

PREDISEÑO CONCEPTUAL, TECNICO, INSTRUMENTAL, METODOLOGICO Y
ECONOMICO PARA LA REESTRUCTURACION DEL LABORATORIO DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES –PTAR– RIO FRIO

JUAN CARLOS CORTES ESPARZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2011

PREDISEÑO CONCEPTUAL, TECNICO, INSTRUMENTAL, METODOLOGICO Y
ECONOMICO PARA LA REESTRUCTURACION DEL LABORATORIO DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES –PTAR– RIO FRIO

JUAN CARLOS CORTES ESPARZA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Químico

DIRECTOR:

José Andrés Pérez Mendoza

Ingeniero Químico

SUPERVISOR:

Carlos Julio Aparicio Gómez

Profesional Universitario EMPAS S.A. E.S.P.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2011

AGRADECIMIENTOS

El triunfo de llegar a ser ingeniero químico no se logra sin el apoyo de mucha gente, gracias a mis padres y a mi familia que siempre han estado brindándome la mano en todo lo que he necesitado; gracias a mis amigos por acompañarme estos buenos años durante el proceso de aprendizaje; gracias a la Universidad Industrial de Santander y a mis profesores por compartir parte de su conocimiento, especialmente al profesor José Andrés Pérez Mendoza por su colaboración en el desarrollo de este proyecto de grado.

Un representativo agradecimiento a EMPAS S.A. E.S.P, a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR Rio Frio, al Profesional universitario Carlos Julio Aparicio Gómez y a todo el cuerpo humano que conforma la empresa, por confiar en mí y ofrecer todo el apoyo necesario durante estos últimos meses.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	13
1. MARCO TEORICO	14
1.1. Proceso.....	14
1.1.1. Tratamiento Preliminar	14
1.1.2. Tratamiento Primario.....	15
1.1.3. Tratamiento Secundario	15
1.1.4. Manejo de subproductos.....	15
1.2. Proyecto de Modernización de la PTAR Rio Frio.....	16
1.3. Muestras tomadas para análisis	16
1.3.1. Puntos de Muestreo	17
1.3.2. Recolección y preservación de muestras.....	17
1.4. Análisis realizados en el laboratorio de la PTAR Rio Frio.....	18
1.4.1. Frecuencia con que se realizan los análisis	18
1.5. Métodos usados actualmente	19
1.5.1. Tren líquido	19
1.5.2. Tren sólido	21
2. METODOLOGIA	22
2.1. Inventarios	22
2.2. Métodos alternos	22
2.2.1. Búsqueda de métodos alternos para análisis que se realizan en el laboratorio de la PTAR Río Frio	22
2.2.2. Investigación de métodos alternos para análisis que no se realizan el laboratorio de la PTAR Río Frio	23
2.3. Cotizaciones	23

2.4. Métodos propuestos para ser implementar.....	23
2.5. Costos.....	24
2.5.1. Costos de operación actuales	24
2.5.2. Costos de dotación y estimados de operación según métodos a implementar.....	24
3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	25
3.1. Inventarios	25
3.2. Métodos alternos	25
3.2.1. Métodos alternos encontrados para análisis que se realizan en el laboratorio de la PTAR Río Frio	25
3.2.2. Métodos disponibles encontrados para análisis que no se realizan en el laboratorio de la PTAR Río	29
3.3. Cotizaciones	31
3.4. Métodos que se proponen para ser implementados	32
3.5. Costos.....	33
3.5.1. Costos actuales por operación del laboratorio de la PTAR Río Frío ..	33
3.5.2. Costos de dotación y estimados de operación según métodos a implementar.....	36
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFIA	41
ANEXOS.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del proceso de Tratamiento.	14
Figura 2. Plano de monitoreo tratamiento primario.	17
Figura 3. Fotografía toma de muestra de agua en zona de tratamiento primario.	18

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de operación y diseño.....	14
Tabla 2. Periodicidad con que se realizan los análisis en el laboratorio.....	18
Tabla 3. Cantidad anual y precio de reactivos comprados el último año.....	24
Tabla 4. Análisis de aguas residuales realizados en laboratorios externos.....	32
Tabla 5. Análisis de aguas residuales a implementar en el laboratorio de la PTAR Río Frío.....	33
Tabla 6. Resultado de cálculo por costos de análisis unitario y unitario anual	34
Tabla 7. Costos unitarios y unitarios anuales por laboratorios externos.....	35
Tabla 8. Proyección de costos para métodos a implementar en el laboratorio de la PTAR Río Frío	37
Tabla 9. Costos por laboratorio externo	38

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MATERIAL INSTRUMENTAL Y EQUIPOS USADOS PARA ANÁLISIS DE TREN LÍQUIDO	42
ANEXO B. MATERIAL INSTRUMENTAL Y EQUIPOS USADOS PARA ANÁLISIS DE TREN SOLIDO.....	44
ANEXO C. INVENTARIO MATERIAL INSTRUMENTAL	45
ANEXO D. INVENTARIO EQUIPOS DE LABORATORIO.....	48
ANEXO E. INVENTARIO REACTIVOS DE LABORATORIO.....	50
ANEXO F. FORMATO DE COTIZACIÓN USADO	52
ANEXO G. PRECIOS UNITARIOS CALCULADOS Y ANÁLISIS ANUALES HECHOS PARA LA OPERACIÓN DE EL LABORATORIO DE LA PTAR RÍO FRÍO	54
ANEXO H. MATERIAL INSTRUMENTAL, EQUIPOS Y REACTIVOS REQUERIDOS PARA LOS MÉTODOS ALTERNOS REALIZADOS EN LA PLANTA.....	60
ANEXO I. MATERIAL INSTRUMENTAL, EQUIPOS Y REACTIVOS REQUERIDOS PARA LOS MÉTODOS ALTERNOS REALIZADOS EN LA PLANTA.....	65
ANEXO J. COTIZACIONES RECIBIDAS	69
ANEXO K. COTIZACIONES CON PRECIOS MÁS ECONÓMICOS	78
ANEXO L. COSTOS POR DOTACIÓN Y OPERACIÓN PARA LAS ALTERNATIVAS A IMPLEMENTAR.....	81

RESUMEN

TITULO: PREDISEÑO CONCEPTUAL, TECNICO, INSTRUMENTAL, METODOLOGICO Y ECONOMICO PARA LA REESTRUCTURACION DEL LABORATORIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR– RIO FRIO*

AUTOR: Juan Carlos Cortes Esparza**

PALABRAS CLAVE: Prediseño, reestructuración, laboratorio, planta de tratamiento, reactor UASB.

DESCRIPCION: Con el fin de controlar eficazmente el proceso de tratamiento, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTAR– Río Frío cuenta con un laboratorio de análisis físico-químicos, en este realizan estudios sobre el tren líquido y el tren sólido (lodos). En este trabajo se presenta un primer esfuerzo para la reestructuración y acreditación del laboratorio, desarrollando un prediseño que ayude en dicho proceso.

En el diagnostico del laboratorio se encuentra lo que tiene que ver con inventarios, tipos de análisis y costos de operación actuales. Para calcular estos costos se tuvieron en cuenta múltiples variables tales como mantenimiento de equipos, reposición de materiales, servicios industriales, mano de obra, entre otros.

Posteriormente, se realizó una búsqueda de métodos alternos para los análisis que se realizan en el laboratorio, además de los que se tiene pensado implementar, y para ellos se consulto el Estándar Métodos para Aguas residuales como bibliografía principal. Una vez identificados los métodos se solicitaron las cotizaciones de reactivos e instrumentación necesaria para la implementación de dichos análisis.

Paso seguido, se seleccionaron los métodos a implementar como soporte analítico para el laboratorio de la PTAR Río Frío, teniendo en cuenta la fácil adquisición de instrumentación y reactivos, la peligrosidad de estos últimos, la confianza y precisión del método y los métodos utilizados por los laboratorios regionales que han prestado a la PTAR los servicios de análisis de aguas residuales, por efectos de futuras necesidades de intercalibración mediante la modalidad de comparación para verificación de la calidad de los análisis.

Finalmente, se realizó un estimado de costos para la dotación requerida y operación del laboratorio, obteniéndose resultados positivos en cuanto a precios de operación anual para la implementación.

*Practica empresarial.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director José Andrés Pérez Mendoza. Supervisor Carlos Julio Aparicio Gómez.

ABSTRACT

TITLE: CONCEPTUAL, TECHNICAL, INSTRUMENTAL, METHODOLOGICAL AND ECONOMIC PRE-DESIGN FOR THE RESTRUCTURING OF THE LABORATORY OF THE WASTE WATER TREATMENT PLANT –WWTP– RIO FRIO*

AUTHOR: Juan Carlos Cortes Esparza**

KEYWORDS: Pre-design, restructuring, laboratory, treatment plant, UASB reactor.

DESCRIPTION: In order to make an effectively control in the treatment process, the Wastewater Treatment Plant –WWTP– Rio Frio has a physic-chemical laboratory where studies on the liquid and solid train (sludge) are made out. This paper presents a first effort to restructure and laboratory accreditation, developing a preliminary design to assist in this process.

The first laboratory diagnosis is all about inventories, types of analysis and current operating costs. To calculate these costs were taken into account multiple variables such as equipment maintenance, replacement of materials, industrial services, labor, among others.

Subsequently, a search was made of alternative methods for the analysis performed in the laboratory, in addition to plans to implement, and they were consulted the Standard Methods for Wastewater as primary bibliography. Once identified the methods, the quotations reagents and instrumentation needed for the implementation of such analysis were conducted.

Later, methods were selected to implement and analytical support to the laboratory taking into account the easy acquisition of instrumentation and reagents, the danger of these last, accuracy and precision of the method and the methods used by laboratories that have provided services to the wastewater plant, for purposes of future intercalibrations needs by comparison method for verifying the quality of the analysis.

Finally, we conducted a cost estimate for the required staffing and operation of the laboratory, positive results in terms of annual operating prices for implementation.

*Enterprise Practice

**Faculty of Physicochemical Engineering. Chemical Engineering School. Director José Andrés Pérez Mendoza. Supervisor Carlos Julio Aparicio Gómez.

INTRODUCCION

Desde 1991 la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Rio Frio se encarga de tratar mediante procesos biológicos el caudal sanitario generado por los municipios de Floridablanca y la zona sur de Bucaramanga. Para evaluar estos procesos y las eficiencias del sistema se requiere el acompañamiento de un laboratorio especializado donde se realicen análisis para caracterizar el tren líquido y sólido. Desde el año 2006 la planta de tratamiento viene desarrollando un proceso de modernización y optimización de su proceso, para lo cual se requiere igualmente reestructurar el laboratorio de control de calidad de acuerdo a las necesidades futuras de la PTAR. El objetivo principal de esta práctica empresarial es realizar un prediseño inicial metodológico donde se incluyan técnicas normalizadas y un costo para esta implementación en el laboratorio de la PTAR Río Frío.

El laboratorio de análisis físico-químicos y microbiológicos de la PTAR Rio Frio, cuenta con los elementos mínimos para realizar las caracterizaciones requeridas en la planta y por la legislación ambiental, sin embargo, durante esta práctica se efectuó una búsqueda de métodos alternos normalizados, se establecieron los equipos, instrumentos y reactivos necesarios, y se estimaron los costos para la implementación de un proceso interno de reestructuración del laboratorio que garantice estándares de calidad. De este trabajo se obtienen buenos resultados, en función de las necesidades de inversión y operación proyectadas versus el costo de operación actual y la contratación de servicios externos.

Este trabajo de grado se desarrolló en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTAR– Río Frío bajo el marco del convenio “práctica empresarial” UIS-EMPAS S.A. E.S.P.

1. MARCO TEORICO

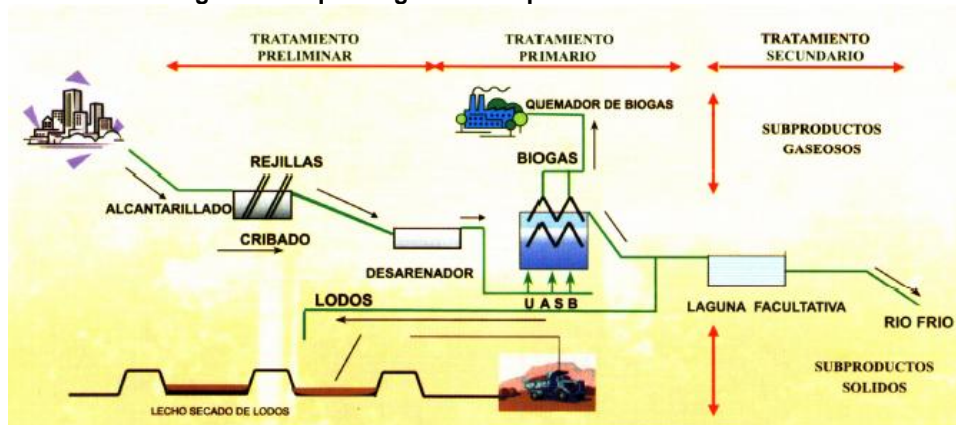
1.1. Proceso

El esquema de tratamiento lo compone el Tratamiento Preliminar, Primario y Secundario, este sistema permite la remoción de la carga orgánica en términos de DBO. Las características de operación y diseño de la PTAR se muestran en la Tabla 1 [1].

Tabla 1. Características de operación y diseño.

PARAMETRO	UNIDADES	VALORES
Caudal de Diseño	m ³ /s	0,72
Población beneficiada	Habitantes	320 000
Caudal tratado promedio	m ³ /día	42 000
Producción de Lodo deshidratado al 90%	m ³ /mes	150
Producción de Biogás	m ³ /día	7 400

Figura 1. Esquema general del proceso de Tratamiento.



1.1.1. Tratamiento Preliminar

El objetivo de este primer tratamiento es eliminar elementos sólidos y partículas gruesas capaces de entorpecer o deteriorar equipos o unidades posteriores del tratamiento. Consta de Cribado Grueso, Cribado Fino y Desarenado. El tratamiento consiste en hacer pasar agua residual a través de las rejillas de aberturas de 5 cm (Cribado Grueso), 6 mm y 3 mm (Cribado Fino), para retener todo tipo de sólidos. Una vez retirado el material, éste se comprime y deshidrata en un tornillo sinfín, se empaca técnicamente y se dispone finalmente en relleno

sanitario municipal “El Carrasco”. Finalmente en los desarenadores se hace la decantación de las arenas presentes en el agua residual [2, 3].

1.1.2. Tratamiento Primario

Aquí se encuentra el corazón del proceso, los reactores de tipo biológico anaerobio, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). El objetivo del tratamiento primario es remover la carga contaminante a través de la degradación de la materia orgánica mediante procesos biológicos en ausencia de oxígeno, por la acción enzimática de las bacterias. Como subproductos del proceso se obtiene la generación de biogás y un exceso de lodos. Las bacterias presentes en el reactor crecen y se agrupan formando flocs que se depositan en la parte inferior del tanque, periódicamente el lodo en exceso es purgado y dispuesto en lechos de secado. Aquí se logra un porcentaje de remoción cercano al 70%. Actualmente se cuenta con 4 reactores con un volumen aproximado de 3300 m³ y un tiempo de retención de 6 horas [2].

1.1.3. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario tiene como función aumentar la remoción de carga conseguida en los reactores UASB. Con el fin de lograr este objetivo el agua efluente de los reactores es conducida hacia la Laguna Facultativa donde se complementa la degradación de la materia orgánica con la ayuda de microorganismos adaptados al medio aerobio en la superficie y anaerobio en el fondo de los estanques. Al final del proceso, el agua tratada es entregada al Río Frío con una remoción de carga orgánica contaminante superior al 80%, límite establecido por la legislación ambiental (Decreto 1594 de 1984). Actualmente la PTAR cuenta con una Laguna Facultativa de superficie de 2.7 hectáreas y tiempo de retención hidráulico de 30 horas [2].

1.1.4. Manejo de subproductos

En el proceso de tratamiento se obtienen subproductos sólidos y gaseosos, los subproductos sólidos son los lodos de purga y desechos retirados y deshidratados

en el cribado. Estos últimos, como se mencionó anteriormente son dispuestos en el relleno sanitario, mientras los lodos son deshidratados en lechos de secado y posteriormente utilizados como sustrato en un proceso de compostaje para la obtención de biosólidos. En cuanto a los subproductos gaseosos; el biogás generado en los reactores UASB compuesto principalmente por metano (CH_4) es quemado en chimeneas o quemadores de piso, mientras que el Acido Sulfhídrico (H_2S) principal generador de olores molestos es tratado en un sistema de biofiltración para mitigar olores [2].

1.2. Proyecto de Modernización de la PTAR Rio Frio

Desde principios de 2006 se inició la Ampliación y Modernización de la PTAR Rio Frio dentro del marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este proyecto de modernización se lleva a cabo por etapas de acuerdo al caudal sanitario a tratar. Al finalizar la ampliación se pretende aumentar la capacidad de tratamiento de $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ a un máximo de $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ atendiendo los requerimientos de crecimiento poblacional. El proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Optimizar y ampliar el sistema preliminar con un desarenador adicional.
- Mejorar el sello hermético e implementar uno hidráulico en los reactores UASB para la captación de biogás y su futura utilización en la generación de energía.
- Reducir las emisiones de gases efecto invernadero procedentes de los reactores y lagunas facultativas.
- Reemplazar las Lagunas Facultativas por un sistema de tratamiento aerobio/anóxico.
- Minimizar el impacto generado por los olores agresivos.
- Optimizar el tratamiento de subproductos sólidos generando un abono orgánico de mejor calidad.

1.3. Muestras tomadas para análisis

Para ejecutar control operacional y evaluar las eficiencias del sistema de tratamiento, se realizan muestreos y análisis de laboratorio para la determinación

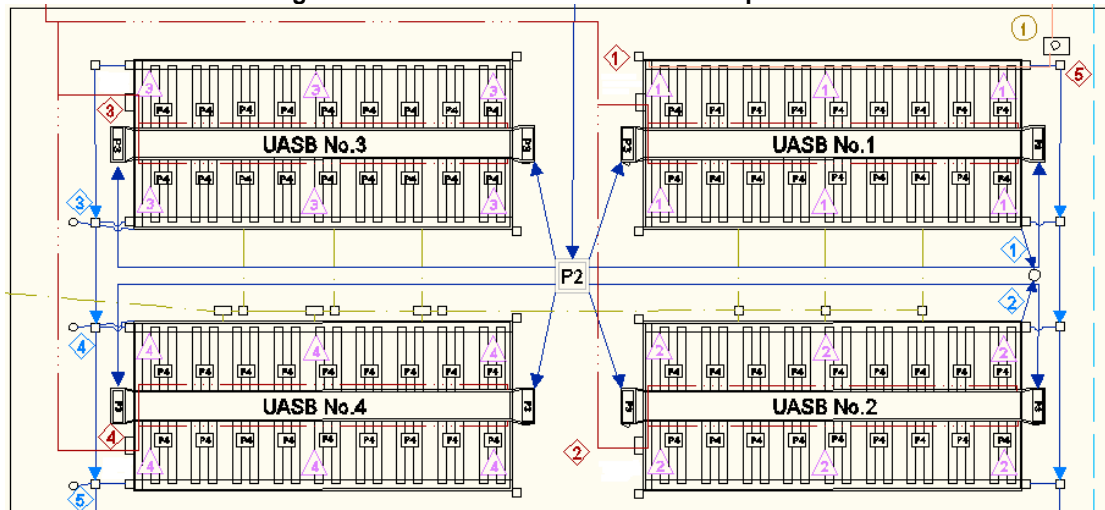
de parámetros fisicoquímicos en el tren líquido (agua residual) y tren sólido (lodos). También, se realiza monitoreo de gases en los reactores UASB, control de parámetros en el sistema de biofiltración, muestreo y análisis de biosólidos.

1.3.1. Puntos de Muestreo

Para el tren líquido se tienen en cuenta siete puntos de muestreo: Cribado, UASB 1, UASB 2, UASB 3, UASB 4 NORTE, UASB 4 SUR y Venturi Final. Por otro lado el muestreo de lodos solo se hace a los reactores, por lo que solo se tienen cinco puntos de toma de muestras.

En la Ilustración 2 se presentan las zonas de monitoreo para el tratamiento primario. Los números de color celeste representan los puntos de muestreo de agua, los de color rojo representan el monitoreo de gases y los de color rosado son los puntos de muestreo de lodos en los reactores. El numero "1" de color café claro corresponde al seguimiento que se le realiza al proceso de biofiltración.

Figura 2. Plano de monitoreo tratamiento primario.



1.3.2. Recolección y preservación de muestras

Para su respectivo análisis en el laboratorio se tiene en cuenta no alterar la muestra por contaminación, para ello antes de llenar el recipiente de muestreo, éste se purga una o dos veces con la muestra a recolectar.

En el laboratorio se manejan muestras de tipo integradas, las cuales consisten en el análisis de muestras instantáneas tomadas en diferentes puntos

simultáneamente o tan cerca como sea posible. La integración se hace de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra. Este tipo de muestreo es manual, lo realiza el operador de turno (ver Ilustración 3) y no requiere de un equipo especializado. Los envases de almacenamiento son de plástico y pueden almacenar alrededor de tres litros por punto de muestreo.

Figura 3. Fotografía toma de muestra de agua en zona de tratamiento primario.



1.4. Análisis realizados en el laboratorio de la PTAR Rio Frio

Los análisis que se realizan en el laboratorio se dividen en dos grupos:

- Tren liquido: Demanda Química de Oxígeno (DQO) total y filtrada, Sólidos Sedimentables (SS), Sólidos Suspendedos Totales y volátiles (SST y SSV), Ácidos Grasos Volátiles (AGV's), Alcalinidad, Turbiedad, Sulfuros, Tensoactivos y Grasas y Aceites (GyA).
- Tren solido: Sólidos Totales (ST) y Sólidos Totales Volátiles (STV), Sólidos Sedimentados, Velocidad de Sedimentación y Actividad Metanogénica.

1.4.1. Frecuencia con que se realizan los análisis

En la Tabla 2 se presenta la periodicidad con que se realizan los análisis en el laboratorio de la PTAR Rio Frio.

Tabla 2. Periodicidad con que se realizan los análisis en el laboratorio.

ANÁLISIS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
TREN LÍQUIDO					
DQO Total y Filtrada	X			X	
Sólidos Sedimentables	X				
Sólidos Suspendedos Totales y Volátiles	X				
AGV's	X			X	
Alcalinidad	X			X	

Turbiedad	x				
Sulfuros					x
Tensoactivos ⁽¹⁾				x	
Grasas y Aceites ⁽²⁾				x	
TREN SÓLIDO					
ST y STV		x			
Sólidos Sedimentados		x			
Velocidad de Sedimentación		x			
Actividad Metanogénica ⁽³⁾	x				

⁽¹⁾ se realiza el último día de cada mes; ⁽²⁾ se realiza cada vez que hay descargas industriales de las empresas conectadas al sistema de alcantarillado

1.5. Métodos usados actualmente

A continuación se hace una breve descripción de los métodos usados actualmente en el laboratorio donde se relacionan con un método estándar o análogo a él, equipos necesarios, reactivos y lista de los materiales instrumentales utilizados. Se tienen dos grupos, tren líquido y tren sólido. Los materiales instrumentales (vidriería) y equipos necesarios para el método los podemos encontrar en los Anexos A (para tren líquido) y B (para tren sólido) [3].

1.5.1. Tren líquido

Alcalinidad: Se usa el método de titulación potenciométrica (US Standard Methods 2320 B Ed. 17/1989); se determina titulando con Acido Clorhídrico (HCl) de concentración 0,1 N, los resultados se reportan en mg/l de CaCO₃. El único reactivo requerido es el Acido Clorhídrico.

AGV's: Se usa un método título métrico (US Standard Methods 5560 C Ed. 17/1989); los equivalentes de bicarbonato y AGV's se calculan a partir del volumen requerido en la titulación con Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración 0,1 N, los resultados se reportan en mg/l de CH₃COOH. Se requiere Acido Clorhídrico 0,1 N e Hidróxido de Sodio 0,1 N.

Sólidos Sedimentables: Se emplea el método volumétrico del cono Imhoff (US Standard Methods 2540 F Ed. 17/1989); consiste en agregar la muestra con sólidos susceptibles a sedimentar en un recipiente cónico durante una hora. Los resultados se reportan en ml/l. No se requieren reactivos.

Sólidos Suspendidos: Se usa el método gravimétrico – secados a 103-105°C (US Standard Methods 2540 D Ed. 20/1998); los sólidos suspendidos se calculan con los pesos hallados después de una filtración al vacío y posterior secado de la muestra en estufa por una hora, los resultados se reportan en mg/l. No se requieren reactivos.

Sólidos Suspendidos Volátiles: El método usado es gravimétrico – incineración a 550°C (US Standard Methods 2540 D, E Ed. 17/1989); los sólidos suspendidos volátiles se calculan con los pesos hallados después de una filtración al vacío y posterior incineración de la muestra en mufla por un tiempo de 20 a 30 minutos, los resultados se reportan en mg/l. No se requieren reactivos y se usan los mismos materiales que el método de Sólidos Suspendidos.

Sulfuros: Se emplea el método Azul de Metileno (procedimiento análogo a US Standard Methods 4500-S²⁻ D Ed. 17/1989); el ion sulfuro reacciona con dimetil-p-fenilendiamina e iones hierro (III) dando azul de metileno. El contenido de sulfuros se determina fotométricamente, reportando resultados en mg/l. Se usa el Kit de Merck Sulfuros como único reactivo.

DQO: Se utiliza el método oxidación con solución sulfúrica de dicromato Potásico (análogo a US Standard Methods 5220 D Ed. 17/1989); la muestra se oxida con una solución sulfúrica caliente de Dicromato Potásico y sulfato de plata como catalizador, los cloruros son enmascarados con sulfato de mercurio. A continuación se determina fotométricamente la concentración de iones $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ amarillos no consumidos. Los resultados se reportan en mg/l. Se requieren como reactivos Solución A y B para DQO (de Merck) además de una Solución Patrón.

Grasas y Aceites: El método usado es por Extracción Soxhlet (US Standard Methods 5520 D Ed. 17/1989); comprende la recuperación de grasas y aceites como una sustancia soluble en el solvente (n-Hexano) y extracción de la misma mediante equipo Soxhlet. Los resultados se reportan en mg/l. Los reactivos usados son Acido Sulfúrico al 98% (H_2SO_4), Solución de Tierra Sílice y Éter de Petróleo.

Turbiedad: Procedimiento análogo a ISO 7027, medida de la atenuación de la luz incidente, la turbiedad medida mediante este método se expresa en unidades de atenuación de formacina (FAU) y se mide espectrofotométricamente. No se requieren reactivos.

Tensoactivos: Método análogo a US Standard Methods 5540 C Ed. 17/1989; los Tensoactivos aniónicos de tipo sulfonatos y sulfatos, con el colorante catiónico azul de metileno forman un par iónico que se extrae con cloroformo. El azul de la fase orgánica se mide fotométricamente, reportando datos en mg/l. Se usa Kit de Merck para Tensoactivos aniónicos.

1.5.2. Tren sólido

Sólidos Totales: El método usado es gravimétrico – secado a 103-105°C (US Standard Methods 2540 G Ed. 17/1989); los sólidos totales se calculan con los pesos hallados después de evaporar hasta desecación en baño maría y posterior secado de la muestra en estufa durante una hora, los resultados se reportan en mg/l. No se requieren reactivos para este método.

Sólidos Totales Volátiles: El método que se emplea es gravimétrico – incineración a 550°C (US Standard Methods 2540 G Ed. 17/1989); los sólidos volátiles se calculan con los pesos hallados después de incinerar la muestra en una mufla por un tiempo de 20 a 30 minutos, los resultados se reportan en mg/l.

Sólidos Sedimentables: Se usa el método volumétrico del cono Imhoff (US Standard Methods 2540 F Ed. 17/1989); consiste en agregar la muestra de sólidos susceptibles a sedimentar en un recipiente cónico durante media hora, los resultados se reportan en ml/l. No se requieren reactivos.

Velocidad de Sedimentación: El método utilizado es adaptado de la universidad de Wageningen, Holanda; para calcular la velocidad se gráfica tiempo de sedimentación contra altura sedimentada, la pendiente de la recta se toma como el valor de velocidad expresado en m/h. No se requieren reactivos.

Actividad Metanogénica del lodo: El método usado es adaptado de la universidad de Wageningen, Holanda, se ha denominado Desplazamiento líquido utilizando

Botellas de Mariotte. Determina la máxima velocidad de producción de gas Metano e indirectamente la fracción de bacterias metanogénicas en el lodo; se calcula midiendo el volumen de Hidróxido de Sodio que ha sido desplazado por el gas en la botella. Se requieren Acido Acético, Bicarbonato de Sodio, Hidróxido de Sodio y Azul de timol.

2. METODOLOGIA

En la etapa metodológica se realizaron inventarios generales que incluyen el material instrumental, equipos y reactivos; se buscaron métodos alternos para los análisis realizados y no realizados en el laboratorio, a partir de esto se solicitaron las cotizaciones necesarias y finalmente con las técnicas seleccionadas se hizo un estimado de costos para dotación de laboratorio además de un estimado para operación anual.

2.1. Inventarios

Se realizo un inventario para el material instrumental (Anexo C) y equipos (Anexo D) donde se cuantifica la cantidad total, cantidad en mal estado, observaciones y una registro fotográfico de cada uno; finalmente se realizó un inventario para los reactivos (Anexo E) que contiene consideraciones generales sobre el estado de uso, presentación, cantidad y fecha de vencimiento. Todos los inventarios se hicieron por conteo manual.

2.2. Métodos alternos

2.2.1. Búsqueda de métodos alternos para análisis que se realizan en el laboratorio de la PTAR Río Frío

Con el fin de mejorar cualitativamente el laboratorio de análisis físico-químicos de la PTAR Río Frío se hizo una búsqueda de métodos estándares normalizados para las diferentes caracterizaciones que se realizan actualmente. Esta búsqueda se realizó de un libro guía, Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, Ediciones Díaz de Santos. No se realizó una descripción minuciosa de la técnica pero si se hizo hincapié en los materiales, equipos y

reactivos requeridos. Las técnicas obviadas fueron las que incluían un sistema de prueba automatizada, pues el equipo requerido estaba referenciado para empresas norteamericanas.

2.2.2. Investigación de métodos alternos para análisis que no se realizan el laboratorio de la PTAR Río Frío

Con la implementación del nuevo sistema de tratamiento secundario se desea remover la carga de nitrógeno y fosforo total en el efluente residual, es por esto que se deben empezar a implementar análisis que no se realizan actualmente en la planta. Se buscaron entonces métodos para análisis importantes como Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitritos, Nitratos, Conductividad, Fosforo, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal y otros.

2.3. Cotizaciones

De acuerdo a los materiales, equipos y reactivos que se obtuvieron en la búsqueda de técnicas, se solicitaron las cotizaciones pertinentes (ver formato de cotización en Anexo F) con los cinco proveedores que se han manejado los últimos dos años en la PTAR Río Frío. Se cotizó con Artilab SA, Arquilab Ltda, Lab-In, Santandereana de Químicos y Reactivos S.A.S y Proveo Ltda.

2.4. Métodos propuestos para ser implementar

El paso a seguir fue seleccionar los métodos potenciales a implementar, trabajo que se realizó teniendo en cuenta la fácil adquisición de instrumentación y reactivos, la peligrosidad de estos últimos, la confianza y precisión del método y los métodos utilizados por los laboratorios regionales que han prestado a la PTAR los servicios de análisis de aguas residuales, por efectos de futuras necesidades de intercalibración mediante la modalidad de comparación para verificación de la calidad de los análisis. los usados en los laboratorios acreditados externos donde se han hecho pruebas para la PTAR. Los métodos seleccionados fueron para el análisis de DQO, DBO₅, Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles, Sólidos

Sedimentables, Turbidez, Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno amoniacal, Fosforo total, Grasas y Aceites y Conductividad.

2.5. Costos

2.5.1. Costos de operación actuales

Los costos anuales se calcularon a partir de los costos unitarios de reactivos, personal, mantenimiento de equipos, servicios industriales, reposición de equipos, disposición de residuos y número de análisis que se realizan. El valor de mantenimiento de equipos se extrajo de los servicios prestados por este concepto en el año 2010; el precio de servicios públicos industriales se calculo con el valor de kw-h y tiempo de uso que se le da a los equipos para energia, según el volumen de agua para lavados y uso del destilador para consumo de agua; el monto por disposición de residuos se basó en la disposición de material absorbente, residuos químicos y elementos de protección; y el costo de reactivos se calculo a partir de las compras realizadas durante el último año (tabla 3). Los ítems no comprados los últimos dos años se relacionan con guion en la casilla "Cantidad anual". La información sobre valores de mantenimientos y otros se presentan en el Anexo G.

Tabla 3. Cantidad anual y precio de reactivos comprados el último año

Reactivo	Presentación	Cantidad anual	Precio (sin IVA)
Solución A	495 ml	8	\$ 207500
Solución B	65 ml	8	\$ 217 500
Kit Sulfuros	Kit	3	\$ 561 600
Kit Tensoactivos	Kit	1	\$ 458 280
Solución Buffer pH 4	500 ml	-	\$ 37 500
Solución Buffer pH 7	500 ml	-	\$ 47 500
Éter de Petróleo	4 000 ml	1	\$ 187 000
Acido Clorhídrico	1 000 ml	-	\$ 42 210
Hidróxido de sodio	1 000 g	-	\$ 41 500
Tierra Silíceo	1 000 g	1	\$ 280 000

2.5.2. Costos de dotación y estimados de operación según métodos a implementar

Los costos por dotación se calcularon según los reactivos y equipos requeridos para las técnicas que se podrían implementar, para establecer la cantidad de

insumos anuales se siguieron los procedimientos indicados en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y residuales – Ediciones Díaz Santos. Una vez establecidos los costos para dotación se realizó el mismo procedimiento hecho en costos de operación actual, hallando un valor estimado de operación anual.

3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. Inventarios

En cuanto al inventario de material instrumental (Anexo C), se puede decir que existen elementos deteriorados y materiales con los que se cuentan con una única unidad, lo que provocaría el potencial entorpecimiento de la técnica empleada con este material si sufre algún daño. Del inventario de equipos solo cabe destacar que se cuenta con un rotámetro para medición de gas que está inactivo y que con el mantenimiento adecuado podría ser usado. En la relación de reactivos del laboratorio se puede observar que hay reactivos que están vencidos (Hidróxido de Sodio, Cloruro de Amonio, Potasio Fosfato Monobásico) que deben ser clasificados y dispuestos finalmente como residuos peligrosos.

3.2. Métodos alternos

3.2.1. Métodos alternos encontrados para análisis que se realizan en el laboratorio de la PTAR Río Frio

A continuación se describen los métodos estándar encontrados. Los materiales, equipos y reactivos requeridos para cada método se presentan en el Anexo H.

- Determinación de DQO, Método de Reflujo abierto. Se somete a reflujo una muestra en presencia de un ácido fuerte con exceso de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$), una vez finalizado el proceso de digestión se determina el Dicromato consumido con Sulfato de Amonio Ferroso y se calcula la materia orgánica oxidable en términos de equivalente de oxígeno [5]. Método Titulométrico con Reflujo Cerrado. Se emplea el mismo principio del Método de Reflujo Abierto, sin embargo, los compuestos se oxidan en

mayor proporción pues hay mayor tiempo de contacto con el oxidante [5]. Método Colorimétrico con Reflujo Cerrado. Los vasos de reacción colorimétrica son ampollas de cristal selladas o tubos de cultivo tapados. El consumo de oxígeno se mide a una longitud de onda de 600 nm con un espectrofotómetro frente a los estándares. En este método se emplean los mismos materiales que el Método Titulométrico además de un Espectrofotómetro para tubos de cultivo [5].

- Determinación de Sólidos Sedimentables, Método Volumétrico. Es el método usado en el laboratorio, consiste en dejar sedimentar una muestra por 45 minutos en un cono Imhoff, este método se emplea para análisis en aguas residuales y en lodos. El resultado se expresa en ml/l [5]. Método Gravimétrico. Se determina mediante la diferencia entre los sólidos totales en suspensión de una muestra bien mezclada y los sólidos no sedimentables, se expresa en mg/l. Este método se emplea tanto en agua residual como en lodos. Para este método, no se necesitan Reactivos [5].
- Determinación de Sólidos Totales Suspendidos, Método de Sólidos Totales en suspensión Secados a 103-105 °C. Consiste en hacer pasar una muestra homogénea por un filtro estándar de fibra de vidrio, el residuo retenido se seca a 103-105 °C. El aumento en peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Se requieren los mismo materiales del método Gravimétrico para Sólidos Sedimentables menos el Vaso de vidrio, no se requieren reactivos [5].
- Determinación de Sólidos Totales Suspendidos Volátiles, Método de Sólidos Suspendidos Volátiles. Es un complemento del método anterior, consiste en incinerar el residuo obtenido a una temperatura de 550±50 °C. Se usan los mismos materiales que para el Método de Sólidos Totales en suspensión Secados a 103-105 °C [5].
- Determinación de AGV's, Método de Destilación-Titulación. Esta técnica recuperan los ácidos que contienen hasta seis átomos de carbono. Es un

proceso totalmente empírico que suele ser aplicado para el control en la digestión anaerobia [5].

- Determinación de Alcalinidad, Método de Titulación. Los iones hidroxilo presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH de punto final utilizado, se determina según el volumen de ácido estándar utilizado para titular [5].
- Determinación de Sulfuros, Método del Azul de Metileno. Es el método análogo usado en el laboratorio de la PTAR Rio Frio, se basa en la reacción de sulfuro, cloruro férrico y dimetil-p-fenilendiamina para producir azul de metileno que se puede leer en un espectrofotómetro a 664 nm, su intervalo de medición va hasta 20 mg/l [4]. Método Yodométrico. El Yodo reacciona con el sulfuro en solución ácida, oxidándolo a azufre. Una titulación es un proceso preciso para determinar sulfuros superiores a 1 mg/l, este método es útil para estandarizar el método colorimétrico del azul de metileno [5].
- Determinación de Sulfatos, Método Gravimétrico con combustión de Residuos. El sulfato precipita en una solución de ácido clorhídrico como sulfato bórico (BaSO_4) por adición de cloruro de bario (BaCl_2), la precipitación ocurre cerca a la temperatura de ebullición y tras un periodo de digestión, el precipitado se filtra, se lava con agua para eliminar Cl^- , se somete a combustión o secado y se pesa como BaSO_4 , este método solo sirve para concentraciones superiores a 10 mg/l [5]. Método Gravimétrico con Secado de Residuos. Con los métodos gravimétricos se obtienen resultados precisos y al igual que el método gravimétrico con combustión de residuos se usa para concentraciones superiores a 10 mg/l. Para emplear este método es preciso obtener los mismos materiales y reactivos que el método anterior además de un baño de vapor, un filtro de vidrio sinterizado y una estufa de vacío [5]. Método Turbidimétrico. El ion sulfato (SO_4^{2-}) precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario, se mide la absorbancia luminosa de

la suspensión de sulfato de bario con un fotómetro y se determina la concentración de SO_4^{-2} por comparación con una curva de calibración [5].

- Determinación de Tensoactivos, Método de Surfactantes Aniónicos como SAAM. Es el método análogo usado en el laboratorio al usado en el laboratorio de la PTAR Rio Frio. Las Sustancias Activas para el Azul de Metileno (SAAM) brindan un tinte azul catiónico, esto ocurre por la formación de un par iónico entre el anión SAAM y el catión azul de metileno; la intensidad de color es una medida de la SAAM. El método comprende tres extracciones sucesivas en cloroformo (CHCl_3) a partir del medio acuoso ácido que tiene azul en exceso, seguidas de un lavado en contracorriente con agua y se finaliza con la determinación de color azul del CHCl_3 por espectrofotometría a 652 nm. El método se aplica para concentraciones de SAAM inferiores a 0,025 mg/l [5].
- Determinación de Turbiedad, Método Nefelométrico. Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la suspensión por una suspensión patrón de referencia en idénticas condiciones. Como suspensión patrón de referencia se utiliza el polímero formacina y la lectura de la turbidez se realiza en un turbidímetro [5].
- Determinación de Grasas y Aceites, Método de Partición Gravimétrica. El aceite o la grasa disuelta o emulsionada se extrae del agua por contacto con triclorotrifluoroetano [5]. Método de Partición-Infrarrojo. Es idéntico al método anterior, sin embargo, el infrarrojo permite medir hidrocarburos relativamente volátiles. La instrumentación permite determinar concentraciones del orden de 0,2 mg/l [5]. Método de Extracción Soxhlet. Es el método realizado en el laboratorio de la PTAR Rio Frio. Solo los aceites y grasas solidas o viscosas presentes se separan de las muestras liquidas por filtración. Después de la extracción en un equipo Soxhlet con triclorotrifluoroetano, se pesa el residuo que queda después de la evaporación del disolvente para determinar el contenido de grasa y aceite.

Los compuestos que volatilizan alrededor de 103°C se perderán cuando se seque el filtro [5].

- Determinación de Sólidos Totales en lodos, Método de Sólidos Totales Secados a 103-105 °C. Consiste en evaporar una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales y se expresa en mg/l, para este método no es necesario el uso de reactivos [5].
- Determinación de Sólidos Totales Volátiles en lodos, Método de Sólidos Totales Volátiles Incinerados a 550 °C. El residuo obtenido con el método anterior se incinera a peso constante a una temperatura de 550±50 °C. Se requieren los mismos materiales y equipos que para el método anterior [5].

3.2.2. Métodos disponibles encontrados para análisis que no se realizan en el laboratorio de la PTAR Río

A continuación se describen los métodos estándares encontrados. Los materiales, equipos y reactivos requeridos para cada método se presentan en el Anexo I.

- Determinación de Conductividad, Método de laboratorio. Este análisis se basa en el uso de un Conductímetro o instrumental de conductividad autocontenido. Los análisis de conductividad son útiles para establecer el grado de mineralización y concentración de minerales del agua residual lo cual ayuda para analizar sus efectos de tasa de corrosión, fisiológicos, etc. [5].
- Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Prueba DBO de 5 días (DBO₅). Este tipo de pruebas tiene su aplicación en la determinación de las cargas residuales en las instalaciones de tratamiento de aguas y eficiencia de tratamiento; desde siempre se ha considerado el requerimiento de nitrógeno como interferencia en la determinación de DBO, sin embargo, es posible determinar esta interferencia con un inhibidor, de no ser usado la DBO será la suma de los requerimientos de carbono y

nitrógeno [5]. Este método de 5 días consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético e incubarlo a temperatura constante por cinco días. El oxígeno disuelto se debe medir antes y después de la incubación para a partir de esta diferencia determinar la DBO [5].

- Determinación de Nitritos, Método colorimétrico. El nitrito se determina por la formación de un colorante purpura rojizo d pH 2,0 a 2,5 por acoplamiento de sulfanilimida diazotizada con diclorohidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina. El intervalo de aplicación del método para medidas espectrofotométricas es de 10 a 1000 μg de NO_2^- - N/l, sin embargo, si se diluye la muestra se pueden determinar concentraciones más altas [5].
- Determinación de Amoniac, Paso previo a la destilación. El amoniaco (NH_3) se encuentra de forma natural en las aguas superficiales y residuales, se produce en gran parte por desaminación de los compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. Cuando existen interferencias y se necesita mayor precisión, se debe incluir un paso preliminar de destilación. Este paso previo a la destilación no es un método como tal sino un refuerzo de los métodos propios de análisis de amoniaco. La muestra se tampona a pH 9,5 con un tampón de borato que reduce la hidrólisis de los cianatos y compuestos orgánicos nitrogenados. Se destila a una solución de acido bórico, cuando se van a usar nesslerización o titulación, o sobre H_2SO_4 cuando sea el método de la sal de fenol [5]. Método de Nesslerización – directo y subsiguiente a destilación –, se usa únicamente para aguas potables purificadas, agua natural y diluyentes residuales muy depurados de concentraciones superiores a 20 $\mu\text{g}/\text{l}$. Para aguas residuales domesticas se puede usar si se aceptan errores de 1 a 2 mg/l . El procedimiento se basa en la coloración gradual de amarillo a pardo, producida por la reacción amoniaco-nessler, la cual adquiere gran absorbancia en varias longitudes de onda por la que el amoniaco se determina colorimétricamente [5]. Método de la sal de fenol, el método se basa en la reacción de amoniaco, hipoclorito y fenol, catalizada por una sal de manganosa, donde se forma

un compuesto azul intenso, indofenol. Por destilación previa se pueden eliminar interferencias como niveles altos de alcalinidad, turbidez y acidez [5]. Método titulométrico, este método solo se usa en muestras que se han sometido a destilación previa [5].

- Determinación de Nitrógeno Orgánico (N_{org}), Método macro-Kjeldahl. Este método determina el nitrógeno en estado trinegativo, se usa para muestras con concentraciones bajas o altas de nitrógeno orgánico. Si se determinan por separado el nitrógeno Kjeldahl y el amoniacal, se puede obtener por diferencia el nitrógeno orgánico. En presencia de ácido sulfúrico, sulfato potásico y sulfato mercuríco (catalizador), el nitrógeno amino de gran parte del material orgánico se transforma a sulfato de amonio. Durante la digestión de la muestra, se forma un complejo de mercurio de amonio que luego lo descompone el Tiosulfato de sodio. Luego de la descomposición, el amoniaco se destila en medio alcalino y se absorbe en ácido bórico o sulfúrico. El amoniaco se determina colorimétricamente o por titulación [5]. También se encuentra el Método Semi-micro-Kjeldahl que requiere los mismos materiales y reactivos que para el método anterior.
- Determinación de Fosforo Total, Método del ácido ascórbico. El molibdato amónico y el tartrato antimonílico potásico reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un ácido heteropoliácido fosfomolibdico que se reduce a azul de molibdeno que se mide con la ayuda de un equipo colorimétrico [5].

3.3. Cotizaciones

Las cotizaciones recibidas por los diferentes proponentes se observan en el Anexo J. A partir de estas cotizaciones se escogieron los mejores precios para los reactivos y equipos cotizados. Los precios más favorables se presentan en el Anexo K, donde se puede detallar el precio, la presentación y el proveedor para cada reactivo.

3.4. Métodos que se proponen para ser implementados

En la Tabla 4 se detallan los laboratorios externos donde se han realizado caracterizaciones para la PTAR Río Frío, en la tabla se pueden ver los métodos usados para cada análisis.

Tabla 4. Análisis de aguas residuales realizados en laboratorios externos

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS DE LA CDMB	
Tipo de Análisis	Método / Ed. 20/1998
DQO	Standard Methods 5220 C
DBO ₅	Standard Methods 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	Standard Methods 2540 D
Sólidos Suspendidos Volátiles	Standard Methods 2540 D y E
Sólidos Sedimentables	Standard Methods 2540 F
Turbidez	Standard Methods 2130 B
Nitrógeno Total Kjeldahl	Standard Methods 4500-N _{org} C, 4500 NH ₃ D
Nitrógeno Amoniacal	Standard Methods 4500 NH ₃ D
Fosforo Total	Standard Methods 4500 P B,E
Conductividad	Standard Methods 2510 B Conductimétrico
Grasas y Aceites	Standard Methods 5520 D
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES UPB	
Tipo de Análisis	Método
DQO	Standard Methods 5220 B
DBO ₅	Standard Methods 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	Standard Methods 2540 D
Sólidos Suspendidos Volátiles	Standard Methods 2540 D y E
Sólidos Sedimentables	Standard Methods 2540 F
Turbidez	Standard Methods 2130 B
LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES UIS	
Tipo de Análisis	Método
DQO	Titrimétrico-Reflujo cerrado Standard Methods 5220 C
DBO ₅	Respirométrico / Standard Methods 5210 D
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico / Standard Methods 2540 D
Sólidos Suspendidos Volátiles	Gravimétrico / Standard Methods 2540 E
Sólidos Sedimentables	Cono Imhoff / Standard Methods 2540 F
Turbidez	Nefelométrico / Standard Methods 2130 B

A continuación se detallan los análisis y métodos seleccionados con potencial implementación en el laboratorio de la PTAR Río Frío (ver Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de aguas residuales a implementar en el laboratorio de la PTAR Río Frío

Tipo de Análisis	Método
DQO	Standard Methods 5220 C
DBO ₅	Standard Methods 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	Standard Methods 2540 D
Sólidos Suspendidos Volátiles	Standard Methods 2540 D y E
Sólidos Sedimentables	Standard Methods 2540 F
Turbidez	Standard Methods 2130 B
Nitrógeno Total Kjeldahl	Standard Methods 4500-N _{org} C, 4500 NH ₃ D
Nitrógeno Amoniacal	Standard Methods 4500 NH ₃ D
Fosforo Total	Standard Methods 4500 P B,E
Conductividad	Standard Methods 2510 B Conductimétrico
Grasas y Aceites	Standard Methods 5520 D

3.5. Costos

3.5.1. Costos actuales por operación del laboratorio de la PTAR Río Frío

En el momento se realizan 483 análisis mensuales en el laboratorio de la PTAR, esta cifra incluye tren líquido y sólido; como se quiso obtener un valor unitario por análisis, entonces cada uno de los factores que se tuvieron en cuenta (ver Anexo G) se dividió en el número total de análisis. Además, se observa que se trajo el valor de equipos y materiales a tiempo presente (VPN), sin embargo, no se tuvo en cuenta la depreciación debido a que no son activos que presenten rotación constante. Para calcular el valor presente se uso la siguiente ecuación [6]:

$$VPN = C \times (1 + i)^n$$

Donde:

VPN = Valor Presente Neto

C = Costo pasado

i = Interés anual (hallado promediando la tasa de inflación para el mismo periodo de tiempo)

n = Periodo de tiempo (años para este caso)

Se trabajo con valores de i variables para los equipos según la fecha de compra de cada uno. Para la instrumentación comprada hace 10 años se trabajó con un interés del 8, 67% y con un interés de 7,54% para la instrumentación comprada hace poco menos de cuatro años. Una vez hallado el número de análisis anuales y

el costo unitario de ellos, se estimó el valor anual para cada una de las caracterizaciones realizadas hoy por hoy en el laboratorio de la PTAR Río Frío (ver Tabla 6). El subtotal unitario anual se halló multiplicando el número de análisis con el precio unitario.

Tabla 6. Resultado de cálculo por costos de análisis unitario y unitario anual

COSTOS LABORATORIO PTAR Río Frío			
Análisis	Nº de Análisis	Costo Unitario Análisis (\$)	Subtotal Unitario Anual (\$)
Tren Líquido			
DQO	672	11 832	7 951 266
DQO Filtrada	672	11 832	7 951 266
DBO ₅	0	0	0
DBO ₅ Filtrada	0	0	0
Alcalinidad	576	18 484	10 646 984
Turbiedad	672	9 191	6 176 466
AGV's	480	9 313	4 470 024
Sólidos Sedimentables	336	9 191	3 088 233
Sólidos Suspendidos Totales	336	9 191	3 088 233
Sólidos Suspendidos Volátiles	336	9 191	3 088 233
Sulfuros	288	16 298	4 693 813
Tensoactivos	24	34 708	832 997
Nitrógeno Total Kjeldahl	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	0	0	0
Fosforo Total	0	0	0
Conductividad	0	0	0
Grasas y Aceites	48	24 880	1 194 248
Tren Sólido			
Sólidos Sedimentables	336	9 191	3 088 233
Sólidos Totales	336	9 191	3 088 233
Sólidos Totales Volátiles	336	9 191	3 088 233
Sólidos Suspendidos Totales	0	0	0
Sólidos Suspendidos Volátiles	0	0	0
Actividad Metanogénica	12	52 030	624 360
Velocidad de Sedimentación	336	9 191	3 088 233
TOTALES	5 796	252 907,04	66 159 051,84

Como se ve, las técnicas usadas actualmente no son costosas, inclusive las caracterizaciones más requeridas en el sistema de control como DQO y Sólidos suspendidos, que evalúan la eficiencia del tratamiento; Sólidos Totales en lodos, que indican en que zona de los reactores UASB se debe hacer purga, y Actividad Metanogénica que indica cual lodo está más concentrado y produce mayor

volumen de biogás. A continuación se presentan los costos por prestación de servicios de laboratorios externos. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Costos unitarios y unitarios anuales por laboratorios externos

COSTOS LABORATORIOS EXTERNOS					
Análisis	Nº de Análisis	Costo Unitario Análisis (\$)	Subtotal Unitario (\$)	AIU Contrato (\$)	Total Unitario (\$)
Línea Aguas					
DQO	360	55 000	19 800 000	3 960 000	23 760 000
DQO Filtrada	360	55 000	19 800 000	3 960 000	23 760 000
DBO	360	55 000	19 800 000	3 960 000	23 760 000
DBO Filtrada	360	55 000	19 800 000	3 960 000	23 760 000
Alcalinidad	0	0	0	0	0
Turbiedad	360	7 980	2 872 800	574 560	3 447 360
AGV's	0	0	0	0	0
Sólidos Sedimentables	360	6 800	2 448 000	489 600	2 937 600
SST	360	10 500	3 780 000	756 000	4 536 000
SSV	360	10 500	3 780 000	756 000	4 536 000
Sulfuros	0	0	0	0	0
Tensoactivos	0	0	0	0	0
Nitrógeno Total Kjeldahl	72	30 000	2 160 000	432 000	2 592 000
Nitrógeno Amoniacal	72	18 000	1 296 000	259 200	1 555 200
Fosforo Total	72	25 000	1 800 000	360 000	2 160 000
Conductividad	72	9 000	648 000	129 600	777 600
Grasas y Aceites	24	60 000	1 440 000	288 000	1 728 000
Línea Lodos					
Sólidos Sedimentables	120	0	0	0	0
Sólidos Totales	120	12 500	1 500 000	300 000	1 800 000
Sólidos Volátiles	120	12 500	1 500 000	300 000	1 800 000
SST	120	14 250	1 710 000	342 000	2 052 000
SSV	120	14 250	1 710 000	342 000	2 052 000
Actividad Metanogénica	48	80 000	3 840 000	768 000	4 608 000
Velocidad de Sedimentación	120	35 000	4 200 000	840 000	5 040 000
TOTALES	3 960	566 280,00	113 884 800,00	22 776 960,00	136 661 760,00

Como se observa de las tablas anteriores, el costo para la operación del laboratorio de la PTAR Río Frío no es muy alto comparado con los costos generados por prestación de servicios externos de laboratorio, servicio requerido

en especial para cumplir la legislación vigente, en cuanto a que las empresas de servicios públicos deben reportar sus resultados de gestión mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos realizados en laboratorios acreditados ante el IDEAM bajo la norma 17025.

En síntesis, el costo anual de operación del laboratorio de la PTAR Río Frío suma Doscientos dos millones ochocientos veinte mil ochocientos doce pesos Mcte (\$202 820 812) que representa la suma del total por servicios de laboratorios externos y el costo anual de operación del laboratorio de la PTAR Río Frío.

3.5.2. Costos de dotación y estimados de operación según métodos a implementar

Los costos por dotación se hallaron según los reactivos y equipos requeridos para los análisis y métodos a implementar. Se evaluaron los mismos factores que para la situación actual. Para este caso se calculo un valor futuro (F) de ganancias de equipos y materiales, se hizo con una tasa de interés del 5% y a 5 años. Se uso la siguiente ecuación [7]:

$$F = C \times (1 + i)^n$$

Donde:

F = Valor Futuro

C = Costo presente

i = Interés anual (hallado promediando la tasa de inflación para el mismo periodo de tiempo)

n = Periodo de tiempo (años para este caso)

También se aumento el agua de lavado y la disposición de residuos pues se usarían más reactivos que los que se emplean actualmente. Estos costos unitarios se muestran en el Anexo L. En equipos se incluyeron dos conductímetros, uno para campo y uso de operarios de turno y otro como activo fijo de laboratorio, también se tuvieron en cuenta dos turbidímetros con el mismo fin, solo que el turbidímetro de mesa seria el fijo para uso de laboratorio.

Una vez más, se calculo el costo unitario por análisis y se multiplicó por el número de análisis propuestos a desarrollar en la futura reestructuración del laboratorio, para hallar un total unitario anual por determinación y el total global (ver Tabla 8).

Tabla 8. Proyección de costos para métodos a implementar en el laboratorio de la PTAR Río Frío

PROYECCIÓN DE COSTOS LABORATORIO PTAR RIO FRIO			
Análisis	Numero de Análisis	Costo Unitario	Subtotal Unitario
TREN LIQUIDO			
DQO _{Total}	728	\$ 18 290,61	\$13 315 565
DQO _{filtrada}	728	\$ 18 290,61	\$13 315 565
Alcalinidad	520	\$ 15 779,53	\$8 205 354
Turbiedad	728	\$ 16 363,43	\$11 912 578
AGV's	520	\$ 15 886,92	\$8 261 197
Sólidos Sedimentables	728	\$ 15 670,30	\$11 407 978
SST	728	\$ 15 670,30	\$11 407 978
SSV	728	\$ 15 670,30	\$11 407 978
Sulfuros	364	\$ 17 746,37	\$6 459 678
Tensoactivos	24	\$ 41 364,54	\$992 749
Grasas y Aceites	48	\$ 30 430,82	\$1 460 679
DBO ₅	728	\$ 18 549,09	\$13 503 741
DBO ₅ filtrado	728	\$ 18 549,09	\$13 503 741
Nitrógeno Total Kjeldahl	364	\$ 25 214,77	\$9 178 177
Nitrógeno Amoniacal	364	\$ 18 659,21	\$6 791 953
Conductividad	364	\$ 15 842,39	\$5 766 629
Fosforo Total	364	\$ 18 563,17	\$6 756 995
TREN SOLIDO			
Sólidos Sedimentables	260	\$ 15 670,30	\$4 074 278
Sólidos Totales	260	\$ 15 670,30	\$4 074 278
Sólidos Totales Volátiles	260	\$ 15 670,30	\$4 074 278
Actividad Metanogénica	12	\$ 57 081,14	\$684 974
Velocidad de Sedimentación	260	\$ 15 670,30	\$4 074 278
TOTAL ANUAL			\$170 630 623

Como se observa, los costos totales, incluidos operación y dotación del laboratorio de la PTAR Río Frío, en el caso de que se quisieran implementar métodos normalizados estándar, no superan el valor del costo actual por operación del laboratorio y prestación de servicios. El valor total para implementar y ejecutar los diferentes análisis para tren líquido y sólido es de Ciento Setenta Millones Seiscientos Treinta Mil Seiscientos Veintitrés Pesos Mcte (\$170 630 623). Los precios por caracterización a costo real resultan ser obviamente más económicos a comparación de los costos ofrecidos en el mercado (ver Tabla 9), lo que hace

factible pensar a corto plazo en la acreditación del laboratorio y a mediano plazo en prestar servicios externos.

En el caso de que no se cuente con un laboratorio en la PTAR Río Frío, los costos por laboratorio externos serian de Doscientos cincuenta y siete Millones ciento treinta y cuatro mil ciento setenta y ocho pesos Mcte. (\$257 134 178), como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Costos por laboratorio externo

COSTOS LABORATORIO EXTERNO			
Análisis	Numero de Análisis	Costo Unitario	Subtotal Unitario
TREN LIQUIDO			
DQO total	728	\$ 52 000,00	\$37 856 000
DQO filtrada	728	\$ 52 000,00	\$37 856 000
Alcalinidad	520	\$ 15 779,53	\$8 205 354
Turbiedad	728	\$ 7 600,00	\$5 532 800
AGV's	520	\$ 15 886,92	\$8 261 197
Sólidos Sedimentables	728	\$ 6 500,00	\$4 732 000
Sólidos Suspendidos Totales	728	\$ 17 300,00	\$12 594 400
Sólidos Suspendidos Volátiles	728	\$ 20 000,00	\$14 560 000
Sulfuros	364	\$ 17 746,37	\$6 459 678
Tensoactivos	24	\$ 41 364,54	\$992 749
Grasas y Aceites	48	\$ 55 000,00	\$2 640 000
DBO ₅	728	\$ 52 000,00	\$37 856 000
DBO ₅ filtrada	728	\$ 52 000,00	\$37 856 000
Nitrógeno Total Kjeldahl	364	\$ 27 000,00	\$9 828 000
Nitrógeno Amoniacal	364	\$ 16 200,00	\$5 896 800
Conductividad	364	\$ 8 700,00	\$3 166 800
Fosforo Total	364	\$ 21 600,00	\$7 862 400
TREN SOLIDO			
Sólidos Sedimentables*	260	\$ 0,00	\$0
Sólidos Totales	260	\$ 10 800,00	\$2 808 000
Sólidos Volátiles	260	\$ 10 800,00	\$2 808 000
Actividad Metanogénica	12	\$ 76 000,00	\$912 000
Velocidad de Sedimentación	260	\$ 32 500,00	\$8 450 000
TOTAL ANUAL			\$257 134 178

* Se incluye en Velocidad de Sedimentación

4. CONCLUSIONES

Los costos totales anuales para dotar y operar el laboratorio de la PTAR Río Frío con procedimientos estandarizados con respecto a la situación actual, resultaron ser menores por un valor significativo, exactamente Treinta y Dos Millones Ciento Noventa Mil Ciento Ochenta y Nueve Pesos Mcte (\$32 190 189), lo cual arrojaría desde el primer año de ejecución balances financieros positivos para la planta de tratamiento.

Análisis como Actividad Metanogénica, DQO, DBO, Nitrógenos en sus diferentes estados y Fosforo Total, entre otros, serán requeridos con mayor interés cuando la fase de ampliación del tratamiento secundario sea puesta en marcha. Cabe notar que con la reestructuración del laboratorio este tipo de caracterizaciones se podrían hacer en la PTAR Río Frío y no facturar un precio alto por contratación de servicios externos.

Paralelo al proceso de implementación de nuevos análisis y métodos estándar en el laboratorio de la PTAR Río Frío, se debe iniciar el proceso de acreditación bajo norma 17025, para que los resultados obtenidos tengan validez como soporte de gestión de resultados para la empresa pública de alcantarillado ante los organismos de control y vigilancia.

En general, el estado actual del laboratorio es favorable, sin embargo, hay ciertos materiales de instrumentación que solo reportan una única unidad como estado óptimo, debido a esto, el rendimiento se vería afectado en dado caso de ocurrir algún accidente.

5. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se sugieren como extensión de este proceso:

Realizar un prediseño a nivel físico y estructural del laboratorio de la PTAR Río Frío, donde se evalúen y contemplen las necesidades futuras de espacio, seguridad industrial con la implementación de un sistema de extracción de gases y vapores, entre otras variables.

Iniciar el proceso de acreditación del laboratorio ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración”, y según lo estipulado en el Decreto 1600 de 1994 y la Resolución No. 0176 del 31 de octubre de 2003 que derogó las resoluciones No. 0059 de 2000 y 0079 de 2002.

Una vez acreditado el laboratorio, realizar un estudio de mercados para implementar en el laboratorio de la PTAR Río Frío la prestación de servicios a particulares o clientes externos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PROYECTO: AMPLIACION Y MODERNIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RIO FRIO – PTAR RIO FRIO, Versión 2, 2006. Archivo EMPAS S.A. E.S.P
- [2] PLAN DE MANEJO AMBIENTAL: *Adecuación, optimización, modificación y nueva integración de procesos PTAR Río Frío-Etapa I*, 2008. Archivo EMPAS S.A. E.S.P
- [3] OROZCO JARAMILLO ALVARO: *Bioingeniería de aguas residuales, Teoría y diseño*. Ed. ACODAL, cap. 1, pp. 12-23, 2005.
- [4] SIERRA C. JORGE HUMBERTO: *Análisis de aguas residuales*. Universidad de Antioquia, cap. 1,4, pp. 24-45, 377-456, 1985.
- [5] Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales Edición 17, 1989, Ed. Díaz de Santos, S.A., Madrid (España), 1992, Partes 2130, 2320, 2510, 2540, 4500-S⁻², 4500-SO₄⁻², 4500-NO₂⁻, 4500-NH₃, 4500-N_{org}, 5210, 5220, 5540, 5560.
- [6] Slideshare.com. Maestría en Gestión y Administración de la construcción Capitulo 04, VALOR PRESENTE NETO, Finanzas para la construcción [En línea] < <http://www.slideshare.net/carloscatacora/4-capitulo-4-valor-presente-neto-presentation>>. [Citado el 5 de Enero de 2011].
- [7] GARCIA JAIME A.: *Matemáticas financieras con ecuaciones de diferencia finita*, cuarta edición. Ed. PEARSON, cap. 3, pp. 59-66, 2000.

ANEXO A. MATERIAL INSTRUMENTAL Y EQUIPOS USADOS PARA ANÁLISIS DE TREN LÍQUIDO

Tabla A.1. Material instrumental y equipos para Alcalinidad.

pH-metro	Barras magnéticas
Agitador magnético	Vasos de precipitado
Plancha de calentamiento	Pipetas volumétricas (0.1, 1 y 5 ml)
Macropipetas	Pinzas para nuez
Soportes metálicos	Probeta de 100 ml

Tabla A.2. Material instrumental y equipos para AGV's.

pH-metro	Macropipetas
Plancha de calentamiento	Embudos
Agitador magnético	Probetas
Cronómetro	Balones de fondo plano 250 ml
Barras magnéticas	Papel filtro cualitativo
Condensadores de bolas	Soporte metálico
Vasos de precipitado	Pinza con nuez
Pipetas Volumétricas (0.1, 1 y 5 ml)	

Tabla A.3. Material Instrumental y equipos para Sólidos Sedimentables.

Cono Imhoff de 1 litro	Soporte metálico
Varilla agitadora	Cronómetro

Tabla A.4. Material Instrumental y equipos para Sólidos Suspendidos.

Agitador magnético	Filtros circulares de fibra de vidrio
Balanza analítica	Erlenmeyer con salida lateral de 500 ml
Bomba de vacío	Vasos de precipitado
Estufa	Pipetas de punta ancha
Mufla	Pinza para Crisol
Desecador	Probetas
Crisoles Gooch	

Tabla A.5. Material Instrumental y equipos para Sulfuros.

Espectrofotómetro	Tubos de cultivo 16x100 mm ó 25x150 mm
Frascos Winkler	Pipetas gravimétricas
Cubeta rectangular de cuarzo de 10 mm	

Tabla A.6. Material Instrumental y equipos para DQO.

Espectrofotómetro	Macropipetas
-------------------	--------------

Termoreactor	Vasos de precipitado
Agitador magnético	Tubos de cultivo 16x100 mm ó 25x150 mm
Cronómetro	Tapa forrada de teflón
Barras magnéticas	Pipetas volumétricas (15 y 10 ml)

Tabla A.7. Material Instrumental y equipos para Grasas y Aceites.

Bomba de vacío	Frasco boca ancha
Balanza analítica	Embudo Buchner
Equipo Soxhlet	Balón de fondo plano de 20 ml
Estufa	Probeta de 100 ml
Cronómetro	Tela de baja porosidad (muselina)
Plancha de calentamiento	Papel filtro (diámetro de 12.5 mm)

Tabla A.8. Material instrumental y equipos para Turbiedad.

Espectrofotómetro	Barras magnéticas
Celda rectangular de cuarzo de 50mm	Vasos de precipitados 250 ml
Agitador magnético	

Tabla A.9. Material instrumental y equipos para Tensoactivos.

Espectrofotómetro	Pipetas gravimétricas (1-10 ml)
Cubetas de reacción	

ANEXO B. MATERIAL INSTRUMENTAL Y EQUIPOS USADOS PARA ANÁLISIS DE TREN SOLIDO

Tabla B.1. Material instrumental y equipos para Sólidos Totales y Sólidos Totales Volátiles.

Balanza analítica	Barras agitadoras
Agitador magnético	Probetas graduadas
Baño maría	Vasos de precipitados
Desecador	Pipetas de punta ancha
Estufa para secado	Cápsulas de porcelana
Mufla	Pinzas para capsula

Tabla B.2. Material instrumental y equipos para Sólidos Sedimentables.

Cono Imhoff de 1 litro	Soporte metálico
Varilla agitadora	Cronómetro

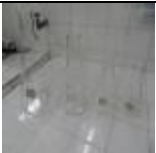








Tabla B.3. Material instrumental y equipos para velocidad de sedimentación.











Probeta de 1 litro	Cronómetro
--------------------	------------










Tabla B.4. Material instrumental y equipos para Actividad Metanogénica.

Balanza analítica	Balón aforado de 1 litro
Mufla	Pinzas Mohr
Estufa	Soporte metálico
Desecador	Mangueras
Bomba de vacío	Crisol Gooch
Agitador magnético	Agujas calibre 20 1/2
Barras magnéticas	Tapas de caucho
Cronómetro	Tapas
Botellas de suero de 500 ml	Cinta de teflón
Erlenmeyer de 250 ml	Filtros microfibras de vidrio diámetro 21mm
Probetas	Pinzas para crisol
Embudos de vidrio	Cinta de enmascarar

ANEXO C. INVENTARIO MATERIAL INSTRUMENTAL




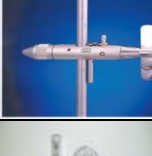
MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	EN MAL ESTADO	FOTOGRAFÍA
Erlenmeyer	2 L	1	-	
	1 L	4	1	
	500 ml	6	-	
	250 ml	17	3	
	100 ml	13	5	
Erlenmeyer con salida lateral	500 ml	2	1	
Balón de fondo plano	100 ml	4	-	
	250 ml	14	-	
	500 ml	11	-	
Probeta	50 ml	7	2	
	100 ml	12	4	
	1 L	1	-	
Vaso de precipitado	100 ml	10	1	
	150 ml	4	1	
	250 ml	14	7	
	500 ml	1	-	
	1000 ml	1	-	
Capsula de porcelana	Tamaño único	19	3	
Crisol Gooch	Tamaño único	13	-	
Balón aforado	25 ml	2	-	
	250 ml	5	-	
	1 L	2	-	
Embudo de vidrio	-	8	-	

Equipo Soxhlet	Consta de dos piezas	3	-	
Embudo Buchner	Porcelana	2	-	
Balón fondo redondo de tres bocas esmerilado	500 ml	4	-	
Pipeta	0.1 ml 1 ml 5 ml 10 ml 20ml	5 9 9 20 2	- 1 - - -	
Bureta	10 ml	2	-	
Frasco Winkler	30 ml 50 ml 300 ml	9 2 1	- - -	
Tarro boca ancha	-	24	-	
Gradilla para pipetas	Plástico	2	-	
Cono Imhoff	Plástico	5	-	
Botella digestora	Usadas para actividad metanogénica	10	-	

Tubos de ensayo	-	335	3	
Caja de Petri	Usado para microbiología	170	-	
Tubo condensador	-	4	-	
Pipeteador	De cierre	6	-	
Termómetro de Hg	-	1	-	
Termocupla	-	2	1	
Macropipeta	100-1000 μ l 1-5 ml Total	1 1 2	- - -	
Frascos tapa azul	250 ml	6	-	
Mechero	Tipo Bunsen	2	-	

ANEXO D. INVENTARIO EQUIPOS DE LABORATORIO

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESTADO	FOTOGRAFÍA
Destilador	-	1	-	
Baño maría	De 6 puestos	1	-	
Termoreactor	-	1	-	
Plancha de calentamiento	De un solo puesto	1	-	
Agitador magnético	-	1	-	
Balanza analítica	-	1	-	
Balanza de precisión	-	1	-	
Bomba de vacío	-	1	-	
Estufa	-	1	-	
Mufla	-	1	-	

Desecador	-	2	-	
Incubadora	-	1	-	
Autoclave	-	2	-	
Nevera	-	2	-	
Monitor multigás ITX	-	1	-	
Espectrofotómetro (portátil)	Equipo en mantenimiento	1	-	
Molinete	Usado para medición de caudal	1	-	
Rotámetro	Equipo inactivo	1	-	

ANEXO E. INVENTARIO REACTIVOS DE LABORATORIO

REACTIVO	OBSERVACIONES	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	FECHA DE VENCIMIENTO (dd/mm/aa)
Test Sulfatos	Reactivo Activo. Uno de ellos vencido pero fuera de uso.	Kit	2	30/06/11
Test Cloro	Reactivo Activo	Kit	1	31/01/12
Test sulfuros	Reactivo Activo	Kit	2	30/11/11; 28/02/13
Test Tensoactivos	Reactivo Activo	Kit	1	30/06/12
Solución Buffer pH=4	Reactivo Activo	500 ml	1	31/03/11
Solución Buffer pH=7	Reactivo Activo	500 ml	1	31/01/11
Hidróxido de Sodio	Reactivo Activo	1 Kg	1	31/10/09
Azul de Timol	Reactivo Activo	5 g	1	-
Grasa para desecadores	Reactivo Activo	250 g	1	-
Tierra Sílice	Reactivo Activo	1 Kg	1	-
Acido Sulfúrico	Reactivo Activo	1 l	1	-
Acido Clorhídrico	Reactivo Activo	1 l	2	31/08/12
Acido Acético	Reactivo Activo	2.5 l	1	-
Solución A	Reactivo Activo	65 ml	7	-
Solución B	Reactivo Activo	495 ml	2	-
Éter de Petróleo	Reactivo Activo	4 l	1	-
CHEMIZORB, absorbente para líquidos derramados	Reactivo para accidentes	1 Kg	1	-
Potassium Hydrogen Phthalate	Reactivo Inactivo	1 l	1	30/11/12
Aceite de Inmersión	Reactivo Inactivo	100 ml	1	-
Cloruro de Amonio	Reactivo Inactivo	500 g	1	07/2007
Potasio Fosfato Monobásico	Reactivo Inactivo	1 Kg	1	07/2008
Cloruro de	Reactivo Inactivo	1 Kg	1	-

Bario Dihidratado				
Cloruro de Potasio	Reactivo Inactivo	1 l	1	07/2012
Soda Caustica	Reactivo Inactivo	1 Kg	7	12/2009
Acido Butírico, Sal Sódica para Síntesis	Reactivo Inactivo	250 g	2	-
Savia, Bioestimulante Húmico	Reactivo Inactivo	1 l	1	-
Acido Propiónico para síntesis	Reactivo Inactivo	500 ml	1	-
Acido Fosfórico 85% alimentos	Reactivo Inactivo	1 Gal	1	-
MICROBIOLOGÍA				
Agar para Coliformes		500 g	1	13/03/14
Agar CASO		500 g	1	04/27/14
Agar de recuento en placa		500 g	1	01/2013
Sodio Tiosulfato Pentahidrato		1 Kg	1	28/02/2009
Bicarbonato		1 Kg	1	-
Solución para coloración de Gram (Fucsina de Gram)		1 l	1	-
Cloruro de Calcio		500 g	1	-
Acetato de Sodio Trihidratado		1 Kg	1	06/2008
Fosfato de Potasio Dibásico		1 Kg	1	-
Xilenos		1 L	1	-
Agar RAMBACH		Kit	1	31/05/11
Solución para coloración de Gram (Decolorante de Gram)		1 L	1	-
Agua Peptonada		500 g	1	16/07/13
Sulfato de Calcio Dihidratado		500 g	1	-
Caldo Sulfato de Laurillo		500 g	1	16/12/10

ANEXO F. FORMATO DE COTIZACIÓN USADO

Ilustración F.1. Formato de cotización empleado

CONSORCIO PTAR NIT. 900.296.770-8

Bucaramanga, 21 de Octubre de 2010

Señora
CAROLINA CHARRY
ASESORA COMERCIAL
ARTILAB
Bucaramanga

Asunto: Invitación a cotizar

La firma operadora de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Río Frío, lo invita a cotizar los insumos para laboratorio que se relacionan a continuación:

Ítem	Insumo	Cantidad
1	Acido Sulfúrico, 1L	1
2	Acido Acético, 2.5 L	1
3	Bicarbonato de Sodio	1
4	Azul de Timol, 5 g	1
5	Dicromato de Potasio	1
6	Solución Indicadora de Ferroína	1
7	Sulfato de Amonio Ferroso	1
8	Sulfato de Mercurio	1
9	Acido Sulfámico	1
10	Solución indicadora de Fenoltaleína	1
11	Tiosulfato Sódico	1
12	Almidón soluble en agua	1
13	Yoduro de Potasio	1
14	Acido Clorhídrico, 1L	1
15	Yodo, 1 Kg	1
16	Cloruro de Sodio	1
17	Acetato de Etilo	1
18	Sulfato de Hidracina	1
19	Solución de Hexametilenotetraamina	1
20	Sulfato de Sodio	1
21	Triclorotrifluoretano	1
22	Sulfato de Magnesio	1

CONSORCIO PTAR
NIT. 900.296.770-8

La cotización deberá ser dirigida a CONSORCIO PTAR y entregada en la PTAR Río Frío Km 4 Anillo Vial Florida-Blanca-Girón, vía fax al número 6 79 93 83 o al correo electrónico jccortesparza@hotmail.com.

Agradezco la atención prestada y espero contar con su valiosa colaboración.

Atentamente,

JUAN CARLOS CORTES ESPARZA
PTAR Río Frío

ANEXO G. PRECIOS UNITARIOS CALCULADOS Y ANÁLISIS ANUALES HECHOS PARA LA OPERACIÓN DE EL LABORATORIO DE LA PTAR RÍO FRÍO

Tabla G.1. Cantidad de análisis realizados en el laboratorio

ANÁLISIS DE LABORATORIO		
TIPO DE ANÁLISIS	MENSUAL	ANUAL
AGUAS	370	4440
DQO _{TOTAL}	56	672
DQO _{FILTRADO}	56	672
ALCALINIDAD	48	576
TURBIEDAD	56	672
AGV's	40	480
SOLIDOS SEDIMENTABLES	28	336
SST	28	336
SSV	28	336
SULFUROS	24	288
TENSOACTIVOS	2	24
GRASAS Y ACEITES	4	48
LODOS	113	1356
SOLIDOS SEDIMENTABLES	28	336
ST	28	336
SV	28	336
ACTIVIDAD METANOGENICA	1	12
VELOCIDAD SEDIMENTACION	28	336

Tabla G.2. Costo de mantenimiento semestral por equipos

COSTOS MANTENIMIENTO EQUIPOS (SEMESTRAL)			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
BOMBA VACIO	1	\$80 000	\$80 000,00
TERMOREACTOR	1	\$105 000	\$105 000,00
PH-METROS	2	\$115 000	\$230 000,00
AGITADOR MAGNETICO	1	\$85 000	\$85 000,00
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	\$110 000	\$110 000,00
ESTUFA	1	\$100 000	\$100 000,00
DESTILADOR	1	\$125 000	\$125 000,00
AUTOCLAVE	2	\$95 000	\$190 000,00
INCUBADORA	1	\$100 000	\$100 000,00
BAÑO SEROLOGICO	1	\$105 000	\$105 000,00
BALANZA PRECISION	1	\$115 000	\$115 000,00
BALANZA ANALITICA	1	\$130 000	\$130 000,00
OXIMETRO	1	\$100 000	\$100 000,00
MUFLA	1	\$100 000	\$100 000,00
ESPECTROFOTOMETRO	1	\$473 000	\$473 000,00
SUBTOTAL	17	\$1 938 000	\$2 148 000

	IVA	\$310 080	\$343 680
	TOTAL	\$2 248 080	\$2 491 680

Tabla G.3. Precio por energía usada

CALCULO COSTO ENERGETICO DE LABORATORIO					
Equipo	Tipo de Dato	Kilowatts (Kw)	Valor Kw-H (\$)	Trabajo diario (Horas)	Costo Energético Operativo Mensual (\$)
BOMBA DE VACIO	TEORICO	0,33350	\$ 233,81	1	\$ 2 339
TERMOREACTOR	TEORICO	0,28000	\$ 233,81	1	\$ 1 964
AGITADOR MAGNETICO	TEORICO	0,62500	\$ 233,81	1	\$ 4 384
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	TEORICO	0,70000	\$ 233,81	1	\$ 4 910
ESTUFA	TEORICO	1,60000	\$ 233,81	2	\$ 22 446
DESTILADOR	TEORICO	1,60000	\$ 233,81	3	\$ 33 669
AUTOCLAVES	TEORICO	1,05000	\$ 233,81	1	\$ 7 365
AUTOCLAVES	TEORICO	1,05000	\$ 233,81	1	\$ 7 365
INCUBADORA	TEORICO	0,20700	\$ 233,81	9	\$ 13 068
BAÑO SEROLOGICO	TEORICO	1,19600	\$ 233,81	1	\$ 8 389
BALANZA DE PRECISION	TEORICO	0,01500	\$ 233,81	1	\$ 105
BALANZA ANALITICA	TEORICO	0,00600	\$ 233,81	1	\$ 42
MUFLA	TEORICO	2,00000	\$ 233,81	2	\$ 28 057
VITRINA PANORAMICA	TEORICO	0,71300	\$ 233,81	8	\$ 40 010
NEVERA CENTRALES	TEORICO	0,28750	\$ 233,81	8	\$ 16 133
AIRES ACONDICIONADOS	TEORICO	3,60000	\$ 233,81	8	\$ 202 012
COSTO ENERGETICO MENSUAL (\$)					\$ 392 257

Tabla G.4. Costos por agua empleada

CALCULO COSTO MENSUAL POR CONSUMO DE AGUA		
El consumo total de agua en el laboratorio (para la realización de análisis y lavado de material) corresponde a 2 m ³ /mes, el cual se calcula a partir del rendimiento del destilador y el agua utilizada para enfriamiento. El destilador se utiliza 6 días a la semana. El valor promedio de acueducto y alcantarillado por m ³ de agua es de \$ 5061.		
Rendimiento	3	litros/hora
Agua de enfriamiento	60	litros/hora
Total	63	litros/hora
	4,5	m³/mes
Valor en m³ de agua	5 061	\$/m³
COSTO MENSUAL		\$ 22 957

Tabla G.5. Precios por disposición de residuos (se hace disposición de residuos cada dos meses)

Ítem	Peso (Kg)	Precio
Material absorbente	1	\$ 2 400
Elementos de protección	32	\$ 76 800
Residuos químicos	5	\$17 000
COSTO TOTAL MENSUAL		\$ 9 700

Tabla G.6. Costos devolutivos por material de laboratorio

COSTOS POR MATERIAL DE LABORATORIO PTAR RIO FRIO (VPN hallado con un interés del 8,67% a 10 años)				
Artículo	Valor Unitario (\$)	Cantidad	Subtotal (\$)	VPN (\$)
Balón de fondo plano 250 ml NS 29/32	21 692	11	238 612	548 243
Balón de fondo plano de 100 ml NS 29/32	14 964	4	59 856	137 527
Balón fondo plano de 500 ml	24 360	11	267 960	615 674
Balón fondo redondo tres bocas esmerilada 500 ml	63 800	4	255 200	586 356
Balón volumétrico de 1000 ml clase A	54 520	1	54 520	125 267
Balón volumétrico de 25 ml	31 320	2	62 640	143 924
Barra magnética de 30 mm	5 568	24	133 632	307 038
Bureta de 10 ml	58 000	3	174 000	399 788
Caja Petri 100 x 15	2 320	57	132 240	303 839
Capsulas de porcelana de 100 mm	22 620	22	497 640	1 143 395
Celda de vidrio para SPECTROCUANT x 2 unidades	214 600	1	214 600	493 072
Celda de vidrio para SPECTROQUANT	131 080	1	131 080	301 174
Condensador de bolas 400 mm	59 160	6	354 960	815 568
Cono sedimentación Imhoff en P.C. 1000 ml NALGENE	104 400	3	313 200	719 619
Crisol SOLVLHET 100 ml	44 080	1	44 080	101 280
Crisoles Gooch porcelana con tapa 82R-3	43 964	8	351 712	808 106
Embudo de adición llave teflón con esmerilado 50 ml	107 880	4	431 520	991 475
Embudo SCHOTT	9 650	3	28 950	66 517
Equipo de filtración (trampa de vacío, Erlenmeyer, embudo, filtro)	229 544	1	229 544	527 408
Erlenmeyer de 1000 de 4 orificios	111 360	1	111 360	255 865
Erlenmeyer de 2000 ml en vidrio	32 480	1	32 480	74 627
Erlenmeyer 250 ml	6 032	12	72 384	166 312
Erlenmeyer de 100 ml	5 800	8	46 400	106 610
Erlenmeyer de 500 ml	8 468	7	59 276	136 195
Erlenmeyer de 1.000 ml	13 804	2	27 608	63 433
Frasco lavador de 1000 ml	9 280	5	46 400	106 610
Frasco lavador de 250 ml	3 480	2	6 960	15 992
Frasco lavador de 500 ml	6 032	5	30 160	69 297
Frasco seguridad ámbar 100 ml	37 700	4	150 800	346 483

Frasco winkler de 30 ml	24 012	6	144 072	331 025
Frascos de BOD con tapa esmerilada de 60 ml REF.236	23 200	2	46 400	106 610
Gradilla para pipeta	13 600	2	27 200	62 496
Gradillas plásticas para 40 tubos BRAND	19 389	4	77 558	178 200
Jarra GASPAC anaerobiosis para 30 caja en policarbonato	672 800	1	672 800	1 545 849
Mechero de gas	29 000	2	58 000	133 263
Mecheros de alcohol	5 220	1	5 220	11 994
Pinza con nuez para refrigerante	35 960	4	143 840	330 492
Pinza de chaveta	36 000	1	36 000	82 715
Pinza Mohr	4 640	4	18 560	42 644
Pinza para condensador y balones de extensión	25 520	4	102 080	234 543
Pinza para crisol	10 672	1	10 672	24 520
Pipeta gravimétrica de 1 ml	5 568	3	16 704	38 380
Pipeta gravimétrica de 10 ml	2 900	8	23 200	53 305
Pipeta volumétrica de 10 ml clase A	6 728	7	47 096	108 209
Pipeta volumétrica de 10 ml marca BRAND	3 049	3	9 149	21 021
Pipeta volumétrica de 5 ml clase A	5 800	6	34 800	79 958
Pipetas gravimétricas de 0.1 ml	8 584	3	25 752	59 169
Plato para desecador diámetro 241 mm	104 400	1	104 400	239 873
Probeta de 100 ml	11 368	1	11 368	26 120
Probeta de 50 ml	9 744	3	29 232	67 164
Probeta de 500 ml	23 200	3	69 600	159 915
Soporte universal con varilla	29 000	4	116 000	266 526
Trampa con esmerilado esférico con erlenmeyer	348 000	1	348 000	799 577
Tubo de ensayo 16 x 150	754	35	26 390	60 635
Tubo tapa rosca 18 x 180 SCHOTT	2 320	7	16 240	37 314
Tubo taparosca 16 x 100 SCHOTT	1 624	78	126 672	291 046
Vaso de 100 ml	5 800	4	23 200	53 305
Vidrio de reloj pequeño	4 292	1	4 292	9 861
SUBTOTAL				15 932 422

Tabla G.7. Costos devolutivos por material comprado por EMPAS para el laboratorio

COSTOS DE MATERIAL DE LABORATORIO PTAR RIO FRIO COMPRADOS POR EMPAS (VPN hallado con un interés del 7,54% a 3,8 años)				
Articulo	Valor Unitario (\$)	Cantidad	Subtotal (\$)	VPN (\$)
PROBETA GRADUADA DE 1000 ML DURHAM EN VIDRIO.	116 000,00	1	116 000	152 332
PIPETA GRAVIMÉTRICA DE 0,1 ML.	8 352,00	5	41 760	54 839
PIPETA GRAVIMÉTRICA DE 1 ML.	5 568,00	5	27 840	36 560
CAJA PETRI EN VIDRIO 100X15 MM.	2 436,00	30	73 080	95 969

CAMPANAS (TUBOS) DURHAM.	696,00	30	20 880	27 420
CAMPANAS (TUBOS) DURHAM.	696,00	42	29 232	38 388
TERMÓMETRO DE MAX Y MIN - 40+50 C BOECO	32 480,00	1	32 480	42 653
VASO PRECIPITADO DE 250 ML	7 076,00	10	70 760	92 922
VASO PRECIPITADO DE 150 ML	6 960,00	9	62 640	82 259
TERMÓMETRO DE PUNZÓN DE -10 A 110 C	35 844,00	5	179 220	235 352
PROBETA 100 ML VIDRIO BASE PLÁSTICA	10 208,00	5	51 040	67 026
EMBUDO DE VIDRIO 60 CM	11 600,00	2	23 200	30 466
BALÓN FONDO PLANO 250 ML BOCA ESMERILADA 29/32 ECOV	31 320,00	3	93 960	123 389
ERLENMEYER CUELLO ANGOSTO 250 ML BOECO	8 932,00	5	44 660	58 648
EMBUDO IMHOFF X 1000 ML MARCA BRAND.	145 000,00	6	870 000	1 142 487
PIPETA DE 1 ML - LMS	5 568,00	5	27 840	36 560
PIPETA DE 5 ML - LMS	5 568,00	5	27 840	36 560
ASPIRADOR PIPETA AZUL BOECO	33 060,00	2	66 120	86 829
ASPIRADOR PIPETA VERDE BOECO	33 060,00	2	66 120	86 829
ASPIRADOR PIPETA ROJO BOECO	33 060,00	1	33 060	43 414
ELECTRODO PLÁSTICO SENTIX Sonda WTW	495 000,00	1	495 000	650 036
PROBETA GRADUADA 50 ML MARCA BRAND	32 480,00	1	32 480	42 653
PROBETA GRADUADA 100 ML	26 680,00	5	133 400	175 181
BALÓN VOLUMEN 250 ML CLASE A	61 480,00	5	307 400	403 679
PROBETA GRADUADA 50 ML MARCA BRAND	32 480,00	4	129 920	170 611
BALÓN VOLUMEN 1000 ML CLASE A	104 400,00	1	104 400	137 098
VASO PRECIPITADO DE 1000 ML	15 660,00	1	15 660	20 565
VASO PRECIPITADO DE 600 ML	10 440,00	1	10 440	13 710
VASO PRECIPITADO DE 250 ML	7 656,00	4	30 624	40 216
VASO PRECIPITADO DE 100 ML	7 192,00	5	35 960	47 223
ERLENMEYER DE 1000 ML	15 660,00	2	31 320	41 130
PINZA PARA TUBO DE ENSAYO	5 220,00	1	5 220	6 855
CRISOL GOOCH PORCELANA	112 288,00	5	561 440	737 285
FRASCO DE BOD DE 30 ML VILAB	34 220,00	5	171 100	224 689
CAJA PETRI 100 * 15 EN VIDRIO - MARCA BOECO	2 784,00	40	111 360	146 238
GRADILLA PLÁSTICA DE 20 MM - MARCA KARTELL	33 640,00	2	67 280	88 352
MECHERO A GAS TIPO FISHER - UNITED	69 600,00	2	139 200	182 798
MICROPIPETA 100 - 1000 ML - MARCA BOECO	417 600,00	1	417 600	548 394

TUBO CULTIVO AR ROSCA 18*180 MARCA SCHOTT	3 596,00	100	359 600	472 228
EQUIPO SOXLHET DE 100 ML	290 000,00	2	580 000	761 658
ERLENMEYER DE 100 ML, MARCA BOECO	8 120,00	5	40 600	53 316
			SUBTOTAL	7 534 813

Tabla G.8. Costos devolutivos por equipos activos en el laboratorio

COSTOS EQUIPOS ACTIVOS FIJOS EN EL LABORATORIO DE LA PTAR Río Frío				
Descripción	Fecha Recepción	Cantidad	Valor (\$)	VPN (\$)
AGITADOR MAGNETICO	09/12/1997	1	473 280	2 008 568
AUTOCLAVE TIPO OLLA ELECTRICA 25X-1	03/10/2000	1	1 437 500	3 302 850
AUTOCLAVE TIPO OLLA ELECTRICA 25X-1	23/05/2001	1	1 589 200	3 326 011
BALANZA ANALITICA PRECISION 0.1 MG	25/10/2002	1	6 728 000	12 097 717
BALANZA DE PRECISION METTER E-2000	14/04/1981	1	103 880	9 455 229
BAÑO SEROLOGICO MODELO WB- 10	24/06/2003	1	2 308 400	3 948 305
DESECADOR	23/05/2001	1	777 200	1 626 589
DESTILADOR DE 3 LT/HORA MOD.D3300	23/05/2001	1	2 082 200	4 357 803
ESTUFA UNIVERSAL DESECACION 115	23/05/2001	1	3 224 800	6 749 132
FOTOMETRO CON BATERIA NOVA 60	12/03/2001	1	3 480 000	7 562 482
INCUBADORA ANALOGA 28 LT VTBINDER	23/05/2001	1	1 566 000	3 277 456
MEDIDOR DE OXIGENO PORTATIL	10/11/1999	1	1 508 000	3 919 067
MUFLA ANALOGA	23/05/2001	1	1 684 320	3 525 086
NEVERA DE 12 PIES CENTRALES NOFROOTS	22/05/2001	1	899 000	1 881 503
PH METRO 320	04/11/1997	1	689 040	2 989 212
PH-METRO PORTATIL WTW MODELO PH-330	10/11/1999	1	870 000	2 261 000
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	23/05/2001	1	284 200	594 798
TERMOREACTOR TR 320	04/11/1997	1	1 044 000	4 529 110
NEVERA CENTRALES REF. CC-268	17/03/2008	1	623 000	740 077
VITRINA PANORÁMICA INPVE – 15	19/09/2009	1	2 140 000	2 239 371
TOTAL		20	33 512 020	80 391 365

ANEXO H. MATERIAL INSTRUMENTAL, EQUIPOS Y REACTIVOS REQUERIDOS PARA LOS MÉTODOS ALTERNOS REALIZADOS EN LA PLANTA

Tabla H.1. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de DQO con el Método de Reflujo Abierto.

Materiales	Reactivos
Matraces Erlenmeyer de 500 o 250 ml con cuello ²⁴ / ₄₀ de vidrio esmerilado	Solución de K ₂ Cr ₂ O ₇ patrón (0,0417 M)
	Sulfato de Amonio Ferroso (SAF) patrón para titulación, aproximadamente 0,25 M
Refrigerante de 300 mm de chaqueta	Solución indicadora de ferroína
	Sulfato de Mercurio (HgSO ₄)
	Acido sulfúrico concentrado
Placa de calentamiento con energía suficiente para producir 1,4 W/cm ² de superficie de calentamiento	Ftalato de Hidrogeno de Potasio patrón (FHP)
	Acido Sulfámico (para eliminar interferencia por nitritos)

Tabla H.2. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de DQO con el Método Titulométrico con Reflujo Cerrado.

Materiales	Reactivos
Sellador de ampolla	Solución de K ₂ Cr ₂ O ₇ patrón (0,0167 M)
Vasos de digestión; pueden ser tubos de cultivo de 16x100 mm, 20x150 mm o 25x150 mm con tapones de rosca	SAF patrón para titulación, aproximadamente 0,10 M
	Solución indicadora de ferroína
Horno o calentador que funcione a 150°C	Acido sulfúrico concentrado
Bloque de calentamiento. Puede ser de aluminio fundido de 45 a 50 mm de profundidad con agujeros del tamaño de los tubos de cultivo	FHP patrón
	Acido Sulfámico (para eliminar interferencia por nitritos)

Tabla H.3. Reactivos requeridos para la determinación de DQO con el Método Colorimétrico con Reflujo Cerrado.

Reactivos	
Solución de Digestión, preparada con K ₂ Cr ₂ O ₇ , H ₂ SO ₄ , HgSO ₄ y agua destilada	Ftalato de Hidrogeno de Potasio patrón
Acido Sulfámico	Acido Sulfúrico concentrado

Tabla H.4. Materiales y equipos requeridos para la determinación de Sólidos Sedimentables con el Método Gravimétrico.

Materiales	
Vaso de vidrio, diámetro mínimo de 9cm	Matraz de succión
Plancheta de acero inoxidable, 65 mm de diámetro	Discos de filtrado de fibra de vidrio, sin aglutinante orgánico
Horno de secado con temperatura de 103 a	Mufla que maneje temperatura de

105 °C	550±50°C
Balanza de análisis	Desecador, provisto de un desecante con indicador colorimétrico de concentración de humedad
Aparato de filtrado, se escoge dependiendo del disco	

Tabla H.5. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de AGV's con el Método de Destilación.

Materiales	Reactivos
Centrifuga para tubos de ensayo	Acido Sulfúrico
Matraz de destilación de 500 ml	Solución madre de Acido Acético
Condensador, debe ser de 76 cm de largo	Solución indicadora de Fenolftaleína
Tubo adaptador	
pH-metro	Hidróxido de Sodio para titulación, 0,1 N
Conjunto de destilación	

Tabla H.6. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Alcalinidad con el Método de Titulación.

Materiales	Reactivos
Titulador electrométrico	Acido Sulfúrico o Clorhídrico, 0,1 N
	Acido Sulfúrico o Clorhídrico, 0,02 N
Vaso de titulación	Solución indicadora de verde de bromocresol
Pipetas volumétricas	Solución de carbonato de Sodio, aproximadamente 0,05N
Agitador magnético	Solución indicadora de purpura de metacresol
Matraces volumétricos de 1000, 200 y 100 ml	Solución alcohólica de fenolftaleína, indicada a pH 8,3
	Tiosulfato sódico 0,1 N

Tabla H.7. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Sulfuros con el Método del Azul de Metileno.

Materiales	Reactivos
Tubos de ensayo de dimensiones de acuerdo a la celda del espectrofotómetro	Solución madre de Acido Aminosulfúrico
	Reactivo de acido Aminosulfúrico
Cuentagotas	Solución de Cloruro Férrico
	Solución de Acido sulfúrico
Espectrofotómetro o fotómetro de filtro	Solución de monofosfato diamónico
	Solución de azul de metileno

Tabla H.8. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Sulfuros con el Método Yodométrico.

Materiales	Reactivos
Titulador electrométrico	Acido Clorhídrico, 6 N
Vaso de titulación	
Agitador magnético	Solución de almidón

Pipetas volumétricas	Solución patrón de yodo, 0,0250 N
Matraces volumétrico, de 1000, 200 y 100 ml	Solución patrón de Tiosulfato sódico, 0,025 N

Tabla H.9. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Sulfatos con el Método Gravimétrico con combustión de residuos.

Materiales	Reactivos
Baño de vapor	Solución indicadora rojo de metilo
Horno de secado con control de temperatura	
Mufla con indicador de temperatura	Acido clorhídrico
Desecador	Reactivo de Nitrato de Plata-Acido Nítrico
Balanza analítica	Silicona líquida
Papel filtro para precipitados finos	Solución de cloruro de bario
Aparato de filtración	

Tabla H.10. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Sulfatos con el Método Turbidimétrico.

Materiales	Reactivos
Agitador magnético	Cloruro de Bario
Fotómetro, se puede usar un nefelómetro o un espectrofotómetro	Solución A, hecha a base de cloruro de magnesio hexahidratado, acetato de sodio, nitrato potásico y ácido acético
Cronometro o reloj eléctrico	Solución B, hecha a base de cloruro de magnesio hexahidratado, acetato de sodio, sulfato de sodio y ácido acético
Cuchara de medida	Solución patrón de sulfato, se prepara con ácido sulfúrico o sulfato de sodio anhidro

Tabla H.11. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Tensoactivos con el Método de Surfactantes Aniónicos como SAAM.

Materiales	Reactivos
Equipo colorimétrico, puede ser un espectrofotómetro o fotómetro de filtro	Solución de lavado, a base de ácido sulfúrico 6 N y Dihidrogenofosfato de Sodio
	Peróxido de hidrogeno al 30%
	Lana de vidrio
	Agua destilada o ionizada, libre de SAAM
Embudos de separación de 500 ml, preferiblemente con tapones y llaves de paso TFE inerte	Metanol
	Hidróxido de Sodio, 0,1 N
	Acido Sulfúrico 1 y 6 N
	Cloroformo
	Reactivo azul de metileno
	Solución SAL de reserva
	Solución SAL patrón
	Solución indicadora de fenolftaleína

Tabla H.12. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Turbiedad con el Método Nefelométrico.

Materiales	Reactivos
Turbidímetro, consiste en un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra	Agua libre de turbidez
	Suspensión de turbidez de reserva, a base de sulfato de hidracina y hexametenotetraamina
Tubos de muestra, deben ser de cristal e incoloros	Suspensión de turbidez estándar, se prepara con la suspensión de reserva
	Estándar de turbidez, se puede preparar a partir de la suspensión estándar

Tabla H.13. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Grasas y Aceites con el Método de Partición Gravimétrica.

Materiales	Reactivos
Embudo de separación	Acido Clorhídrico
Matraz de destilación de 125 ml	Triclorotrifluoretano (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano)
Baño de agua	
Papel filtro de diámetro 11 cm	Sulfato de Sodio

Tabla H.14. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Grasas y Aceites con el Método de Partición-Infrarrojo.

Materiales	Reactivos
Embudo de separación	Acido Clorhídrico
Matraz de destilación de 125 ml	
Baño de agua	Triclorotrifluoretano (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano)
Papel filtro de diámetro 11 cm	
Espectrofotómetro infrarrojo de doble haz registrador	Aceite de referencia, preparado a base de Isooctano, hexadecano y benceno
Células, sílice infrarrojo próximo	Sulfato de Sodio

Tabla H.15. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Grasas y Aceites con el Método de Extracción Soxhlet.

Materiales	Reactivos
Equipo de extracción Soxhlet	Acido Clorhídrico
Bomba de vacío	
Embudo Buchner de 12 cm	Triclorotrifluoroetano (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano)
Funda de calentamiento eléctrico	
Dedal de extracción: papel	
Papel de filtro: 11 cm de diámetro	Suspensión de ayuda al filtro de sílice de diatomeas
Discos de Muselina: 11 cm de diámetro	

Tabla H.16. Materiales y equipos requeridos para la determinación de Sólidos Totales en lodos con el Método de Sólidos Totales Secados a 103-105 °C.

Materiales	
Placas de evaporación de 100 ml en	Horno de secado para operar a

porcelana, platino o sílice	temperatura entre 103 y 105 °C
Horno de mufla para operar a 550±50 °C	Desecador
Baño de vapor	Balanza analítica

Tabla H.17. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Grasas y Aceites en lodos con el Método de Extracción para Muestra de Lodos.

Materiales	Reactivos
Equipo de extracción Soxhlet	Acido Clorhídrico
Bomba de vacío	Sulfato de magnesio monohidratado
Dedal de extracción: papel	Triclorotrifluoroetano (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano)
Algodón libre de grasa	

ANEXO I. MATERIAL INSTRUMENTAL, EQUIPOS Y REACTIVOS REQUERIDOS PARA LOS MÉTODOS ALTERNOS REALIZADOS EN LA PLANTA

Tabla I.1. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Conductividad con el Método de laboratorio.

Materiales	Reactivos
Instrumental de conductividad autocontenido	Agua de conductividad, se debe pasar agua destilada por un desionizador
Termómetro de resolución 0,1 °C	Solución estándar de cloruro de potasio, 0,01 M. Se tiene que preparar con agua de conductividad
Célula de conductividad, existen electrodos de platino y de no platino	

Tabla I.2. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de DBO con la Prueba DBO de 5 días.

Materiales	Reactivos
Incubadora de aire o baño de agua, controlado por termostato a 20±1 °C, se debe eliminar la luz para evitar producción fotosintética de oxígeno disuelto	Solución tampón de fosfato, se prepara con KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Y NH_4Cl
	Solución de sulfato de magnesio
	Solución de cloruro de calcio
	Solución de cloruro férrico
Botellas de incubación de 250 a 300 ml	Soluciones ácida y básica (1 N)
	Solución de sulfito sódico
	Inhibidor de nitrificación
	Solución de glucosa-ácido glutámico
	Solución de cloruro de amonio (pH 7,2)

Tabla I.3. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Nitritos con el Método colorimétrico.

Materiales	Reactivos
Equipo colorimétrico: puede ser un espectrofotómetro con una longitud de onda de 543 nm, con un centímetro o más de recorrido de luz o un fotómetro de filtro provisto de un filtro verde de transmitancia máxima próxima a los 540 nm	Agua exenta de nitrito
	Reactivo colorante, preparado a partir de ácido fosfórico, sulfanilimida y diclorohidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina
	Oxalato de sodio 0,05 N
	Sulfato de amonio ferroso 0,05 N
	Solución madre de nitrito: NaNO_2 comercial
	Solución intermedia de nitrito, preparada a partir de la solución madre de nitrito
	Solución patrón de nitrito, preparada a partir de la solución intermedia de nitrito

Tabla I.4. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniaco con el Paso previo a la destilación.

Materiales	Reactivos
Aparato de destilación. Dispóngase de un matraz de vidrio de borosilicato de 2000 ml, unido a un condensador vertical	Agua exenta de amoniaco, se prepara con intercambio iónico o destilación
	Solución tampón de borato, se prepara con NaOH (0,1 N) y tetraborato de sodio (0,025 M)
	Hidróxido de sodio, 6 N
	Acido sulfúrico 0,04 N
pH-metro	Agente neutralizante, puede ser NaOH o H ₂ SO ₄
	Solución absorbente, acido bórico puro
	Solución indicadora de acido bórico
	Agua declorante. Se puede usar sulfito de sodio, Tiosulfato de sodio, oxido de fenilarsina o arsenito de sodio

Tabla I.5. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniaco con el Método de Nesslerización – directo y subsiguiente a destilación –.

Materiales	Reactivos
pH-metro	Todos los reactivos del paso previo a la destilación, excepto el tampón de borato y la solución absorbente
	Solución de sulfato de zinc
	Agente estabilizador, EDTA o Sal de Rochelle
	Reactivo Nessler, preparado a partir de HgI ₂ , KI y NaOH
Equipo colorimétrico. Se puede utilizar un espectrofotómetro para uso a 400-500 nm, un fotómetro de filtro ultravioleta de transmitancia máxima a 400-425 nm, en ambos casos con recorrido de luz de 1 cm o más, o tubos de nessler de 50 ml y forma alta	Solución madre de amonio, preparar disolviendo NH ₄ Cl en agua destilada
	Solución patrón, preparada a partir de solución madre de amonio
	Soluciones de color permanente. Puede ser solución de cloroplatinato (preparada con K ₂ PtCl ₆ y HCl) o solución de cloruro cobaltoso (preparada con CoCl ₂ · 6H ₂ O y HCl)

Tabla I.6. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniaco con el Método de la sal de fenol.

Materiales	Reactivos
Equipo colorimétrico. Se puede utilizar un espectrofotómetro para uso a 630 nm, un fotómetro de filtro rojo-naranja de transmitancia máxima próxima a 630 nm, en ambos casos con recorrido de luz de 1	Agua exenta de amoniaco
	Reactivo de acido hipocloroso, preparar a partir de NaOCl y ajustar pH 6,5-7,0 con HCl
	Solución de sulfato manganoso (0,003 M)

cm o mas	Reactivo de sal de fenol, preparada a partir de NaOH y fenol
Agitador magnético	Solución madre de amonio, preparar disolviendo NH_4 en agua destilada
	Solución patrón de amonio, preparar a partir de la solución madre de amonio

Tabla I.7. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniaco con el Método titulométrico.

Materiales	Reactivos
Aparato de destilación. Dispóngase de un matraz de vidrio de borosilicato de 2000 ml, unido a un condensador vertical	Solución de indicador mixta. Disolver indicador rojo de metilo en alcohol etílico. Preparar a parte una solución azul de metilo en alcohol etílico. Combinar las dos.
	Acido sulfúrico para titular (0,02 N)
pH-metro	Solución indicadora de acido bórico, preparada a partir de H_3BO_3 , solución indicadora mixta y agua destilada

Tabla I.8. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniaco con el Método macro-Kjeldahl.

Materiales	Reactivos
Aparato de digestión: los mejores resultados se obtienen con matraces Kjeldahl de 800 ml	Se requieren todos los reactivos del paso previo a la destilación (determinación de amoniaco) excepto la solución absorbente
	Solución de sulfato de zinc
	Agente estabilizador. EDTA o sal de Rochelle
Aparato de destilación. Dispóngase de un matraz de vidrio de borosilicato de 2000 ml, unido a un condensador vertical	Reactivo nessler
	Solución madre de amonio, preparar disolviendo NH_4Cl en agua destilada
	Solución patrón de amonio, se prepara a partir de solución madre de amonio
Equipo colorimétrico. Se puede usar un espectrofotómetro para uso a 400-500 nm, un fotómetro de filtro ultravioleta de transmitancia máxima a 400-425 nm, en ambos casos con recorrido de luz de un centímetro o mas	Solución de color permanente
	Solución de sulfato mercúrico, preparada a partir de oxido rojo de mercurio y acido sulfúrico 6 N
	Reactivo de digestión, a partir de sulfato potásico, acido sulfúrico y sulfato mercúrico
pH-metro	Reactivo hidróxido de sodio-tiosulfato sódico
	Solución tampón de borato
	Hidróxido de Sodio 6 N

Tabla I.9. Materiales, equipos y reactivos requeridos para la determinación de Amoniac con el Método macro-Kjeldahl.

Materiales	Reactivos
Equipo colorimétrico. Se puede usar un espectrofotómetro o un fotómetro de filtro de color rojo y recorrido de luz de 0,5 cm o superior	Solución indicadora de fenolftaleína
	Acido nítrico
Material de lavado de vidrio	Hidróxido de sodio
	Acido sulfúrico
Autoclave	Tartrato antimonílico potásico
Placa de calentamiento	Molibdato amónico
Erlenmeyer de 125 ml	

ANEXO J. COTIZACIONES RECIBIDAS

Tabla J.1. Cotizaciones por parte de Santandereana de Químicos y Reactivos S.A.S.

Reactivo	Presentación	Marca	Valor
2-cloro-6-(tricloro metil) piridina o Inhibidor de Nitrificación	unidad	WTW	\$ 194 000,00
Acetato de etilo	4 l	B & J	\$ 130 000,00
Acetato de etilo	1 l	Merck	\$ 189 000,00
Acetato de sodio trihidratado	1 kg	Merck	\$ 78 200,00
Acido acético	2,5 l	Merck	\$ 85 800,00
Acido bórico	500 g	Panreac	\$ 100 000,00
Acido clorhídrico	1 l	Merck	\$ 41 500,00
Acido clorhídrico	2,5 l	Merck	\$ 65 000,00
Acido fosfórico	1 l	Merck	\$ 191 400,00
Acido glutámico	100 g	Panreac	\$ 145 000,00
Acido nítrico	1 l	Carlo Erba	\$ 86 100,00
Acido salicílico	100 g	Panreac	\$ 89 000,00
Acido sulfámico	100 g	Alfa USA	\$ 195 000,00
Acido sulfámico	250 g	Carlo Erba	\$ 310 000,00
Acido sulfúrico	1 l	Merck	\$ 50 700,00
Acido sulfúrico	2,5 l	Merck	\$ 78 500,00
Almidón soluble	2,5 l	Carlo Erba	\$ 136 000,00
Almidón soluble	250 g	Merck	\$ 150 000,00
Azul de timol	5 g	Carlo Erba	\$ 197 600,00
Bicarbonato de Sodio	1 kg	Merck	\$ 58 900,00
Cloruro cobaltoso hexahidratado	100 g	Across	\$ 360 000,00
Cloruro de amonio	500 g	Carlo Erba	\$ 115 700,00
Cloruro de bario	1 kg	Carlo Erba	\$ 159 200,00
Cloruro de calcio	500 g	Panreac	\$ 119 000,00
Cloruro de magnesio	500 g	Panreac	\$ 103 000,00
Cloruro de sodio	1 kg	Merck	\$ 35 000,00
Cloruro férrico anhidro	250 g	Panreac	\$ 110 000,00
Cloruro potásico	1 kg	Merck	\$ 57 900,00
Dicromato de potasio	500 g	Panreac	\$ 209 500,00
Dicromato de potasio	1 kg	Merck	\$ 314 000,00
Etilendiamina disódico (EDTA)	100 g	Merck	\$ 102 600,00
Fenilarsina (trifenilarsina)	5 g	Merck	\$ 298 500,00
Fenol	500 g	Panreac	\$ 169 000,00
Fluoruro potásico	250 g	Merck	\$ 203 200,00
Fosfato acido de potasio anhidro	500 g	Panreac	\$ 132 000,00

Fosfato ácido de sodio anhidro	500 g	Merck	\$ 75 600,00
Fosfato diádico de potasio anhidro	1 kg	Merck	\$ 94 100,00
Hexacloroplatinato de potasio	1 g	Panreac	\$ 540 000,00
Hexametenotetraamina	100 g	Merck	\$ 135 000,00
Hexametenotetraamina	500 g	Panreac	\$ 145 000,00
Hidróxido de amonio	1 l	Merck	\$ 67 100,00
Hidróxido de bario octahidratado	500 g	Panreac	\$ 309 000,00
Nitrato de plata	25 g	Panreac	\$ 275 000,00
Nitrato potásico	500 g	Panreac	\$ 230 000,00
Nitrito de sodio	500 g	Merck	\$ 165 100,00
Oxalato de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 246 100,00
Oxalato potásico	250 g	Carlo Erba	\$ 209 800,00
Permanganato de potasio	250 g	Panreac	\$ 360 000,00
Solución indicadora de fenolftaleína	250 ml	Chemi	\$ 25 000,00
Solución indicadora de ferroína para aguas residuales	100 ml	Merck	\$ 220 000,00
Solución indicadora rojo de metilo	250 ml	Chemi	\$ 39 200,00
Sulfanilimida	100 g	Across	\$ 229 000,00
Sulfato alúmico potásico	500 g	Panreac	\$ 169 000,00
Sulfato amoníaco ferroso hexahidratado	500 g	Merck	\$ 94 700,00
Sulfato de Amonio Ferroso hexahidratado	500 g	Merck	\$ 94 900,00
Sulfato de cobre (III)	500 g	Panreac	\$ 105 000,00
Sulfato de hidracina	100 g	Across	\$ 210 000,00
Sulfato de hidracina	100 g	Merck	\$ 212 000,00
Sulfato de magnesio heptahidratado	500 g	Panreac	\$ 160 000,00
Sulfato de magnesio heptahidratado	1 kg	Merck	\$ 173 700,00
Sulfato de mercurio III	50 g	Carlo Erba	\$ 180 500,00
Sulfato de mercurio III	100 g	Panreac	\$ 380 000,00
Sulfato de Sodio	1 kg	Merck	\$ 62 500,00
Sulfato de zinc heptahidratado	500 g	Panreac	\$ 75 000,00
Sulfato manganeso	250 g	Merck	\$ 165 100,00
Sulfito de sodio anhidro	1 kg	Panreac	\$ 94 000,00
Tartrato sódico dihidratado	500 g	Panreac	\$ 299 000,00
Tetraborato de sodio decahidratado	500 g	Carlo Erba	\$ 130 200,00
Tiosulfato sódico pentahidratado	1 kg	Merck	\$ 59 900,00
Yodo resublimado	100 g	Merck	\$ 126 500,00
Yodo resublimado	250 g	Panreac	\$ 316 000,00
Yoduro de potasio	250 g	Carlo Erba	\$ 159 500,00
Yoduro de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 358 200,00
Yoduro mercúrico rojo	50 g	Merck	\$ 339 000,00

Yoduro potásico	250 g	Carlo Erba	\$ 159 200,00
-----------------	-------	------------	---------------

Tabla J.2. Cotizaciones recibidas de Artilab S.A.

Reactivo	Presentación	Marca	Valor
Acetato de etilo	1 l	Merck	\$ 183 680,00
Acetato de sodio	1 kg	Carlo Erba	\$ 91 250,00
Acido acético	2,5 l	Merck	\$ 48 640,00
Acido bórico	1 kg	Carlo Erba	\$ 120 450,00
Acido clorhídrico	1 l	Merck	\$ 40 320,00
Acido glutámico	250 g	Carlo Erba	\$ 286 160,00
Acido nítrico	2,5 l	Merck	\$ 208 320,00
Acido ortofosfórico	1 l	Merck	\$ 180 420,00
Acido salicílico	1 kg	Carlo Erba	\$ 423 400,00
Acido sulfámico	100 g	Alfa USA	\$ 188 000,00
Acido sulfúrico	2,5 l	Merck	\$ 80 000,00
Almidón soluble	100 g	Merck	\$ 132 480,00
Amoniaco en solución	2,5 l	Merck	\$ 68 820,00
Cloruro de amonio	1 kg	Merck	\$ 129 580,00
Cloruro de bario	1 kg	Merck	\$ 153 760,00
Cloruro de calcio dihidratado	1 kg	Merck	\$ 178 560,00
Cloruro de hierro III	500 g	Merck	\$ 135 100,00
Cloruro de magnesio	1 kg	Carlo Erba	\$ 160 600,00
Cloruro de potasio	1 kg	Merck	\$ 54 560,00
Cloruro de sodio	1 kg	Merck	\$ 35 200,00
Dicromato de potasio	1 kg	Merck	\$ 305 280,00
Dihidrogenofosfato de potasio	1 kg	Merck	\$ 88 660,00
Fenol	1 kg	Merck	\$ 201 500,00
Fluoruro de potasio	250 g	Merck	\$ 191 580,00
Hexametileno tetraamina	500 g	Panreac	\$ 140 000,00
Hidrogenocarbonato de sodio	1 kg	Merck	\$ 57 600,00
Hidrogenofosfato dipotásico	1 kg	Merck	\$ 306 900,00
Hidrogenofosfato disódico	1 kg	Merck	\$ 266 600,00
Hidróxido de bario	1 kg	Carlo Erba	\$ 412 450,00
Indicador azul de timol	5 g	Merck	\$ 196 480,00
Nitrato de plata	10 g	Bioquigen	\$ 98 000,00
Nitrito de sodio	500 g	Merck	\$ 163 150,00
Oxalato de potasio	250 g	Carlo Erba	\$ 211 700,00
Oxalato de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 248 200,00
Permanganato de potasio	250 g	Merck	\$ 278 380,00
Solución indicadora de fenolftaleína	1 l	Bioquigen	\$ 45 000,00

Solución indicadora de fenolftaleína	250 ml	Merck	\$ 118 400,00
Solución indicadora de ferroína para análisis de aguas residuales	100 ml	Merck	\$ 217 600,00
Sulfanilamida	100 g	Merck	\$ 479 500,00
Sulfato de amonio ferroso hexahidratado	500 g	Merck	\$ 89 280,00
Sulfato de cobre	1 kg	Carlo Erba	\$ 131 400,00
Sulfato de hidracina	500 g	Panreac	\$ 295 000,00
Sulfato de magnesio	1 kg	Merck	\$ 168 960,00
Sulfato de manganeso	1 kg	Carlo Erba	\$ 518 300,00
Sulfato de mercurio	50 g	Carlo Erba	\$ 174 300,00
Sulfato de potasio y aluminio	1 kg	Carlo Erba	\$ 226 300,00
Sulfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 60 800,00
Sulfato de zinc heptahidratado	1 kg	Merck	\$ 90 350,00
Sulfito de sodio	1 kg	Merck	\$ 81 900,00
Tartrato de sodio	500 g	Carlo Erba	\$ 591 300,00
Tetraborato de sodio decahidratado	500 g	Carlo Erba	\$ 131 400,00
Tiosulfato sódico	1 kg	Merck	\$ 58 240,00
Yodo bisublimado	250 g	Carlo Erba	\$ 385 000,00
Yoduro de potasio	1 kg	Merck	\$ 381 920,00
Yoduro de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 361 350,00




Tabla J.3. Cotizaciones recibidas de Arquilab LTDA.

Reactivo	Presentación	Marca	Valor
Acetato de sodio	1 kg	Merck	\$ 73 000,00
Acetato de sodio	1 kg	-	\$ 88 000,00
Acido acético	1 l	Merck	\$ 49 800,00
Acido acético	2,5 l	Merck	\$ 84 500,00
Acido bórico	1 kg	Merck	\$ 130 500,00
Acido bórico	1 kg	Carlo Erba	\$ 116 200,00
Acido clorhídrico	1 l	Merck	\$ 41 000,00
Acido clorhídrico	2,5 l	Merck	\$ 61 500,00
Acido edta, sal sódica	100 g	Carlo Erba	\$ 118 300,00
Acido etilendiaminotetraacetico, sal disódica	250 g	Merck	\$ 168 000,00
Acido glutámico	250 g	Merck	\$ 233 500,00
Acido glutámico	250 g	-	\$ 276 000,00
Acido nítrico	2,5 l	Merck	\$ 199 000,00
Acido ortofosfórico	1 l	Merck	\$ 179 000,00
Acido ortofosfórico	1 l	Carlo Erba	\$ 183 000,00
Acido salicílico	1 kg	Merck	\$ 149 300,00
Acido salicílico	1 kg	-	\$ 408 500,00

Acido sulfámico	250 g	Carlo Erba	\$ 246 400,00
Acido sulfanílico	250 g	Merck	\$ 208 000,00
Acido sulfúrico	1 l	Merck	\$ 47 300,00
Acido sulfúrico	2,5 l	Merck	\$ 74 000,00
Almidón soluble	250 g	Merck	\$ 140 000,00
Almidón soluble	1 kg	-	\$ 521 000,00
Amoniaco en solución	1 l	Merck	\$ 79 000,00
Azul de timol	5 g	Merck	\$ 188 000,00
Azul de timol	5 g	Carlo Erba	\$ 192 000,00
Azul de timol	25 g	Merck	\$ 369 000,00
Bicarbonato de sodio	500 g	Mallinckrodt	\$ 74 000,00
Bicarbonato de sodio	1 kg	Carlo Erba	\$ 183 000,00
Cloruro de amonio	1 kg	Merck	\$ 128 500,00
Cloruro de amonio	1 kg	Carlo Erba	\$ 197 000,00
Cloruro de bario	1 kg	Merck	\$ 152 300,00
Cloruro de bario	1 kg	Carlo Erba	\$ 155 000,00
Cloruro de calcio	1 kg	Merck	\$ 177 000,00
Cloruro de calcio	500 g	-	\$ 138 000,00
Cloruro de cobalto	25 g	Merck	\$ 242 000,00
Cloruro de cobalto	250 g	Carlo Erba	\$ 584 500,00
Cloruro de hierro II	250 g	Merck	\$ 157 300,00
Cloruro de hierro II	2,5 kg	Carlo Erba	\$ 204 200,00
Cloruro de magnesio	1 kg	Merck	\$ 236 600,00
Cloruro de magnesio	1 kg	Carlo Erba	\$ 155 000,00
Cloruro de potasio	1 kg	Merck	\$ 54 000,00
Cloruro de potasio	1 kg	Carlo Erba	\$ 84 500,00
Cloruro de sodio	1 kg	Merck	\$ 34 000,00
Cloruro de sodio	1 kg	-	\$ 34 000,00
Dicromato de potasio	1 kg	Merck	\$ 293 000,00
Dicromato de potasio	1 kg	Carlo Erba	\$ 350 000,00
Dihidrogenofosfato de potasio	1 kg	Merck	\$ 88 000,00
Dihidrogenofosfato de potasio	1 kg	Carlo Erba	\$ 148 000,00
Dihidrogenofosfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 86 000,00
Fenol	500 g	Merck	\$ 200 000,00
Fenol	1 kg	Carlo Erba	\$ 401 500,00
Fluoruro de potasio	250 g	Merck	\$ 190 000,00
Hexacloroplatinato de potasio	1 g	Merck	\$ 386 500,00
Hidrogenocarbonato de sodio	1 kg	Merck	\$ 55 300,00
Hidrogenofosfato dipotásico	1 kg	Merck	\$ 304 200,00
Hidróxido de bario	500 g	Merck	\$ 310 300,00

Hidróxido de bario	1 kg	Carlo Erba	\$ 398 000,00
Inhibidor de nitrificación	-	WTW	\$ 138 000,00
Nitrato de plata	25 g	Merck	\$ 219 000,00
Nitrato de plata	25 g	Carlo Erba	\$ 267 600,00
Nitrito de sodio	100 g	Merck	\$ 78 700,00
Oxalato de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 239 400,00
Oxalato disódico	250 g	Merck	\$ 317 000,00
Oxalato potásico	250 g	Merck	\$ 210 000,00
Oxalato potásico	250 g	Carlo Erba	\$ 204 500,00
Permanganato de potasio	250 g	Merck	\$ 276 000,00
Rojo de metilo	25 g	Merck	\$ 237 000,00
Rojo de metilo	50 g	Carlo Erba	\$ 352 000,00
Rojo de metilo	300 ml	Mol labs	\$ 48 000,00
Solución indicadora de fenolftaleína	250 ml	Merck	\$ 113 000,00
Solución indicadora de fenolftaleína	250 ml	-	\$ 165 000,00
Solución indicadora de ferroína para análisis en aguas residuales	100 ml	Merck	\$ 208 000,00
Sulfanilimida	100 g	Merck	\$ 421 000,00
Sulfato de aluminio y potasio	1 kg	Merck	\$ 203 500,00
Sulfato de aluminio y potasio	1 kg	Carlo Erba	\$ 218 500,00
Sulfato de amonio ferroso	500 g	Merck	\$ 88 500,00
Sulfato de amonio ferroso	500 g	Carlo Erba	\$ 140 000,00
Sulfato de amonio ferroso	1 kg	Carlo Erba	\$ 145 000,00
Sulfato de cobre II	1 kg	Merck	\$ 108 800,00
Sulfato de cobre II	1 kg	Carlo Erba	\$ 126 800,00
Sulfato de magnesio heptahidratado	1 kg	Merck	\$ 162 000,00
Sulfato de magnesio heptahidratado	1 kg	-	\$ 152 000,00
Sulfato de manganeso monohidratado	-	-	\$ 154 000,00
Sulfato de manganeso monohidratado	1 kg	Carlo Erba	\$ 500 000,00
Sulfato de mercurio	50 g	Merck	\$ 260 000,00
Sulfato de mercurio	50 g	-	\$ 175 000,00
Sulfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 222 000,00
Sulfato de sodio	1 kg	-	\$ 189 000,00
Sulfato de sodio anhidro	1 kg	Merck	\$ 58 000,00
Sulfato de sodio anhidro	1 kg	-	\$ 77 000,00
Sulfito de sodio	1 kg	Merck	\$ 72 000,00
Sulfato de zinc	1 kg	Merck	\$ 85 500,00
Tartrato disódico	250 g	Merck	\$ 294 300,00
Tartrato disódico	500 g	Carlo Erba	\$ 570 500,00
Tetraborato disódico	500 g	Merck	\$ 162 300,00

Tetraborato disódico	500 g	Carlo Erba	\$ 127 000,00
Tiosulfato de sodio pentahidratado	1 kg	Merck	\$ 56 000,00
Tiosulfato de sodio pentahidratado	1 kg	-	\$ 137 000,00
Titriplex para análisis	100 g	Merck	\$ 96 000,00
Trifenilarsina	5 g	Merck	\$ 105 000,00
Yodo bisublimado	100 g	-	\$ 236 000,00
Yodo sublimado	100 g	Merck	\$ 118 000,00
Yoduro de mercurio	50 g	Merck	\$ 280 000,00
Yoduro de mercurio	250 g	Carlo Erba	\$ 624 500,00
Yoduro de potasio	250 g	Merck	\$ 151 000,00
Yoduro de potasio	250 g	-	\$ 155 000,00
Yoduro de potasio	250 g	Merck	\$ 151 200,00
Yoduro de potasio	250 g	Carlo Erba	\$ 155 000,00
Yoduro de sodio	100 g	Merck	\$ 305 400,00
Yoduro de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 348 500,00

Valor	Opciones de equipo	Fotografía
TURBIDIMETRO PORTATIL HANNA		
\$ 2 980 000,00	Incluye maletín	
TURBIDIMETRO DE MESA HANNA		
\$ 4 880 000,00	Calibración automática con microprocesador	
TURBIDIMETRO TURBIQUANT 1100 MERCK		
\$ 3 800 000,00	Turbidímetro portátil	
\$ 901 000,00	Tres patrones estándar	




CONDUCTIMETRO PORTATIL MARCA HANNA		
\$ 1 587 000,00	Incluye patrón de conductividad	
CONDUCTIMETRO PORTATIL STAR 3 PLUS. MARCA: ORION		
\$ 3 194 000,00	Incluye estándar de conductividad y maletín duro de campo	
CONDUCTIMETRO PORTATIL MARCA: WTW		
\$ 3 598 000,00	Incluye estándar de conductividad y estuche de transporte	NO RECIBIDA
CONDUCTIVIMETRO LF 11 PORTATIL MARCA: SCHOTT - SI ANALYTICS		
\$ 2 950 000,00		NO RECIBIDA

Tabla J.4. Cotizaciones recibidas de Lab-In.

Reactivo	Presentación	Marca	Valor
Acetato de etilo	4 l	B & J	\$ 123 000,00
Acido acético	2,5 l	Mallincrodt	\$ 152 000,00
Acido sulfámico	250 g	Carlo Erba	\$ 241 000,00
Acido sulfúrico	1 l	Carlo Erba	\$ 59 000,00
Almidón soluble en agua	1 kg	Bioquigen	\$ 60 000,00
Azul de timol	5 g	Carlo Erba	\$ 188 000,00
Bicarbonato de sodio	1 kg	Bioquigen	\$ 45 000,00
Cloruro de sodio	1 kg	Bioquigen	\$ 35 000,00
Dicromato de potasio	250 g	Bioquigen	\$ 50 000,00
Solución indicadora de fenolftaleína	1 l	Bioquigen	\$ 40 000,00
Sulfato de amonio ferroso	500 g	Carlo Erba	\$ 137 000,00
Sulfato de mercurio	250 g	Carlo Erba	\$ 482 000,00
Sulfato de Sodio	1 kg	Carlo Erba	\$ 76 000,00
Tiosulfato de sodio pentahidratado	1 kg	Carlo Erba	\$ 135 000,00
Yodo bisublimado	250 g	Carlo Erba	\$ 379 000,00
Yoduro de potasio	500 g	Bioquigen	\$ 150 000,00

Tabla J.5. Cotizaciones recibidas de PROVEO LTDA.

Valor	Opciones de equipo	Fotografía
ESPECTROFOTOMETRO EVOLUTION 60 S		
\$ 18 670 000,00	Con control local	
\$ 19 940 000,00	Control local con impresora interna	

\$ 16 900 000,00	Control desde el computador	
AGITADOR VORTEX		
\$ 470 000,00	NA	
CENTRIFUGA PARA TUBOS DE ENSAYO QUADRAC		
\$ 1 610 000,00	Velocidad: 1 a 4500 RPM	
\$ 4 186 000,00	Velocidad: 100 a 5000 RPM	
TURBIDIMETRO PORTATIL VELP		
\$ 2 350 000,00	Longitud de onda: 850 nm	
PLANCHA DE CALENTAMIENTO Marca SBS		
\$ 4 900 000,00	4 puestos individuales	
\$ 5 800 000,00	6 puestos individuales	

ANEXO K. COTIZACIONES CON PRECIOS MÁS ECONÓMICOS

Reactivos	Presentación	Marca	Precio	Proveedor
Acetato de etilo	4 l	B & J	\$ 123 000,00	Lab-in
Acetato de sodio	1 kg	Merck	\$ 73 000,00	Arquilab
Acido acético	2,5 l	Merck	\$ 48 640,00	Artilab
Acido bórico	1 kg	Carlo Erba	\$ 116 200,00	Arquilab
Acido clorhídrico	2,5 l	Merck	\$ 61 500,00	Arquilab
Acido etilendiaminotetraacético, sal disódica (EDTA)	250 g	Merck	\$ 168 000,00	Arquilab
Acido glutámico	250 g	Merck	\$ 233 500,00	Arquilab
Acido nítrico	2,5 l	Merck	\$ 199 000,00	Arquilab
Acido ortofosfórico	1 l	Merck	\$ 179 000,00	Arquilab
Acido salicílico	1 kg	Merck	\$ 149 300,00	Arquilab
Acido sulfámico	250 g	Merck	\$ 208 000,00	Arquilab
Acido sulfúrico	2,5 l	Merck	\$ 74 000,00	Arquilab
Almidón soluble	250 g	Merck	\$ 140 000,00	Arquilab
Amoniaco en solución	2,5 l	Merck	\$ 68 820,00	Artilab
Azul de timol	25 g	Merck	\$ 369 000,00	Arquilab
Bicarbonato de sodio	1 kg	Bioquigen	\$ 45 000,00	Lab-in
Cloruro de amonio	1 kg	Merck	\$ 128 500,00	Arquilab
Cloruro de bario	1 kg	Merck	\$ 152 300,00	Arquilab
Cloruro de calcio	1 kg	Merck	\$ 177 000,00	Arquilab
Cloruro de cobalto	250 g	Carlo Erba	\$ 584 500,00	Arquilab
Cloruro de hierro II	2,5 kg	Carlo Erba	\$ 204 200,00	Arquilab
Cloruro de magnesio	1 kg	Carlo Erba	\$ 155 000,00	Arquilab
Cloruro de potasio	1 kg	Merck	\$ 54 000,00	Arquilab
Cloruro de sodio	1 kg	Merck	\$ 34 000,00	Arquilab
Dicromato de potasio	250 g	Bioquigen	\$ 50 000,00	Lab-in
Dihidrogenofosfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 86 000,00	Arquilab
Fenol	500 g	Merck	\$ 200 000,00	Arquilab
Fluoruro de potasio	250 g	Merck	\$ 190 000,00	Arquilab
Fosfato ácido de potasio anhidro	500 g	Panreac	\$ 132 000,00	Santandereana
Fosfato ácido de sodio anhidro	500 g	Merck	\$ 75 600,00	Santandereana
Fosfato diádico de potasio anhidro	1 kg	Merck	\$ 94 100,00	Santandereana
Hexacloroplatinato de potasio	1 g	Merck	\$ 386 500,00	Arquilab
Hexametilenotetraamina	500 g	Panreac	\$ 140 000,00	Artilab
Hidrogenocarbonato de sodio	1 kg	Merck	\$ 55 300,00	Arquilab

Hidrogenofosfato dipotásico	1 kg	Merck	\$ 304 200,00	Arquilab
Hidrogenofosfato disódico	1 kg	Merck	\$ 266 600,00	Artilab
Hidróxido de amonio	1 l	Merck	\$ 67 100,00	Santandereana
Hidróxido de bario	1 kg	Carlo Erba	\$ 398 000,00	Arquilab
2-cloro-6-(tricloro metil) piridina o Inhibidor de Nitrificación	unidad	WTW	\$ 194 000,00	Santandereana
Nitrato de plata	25 g	Merck	\$ 219 000,00	Arquilab
Nitrito de sodio	500 g	Merck	\$ 163 150,00	Artilab
Oxalato potásico	250 g	Carlo Erba	\$ 204 500,00	Arquilab
Oxalato de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 239 400,00	Arquilab
Oxalato disódico	250 g	Merck	\$ 317 000,00	Arquilab
Permanganato de potasio	250 g	Merck	\$ 276 000,00	Arquilab
Rojo de metilo	50 g	Carlo Erba	\$ 352 000,00	Arquilab
Solución indicadora de fenoltaleína	1 l	Bioquigen	\$ 40 000,00	Lab-in
Solución indicadora de ferroína para análisis en aguas residuales	100 ml	Merck	\$ 208 000,00	Arquilab
Solución indicadora rojo de metilo	250 ml	Chemi	\$ 39 200,00	Santandereana
Sulfanilimida	100 g	Across	\$ 229 000,00	Santandereana
Sulfato de aluminio y potasio	1 kg	Merck	\$ 203 500,00	Arquilab
Sulfato de amonio ferroso	1 kg	Carlo Erba	\$ 145 000,00	Arquilab
Sulfato de cobre II	1 kg	Merck	\$ 108 800,00	Arquilab
Sulfato de hidracina	500 g	Panreac	\$ 295 000,00	Artilab
Sulfato de magnesio heptahidratado	1 kg	Merck	\$ 162 000,00	Arquilab
Sulfato de mercurio	250 g	Carlo Erba	\$ 482 000,00	Lab-in
Sulfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 60 800,00	Artilab
Sulfato de sodio anhidro	1 kg	Merck	\$ 58 000,00	Arquilab
Sulfato de zinc heptahidratado	1 kg	Merck	\$ 90 350,00	Artilab
Sulfato de manganeso monohidratado	1 kg	Carlo Erba	\$ 500 000,00	Arquilab
Sulfito de sodio	1 kg	Merck	\$ 72 000,00	Arquilab
Sulfato de zinc	1 kg	Merck	\$ 85 500,00	Arquilab
Tartrato disódico	500 g	Carlo Erba	\$ 570 500,00	Arquilab
Tartrato sódico dihidratado	500 g	Panreac	\$ 299 000,00	Santandereana
Tetraborato de sodio decahidratado	500 g	Carlo Erba	\$ 130 200,00	Santandereana
Tetraborato disódico	500 g	Carlo Erba	\$ 127 000,00	Arquilab
Tiosulfato de sodio	1 kg	Merck	\$ 56 000,00	Arquilab

pentahidratado				
Trifenilarsina	5 g	Merck	\$ 105 000,00	Arquilab
Yodo bisublimado	250 g	Carlo Erba	\$ 379 000,00	Lab-in
Yodo resublimado	250 g	Panreac	\$ 316 000,00	Santandereana
Yoduro de mercurio	250 g	Carlo Erba	\$ 624 500,00	Arquilab
Yoduro de potasio	500 g	Bioquigen	\$ 150 000,00	Lab-in
Yoduro de sodio	250 g	Carlo Erba	\$ 348 500,00	Arquilab

ANEXO L. COSTOS POR DOTACIÓN Y OPERACIÓN PARA LAS ALTERNATIVAS A IMPLEMENTAR

Tabla L.1. Cantidad de análisis

ANALISIS DE LABORATORIO		
TIPO DE ANALISIS	MENSUAL	ANUAL
AGUAS	730	8 756
DQO _{TOTAL}	61	728
DQO _{FILTRADA}	61	728
ALCALINIDAD	43	520
TURBIEDAD	61	728
AGV's	43	520
S. SED	61	728
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	61	728
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	61	728
SULFUROS	30	364
TENSOACTIVOS	2	24
DBO5 _{TOTAL}	61	728
DBO5 _{FILTRADA}	61	728
NITROGENO KJELDAHL	30	364
NITROGENO AMONICAL	30	364
CONDUCTIVIDAD	30	364
FOSFORO TOTAL	30	364
GRASAS Y ACEITES	4	48
LODOS	89	1 052
SOLIDOS SEDIMENTABLES	22	260
SOLIDOS TOTALES	22	260
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	22	260
ACTIVIDAD METANOGENICA	1	12
VELOCIDAD SEDIMENTACION	22	260
TOTAL	819	9 808

Tabla L.2. Costo de mantenimiento semestral por equipos

COSTOS MANTENIMIENTO EQUIPOS (SEMESTRAL)			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
BOMBA VACIO	1	\$80 000	\$80 000,00
TERMOREACTOR	1	\$105 000	\$105 000,00
PH-METROS	2	\$115 000	\$230 000,00
AGITADOR MAGNETICO	1	\$85 000	\$85 000,00
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	1	\$110 000	\$110 000,00
ESTUFA	1	\$100 000	\$100 000,00
DESTILADOR	1	\$125 000	\$125 000,00
AUTOCLAVE	2	\$95 000	\$190 000,00
INCUBADORA	1	\$100 000	\$100 000,00
BAÑO SEROLOGICO	1	\$105 000	\$105 000,00

BALANZA PRECISION	1	\$115 000	\$115 000,00
BALANZA ANALITICA	1	\$130 000	\$130 000,00
OXIMETRO	1	\$100 000	\$100 000,00
MUFLA	1	\$100 000	\$100 000,00
ESPECTROFOTOMETRO	1	\$473 000	\$473 000,00
AGITADOR VORTEX	1	\$ 85 000,00	\$85 000,00
PLANCHA DE CALENTAMIENTO DE 6 PUESTOS	1	\$ 110 000,00	\$110 000,00
ESPECTROFOTOMETRO - CON IMPRESORA INTERNA	1	\$ 473 000,00	\$473 000,00
CONDUCTIMETRO	2	\$ 115 000,00	\$230 000,00
TURBIDIMETRO DE MESA	1	\$ 115 000,00	\$115 000,00
TURBIDIMETRO MERCK	1	\$ 115 000,00	\$115 000,00
SUBTOTAL	24	\$2 951 000	\$3 276 000
	IVA	\$0	\$0
	TOTAL	\$2 951 000	\$3 276 000

Tabla L.3. Precio por energía usada

Equipo	Tipo de Dato	Kilowatts (Kw)	Valor Kw-H (\$)	Trabajo -Día (Horas)	Costo Energético Operativo Mensual (\$)
BOMBA DE VACIO	TEORICO	0,33350	\$ 233,81	1	\$ 2 339
TERMOREACTOR	TEORICO	0,28000	\$ 233,81	2	\$ 3 928
AGITADOR MAGNETICO	TEORICO	0,62500	\$ 233,81	2	\$ 8 768
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	TEORICO	0,70000	\$ 233,81	1	\$ 4 910
ESTUFA	TEORICO	1,60000	\$ 233,81	2	\$ 22 446
DESTILADOR	TEORICO	1,60000	\$ 233,81	3	\$ 33 669
AUTOCLAVES	TEORICO	1,05000	\$ 233,81	1	\$ 7 365
AUTOCLAVES	TEORICO	1,05000	\$ 233,81	1	\$ 7 365
INCUBADORA	TEORICO	0,20700	\$ 233,81	9	\$ 13 068
BAÑO SEROLOGICO	TEORICO	1,19600	\$ 233,81	1	\$ 8 389
BALANZA DE PRECISION	TEORICO	0,01500	\$ 233,81	1	\$ 105
BALANZA ANALITICA	TEORICO	0,00600	\$ 233,81	1	\$ 42
MUFLA	TEORICO	2,00000	\$ 233,81	2	\$ 28 057
VITRINA PANORAMICA	TEORICO	0,71300	\$ 233,81	8	\$ 40 010
NEVERA CENTRALES	TEORICO	0,28750	\$ 233,81	8	\$ 16 133
AIRES ACONDICIONADOS	TEORICO	3,60000	\$ 233,81	8	\$ 202 012
AGITADOR VORTEX	TEORICO	0,04500	\$ 233,81	1	\$ 316
PLANCHA DE CALENTAMIENTO DE 6 PUESTOS	TEORICO	0,60000	\$ 233,81	1	\$ 4 209
ESPECTROFOTOMETRO - control local con impresora interna	TEORICO		\$ 233,81		\$ 0
CONDUCTIMETRO	TEORICO		\$ 233,81		\$ 0

TURBIDIMETRO DE MESA	TEORICO		\$ 233,81		\$ 0
TURBIDIMETRO MERCK	TEORICO		\$ 233,81		\$ 0
COSTO ENERGETICO MENSUAL					\$ 403 129

Tabla L.4. Costos por agua empleada

El consumo total se calcula según el rendimiento del destilador y el agua usada en enfriamiento, el total incluye agua para realizar análisis y de lavado de material. El destilador se utiliza 6 días a la semana. El valor promedio del acueducto y alcantarillado por m ³ es de \$ 5061.		
Rendimiento	3	litros/hora
Agua de enfriamiento	80	litros/hora
Total	83	litros/hora
	6,0	m³/mes
Vr. m³ agua	5 061	\$/m³

Tabla L.5. Costos devolutivos por material de laboratorio (a 5 años)

Artículo	Valor Unitario (\$)	Cantidad	Subtotal (\$)	VPN (\$)
BALON DE FONDO PLANO 250 ML NS 29/32	21 692,00	11	548 243,00	699 712,43
BALON DE FONDO PLANO DE 100 ML NS 29/32	14 964,00	4	137 527,00	175 523,17
BALON FONDO PLANO DE 500 ML	24 360,00	11	615 674,00	785 773,37
BALON FONDO REDONDO TRES BOCAS ESMERILADA 500 ML	63 800,00	4	586 356,00	748 355,35
BALON VOLUMETRICO DE 1000 ML CLASE A	54 520,00	1	125 267,00	159 875,96
BALON VOLUMETRICO DE 25 ML	31 320,00	2	143 924,00	183 687,55
BARRA MAGNETICA DE 30 MM	5 568,00	24	307 038,00	391 866,94
BURETA DE 10 ML	58 000,00	3	399 788,00	510 242,05
CAJA PETRI 100 X 15	2 320,00	57	303 839,00	387 784,11
CAPSULAS DE PORCELANA DE 100 MM	22 620,00	22	1 143 395,00	1 459 293,96
CELDA DE VIDIO PARA SPECTROCUANT X 2 UNIDADES	214 600,00	1	493 072,00	629 298,70
CELDA DE VIDRIO PARA SPECTROQUANT	131 080,00	1	301 174,00	384 382,82
CONDENSADOR DE BOLAS 400 MM	59 160,00	6	815 568,00	1 040 894,40

CONO SEDIMENTACIÓN IMHOFF EN P.C. 1000 ML NALGENE	104 400,00	3	719 619,00	918 436,46
CRISOL SOLVLHET 100 ML	44 080,00	1	101 280,00	129 261,80
CRISOLES GOOCH PORCELANA CON TAPA 82R- 3	43 964,00	8	808 106,00	1 031 370,79
EMBUDO DE ADICION LLAVE TEFLON CON ESMERILADO 50 ML	107 880,00	4	991 475,00	1 265 401,26
EMBUDO SCHOTT	9 650,00	3	66 517,00	84 894,42
EQUIPO DE FILTRACION (TRAMPA DE VACIO,ERLENMEYER,EMBUD O,FILT	229 544,00	1	527 408,00	673 121,11
ERLEMEYER DE 1000 DE 4 ORIFICIOS	111 360,00	1	255 865,00	326 555,78
ERLEMEYER DE 2000 ML EN VIDRIO	32 480,00	1	74 627,00	95 245,06
ERLENMEYER 250 ML	6 032,00	12	166 312,00	212 260,94
ERLENMEYER DE 100 ML	5 800,00	8	106 610,00	136 064,38
ERLENMEYER DE 500 ML	8 468,00	7	136 195,00	173 823,17
ERLENMEYER VOL. 1.000 ML	13 804,00	2	63 433,00	80 958,37
FRASCO LAVADOR DE 1000 ML	9 280,00	5	106 610,00	136 064,38
FRASCO LAVADOR DE 250 ML	3 480,00	2	15 992,00	20 410,29
FRASCO LAVADOR DE 500 ML	6 032,00	5	69 297,00	88 442,48
FRASCO T SEGURIDAD V AMBAR 100 ML	37 700,00	4	346 483,00	442 209,86
FRASCO WINKLER DE 30 ML	24 012,00	6	331 025,00	422 481,10
FRASCOS DE BOD CON TAPA ESMERILADA DE 60 ML REF.236	23 200,00	2	106 610,00	136 064,38
GRADILLA PARA PIPETA	13 600,00	2	62 496,00	79 762,49
GRADILLAS PLASTICAS PARA 40 TUBOS BRAND	19 389,50	4	178 200,00	227 433,37
JARRA GASPAC ANAEROBIOSIS PARA 30 CAJA EN POLICARBONATO	672 800,00	1	1 545 849,00	1 972 938,58
MECHERO DE GAS	29 000,00	2	133 263,00	170 081,11
MECHEROS DE ALCOHOL	5 220,00	1	11 994,00	15 307,72
PINZA CON NUEZ PARA REFRIGERANTE	35 960,00	4	330 492,00	421 800,85
PINZA DE CHAVETA	36 000,00	1	82 715,00	105 567,63
PINZA MOHR	4 640,00	4	42 644,00	54 425,75

PINZA PARA CONDENSADOR Y BALONES DE EXTENSION	25 520,00	4	234 543,00	299 342,91
PINZA PARA CRISOL	10 672,00	1	24 520,00	31 294,42
PIPETA GRAVIMETRICA DE 1 ML	5 568,00	3	38 380,00	48 983,69
PIPETA GRAVIMETRICA DE 10 ML	2 900,00	8	53 305,00	68 032,19
PIPETA VOLUMETRICA DE 10 ML CLASE A	6 728,00	7	108 209,00	138 105,15
PIPETA VOLUMETRICA DE 10 ML MARCA BRAND	3 049,67	3	21 021,00	26 828,71
PIPETA VOLUMETRICA DE 5 ML CLASE A	5 800,00	6	79 958,00	102 048,92
PIPETAS GRAVIMETRICAS DE 0.1 ML	8 584,00	3	59 169,00	75 516,30
PLATO PARA DESECADOR DIAM 241 MM	104 400,00	1	239 873,00	306 145,49
PROBETA DE 100 ML	11 368,00	1	26 120,00	33 336,47
PROBETA DE 50 ML	9 744,00	3	67 164,00	85 720,17
PROBETA DE 500 ML	23 200,00	3	159 915,00	204 096,57
SOPORTE UNIVERSAL CON VARILLA	29 000,00	4	266 526,00	340 162,22
TRAMPA CON ESMERILADO ESFERICO CON ERLEMEYER	348 000,00	1	799 577,00	1 020 485,38
TUBO DE ENSAYO 16 X 150	754	35	60 635,00	77 387,33
TUBO TAPA ROSCA 18 X 180 SCHOTT	2 320,00	7	37 314,00	47 623,17
TUBO TAPAROSCA 16 X 100 SCHOTT	1 624,00	78	291 046,00	371 456,64
VASO DE 100 ML	5 800,00	4	53 305,00	68 032,19
VIDRIO DE RELOJ PEQUENO	4 292,00	1	9 861,00	12 585,41
SUBTOTAL			15 932 423	20 334 258

Tabla L.6. Costos devolutivos por material comprado por EMPAS para el laboratorio

Articulo	Valor Unitario (\$)	Cantidad	Subtotal (\$)	VPN (\$)
PROBETA GRADUADA DE 1000 ML DURHAM EN VIDRIO.	116 000,00	1	152 332	194 418
PIPETA GRAVIMÉTRICA DE 0,1 ML.	8 352,00	5	54 839	69 990
PIPETA GRAVIMÉTRICA DE 1 ML.	5 568,00	5	36 560	46 660
CAJA PETRI EN VIDRIO 100X15 MM.	2 436,00	30	95 969	122 483
CAMPANAS (TUBOS) DURHAM.	696,00	30	27 420	34 995
CAMPANAS (TUBOS) DURHAM.	696,00	42	38 388	48 993
TERMÓMETRO DE MAX Y MIN -40+50	32 480,00	1	42 653	54 437

C BOECO				
VASO PRECIPITADO DE 250 ML	7 076,00	10	92 922	118 595
VASO PRECIPITADO DE 150 ML	6 960,00	9	82 259	104 986
TERMÓMETRO DE PUNZÓN DE -10 A 110 C	35 844,00	5	235 352	300 376
PROBETA 100 ML VIDRIO BASE PLÁSTICA	10 208,00	5	67 026	85 544
EMBUDO DE VIDRIO 60 CM	11 600,00	2	30 466	38 884
BALÓN FONDO PLANO 250 ML BOCA ESMERILADA 29/32 ECOV	31 320,00	3	123 389	157 479
ERLENMEYER CUELLO ANGOSTO 250 ML BOECO	8 932,00	5	58 648	74 851
EMBUDO IMHOFF X 1000 ML MARCA BRAND.	145 000,00	6	1 142 487	1 458 135
PIPETA DE 1 ML - LMS	5 568,00	5	36 560	46 660
PIPETA DE 5 ML - LMS	5 568,00	5	36 560	46 660
ASPIRADOR PIPETA AZUL BOECO	33 060,00	2	86 829	110 818
ASPIRADOR PIPETA VERDE BOECO	33 060,00	2	86 829	110 818
ASPIRADOR PIPETA ROJO BOECO	33 060,00	1	43 414	55 409
ELECTRODO PLÁSTICO SENTIX Sonda WTW	495 000,00	1	650 036	829 628
PROBETA GRADUADA 50 ML MARCA BRAND	32 480,00	1	42 653	54 437
PROBETA GRADUADA 100 ML	26 680,00	5	175 181	223 581
BALÓN VOLUMEN 250 ML CLASE A	61 480,00	5	403 679	515 208
PROBETA GRADUADA 50 ML MARCA BRAND	32 480,00	4	170 611	217 748
BALÓN VOLUMEN 1000 ML CLASE A	104 400,00	1	137 098	174 976
VASO PRECIPITADO DE 1000 ML	15 660,00	1	20 565	26 246
VASO PRECIPITADO DE 600 ML	10 440,00	1	13 710	17 498
VASO PRECIPITADO DE 250 ML	7 656,00	4	40 216	51 326
VASO PRECIPITADO DE 100 ML	7 192,00	5	47 223	60 270
ERLENMEYER DE 1000 ML	15 660,00	2	41 130	52 493
PINZA PARA TUBO DE ENSAYO	5 220,00	1	6 855	8 749
CRISOL GOOCH PORCELANA	112 288,00	5	737 285	940 983
FRASCO DE BOD DE 30 ML VILAB	34 220,00	5	224 689	286 767
CAJA PETRI 100 * 15 EN VIDRIO - MARCA BOECO	2 784,00	40	146 238	186 641
GRADILLA PLÁSTICA DE 20 MM - MARCA KARTELL	33 640,00	2	88 352	112 762
MECHERO A GAS TIPO FISHER - UNITED	69 600,00	2	182 798	233 302
MICROPIPETA 100 - 1000 ML - MARCA BOECO	417 600,00	1	548 394	699 905
TUBO CULTIVO AR ROSCA 18*180 MARCA SCHOTT	3 596,00	100	472 228	602 696
EQUIPO SOXLHET DE 100 ML	290 000,00	2	761 658	972 090

ERLENMEYER DE 100 ML, MARCA BOECO	8 120,00	5	53 316	68 046
SUBTOTAL			7 534 813	9 616 543

Tabla L.7. Costos devolutivos por equipos

Descripción	Fecha Recepción	Cantidad	Valor (\$)	VPN (\$)
AGITADOR MAGNETICO	09/12/1997	1	2 008 568,00	2 563 498,31
AUTOCLAVE TIPO OLLA ELECTRICA 25X-1	03/10/2000	1	3 302 850,00	4 215 366,56
AUTOCLAVE TIPO OLLA ELECTRICA 25X-1	23/05/2001	1	3 326 011,00	4 244 926,52
BALANZA ANALITICA PRECISION 0.1 MG	25/10/2002	1	12 097 717,00	15 440 093,16
BALANZA DE PRECISION METTER E-2000	14/04/1981	1	9 455 229,00	12 067 534,44
BAÑO SEROLOGICO MODELO WB-10	24/06/2003	1	3 948 305,00	5 039 148,87
DESECADOR	23/05/2001	1	1 626 589,00	2 075 985,55
DESTILADOR DE 3 LT/HORA MOD.D3300	23/05/2001	1	4 357 803,00	5 561 783,62
ESTUFA UNIVERSAL DESECACION 115	23/05/2001	1	6 749 132,00	8 613 792,73
FOTOMETRO CON BATERIA NOVA 60	12/03/2001	1	7 562 482,00	9 651 856,34
INCUBADORA ANALOGA 28 LT VTBINDER	23/05/2001	1	3 277 456,00	4 182 956,66
MEDIDOR DE OXIGENO PORTATIL	10/11/1999	1	3 919 067,00	5 001 832,95
MUFLA ANALOGA	23/05/2001	1	3 525 086,00	4 499 002,27
NEVERA DE 12 PIES CENTRALES NOFROOTS	22/05/2001	1	1 881 503,00	2 401 327,59
PH METRO 320	04/11/1997	1	2 989 212,00	3 815 076,16
PH-METRO PORTATIL WTW MODELO PH-330	10/11/1999	1	2 261 000,00	2 885 672,61
PLANCHA DE CALENTAMIENTO	23/05/2001	1	594 798,00	759 129,72
TERMOREACTOR TR 320	04/11/1997	1	4 529 110,00	5 780 419,59
NEVERA CENTRALES REF. CC-268	17/03/2008	1	740 077,00	944 546,63
VITRINA PANORÁMICA INPVE – 15	19/09/2009	1	2 239 371,00	2 858 067,92
AGITADOR VORTEX	-	1	470 000,00	599 852,33
PLANCHA DE CALENTAMIENTO DE 6 PUESTOS	-	1	5 800 000,00	7 402 433,06
ESPECTROFOTOMETRO - con impresora interna	-	1	19 840 000,00	25 321 426,20

CONDUCTIMETRO	-	2	6 388 000,00	8 152 886,62
TURBIDIMETRO DE MESA	-	1	4 880 000,00	6 228 254,03
TURBIDIMETRO MERCK	-	1	4 701 000,00	5 999 799,63
TOTAL		27	122 470 366,00	156 306 670,08

Tabla L.8. Equipos a comprar para las técnicas a implementar

Equipos a Comprar	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Agitador Vortex	1	\$470 000,00	\$ 470 000,00
Plancha de Calentamiento 6 Puestos	1	\$5 800 000,00	\$ 5 800 000,00
Espectrofotómetro - Control Local/Impresora Interna	1	\$19840 000,00	\$ 19 840 000,00
Turbidímetro de Mesa	1	\$4 880 000,00	\$ 4 880 000,00
Turbidímetro Merck / Estándar 3 Patrones	1	\$4 701 000,00	\$ 4 701 000,00
Conductímetros P. Marca ORION	2	\$3 194 000,00	\$ 6 388 000,00
TOTAL		\$ 38 885 000,00	\$ 42 079 000,00

Tabla L.8. Costos totales por dotación de alternativas a implementar

COSTOS TOTALES PARA DOTACIÓN DEL LABORATORIO	
Reactivos General	Equipos
\$ 11 149 113,61	\$ 42 079 000,00
TOTAL	\$ 53 228 113,61