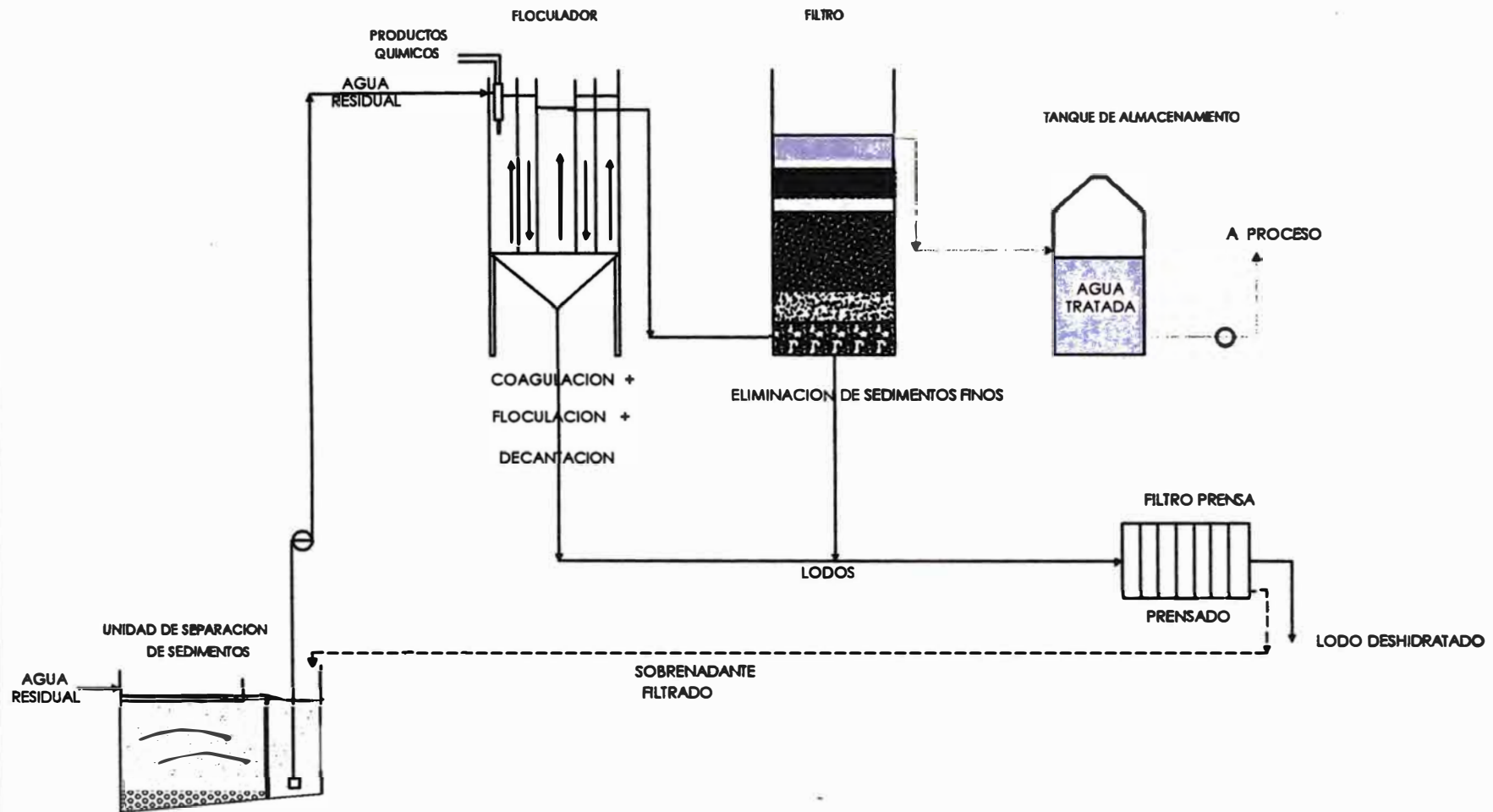
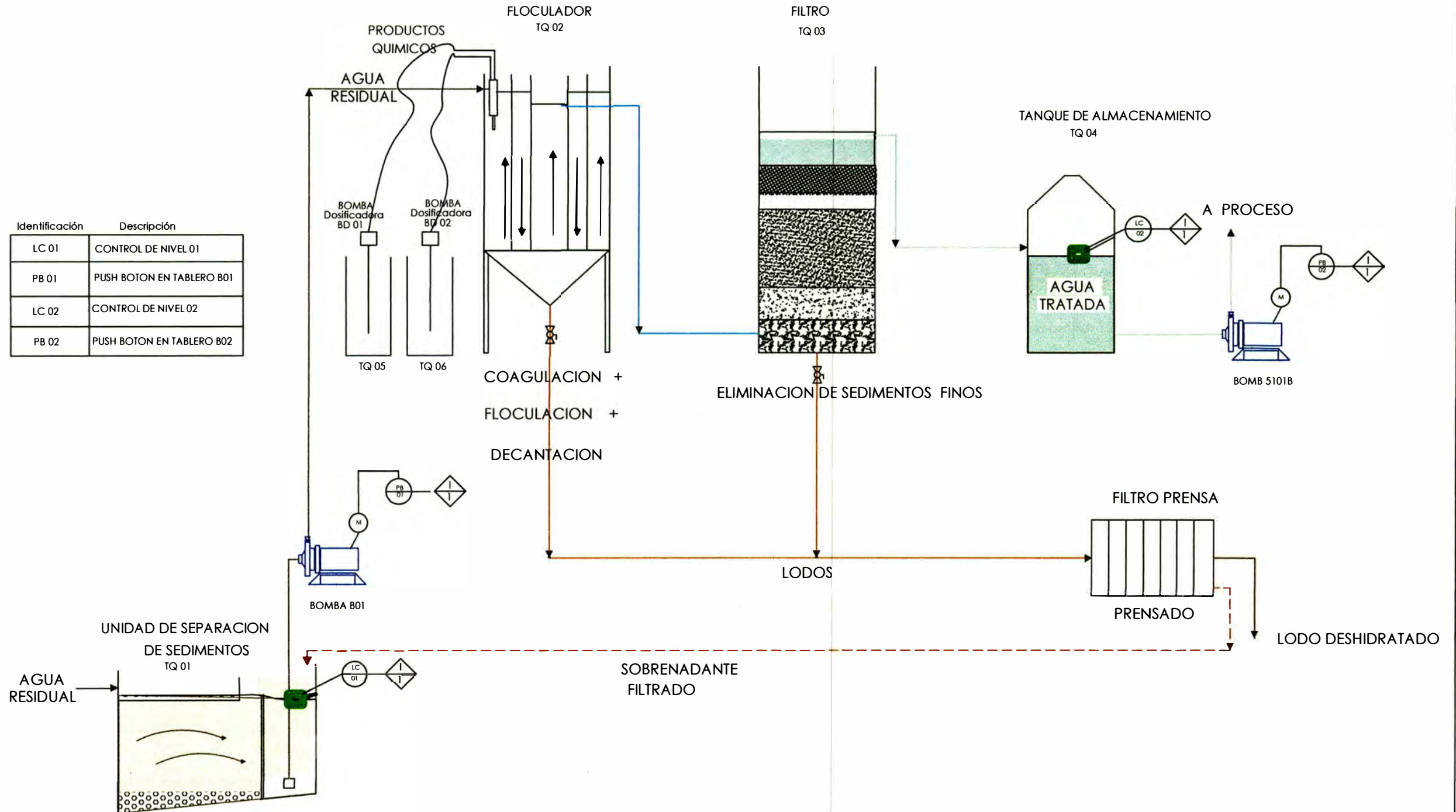


DIAGRAMA N° 2: PROCESOS PTAR - SISTEMA DE CONTROL

Identificación	Descripción
LC 01	CONTROL DE NIVEL 01
PB 01	PUSH BOTON EN TABLERO B01
LC 02	CONTROL DE NIVEL 02
PB 02	PUSH BOTON EN TABLERO B02



APÉNDICE N° 4

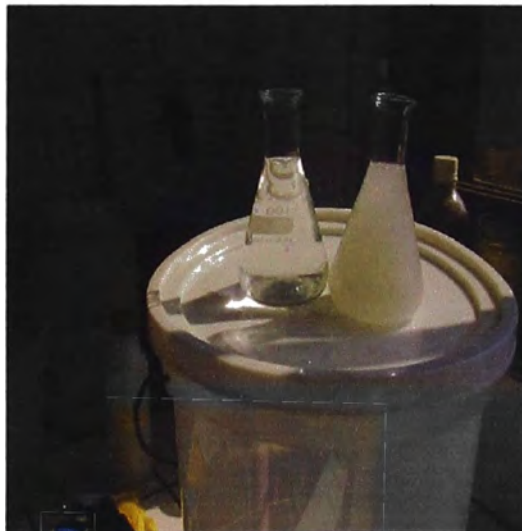
Fotografías.

- 4.1 Calidad del agua residual.
- 4.2 Buzones y colectores situación inicial
- 4.3 Áreas de trabajo
- 4.4 Unidad de pre tratamiento.
- 4.5 Unidades de Tratamiento.

Nº 4.1 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL



Medición del nivel de Sólidos Sedimentables en el cono Imhoff.



Comparación del nivel de turbiedad del agua residual industrial frente a un agua con un nivel de 2 NTU.

Nº 4.2 BUZONES Y COLECTORES –SITUACION INICIAL



Buzón de descarga directa, de máquinas vibradoras, línea 2

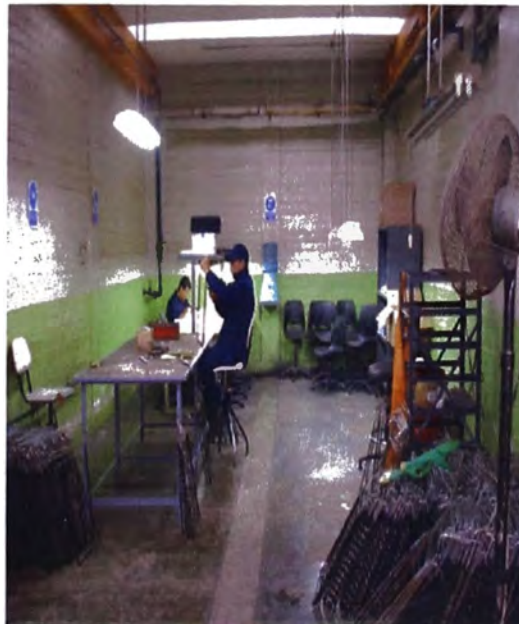


Buzón Nº2: Línea de vibrado Nº1.

Nº 4.3 AREAS DE TRABAJO



Sección de Vibrado –Línea 1



Área destinada para ubicación de la Planta de tratamiento de agua residual Industrial.

Nº 4.4 UNIDAD DE PRETRATAMIENTO: UNIDAD DE RETENCION DE SEDIMENTOS Y FLOTANTES



Registro de ingreso a la poza de retención de sedimentos y flotantes.



Detalle del Eliminación de flotantes.



Cámara de bombeo: líneas hacia planta de tratamiento.

Nº 4.5 UNIDADES DE TRATAMIENTO



Detalle de bombas dosificadoras y zona inferior del floculador.



Unidad de bombeo del agua tratada: Retorno a la sección vibrado.



**Planta de tratamiento:
Floculador, filtro y tanque de
agua tratada.**



**Unidad de prensado de lodos:
Filtro prensa.**

APENDICE N° 5

Costos y Manuales.

5.1 Costos directos.

- Estructura de costos , partidas 01,02 y03

5.2 Manuales

- Manual de operación.
- Manual de mantenimiento.

1.1 DETALLE DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN- COSTOS DIRECTOS

ITEM 01 : OBRAS CIVILES-POZA DE SEPARACION DE SOLIDOS Y FLOTANTES				ENERO-2010	
PARTIDA	DESCRIPCION	METRADO	UND.	P.UNIT. (\$)	Total (S/.)
01,00,00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01,01,00	Ruptura de pisos y excavación manual de zanjas	11,81	M3	30,00	354,38
01,02,00	Acarreo y eliminación del material excedente	15,36	M3	16,00	245,76
02,00,00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02,01,00	Loza maciza inferior				
02,01,01	Concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$, en losa	0,71	M3	226,18	160,59
02,01,02	Acero grado 60 en losa	63,15	Kg.	3,50	221,03
02,02,00	Muros				
02,02,01	Concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$, en muros	2,74	M3	430,00	1178,20
02,02,02	Encofrado y desencofrado normal en muros	5,04	M2	37,00	186,48
02,02,03	Acero grado 60 en losa	203,22	Kg.	3,50	711,27
02,03,00	Loza maciza superior				
02,03,01	Concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$, en losa	0,44	M3	282,00	123,94
02,03,02	Encofrado y desencofrado	2,93	M2	41,00	120,13
02,03,03	Acero grado 60 en losa	27,84	Kg.	3,50	97,44
03,00,00	REVOQUES Y MOLDURAS				
03,01,00	Tarrajeo interior con impermeabilizantes	22,79	M2	14,50	330,46
04,00,00	VARIOS				
04,01,00	Accesorios, rejillas, estructura metálica y demás.	1,00	gbl.	1797,62	1 797,62
	TOTAL				5 527,28

PLANILLA DE METRADOS - UNIDAD DE SEDIMENTACION

PROYECTO POZA DE SEPARACION DE SOLIDOS Y FLOTANTES
 UBICACIÓN LIMA

May-10

PARTIDA	DESCRIPCION	METRADO						
		Unidad	vece	longitud	ancho	Altura	Parcial	Total
00.00.00	UNIDAD DE SEDIMENTACION							
01.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.01.00	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS	m3						11.81
			1.00	3.15	1.50	2.50	11.81	
01.02.00	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDE	m3						15.36
	PARTIDA - EXCAVACION		F. Espor	M2	H	M3		
			1.30			11.81	15.36	
02.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
02.01.00	LOSA MACIZA INFERIOR							
02.01.01	CONCRETO Fc=210 Kg/cm2 EN LOSA	m3						0.71
			1.00	3.15	1.50	0.15	0.71	
02.01.02	ACERO GRADO 60 EN LOSA	kg						63.15
			N° veces	N° elem	Longitud	Kg/ml		
	Refuerzo 3.8° LONGITUDINAL		2.00	7.00	3.60	0.56	28.22	
	(DOBLE MALLA) TRANSVERSAL		2.00	15.00	1.90	0.56	31.92	
	% TRASLAPE			60.14	KG	5.00%	3.01	
03.00.00	MUROS							
03.01.00	CONCRETO Fc=210Kg/cm2 EN MUROS	m3						2.74
	MURO LARGO		2.00	3.15	0.15	2.10	1.98	
	MURO CORTO		2.00	1.20	0.15	2.10	0.76	
03.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN M	m2						5.04
	MURO LARGO		2.00	2.85		2.10	11.97	
	MURO CORTO		2.00	1.20		2.10	5.04	
03.03.00	ACERO GRADO 60 EN MUROS	kg						203.22
			N° veces	N° elem	Longitud	Kg/ml		
	Refuerzo 3.8° MURO LARGO LONGITUDINAL		4.00	15.00	2.80	0.56	94.08	
	(DOBLE MALLA) TRANSVERSAL		4.00	12.00	3.70	0.56	99.46	
	% TRASLAPE			193.54	KG	5.00%	9.68	
04.00.00	LOSA MACIZA SUPERIOR							
04.01.00	CONCRETO Fc=210 Kg/cm2 EN LOSA	m3			AREA			0.44
			1.00		2.93	0.15	0.44	
04.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN M	m2			AREA			2.93
					2.93		2.93	
04.03.00	ACERO GRADO 60 EN LOSAS	kg						27.84
			N° veces	N° elem	Longitud	Kg/ml		
	PAÑO 1 (-) 1/2"		1.00	4.00	3.45	0.99	13.66	
	(DOBLE MALLA) (-) 3/8"		1.00	4.00	3.45	0.56	7.73	
	PAÑO 2 (-) 1/2"		1.00	3.00	1.10	0.99	3.27	
	(DOBLE MALLA) (-) 3/8"		1.00	3.00	1.10	0.56	1.85	
	% TRASLAPE			26.51	KG	5.00%	1.33	
05.00.00	REVOQUES Y MOLDURAS							
05.01.00	TARRAJEO INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE	m2			AREA			22.79
	PISO		1.00		2.85		2.85	
	MURO LARGO		2.00	2.85		2.10	11.97	
	MURO CORTO		2.00	1.20		2.10	5.04	
	CIELO RASO		1.00		2.93		2.93	
06.00.00	VARIOS							
06.01.00	ACCESORIOS Y DEMAS	gbl			1.00			1.00

1.1 DETALLE DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN- COSTOS DIRECTOS

ITEM 03: EQUIPOS Y MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID	PU US\$	TOTAL US\$
	EQUIPOS				
3,01	Floculador	01	Und.	GLB	
3,02	Filtro	01	Und.	GLB	
3,03	Tanque de agua tratada	01	Und.	GLB	
3,04	Bombas dosificadoras	02	Und.	GLB	
3,05	Bombas centrifugas	02	Unid.	GLB	
3,06	Tanques de sol. Químicas	02	Unid.	GLB	
				TOTAL	9480,00
	MATERIALES				
3,07	Modulo de sedimentación	02	Unid.	600,00	600,00
3,08	Estructura de soporte en Fe-Floculador	01	Unid.	150,00	150,00
3,09	Material filtrante antracita	610	l.	1,20	732,00
3,10	Material Filtrante (grava y arena)	1150	Kg.	0,36	414,00
3,11	Distribuidor inferior PVC-filtro		Unid.	100,00	100,00
3,12	Tuberías-toberas		Unid	75,00	75,00
				TOTAL US\$	2071,00

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

De acuerdo al diagrama en 3D de ubicación de las unidades de tratamiento mostrado en el apéndice N° 3 y para el flujo trabajo establecido de:

FLUJO DE TRABAJO = 2,16 M3 de agua residual x hora.

A) Preparación de los químicos

En nuestro caso los dos reactivos se reciben en la planta en forma líquida, siendo ambos de muy fácil disolución.

Las características y hojas de seguridad y manejo ambiental de los químicos utilizados en las pruebas y en la operación de la planta se muestran en la sección de apéndices, al final del documento.

a) Tanque 1- policloruro

Preparar una solución al 10%, en volumen es decir se deberá medir 10 litros del producto y diluirlo hasta los 70 litros con agua de la red. Este volumen corresponde al nivel máximo del tanque, agitar con una varilla de PVC la solución.

La solución de policloruro trabajara con la bomba dosificadora BD-1, que tiene una capacidad para 48GPD y está regulada en un nivel del 80% (1,9GPH) y que corresponde para que la bomba entregue una dosis de 250 ppm de la solución para el flujo fijado de ingreso y que corresponde a $2,2\text{m}^3 / \text{hora}$

b) Tanque 2-Polimero

Preparar una solución al 2%, en volumen es decir medir 2 litros del polímero catiónico C-581 y diluirlo con 100 litros de agua de la red (hasta la marca) luego agitar la solución valiéndose de una varilla de PVC.

Este tanque trabaja con la bomba dosificadora BD-2 que tienen una capacidad de 30 GPD. Esta quedó fijada en 80% (1,2GPH) y nivel que corresponde a una dosificación de 25 ppm de la solución a la línea de ingreso de agua para un flujo de 2,2m³/h

B) Funcionamiento

Los vertidos provenientes de las líneas de vibrado se descargan al sedimentador en forma independiente y a través de las dos líneas N° 1 y N° 2.

Estas líneas ingresan a la poza de sedimentación y continúan su recorrido para finalmente con una reducción parcial en sólidos sedimentables y flotantes se descargue a la cámara de bombeo; desde aquí la bomba B01 succionará el agua descargando una fracción de este flujo al tanque Floculador, otra parte retorna a la cámara para poder regular el flujo de trabajo. El nivel de apertura de las válvulas N° 1 y N° 2 ha sido regulado para mantener el flujo de 2,16 m³/h.

La planta tiene un funcionamiento automático o manual (tablero eléctrico), durante el **funcionamiento** de la planta en donde el agua de la B01 pasa al floculador, filtro, tanque de agua tratada y luego es impulsada con la B02 al punto de uso, las válvulas deberán mantenerse en la siguiente posición:

ABIERTAS Válvulas N°1, 2, 9, 14, 16 y 17

CERRADAS LAS RESTANTES

La válvula N° 3 es un toma muestra que permite evaluar el comportamiento de los químicos con el agua, al retirar una muestra de este punto (descarga del cono mezcla) se deberá visualizar la formación de los flóculos – agua cortada- y al darle un ligero movimiento debe decantarse los sólidos observándose un agua clarificada, caso contrario deberá evaluarse los parámetros que influyen en dicho desequilibrio como son: dosis de los

químicos, ingreso de los mismos, flujo de ingreso a la planta y calidad de esta en cuanto a la salinidad (TDS).

Las unidades presentan tomas muestras para poder monitorear la calidad del agua en las diferentes etapas del tratamiento así se tienen en el

Floculador:

- Nº 4 Control de Agua clarificada del cono central
- Nº 5 Control Agua del segundo cono, para visualizar la formación de los lodos.
- Nº 6 Control de Lodos formados en el fondo del primer anillo

Filtro:

- Nº 10 Toma muestra del agua filtrada- control de calidad
- Nº 12 Lodos formados del Floculador y filtro

C) Controles

- ✓ En la poza de sedimentación deberán realizar controles de dureza total, turbidez, pH y TDS
- ✓ En la cámara de coagulación (V- 3), control de formación de flocks
- ✓ En la cámara de salida del Floculador , controles de pH, TDS y turbidez
- ✓ A la salida del filtro , controles de pH, dureza total, TDS y turbidez
- ✓ Al agua fuente de dilución controles de TDS y pH
- ✓ Al agua de limpieza química de vibrado , controles de TDS, pH y turbidez

D) Retrolavado del filtro

El filtro como dispone de un material filtrante que con el tiempo se irá colmatando con los sedimentos retenidos en su lecho va a requerir realizarle un retrolavado para poder desplazar dichos sedimentos, haciendo ingresar agua de la red en el sentido opuesto al de operación (ascendente), para ello

deberán fijar las líneas respectivas de ingreso al filtro por la parte baja y salida del agua hacia el desagüe.

LA PLANTA DEBERÁ ESTAR FUERA DE SERVICIO PARA REALIZAR ESTA OPERACIÓN DE RETROLAVADO

Posición de las válvulas:

ABIERTAS las válvulas N° 10 y N° 12

CERRADAS LAS RESTANTES

E) Manejo de lodos

La planta cuenta con una bomba neumática y un filtro prensa para succión y prensado de los lodos formados

El desplazamiento de los lodos deberán realizarlo con la planta parada y para ello deberán posesionar las válvulas según:

ABIERTAS las válvulas N° 6, 8, 13, 18 y 19, 20 y 21 y N° 22

CERRADAS LAS RESTANTES

Para el prensado de los lodos deberá fijarse las líneas hacia la bomba neumática y la otra línea de agua filtrada del filtro prensa hacia la poza de sedimentación

MANUAL DE MANTENIMIENTO

A) Sedimentador

a) Mantenimiento periódico

- ❖ La válvula de pie ó check ubicada en la cámara de bombeo deberá ser retirada en forma semanal para la limpieza inicialmente con agua común para retirar los lodos ó sedimentos adheridos y eventualmente puede ser sumergida en una solución de ácido para eliminar los depósitos carbonatados producto del agua y los químicos.

- ❖ El mantenimiento a la poza se recomienda realizarle con una frecuencia de cada siete días y de acuerdo al control de nivel de sólidos. Esta actividad tendrá como finalidad retirar los sólidos sedimentados y los sedimentos adheridos a las paredes y para ello se deberán seguir el siguiente procedimiento una vez concluida la jornada de trabajo:
 - Retirar todas las tapas de concreto de la Poza.
 - Retirar el agua de la Poza de Recolección con la ayuda de un balde o una bomba sumergible
 - Una vez retirada el agua sobrante, la unidad quedará con sedimento en el fondo, dichos lodos serán retirados con la ayuda de la bomba neumática; teniendo cuidado de no dañar el concreto de la unidad. Los lodos ingresaran al filtro prensa, para luego una vez deshidratados empacarlos en bolsas plásticas para su disposición final, el líquido extraído se retornará a la cámara de sedimentación.
 - Una vez limpia la Poza de Sedimentación, se procederá a tajarla cuidadosamente.

B) Floculador

a) Mantenimiento Continuo

- Contempla la evacuación de los lodos, cuya frecuencia deberá ajustarse de acuerdo a las horas de operación de la planta y calidad del agua –volumen de lodos- estimamos por los niveles calculados experimentalmente de lodos generados que esta operación deberá realizarse cada 07 días.
- Verificar diariamente los niveles de las soluciones químicas
- Verificar la correcta fijación de las mangueras de las bombas dosificadoras.

b) Mantenimiento Periódico

- Limpieza total interna cada seis meses evacuando toda el agua contenida, la limpieza deberá incluir al cono mezcla.
- Limpieza de las bombas dosificadoras cada mes, para ello deberán disponer de un balde de capacidad 20 litros: Llenar esta balde con agua de la red y succionar esta agua con la bomba descargando el fluido hacia el desagüe a fin de que la check, componentes internos de la bomba y mangueras se limpien.
- Los tanques de preparación de las soluciones químicas deberán limpiarse internamente cada vez que se limpien las bombas dosificadoras.

C) Filtro

a) Mantenimiento Continuo

- Establecer operaciones de retrolavado según lo detallado en el punto 4.3.4.2.B, en forma semanal.

b) Mantenimiento Periódico

- Con una frecuencia anual un mantenimiento global interno.
- Sanitización de la unidad mediante una clorinación a un nivel de 100 ppm cada dos meses.