UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS BIOLÓGICOS DE UNA EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO SITUADA EN LA COSTA SUR”

Trabajo de graduación presentado por Luisa María Fajardo García para optar el grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial.

Guatemala

2014

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS BIOLÓGICOS DE UNA EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO SITUADA EN LA COSTA SUR”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS BIOLÓGICOS DE UNA EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO SITUADA EN LA COSTA SUR”

Trabajo de graduación presentado por Luisa María Fajardo García

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala

2014

Vo. Bo.:

(f) _____

(Ing. Derick Salazar)

Tribunal Examinador:

(f) _____

(Ing. Derick Salazar)

(f) _____

(Inga. María del Carmen Rodríguez)

(f) _____

(Ing. Estuardo Sierra)

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de enero de 2014

PREFACIO

Este estudio consiste en la propuesta de optimización y administración de una planta de tratamiento de desechos biológicos, en la cual se encontraron grandes oportunidades de mejora. La propuesta se basa en diseñar un programa integral que abarque un control de procesos y un plan administrativo evitando que las descargas de la planta de tratamiento contaminen el cuerpo de agua receptor.

El estudio se limita directamente al cumplimiento de los parámetros permisibles del Acuerdo 236-2006 del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales: Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.

CONTENIDO

Página

PREFACIO vi

LISTA DE CUADROS viii

LISTA DE ILUSTRACIONES ix

RESUMEN x

Capítulos

I. INTRODUCCIÓN 1
II. JUSTIFICACIÓN 2
III. OBJETIVOS 3
A. General 3
B. Específicos 3
IV. MARCO TEÓRICO 4
A. El agua doméstica en la industria 4
B. Sistemas de tratamiento de aguas residuales 5
C. Tratamiento secundario por lodos activados 10
D. Planta de tratamiento tecnología tipo JET 13
E. Regulaciones legales para el tratamiento de aguas 14
V. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 18
A. Descripción general 18
B. Cálculo y diseño del sistema 19
C. Procesos 28
D. Monitoreo ambiental 31
E. Administración de la planta 38
F. Análisis de riesgos por área 42
G. Análisis causa - raíz 51
VI. PROPUESTA 55
A. Control de procesos 56
B. Plan de administración 64
C. Evaluación económica 95
VII. CONCLUSIONES 100
VIII. RECOMENDACIONES 101
IX. BIBLIOGRAFÍA 102
X. ANEXOS 104

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno	16
2.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales	17
3.	Promedio de caudal monitoreado	23
4.	Parámetros de agua cruda ordinaria	24
5.	Promedio de resultados de parámetros de agua cruda	24
6.	Límites permisibles gubernamentales para análisis de descargas	31
7.	Resultados de monitoreo ambiental - agosto y septiembre 2013	32
8.	Costos de mantenimiento correctivo 2010	39
9.	Clave análisis de riesgos	42
10.	Análisis de riesgos bajos, medios y altos de la planta de tratamiento	42
11.	Resumen de análisis de riesgos	48
12.	Riesgos bajos de la planta	49
13.	Riesgos medios de la planta	49
14.	Riesgos altos de la planta	50
15.	Monitoreo de temperatura	57
16.	Monitoreo de grasas y aceites	57
17.	Monitoreo de sólidos suspendidos	58
18.	Monitoreo de nitrógeno total	58
19.	Monitoreo de fósforo total	58
20.	Monitoreo de potencial de hidrógeno	59
21.	Monitoreo de coliformes fecales	59
22.	Monitoreo de color	59
23.	Monitoreo de sólidos sedimentables	60
24.	Monitoreo de demanda química de oxígeno	60
25.	Monitoreo de demanda bioquímica de oxígeno	60
26.	Límites empresariales versus límites Acuerdo 236-2006	61
27.	Resultados de monitoreo ambiental – octubre 2013	62
28.	Tiempo operativo del técnico de la planta	68
29.	I Trimestre del año calendario	74
30.	II Trimestre del año calendario	75
31.	III Trimestre del año calendario	76
32.	IV Trimestre del año calendario	77
33.	Indicadores y límites de muestreo básico	79
34.	Tiempo operativo del analista de laboratorio	80
35.	I Trimestre de año calendario	85
36.	II Trimestre de año calendario	85
37.	III Trimestre de año calendario	86
38.	IV Trimestre de año calendario	86
39.	Contramedidas para riesgos medios y altos	92
40.	Difusores de burbuja grande, mediana y fina	93
41.	Costos operativos anuales	96
42.	Costos anuales actuales	97
43.	Costos anuales de propuesta	97
44.	Razón beneficio/costo de la propuesta	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos Página

1. Aguas presentes en una planta de tratamiento de desechos biológicos 4
2. Tipos de tratamiento de aguas residuales 9
3. Diagrama de tratamiento biológico de lodos activados 12
4. Planta de tratamiento JET INC. 13
5. Ubicación de la planta de tratamiento de desechos biológicos 19
6. Esquema de ambientes generadores de aguas residuales de la planta 21
7. Esquema 3D de la planta de tratamiento 27
8. DOP de tratamiento de aguas residuales 29
9. Medición de temperatura 33
10. Medición de grasas y aceites 33
11. Medición de sólidos suspendidos 33
12. Medición de nitrógeno 34
13. Medición de fósforo total 34
14. Medición de PH 34
15. Medición de coliformes fecales 35
16. Medición de color 35
17. Medición de sólidos sedimentables 35
18. Medición de DQO 36
19. Medición de DBO 36
20. DOP de la operación diaria de la planta 40
21. Matriz de capacitación para el técnico de planta 69
22. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo I Trimestre 72
23. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo II Trimestre 72
24. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo III Trimestre 73
25. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo IV Trimestre 73
26. Matriz de capacitación para el analista de laboratorio 80
27. Diagrama de Gantt mensual de muestreo interno 84

RESUMEN

Una empresa de bienes de consumo situada en la Costa Sur de Guatemala cuenta con una planta de tratamiento de desechos biológicos. En óptimas condiciones, dicha planta recibe el agua residual cruda y por medio de un proceso biológico conocido como “aireación extendida” o “digestión anaeróbica” produce un líquido sobrenadante claro el cual está listo para ser descargado en el cuerpo receptor.

Al analizar la planta de tratamiento se logró determinar que no está siendo administrada por un grupo específico y capacitado de operadores, no se tienen estándares de operación ni trazabilidad de las tareas a realizar, no hay rutinas de mantenimiento preventivo y un 80% de sus costos operacionales son por servicios externos contratados.

Hasta el momento, las descargas de la planta de tratamiento no han incumplido el acuerdo 236-2006 de la ley Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales, sin embargo la operación de la planta se realiza de forma empírica y no se cuenta con un control de procesos que establezca parámetros más exigentes que los del Acuerdo 236-2006 para garantizar de forma sistemática que los resultados se mantendrán.

Se realizó un estudio de la planta de tratamiento de la empresa y se propuso un programa integral que abarca un control de procesos y un plan de administración que a la vez que permite una operación más segura y confiable también incurre en la optimización de los costos operativos.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que los núcleos de poblaciones e industrias aumentan tanto en número como tamaño, el problema de la contaminación del agua se agudiza de manera alarmante; la responsabilidad social empresarial tiene dentro de su alcance el tratamiento y control de contaminantes de las aguas.

La empresa de bienes de consumo situada en la Costa Sur de Guatemala vela porque sus descargas de aguas no representen riesgo alguno para el medio ambiente y la comunidad: cuenta con diferentes sistemas de tratamiento, entre ellos una planta de tratamiento de desechos biológicos con tecnología tipo Jet.

Las plantas de tratamiento con tecnología tipo Jet utilizan un proceso biológico conocido como “aireación extendida”. En estos procesos, el agua residual cruda entra a un tanque de “aireación” donde su contenido es mezclado y aireado permitiendo que las bacterias aeróbicas conviertan el agua residual en líquidos claros e inodoros.

Actualmente esta planta de tratamiento de desechos biológicos se administra de forma empírica por un operador no calificado cuyo rol es compartido en dos áreas, no se tiene ninguna documentación operacional, se incurre en costos por mantenimiento correctivo pues carece de un programa de mantenimiento preventivo y 80% de sus costos operacionales son por servicios externos contratados.

Si bien las descargas de la planta cumplen el Acuerdo 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, no hay un control de procesos que garantice de forma sistemática que los resultados se mantendrán.

El objetivo del presente trabajo de graduación es desarrollar un programa que indique cómo optimizar, administrar y controlar la operación de la planta de tratamiento de forma adecuada pero a un menor costo. El cumplimiento de dicho objetivo promoverá la higiene y seguridad de los trabajadores de la empresa y de la comunidad de la Costa Sur y evitará la contaminación del cuerpo receptor, al cual denominaremos Río Sur.

II. JUSTIFICACIÓN

En todo proceso industrial es muy importante el tratamiento y control de contaminantes industriales, entre ellos la contaminación del agua que es un problema que se agudiza de forma alarmante. La construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales forma parte importante de la solución para resolver el problema, sin embargo para que estos sistemas de tratamiento lleven a cabo de manera correcta su función, es necesaria una adecuada administración, control y mantenimiento continuo.

Con una alta responsabilidad social empresarial, la empresa se preocupa por todas sus emisiones, entre ellas las descargas de aguas tratadas. Las descargas de la planta de tratamiento en estudio cumplen el Acuerdo 236-2006 de la ley del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales. Sin embargo, la empresa de bienes de consumo está consciente que su sistema de tratamiento de aguas no es robusto y no puede correr el riesgo de incumplir la ley.

El desarrollo de una propuesta para controlar la variación de su monitoreo ambiental e implementar un plan administrativo le permitirá a la empresa tener un mejor control de sus emisiones y evitar la contaminación del Río Sur. Al mismo tiempo, garantiza la seguridad e higiene de sus trabajadores y comunidades aledañas.

III. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar una propuesta de optimización y administración de una planta de tratamiento de desechos biológicos de una empresa de bienes de consumo masivo ubicada en la Costa Sur.

B. Específicos

1. Desarrollar un control de procesos que garantice en un 90% que los parámetros muestreados en las descargas de agua residual estarán dentro de los límites permisibles establecidos por la compañía que cumplen con el acuerdo 236-2006 de la ley de Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales.

2. Desarrollar un plan de administración para la planta de tratamiento de desechos biológicos.

3. Optimizar en un 5% los costos de operación de la planta de tratamiento de desechos biológicos.

4. Realizar una evaluación económica de la propuesta de optimización y administración de la planta de tratamiento de desechos biológicos.

IV. MARCO TEÓRICO

A. El agua doméstica en la industria

La industria utiliza agua con diferentes fines, entre ellos: limpieza de máquinas, funcionamiento de maquinaria, procesos productivos, lubricación de equipos, e higiene y funcionalidad de los servicios de cafetería y sanitarios. Las aguas pueden clasificarse por sus características según origen y composición; una planta de tratamiento de desechos biológicos se caracteriza por contener aguas domésticas. En general, las aguas domésticas incluyen:

1. **Aguas de limpieza**
   a. Aguas de lavado locales: contienen arenas, partículas orgánicas, partículas de cerámica, papel, etc.
   b. Aguas de cocina: materia orgánica, tierra y arenas.
   c. Aguas de limpieza doméstica: contiene jabones, detergentes, espuma, etc.

2. **Aguas fecales humanas**
   a. Deyecciones sólidas: se componen normalmente de agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica.
   b. Vertidos líquidos: orina con compuestos orgánicos y PH 6 en promedio.

Gráfico 1. Aguas presentes en una planta de tratamiento de desechos biológicos

B. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales deben ser procesadas en función del uso que se les dará posteriormente, por lo que hay criterios y sistemas en donde el tratamiento llega hasta la fase que se desee. Dentro de los criterios se encuentran los tratamientos convencionales de extracción de materias extrañas de agua (por medio de procedimientos de ingeniería civil y químico-industrial) y las tecnologías blandas (utiliza la naturaleza o se adapta a ella).

Las fábricas de productos químicos, de consumo o de cualquier otro tipo que hagan uso del agua deben contar con sistemas de tratamiento con el fin de optimizar el uso del recurso en mención, pudiendo incluso reutilizarlo para otras tareas, así como evitar la contaminación de cuerpos de agua naturales como ríos, lagos o el océano.

El nivel de especialización del sistema a emplear dependerá directamente del uso que se le dará al agua al finalizar el proceso de tratamiento, por lo que es imprescindible determinar y tener claro cuál será el objetivo de una planta de tratamiento antes de realizar cualquier tipo de inversión o esfuerzo en dicha dirección.

Los tipos de tratamientos que existen son:

1. Tratamientos autónomos

a. Pozos negros: sistema tradicional que consiste en un pozo de 2 a 3 metros de profundidad sobre el cual se construye una caseta que contiene los sanitarios, no tiene tuberías ni agua.

b. WC químicos: se utilizan principalmente en medios de transporte, el sistema se basa en la acción de un desinfectante potente que elimina las excretas al depósito que corresponde.

2. Tratamientos preliminares

a. Orientación previa y topos: el agua residual transporta objetos y constituyentes que infieren el normal funcionamiento de una estación depuradora, por lo

que es necesario tener procedimientos previos. También es importante controlar los caudales de agua.

b. Rejas y cribas de barras: su finalidad es retener los elementos gruesos, son barras metálicas con separación entre sí, se instalan con gran inclinación y tienen un by-pass para que no haya inundaciones. Se deben limpiar periódicamente de forma automática o manual. Los residuos se mezclan y se obtiene un compost aceptable, en unos lugares los incineran.

c. Tamices o cribas de malla fina: pueden ser de banda, disco o de tambor según su instalación. Éstos retienen los materiales de dimensiones superiores a milímetros.

d. Desmenuzadores: no se le tiene confianza a los trituradores debido al poco rendimiento de su funcionamiento, además que los residuos que vierte interfieren con el funcionamiento del resto de las fases.

e. Desarenadores: las arenas son sólidos inertes, los desarenadores son canales largos en donde desciende la velocidad del agua residual, por lo que se depositan los sólidos inorgánicos más pesados.

f. Separadores de grasas y aceites: se utiliza aire comprimido para arrastrar los aceites y grasas hacia la superficie, en donde se eliminan las espumas formadas, los aceites se vierten sobre filtros que se gestionan apropiadamente; las grasas se canalizan hacia los digestivos.

g. Tanques de pre aireación: se inyecta aire en las aguas residuales para disminuir la DBO, refrescar las aguas sépticas antes del tratamiento y facilitar la eliminación de los sólidos suspendidos.

h. Aliviaderos: canales para eliminar aguas procedentes de tormentos que sólo necesitan un tratamiento preliminar (grosero) y se vierten al curso de agua.

3. Tratamientos primarios

a. Bases de partida: se elimina con procedimientos físico-químicos o biológicos del 40% al 60% de los sólidos presentas en las aguas residuales, se basan en que se disminuye la velocidad del agua para que se sedimenten los sólidos presentes y así ser separados. Existen diversos dispositivos, entre los más conocidos están los estanques o depósitos de decantación.

b. Fosas sépticas: depósitos en donde se vierten las aguas residuales para que después de algunas semanas las fermentaciones, las cuales producen fenómenos de disolución y desprendimiento de gases, arrastrando materias sólidas a la superficie permitiendo el paso de gases y protegiendo de procesos anaerobios. Entre los problemas que dan las fosas sépticas está la difícil adaptación a vertidos de caudal variable, falta de tolerancia a bajas temperaturas y falta de control.

c. Tanques de doble acción: estanques de sedimentación de dos pisos en donde el líquido circula superficialmente, mientras los lodos son dirigidos (por medio de paredes inclinadas) hacia el fondo. Los tanques cuentan con 3 cámaras:

- Sedimentación
- Digestión de lodos
- Respiradero

d. Tanques de sedimentación: depósitos en donde se empujan los sólidos sedimentados, por medio de rastras, hacia el lugar de descarga, estos tanques poseen accesorios para su mejor funcionamiento.

e. Filtración: se basa en el paso del agua residual a través de elementos que detienen las partículas inertes y microorganismos presentes.

4. Tratamientos secundarios

a. Lechos bacterianos: es una cierta aproximación de las condiciones naturales de un suelo, aquí el líquido residual se pone en contacto con una gran superficie de productos, la cual actuará sobre el agua en condiciones aerobias y anaerobias y se depurará el afluente al ser absorbidos y metabolizados los contaminantes.

b. Lodos activados: técnica de depuración que se basan en la aireación de las aguas que se quieren depurar, consiguiendo oxidaciones rápidas, las que se parecen al proceso al que se verifica en la naturaleza.

c. Lagunas de estabilización u oxidación: se basa en la actividad de los organismos fotosintéticos en estanques poco profundos, creando un equilibrio biológico en donde las bacterias transforman la materia orgánica en sales minerales y dióxido de carbono, los que son usados por las algas, quienes producen oxígeno consumido por las bacterias.

5. Tratamientos terciarios

a. Filtración: filtrar las aguas residuales que vienen de tratamientos anteriores.

b. Eliminación del fósforo: se basa en provocar precipitaciones químicas, las reacciones se efectúan en un estanque a propósito y se tiene un sistema para retirar el precipitado, se debe tener ciertos controles.

c. Control y eliminación del nitrógeno: se puede encontrar de diferentes formas en las aguas y es importante eliminarlo para tener control del crecimiento de algas.

d. Cloración: se agrega cloro en pequeñas cantidades al agua, lo que provoca que hayan reacciones con los compuestos reductores. Si se agrega la cantidad correcta, se obtendrán cloraminas y productos desinfectantes. El cloro es muy efectivo, pero hay que tomar en cuenta que no todos los micro-contaminantes o virus son eliminados.

e. Ozonización: sistema que consiste en la oxidación directa que produce la adición de ozono al agua, actuando sobre virus y plancton. El ozono elimina olores y colores.

f. Tratamientos de carbón activo: se tiene adsorción y sirve como catalizador. Hay micro-contaminantes que pueden ser eliminados por circulación del agua a través del carbón activo.

6. **Tratamientos químicos.** Este tipo de tratamiento es intermedio entre los primarios y los secundarios. Son mediante acciones químicas, tratando de sustituir la sedimentación y la depuración biológica por una mejor separación del líquido residual y sus componentes.

Gráfico 2. Tipos de tratamiento de aguas residuales

C. Tratamiento secundario por lodos activados

Los objetivos del tratamiento biológico aplicado al agua residual son:

- Transformar materia biodegradable disuelta en productos finales (CO_2, H_20 y lodos de desecho).
- Capturar e incorporar sólidos suspendidos y coloidales no sedimentables en floc biológico o bio-película.
- Transformar o remover nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, y en algunos casos remover trazas de compuestos orgánicos específicos.

1. Descripción del proceso de lodos activados. El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera: el residuo entra al reactor o aireador en el que se encuentra un cultivo de microorganismos, en su mayoría bacterias en suspensión, las cuales en su conjunto se les conoce como licor mezclado.

El medio ambiente aerobio así como la mezcla de sustrato y de microorganismos se mantiene mediante aireación mecánica o inyección de aire. Después de un determinado tiempo de retención, el licor mezclado pasa a un tanque de sedimentación secundaria donde se lleva a cabo la separación de microorganismos del agua, la cual sale por la parte superior del tanque terminando aquí su proceso de tratamiento secundario.

Una parte de la biomasa sedimentada es retornada al tanque de aireación para mantener una concentración deseada de sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado y la otra es retirada del sistema como desecho.

2. Operación del proceso de lodos activados. En la operación, existen factores que afectan el proceso de lodos activados:

a. Concentración del agua residual: la materia orgánica que contiene el agua residual actúa como fuente de alimento para los microorganismos en un sistema de lodos activados; por lo tanto un cambio significativo en las características del agua afecta el crecimiento de los microorganismos en el sistema de tratamiento. Por ejemplo: si la carga

de DBO_5 se incrementa significativamente habrá demasiado alimento para los microorganismos.

b. Nutrientes: los nutrientes normalmente están presentes en cantidades suficientes en el agua residual de origen municipal, sin embargo en algunos casos es necesario agregar estos nutrientes a un agua de origen industrial para proveer suficiente nitrógeno y fósforo. Una regla usual es 1 Kg P: 5 Kg N: 100 Kg DBO_5.

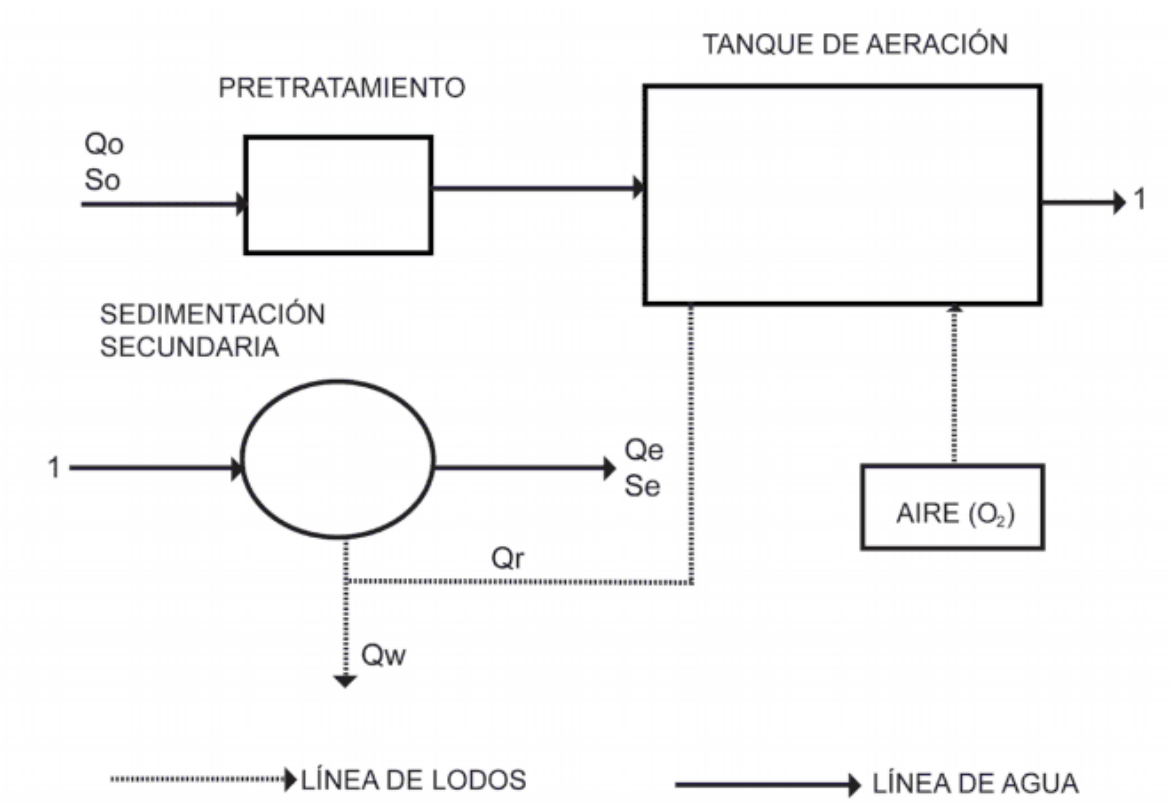
c. Tiempo de retención: el tiempo de retención hidráulico en el tanque de aireación es un factor importante de diseño y operación. Se debe tener suficiente tiempo para que las bacterias asimilen la materia orgánica que contiene el agua residual.

d. PH: debe mantenerse un rango apropiado de PH en el tanque de aireación para que el sistema funcione adecuadamente. Las bacterias en el proceso de lodos activados pueden sobrevivir en un rango de 6.5 a 8.5. Si tenemos un PH bajo la población predominante pueden ser los hongos dando como resultado una eficiencia baja; o bien a un PH alto los nutrientes empezarán a precipitar y carecerán para los microorganismos.

e. Aireación: la aireación de un proceso de lodos activados dependerá del efluente que esté siendo tratado; sin embargo en cualquier caso debe ser moderado de forma tal que no incremente la temperatura e inhiba que las bacterias se reproduzcan. Exceso de aireación provoca un lodo “joven” con crecimiento disperso y pobre sedimentación en el sedimentador secundario; una baja aireación no permite que haya suficiente alimento para las bacterias.

f. Transferencia de oxígeno: la transferencia de oxígeno en un tratamiento secundario por lodos activos es una de las variables más importantes para su funcionamiento adecuado. La relación entre transferencia de oxígeno y crecimiento de bacterias es directamente proporcional pues uno es el alimento de otro. Si las bacterias tienen una mejor transferencia de oxígeno, ejecutan la tarea de degradación con mayor efectividad y en menor cantidad de tiempo.

Gráfico 3. Diagrama de tratamiento biológico de lodos activados



Q = Flujo de entrada o alimentación
Se = Concentración de materia orgánica (DBO, DQO, COT)
Xva= Concentración de SSV en el licor mezclado
Qr= Lodo de recirculación
Qw= Lodo de desecho
Qe= Flujo de salida
Se= Concentración de materia orgánica en el efluente

Los principales microorganismos responsables de remover grandes cantidades de materia orgánica en los procesos biológicos aerobios, son las bacterias, en su mayoría aerobias y facultativas heterótrofas. En el caso de la planta de tratamiento se emplean Enzimas BZT, constituidas aproximadamente 80% de agua, 20% de material seco, de lo cual 90% es orgánico y 10% inorgánico.

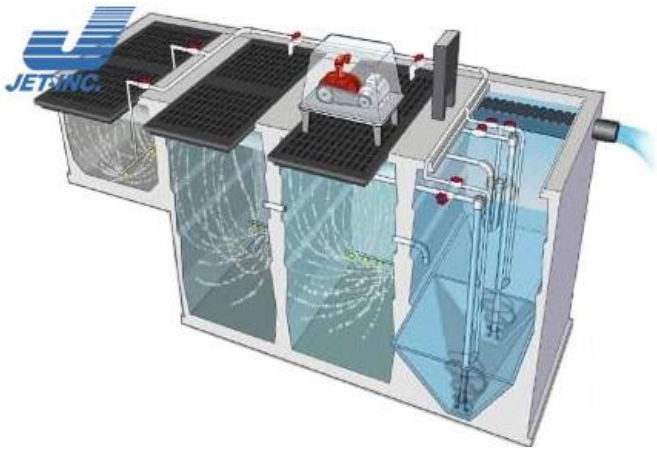
D. Planta de tratamiento tecnología tipo JET

Existen plantas de tratamiento que utilizan un proceso biológico conocido como “Aireación Extendida” o “Digestión Aeróbica”. En estos procesos, el agua residual cruda (antes del tratamiento) entra a un tanque de “aireación” donde su contenido es mezclado y aireado por medio de grandes volúmenes de aire que se inyectan a presión dentro del mismo tanque. Conforme las burbujas de aire se elevan hacia la superficie, transfieren oxígeno al líquido contenido en el tanque.

Las bacterias aeróbicas (que viven y se desarrollan en presencia de oxigeno, sin producir malos olores) presentes en el lodo activado que se encuentra en el tanque, usan este oxígeno para convertir el agua residual en líquidos y gases inofensivos, claros e inodoros. Algunas veces se menciona este proceso como una “combustión húmeda”, ya que las bacterias realmente destruyen el agua residual usando oxígeno.

Después de que el líquido tratado sale del tanque de aireación, se mantiene en un tanque “sedimentador”, el cual se encuentra en completo reposo. Aquí todas las partículas parcialmente tratadas se sedimentan en el fondo del tanque y son regresadas al tanque de aireación para completar su tratamiento. Esta sedimentación produce un líquido sobrenadante claro, de alta calidad, el cual está listo para ser descargado.

Gráfico 4. Planta de tratamiento JET INC.



http://www.plantasdetratamiento.com.mx/index.php?planta-tratamiento-comercial

E. Regulaciones legales para el tratamiento de aguas

Existe un reglamento establecido en Guatemala el 15 de mayo de 2006 por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el Acuerdo Gubernativo Número 236-2006: Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. En él se establecen los límites de contaminación permisibles para las descargas de aguas servidas o de desecho, procedentes de las industrias, explotaciones agropecuarias y municipalidades del país.

A través del cumplimiento del reglamento se obtendrá un mejoramiento de las aguas a través de un proceso continuo que permita:

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

1. Parámetros de monitoreo y de descarga para aguas residuales.

Los parámetros que se analizan son los que están normados dentro del Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, mismos que se enlistan a continuación:

- Temperatura
- Potencial de hidrógeno
- Contenido de grasas y aceites
- Sólidos sedimentables
- Sólidos suspendidos totales
- Nitrógeno total
- Materia flotante
- Fósforo total
- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total

- Cobre
- Cromo hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Zinc
- Color
- Coliformes fecales
- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius
- Demanda química de oxígeno
- Caudal

2. Frecuencia de muestreo. El muestreo se realiza cada seis meses, con el objeto de tener un registro del comportamiento estacionario de los valores de la calidad del agua residual doméstica.

3. Puntos de muestreo. El levantado de muestra se deberá realizar a la salida del sistema, para verificar el cumplimiento de los parámetros indicados en el Acuerdo 236-2006.

4. Análisis de resultados. Los resultados obtenidos se comparan con las normas especificadas establecidas en el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Cuando en un determinado muestreo, los resultados obtenidos excedieran los límites requeridos, deberá analizarse las posibles causas e implementarse medidas de corrección, las cuales deberán ser recomendadas por Ingeniero Sanitario o Ingeniero Ambiental.

5. Parámetros y límites máximos permisibles. Los artículos del Acuerdo 236-2006 que aplican para la planta de tratamiento de la empresa son:

“Artículo 17. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor…”

Cuadro 1. Parámetro de Calidad Asociado de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Etapa	**Uno**				
Fecha máxima de cumplimiento	**Dos de mayo de dos mil once**				
Duración en años	**5**				
Carga, kilogramos por día	3000 ≤ EG < 6000	6000 ≤ EG < 12000	12000 ≤ EG < 25000	25000 ≤ EG < 50000	50000 ≤ EG < 250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapa	**Dos**				
Fecha máxima de cumplimiento	**Dos de mayo de dos mil quince**				
Duración en años	**4**				
Carga, kilogramos por día	3000 ≤ EG < 5500	5500 ≤ EG < 10000	10000 ≤ EG < 30000	30000 ≤ EG < 50000	50000 ≤ EG < 125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
Etapa	**Tres**				
Fecha máxima de cumplimiento	**Dos de mayo de dos mil veinte**				
Duración en años	**5**				
Carga, kilogramos por día	3000 ≤ EG < 5000	5000 ≤ EG < 10000	10000 ≤ EG < 30000	30000 ≤ EG < 65000	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
Etapa	**Cuatro**				
Fecha máxima de cumplimiento	**Dos de mayo de dos mil veinticuatro**				
Duración en años	**4**				
Carga, kilogramos por día	3000 ≤ EG < 4000		4000 ≤ EG < 7000		
Reducción porcentual	40		60		

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

“Artículo 18. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: DQO dividido entre DBO.

“Artículo 19: META DE CUMPLIMIENTO. “…Los entes generadores existentes que registren cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, pero que registren valores mayores a doscientos miligramos por litro en el parámetro de calidad asociado, procederán a efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes correspondientes a la primera columna del lado izquierdo correspondiente a los rangos, en el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17, del presente Reglamento.”

“Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES. Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:”

Cuadro 2. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales

	REGLAMENTO 236-2006			
	Fecha máxima de cumplimiento			
	02/05/2011	**02/05/2015**	**02/05/2020**	**02/05/2024**
	Etapa			
Parámetros	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	100	50	25	10
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	600	400	150	100
Nitrógeno total	100	50	25	20
Fósforo total	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	< 1 x 10^6	< 1 x 10^5	< 1 x 10^4	< 1 x 10^4
Color	1300	1000	750	500
Sólidos sedimentables	N/A	N/A	N/A	N/A
Demanda química de oxígeno	N/A	N/A	N/A	N/A
Demanda bioquímica de oxígeno	N/A	N/A	N/A	100

V. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

A. Descripción general

La planta de tratamiento de desechos biológicos de la empresa de bienes de consumo masivo ubicada en la Costa Sur es de tipo aerobio y tiene como fin tratar la totalidad de las aguas residuales provenientes del drenaje doméstico de la empresa y depurar la carga orgánica presente en las aguas residuales que serán vertidas hacia un cuerpo receptor, que en este caso y por la topografía del terreno, será hacia el Río Sur el cual se ubica en la parte posterior de las instalaciones de la empresa.

La planta de tratamiento tiene la capacidad de disminuir la carga orgánica presente en la misma, expresada en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) a parámetros de descargas aceptables, como lo estipula la reglamentación vigente en el país al momento de su concepción.

La planta cuenta con un drenaje para agua residual de tipo ordinario: éste sistema corresponde a una red de tuberías de PVC en diámetros convenientes para canalizar las aguas residuales provenientes de cafetería y servicios sanitarios ubicados en distintos puntos de las instalaciones hacia la planta de tratamiento de lodos activados. Para ello se cuenta con drenaje separativo del pluvial y drenaje separativo especial para su posterior conducción hacia el drenaje general para la unificadora de caudales, tubería por la cual se descarga hacia el cuerpo receptor.

El monitoreo realizado por la empresa es de acuerdo a lo que establece el reglamento, dos veces por año y trimestrales como política de la empresa. Para los lodos que resultan del proceso de la planta de tratamiento denominada de tipo biológico y los lodos que resultan de la limpieza de la fosa séptica se tiene contratado los servicios terceros de un proveedor quien otorga el servicio de mantenimiento y limpieza de forma semestral.

B. Cálculo y diseño del sistema

1. Ubicación. La ubicación de la planta de tratamiento es en la zona industrial de la Costa Sur. El cuerpo de agua al que libera sus descargas es el Río Sur.

Gráfico 5. Ubicación de la planta de tratamiento de desechos biológicos

2. Metodología. El sistema de tratamiento fue diseñado en su oportunidad por la empresa especializada en el ramo, con base al conocimiento técnico y experiencia en el área por parte de su equipo de consultores y de acuerdo a las necesidades específicas de la empresa de bienes de consumo.

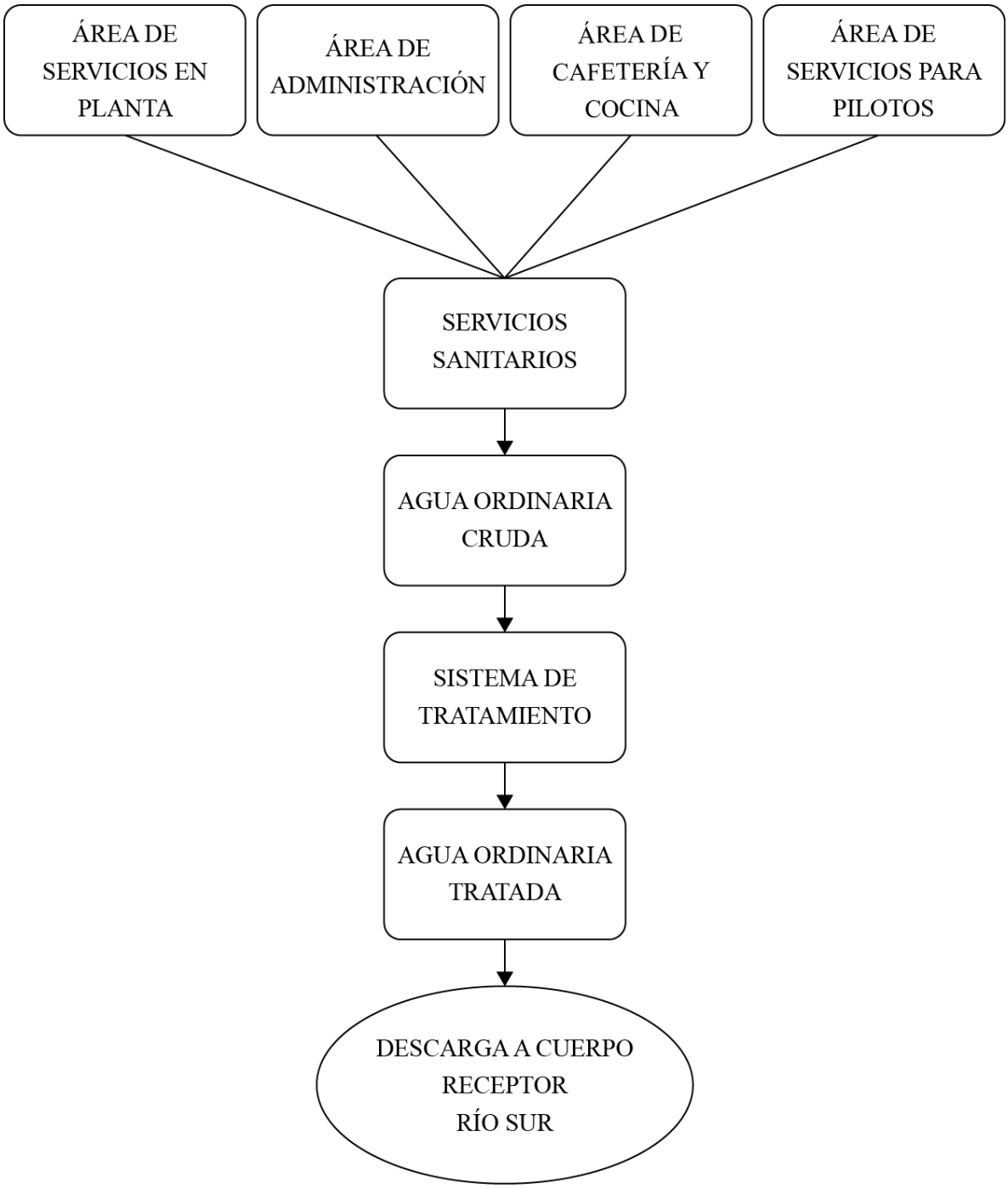
Para el cálculo y diseño del sistema fue necesario elaborar un diagnóstico de caracterización de los efluentes de aguas domésticas, en cuanto a la naturaleza del caudal y la calidad de las mismas, con el objeto de ajustar y respaldas el sistema, de manera que se pueda verificar que la planta de tratamiento cumple con la producción de un efluente con baja presencia de residuos orgánicos apto para la descarga al cuerpo receptor. Dicha metodología careció de una memoria de cálculo y documentación administrativa.

3. Caracterización de los efluentes. Las aguas tratadas provenientes de la planta de tratamiento aerobia de la empresa de bienes de consumo comprenden aguas residuales de tipo doméstico denominadas de tipo ordinario, por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

El agua que se genera es producto de la actividad humana, de uso de los servicios sanitarios de las personas que laboran dentro de la empresa; específicamente, de los servicios sanitarios, actividades en el servicio de cafetería donde está ubicada la cocina, y que generan aguas residuales de limpieza y aseo de utensilios. En resumen, las fuentes de generación de aguas residuales que se conducen hacia la planta son:

- Generada en los servicios sanitarios en oficinas
- Generada en los servicios sanitarios y de duchas para trabajadores
- Generada en los servicios de cafetería y cocina
- Generada en los servicios sanitarios para pilotos.

Gráfico 6. Esquema de ambientes generadores de aguas residuales de la planta



Un esquema es la representación gráfica o conceptual de los aspectos esenciales de un objeto, un texto o un conjunto de ideas. Permite presentar un tema de tal modo que se pueda visualizar globalmente y sea fácilmente comprensible para cualquier persona. Se elabora un esquema para disponer de la información en una forma rápida y precisa.

Emplear esquemas en el análisis de la situación actual de la planta de tratamiento de desechos biológicos nos permitió comprender qué tipo de aguas son las que la planta trata. Partimos del hecho que una industria genera aguas de procesos al igual que aguas de tipo ordinario; y no necesariamente un mismo sistema de tratamiento abarca ambas.

Tal es el caso de la planta en estudio, pues las aguas tratadas provenientes de la planta de tratamiento aerobia comprenden aguas residuales de tipo doméstico denominadas de tipo ordinario y para el tratamiento de sus aguas de proceso la empresa cuenta con otros sistemas de tratamiento de los cuales no se ahonda en el presente trabajo de investigación.

El esquema también nos permite entender que de dónde provienen dichas aguas domésticas. Los entes generadores son: área de servicios en planta, área de administración, área de cafetería y cocina y área de servicios para pilotos. El agua que se genera es producto de la actividad humana, de uso de los servicios sanitarios de las personas que laboran dentro de la empresa y de aguas residuales de limpieza y aseo de utensilios.

El proceso descrito en el esquema indica que todas las aguas generadas son transportadas por la tubería de servicios sanitarios; el lodo generado está crudo e ingresa al sistema de tratamiento de aguas que en este caso es una planta de tratamiento con tecnología tipo JET. La aireación se suministra aire por difusores lo que permite el crecimiento de microorganismos que llevan a cabo la digestión aeróbica de lodos.

Luego del sistema de tratamiento el esquema nos indica que esta agua se convierte en agua ordinaria ya inofensiva, incolora e inodora que puede ser liberada al medio ambiente; en este caso el cuerpo receptor es el Río Sur. Con dicha información comprendemos desde la emisión hasta la descarga de las aguas de la planta.

a. Caudal de agua residual generada

Usuarios:	200 personas
Dotación:	0.1 m^3/persona/día=100 litros/persona/día
Q máx. dotación:	20 m^3/día = 20000 litros/día
Tasa de Retorno:	0.70

De acuerdo al monitoreo realizado por la empresa 4 veces al año, se presentan a continuación el promedio de resultados para el caudal monitoreado:

Cuadro 3. Promedio de caudal monitoreado

	EFLUENTE	
	Valor	Hora
Caudal promedio (gal./min)	2.48	
Caudal máximo (gal./min)	7.5	12:40 p.m.
Caudal mínimo (gal./min)	0	9:45 a.m. a 10:00 a.m., 9:00 a.m. a 9:45 a.m.
Nivel Promedio (")	1.98	
Nivel Máximo (")	2.8	13:10 p.m. a 13:45 p.m.
Nivel Mínimo (")	0	9:00 a.m. a 9:45 a.m.
Velocidad promedio (m/s)	0.11	
Velocidad máxima (m/s)	0.165	10:30 a.m.
Velocidad mínima (m/s)	0	9:45 a.m. a 10:00 a.m., 9:00 a.m. a 9:45 a.m.

b. Características del agua residual generada. Para determinar la calidad del efluente se elaboró un diagnóstico de caracterización de efluentes. Se consideran en el Acuerdo 236-2006 como parámetros de agua cruda ordinaria (sin tratar) los valores típicos siguientes:

Cuadro 4. Parámetros de agua cruda ordinaria

Parámetro	Dimensional	Carga o valor
PH	U PH	6.5 - 8.5
Temperatura	°C	20 - 30
Color		Verde amarillento - café - gris
Sólidos totales	mg/litro	700-800
Sólidos sedimentables	ml/litro	5 - 15
Sólidos suspendidos totales	mg/litro	240 - 480
DBO5	mg O2/litro	200 - 600
DQO	mg O2/litro	400 - 1200
Grasas y aceites	mg/litro	$\leq$ 100

Cuadro 5. Promedio de resultados de parámetros de agua cruda

Parámetro	Dimensional	Resultado promedio
Temperatura	Grados Celsius	27.2
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	7
Oxigeno disuelto	mg/litro	--
Sólidos sedimentables	mg/litro	29
Sólidos suspendidos totales	mg/litro	208
Sólidos disueltos totales	mg/litro	--
Sólidos totales	mg/litro	--
Material flotante	Presente/Ausente	Presente
Grasas y aceites	mg/litro	< 6
DQO	mg/1-O2	2785
DBO5	mg/1-O2	174
Nitrógeno total	mg/1-O2	54
Fósforo total	mg/1-O2	5
Grupo coliforme total	Número más probable en cien mililitros	$>24 \text{ X } 10^6$
Color	Unidades de platino cobalto	94

4. Selección del sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento de la planta es un sistema biológico aeróbico de aireación extendida, o bien lodos activados. El sistema se orienta a tratar la totalidad del caudal de los efluentes ordinarios o domésticos de la empresa de bienes de consumo estimados en el diseño original.

El problema derivado de esto radica en que su diseño está sobre dimensionado y en la teoría, un tratamiento secundario por lodos activados de aireación extendida genera malos olores y más aún cuando la carga es menor a la del diseño.

El tratamiento inicia cuando el agua cruda alimenta al tanque de aireación, donde se tiene un suministro de aire por difusión en el fondo para permitir el crecimiento de bacterias aeróbicas (microorganismos que requieren oxígeno para vivir). La materia orgánica presente en el agua residual sirve de alimento para las bacterias, transformando la materia orgánica en materia celular y energía para crecer y reproducirse, agrupándose y formando colonias llamadas floculos cada vez más pesados, que en su conjunto se conocen como “Lodo Activado”.

Los floculos de lodo activado pasan a la siguiente etapa de tratamiento: el tanque de clarificación secundaria, en este tanque el agua se mantiene en reposo para permitir que los floculos sedimenten por gravedad en el fondo de la tolva; el sobrenadante libre de sólidos se vierte hacia el sistema de desinfección.

Los lodos sedimentados son recirculados en su mayoría al tanque de aireación para retroalimentare cultivo bacteriano en contacto con el agua cruda y seguir así el proceso de oxidación.

El agua clarificada es desinfectada por medio de un equipo de hipo cloración, donde dependiendo del caudal disuelve la cantidad necesaria de este desinfectante reduciendo las bacterias y organismos que estén presentes en el agua tratada.

5. Características de las unidades. El sistema cuenta con las unidades siguientes:

- Un tanque de aireación donde se suministra aire por difusión en el fondo, lo que permite el crecimiento de microorganismos que requieren oxígeno para vivir, sirviendo la materia presente para alimentar las bacterias aeróbicas, las cuales transforman los residuos orgánicos en materia celular y energía para crecer y reproducirse, lo que originará los lodos activados. El elemento básico en esta unidad es el soplador.
- El segundo compartimiento es un complemento de aireación al proceso con los fines enunciados en la etapa anterior y que complementa el oxígeno necesario para el volumen a tratar.
- Los lodos activados pasan al tanque de clarificación secundaria, lugar donde se sedimentan por gravedad lodos; el sobrenadante es clorado y los lodos que decantan se recirculan para retroalimentar el sistema.

a. Elementos estructurales del sistema

1) Una guarda para el soplador de fibra de vidrio con apoyo de hierro.
2) Tubería de difusión de aire con dos ramales para las líneas de aireación con 12 difusores sellados JET y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
3) Un desnatador de superficie con retorno neumático.
4) Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
5) Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables
6) Mamparas
7) Tabique de lámina plástica con apoyos
8) Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta
9) Recipiente de 25 libras de tabletas de Hipoclorito de Calcio

b. Elementos electromecánicos del sistema

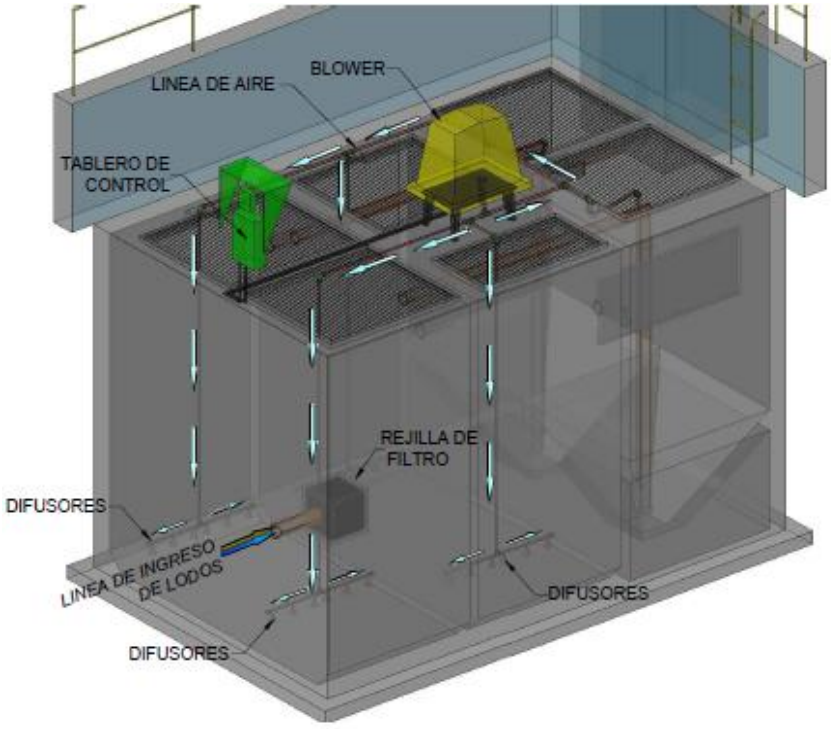
1) Un soplador rotatorio de desplazamiento positivo acoplado a motor eléctrico horizontal alimentado por 110/220 V, con potencia de 1.5 Hp, con un silenciador y su filtro.
2) Un soplador de reserva de desplazamiento positivo 1 Hp
3) 8 válvulas

4) Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas

c. Elementos electrónicos del sistema

1) Interruptor automático de 2x30 amperios GE
2) Dos porta fusibles de 2 amperios
3) Temporizador ZEN 10C1AR-A-V2
4) Dos Interruptores automáticos C6 de 1x6 amperios
5) Dos Interruptores automáticos C6 2X6 amperios
6) Dos Interruptores automáticos C20 2x20 amperios
7) Transformador Burden 100VA 240, 120 / 0, 12, 24, VAC
8) Contactor 24 VAC Meta Mec GMC-9
9) Guarda motor Schneider 16 a 24 amperios
10) Contactor 24 VAC Siemens 3RT 1026 – 1A..0
11) Guarda motor 11-16 amperios RU 1126 – 4ABO

Gráfico 7. Esquema 3D de la planta de tratamiento



6. Planos. Ver Anexo A1 para planos de una planta de tratamiento con características similares ubicada en la Costa Sur.

C. Procesos

1. **Aireación.** En el tanque de aireación se lleva a cabo la digestión aeróbica o combustión húmeda. Aquí el agua residual es mezclada y aireada por medio de difusores de aire, localizados en el fondo del tanque. Estos difusores inyectan suficiente aire, tanto para alcanzar la demanda de oxigeno del proceso de digestión aeróbica, como para mezclar totalmente el contenido del tanque y retornar los lodos por medio del sistema “air lifting”.

El aire es suministrado por medio de un soplador de desplazamiento positivo, cuya operación puede programarse en ciclos variables con un reloj de control de 24 horas.

2. **Sedimentación secundaria.** La siguiente etapa en el proceso tiene lugar en el compartimiento de sedimentación secundaria. Aquí no hay movimiento, de tal forma que todos los sólidos pueden asentarse en el fondo del tanque y regresarse al tanque de aireación por medio de la línea de recirculación o retorno de lodos.

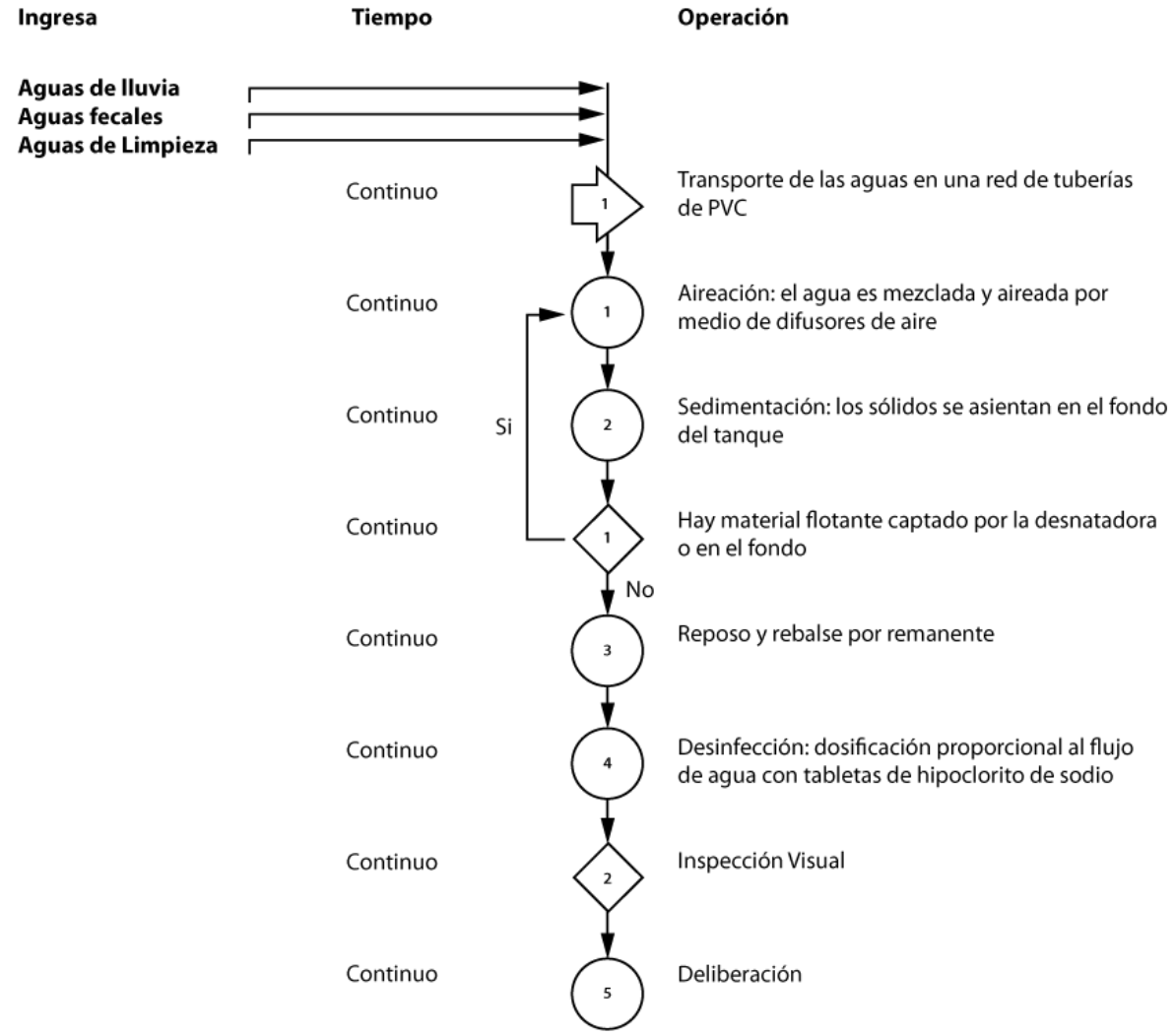
El material flotante en el tanque de sedimentación secundaria, después de ser captado en la superficie por medio de una desnatadora, es regresado a la cámara de aireación para proseguir su tratamiento. Las desnatadoras superficiales normalmente aprovechan el mismo principio de la bomba neumática con inyección de aire en la línea como el retorno de lodos.

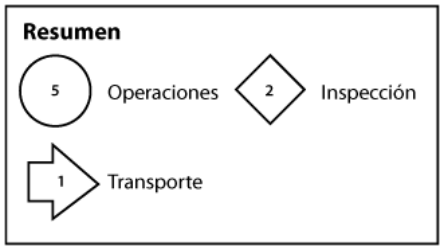
3. **Desinfección.** La desinfección del agua tratada se hace con el objeto de eliminar las bacterias patógenas que puedan permanecer en ella y permitir su re-uso o descarga sin peligros para la salud o para el medio ambiente. Esta desinfección puede realizarse de diversas maneras y deberá ser controlada para evitar daños ambientales por exceso de dosificación o fallas en su manejo.

Se utilizan como equipo de línea la desinfección por medio de tabletas de Hipoclorito de Calcio debidamente registradas y autorizadas para esta aplicación. Es un método de desinfección muy simple.

4. DOP

Gráfico 8.
Diagrama de flujo vertical
Diagrama correspondiente al procedimiento de tratamiento de aguas residuales
Planta de tratamiento de desechos biológicos de una empresa de bienes de consumo





Un diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se emplean símbolos con significados definidos que representan los pasos del algoritmo y el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin de proceso.

Emplear diagramas de flujo en el análisis de la situación actual de la planta de tratamiento de desechos biológicos nos brindó información del proceso de tratamiento y nos permitió comprender el flujo de ejecución del tratamiento de las aguas residuales en la planta de tratamiento con tecnología tipo JET.

La utilidad del Gráfico 8. se describe a continuación:

- La operación de la planta es empírica y no hay documentación escrita del proceso de tratamiento. El Gráfico 8 nos permite entender el proceso y emplearlo para desarrollar un manual de operación, paro y arranque de la planta de tratamiento que permita estandarizar cómo vamos a operar la misma.

- No se habían documentado los tiempos de cada componente del proceso de tratamiento, por lo que no se podía optimizar los mismos. Con la información del gráfico ahora sabemos que 70% del tiempo de un ciclo operativo hay un soplador positivo encendido y 30% del tiempo no.

- La información del Gráfico 8 también nos alertó sobre la inspección no. 2: inspección visual de las descargas de agua. Si bien es una inspección visual que el operador realiza al terminar un ciclo, no hay medidas preventivas que eviten una descarga de agua contaminada.

- Por último, pero no menos importante, se desarrolló con fines analíticos y para detectar ineficiencias. Al analizar el tiempo de aireación nos percatamos que era un periodo de tiempo extenso debido a que los difusores de burbuja eran de burbuja grande los cuales resultan ser más ineficientes versus difusores de burbuja mediana o fina. Conocer dicha información nos permitiría proponer una medida para contrarrestar la ineficiencia detectada.

D. Monitoreo ambiental

Los parámetros de monitoreo y de descarga a cuerpos receptores para aguas residuales que se analizan son los que están normados dentro del Acuerdo Gubernativo 236-2006. El muestreo se realiza cada tres meses, la ley lo exige 2 veces al año y la empresa 4 o más con el objeto de tener un registro del comportamiento estacionario de los valores de la calidad del agua residual doméstica.

1. Límites permisibles de parámetros muestreados.

Cuadro 6. Límites permisibles gubernamentales para análisis de descargas

	REGLAMENTO 236-2006			
	Fecha máxima de cumplimiento			
	02/05/2011	**02/05/2015**	**02/05/2020**	**02/05/2024**
	Etapa			
Parámetros	**Uno**	**Dos**	**Tres**	**Cuatro**
Temperatura	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	100	50	25	10
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	600	400	150	100
Nitrógeno total	100	50	25	20
Fósforo total	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	< 1 x 10^6	< 1 x 10^5	< 1 x 10^4	< 1 x 10^4
Color	1300	1000	750	500
Sólidos sedimentables	N/A	N/A	N/A	N/A
Demanda química de oxígeno	N/A	N/A	N/A	N/A
Demanda bioquímica de oxígeno	N/A	N/A	N/A	100

2. Resultados anteriores. La empresa de bienes de consumo costeó un análisis de 8 muestras entre los meses de agosto y septiembre para contar con el material necesario para efectuar un Control de Procesos más exigente que la regulación ambiental del país.

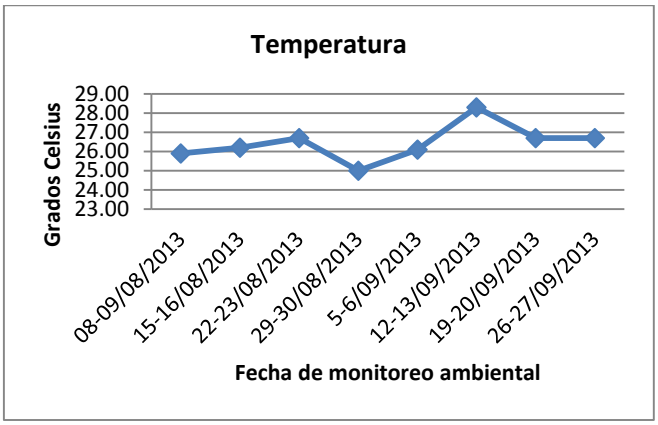
Los resultados obtenidos del análisis de las cuatro muestras permiten verificar el cumplimiento del Reglamento 236-2006, pero sobre todo mostrar la variabilidad que se da entre una semana y otra.

Cuadro 7. Resultados de monitoreo ambiental - agosto y septiembre 2013

	Fecha	08-09/08	15-16/08	22-23/08	29-30/08	5-6/09	12-13/09	19-20/09	26-27/09
	Orden	83090	83169	83253	83389	83501	83588	83673	83758
Parámetros	**Dimensionales**	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Temperatura	Grados Celsius	25.90	26.20	26.70	25.00	26.10	28.30	26.70	26.70
Grasas y aceites	Miligramos por litro	6	6	7	6	7	6	7	6
Materia flotante	Ausencia/ presencia	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	108	116	78	83	94	85	150	134
Nitrógeno total	Miligramos por litro	24	38	40	20	36	25	38	39
Fósforo total	Miligramos por litro	11	8	6	4	5	7	13	5
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6.0	7.0	6.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Coliformes fecales	Número + prob/100 ml	60000	76000	80000	55000	60000	82000	59000	61000
Color	Unidades platino cobalto	88	53	66	41	40	51	68	72
Sólidos sedimentables	Miligramos por litro	1	1	2	1	1	5	3	1
Demanda química de oxígeno	Miligramos por litro	152	197	178	149	158	173	191	195
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	70	76	65	60	85	90	80	82

3. Interpretación de resultados.

Gráfico 9. Medición de temperatura

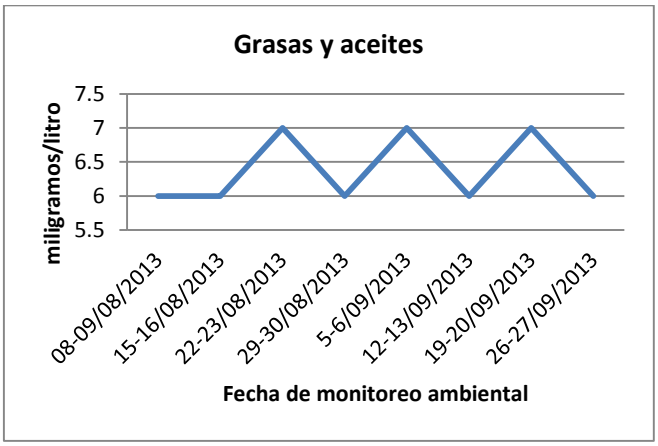


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
Temperatura del río +/- 7°C

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 9 se debe al clima de la Costa Sur.

Gráfico 10. Medición de grasas y aceites

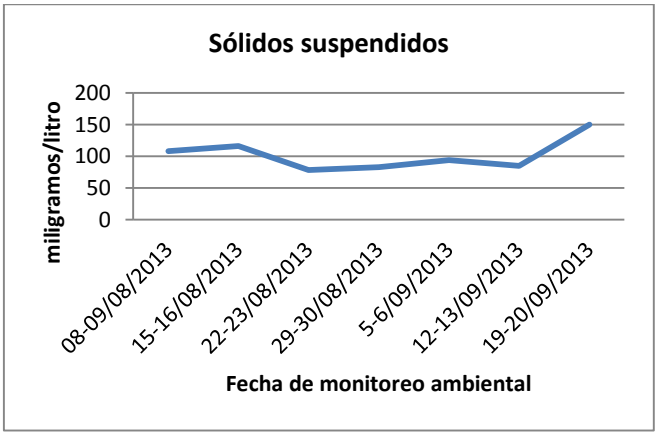


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
50 mg/l

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 10 se debe a la limpieza de las trampas de aceite y al detergente empleado en cocina.

Gráfico 11. Medición de sólidos suspendidos

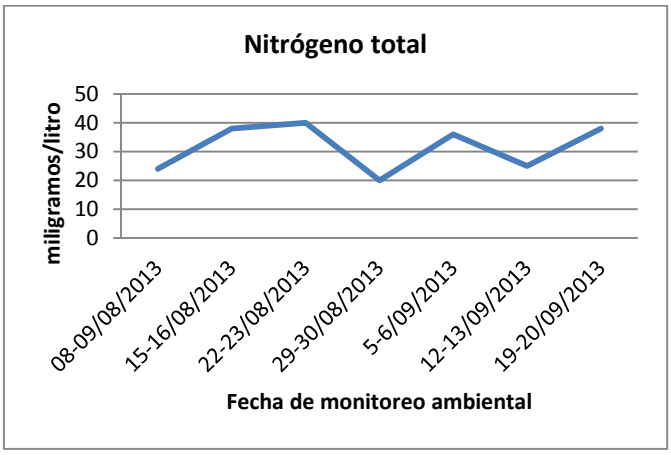


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
400 mg/l

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 11 se debe al sistema de aireación, difusores poco eficientes.

Gráfico 12. Medición de Nitrógeno

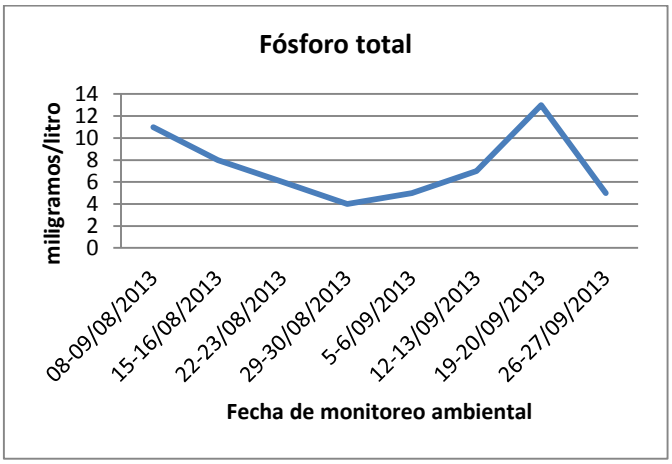


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
50 mg/l

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 12 se debe a que la carga de materia orgánica (heces fecales) no es constante.

Gráfico 13. Medición de Fósforo total

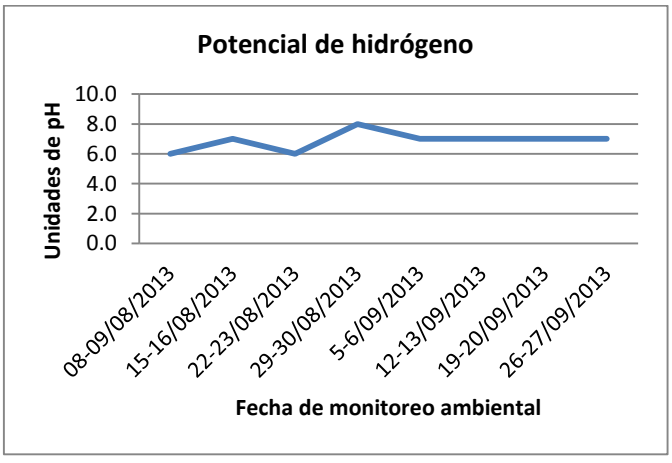


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
30 mg/l

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 13 se debe a irregularidad en la cantidad de detergente con compuestos fosfatados empleada cada día.

Gráfico 14. Medición de PH

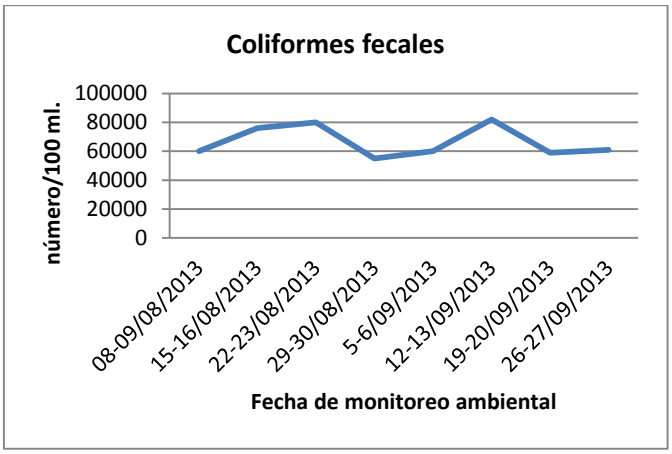


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
6 a 9 unidades de pH

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 14 se debe al uso de cloro y soda caústica en los servicios sanitarios ciertos días.

Gráfico 15. Medición de coliformes fecales

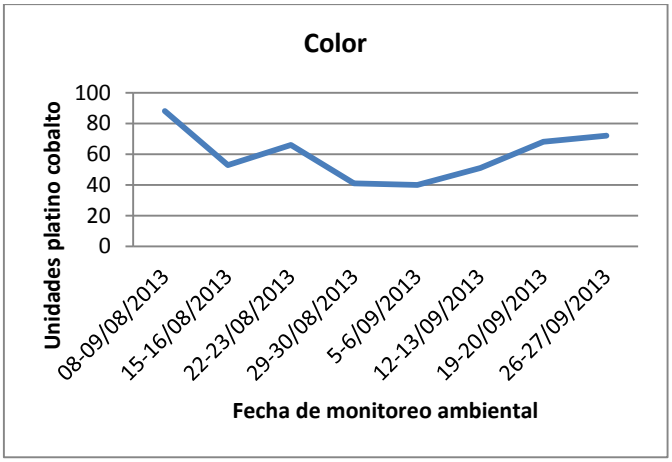


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
$< 1x10^5$ número/100 ml.

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 15 se debe al sistema de aireación, difusores poco eficientes.

Gráfico 16. Medición de color

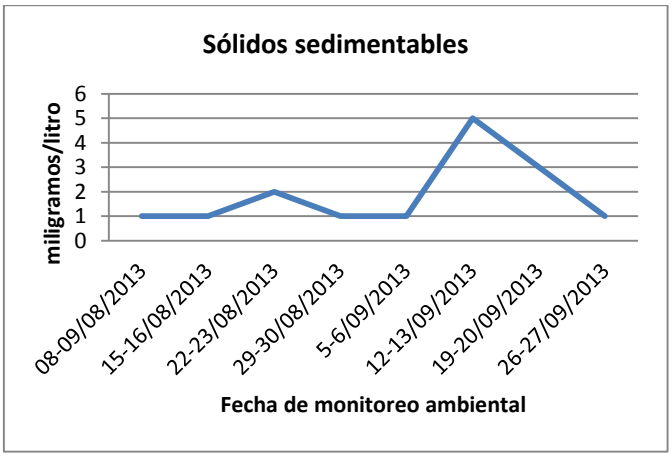


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
1000 unidades platino cobalto

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
Cumple un 100% la ley. La variación observada en la Gráfica 16 se debe al uso de colorantes en algunas comidas en cafetería.

Gráfico 17. Medición de sólidos sedimentables

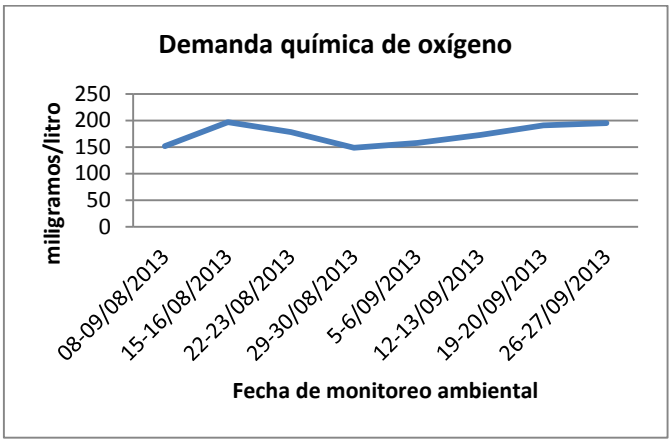


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
La ley no regula este parámetro en la Etapa 2 del Acuerdo 236-2006. La variación observada en la Gráfica 17 se debe al sistema de aireación, difusores poco eficientes.

Gráfico 18. Medición de DQO

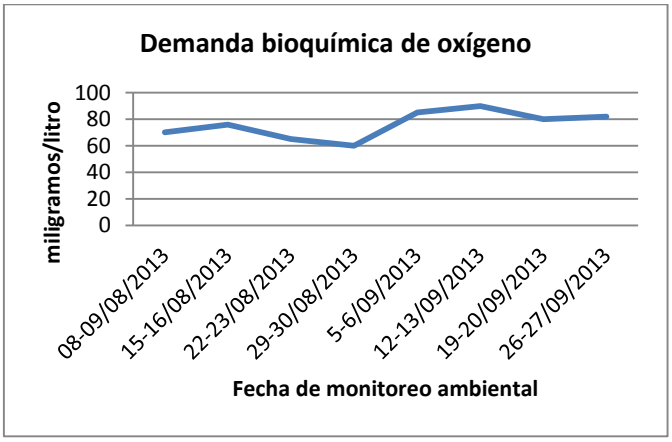


Límite máx. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
La ley no regula este parámetro en la Etapa 2 del Acuerdo 236-2006. La variación observada en la Gráfica 18 se debe a la cantidad de materia orgánica degradable que ingresa al sistema.

Gráfico 19. Medición de DBO



Límite máx. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Límite mín. Acuerdo 236-2006:
No establecido.

Discusión:
La ley no regula este parámetro en la Etapa 2 del Acuerdo 236-2006. La variación observada en la Gráfica 19 se debe a la cantidad de compuestos químicos que ingresan al sistema.

a. Discusión de resultados. Los resultados de todos los parámetros muestreados cumplen en un 100% con el Acuerdo 236-2006. Actualmente se encuentran regidos por los límites permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de la Etapa 2 que sólo establece límites superiores y no inferiores. Es importante enfatizar que si bien cumplimos los límites que rigen hasta el dos de mayo de dos mil quince, la Etapa 3 y 4 que prosiguen tiene límites más rigurosos.

La empresa de bienes de consumo tiene una alta responsabilidad social empresarial y por ello se preocupa porque sus descargas de aguas ordinarias tratadas cumplan siempre con la ley, y no representen una fuente de contaminación para el Río Sur. Además tiene normativas globales que rigen metales en sus descargas residuales las cuales debe cumplir.

Por ende, la empresa de bienes de consumo debe ser capaz de garantizar que sostendrá sus resultados en el tiempo, que no será cuestión de suerte el cumplir con las regulaciones legales y normativas globales, y para ello necesita tener un sistema robusto de tratamiento de aguas residuales.

Las Gráficas 9-19 nos reflejan que hay mucha variación en los resultados obtenidos de cada parámetro en el monitoreo ambiental del mes de agosto y septiembre de 2013. Se necesita desarrollar un control de procesos para establecer límites más rigurosos que nos permitan tener una mayor visibilidad de la variación de los parámetros y a la vez comenzar a tener data histórica.

Adicional, estas gráficas nos permiten identificar las posibles causas de su variación las cuales se discuten en el lateral de cada una. Identificar dichas causas permite establecer planes de acción para disminuir la variabilidad y hacer su comportamiento más estable al momento de desarrollar la propuesta de optimización y administración de la planta.

E. Administración de la planta

1. Operación. La administración de la planta se lleva a cabo de forma empírica por un trabajador no calificado. El operador de la planta fue subcontratado y no está capacitado para manejo de plantas residuales; además cuenta con un rol compartido.

a. Actividades de la operación diaria

1) Limpieza general de los alrededores de la planta
2) Realizar muestreo de afluente asegurando que este claro y sin olores
3) Revisar que temporizador esté 70% encendido 30% apagado
4) Revisar que el flujo de recirculación de lodos está arriba de 1/4 del tubo
5) Limpiar el vertedor para mantener libre de acumulación de lodos
6) Revisar que la descarga de la planta de tratamiento tenga pastilla de Hipoclorito de Calcio
7) Limpiar los ramales de difusión de aire

b. Actividades de la operación semanal

1) Aplicación de tratamiento ENZIMAP en tubería de servicios sanitarios
2) Limpieza de desnatador, realizada cada sábado
3) Raspado de paredes de las tolvas de decantación, una vez por semana

c. Actividades de la operación mensual

1) Revise y cambie los fusibles quemados de los controles eléctricos
2) Revisar que no haya fuga en las válvulas de aire

d. Actividades de la operación trimestral

1) Análisis de aguas tratadas: realizada cada tres meses por laboratorio externo

e. Actividades de la operación semestral

1) Retiro de lodos: realizada cada 6 meses por empresa contratista externa

2. Mantenimiento. La empresa de bienes de consumo no tiene una sábana de mantenimiento para los equipos que conforman a la planta de tratamiento. El único mantenimiento del cual se tiene registro es de un mantenimiento correctivo realizado en el 2010 referente a un cambio de varios elementos electromecánicos de la planta.

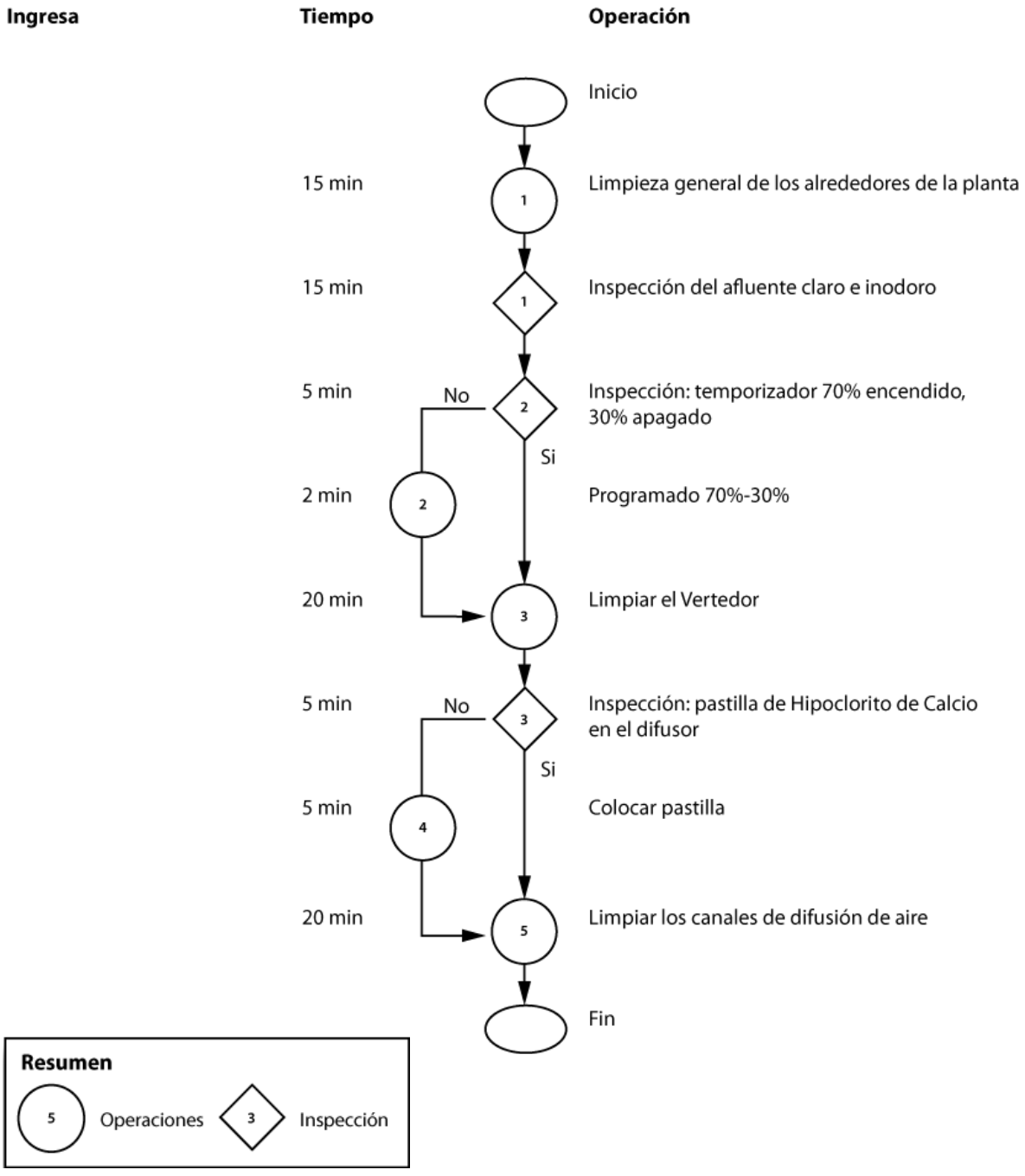
La importancia de contar con un mantenimiento preventivo radica en que según la teoría, mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida de la maquinaria y equipo hasta en un 50%. Cabe resaltar que muchos de los accidentes que ponen en riesgo la seguridad en el trabajo son provocados por falta de mantenimiento preventivo en los equipos e instalaciones.

Cuadro 8. Costos de mantenimiento correctivo 2010

	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONTACTOR BOBINA 220V A-B CAT.-100C-16*10	2	Q815.00	Q 1,630.00
RELE BIMETÁLICO A-B cat. 193-ED1DB	1	Q609.00	Q 609.00
BREAKER C6 de 1x6 AMP	2	Q345.00	Q 690.00
BREAKER C6 2X6 AMP	2	Q345.00	Q690.00
BREAKER C20 2X20 AMP	2	Q345.00	Q690.00
PORTA FUSIBLES 2 AMP	1	Q700.00	Q 700.00
CALIBRADOR NEUMÁTICO STANLEY FLEXIBLE	1	Q 255.00	Q 255.00
SOPLADOR MARCA ROOTS MODELO URAI 45	1	Q52,572.83	Q52,572.83
CONTROLADOR LÓGICO SIMPLE 10 PUNTOS	1	Q1,018.48	Q1,018.48
METROS DE CABLE NÚMERO 14	45	Q15.00	Q675.00

3. DOP

Gráfico 20.
Diagrama de flujo vertical
Diagrama correspondiente a la operación diaria de la planta
Planta de tratamiento de desechos biológicos de una empresa de bienes de consumo



Emplear diagramas de flujo en el análisis de la administración de la planta de tratamiento de desechos biológicos nos brindó información de cómo se lleva a cabo la operación y el mantenimiento de la planta. En el flujo de operación diaria de la planta, se detallan las actividades y el tiempo invertido por el operador.

La utilidad del Gráfico 20. se describe a continuación:

- El Gráfico 20 detalla el tiempo estándar que un operador de una planta de tratamiento debería emplear en las actividades de su operación diaria, información que no se tenía previo a su elaboración.

- Se describe el flujo de una operación rutinaria en una planta de tratamiento, lo que permite que se elabore un manual de operación para la planta y que éste pueda ser usado para calificar a un técnico.

- El conocer qué actividades desarrolla el operador de la planta de tratamiento también permite efectuar una descripción de rol (actualmente no se tiene ninguna). En la misma se detallan qué habilidades necesita tener el operador, las actividades a realizar y cuáles serán sus medidas de éxito.

- El Gráfico 20 también nos permite desarrollar un sistema de trazabilidad para las actividades de la operación diaria de la planta, desarrollando una lista de verificación que el operador deba documentar para respaldar que todas las actividades se llevaron a cabo.

F. Análisis de Seguridad Industrial

Cuadro 9. Clave análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO
	Nulo
	Bajo
	Medio
	Alto

Cuadro 10. Análisis de riesgos bajos, medios y altos de la planta de tratamiento

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Condiciones generales			
ENTORNO			
TEMPERATURA	Cansancio excesivo debido a la temperatura extrema	N/A	nulo
HUMEDAD	Condiciones incómodas de trabajo	N/A	nulo
CALIDAD DEL AIRE	Efectos secundarios por falta de oxígeno en el organismo	N/A	nulo
POLVO	Inhalación o explosión	N/A	nulo
VAPOR	Inhalación o explosión	N/A	nulo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
ILUMINACIÓN	Condiciones incómodas de trabajo	N/A	nulo
SALIDAS DE EMERGENCIA	Dificultad de escape	Salida por escalera	bajo
Riesgos físicos en el área			
Fuentes de radiación	Exposición a la radiación	N/A	nulo
Láser	Daños oculares y quemaduras	N/A	nulo
Ruido alto (EPP requerido)	Sordera	Sopladores en operación	bajo
Diagrama del área de trabajo			
Tamaño del área de trabajo 1.1 m como mínimo	Condiciones incómodas de trabajo	N/A	nulo
Superficies calientes	Quemaduras	N/A	nulo
Riesgos de golpe / obstrucciones para moverse	Golpes	Manipulación de rejillas	alto
Bordes filosos	Cortes	N/A	nulo
Escaleras y plataformas			
Caída de la plataforma	Golpes / Caídas	N/A	nulo
Caída en la escalera	Golpes / Caídas	No está bloqueado el acceso a la entrada de la escalera	Medio
Pasillos			
Interacción entre los peatones y el vehículo en movimiento	Atropello, muerte de peatones	N/A	nulo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Anchura del pasillo para movimiento de la gente	Golpes / Caídas	N/A	nulo
Superficie del pasillo (pareja / no resbalosa/ seca, etc.)	Golpes / Caídas	N/A	nulo
Caminos de entrada para coches			
Interacción entre los peatones y movimiento de vehículos	Atropello, muerte de peatones	N/A	nulo
Anchura del camino de entrada para coches para el movimiento de vehículos	Colisiones vehiculares	N/A	nulo
Superficie del camino de entrada para coches	Colisiones vehiculares / Vuelcos	N/A	nulo
Químicos en uso (almacenamiento, manejo)			
Químicos muy tóxicos en el área	Daños personales	N/A	nulo
			nulo
Químicos tóxicos en el área	Daños personales	N/A	nulo
			nulo
Químicos nocivos en el área	Daños personales	N/A	nulo
			nulo
Químicos corrosivos en el área	Daños personales	N/A	nulo
			nulo
Químicos altamente inflamables en el área	Daños personales, incendios o explosiones	N/A	nulo
			nulo
Químicos inflamables en el área	Daños personales, incendios o explosiones	N/A	nulo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Químicos reactivos en el área	Reacción química	N/A	nulo
			nulo
Químicos ambientalmente peligrosos en el área	Daño ambiental	N/A	nulo
Químicos explosivos en el área	Daños personales, incendios o explosiones	N/A	nulo
			nulo
Químicos sensibilizantes en el área	Daños personales	Enzimas BZT	bajo
Químicos que secan la piel en el área	Daños personales	N/A	nulo
Materiales biológicos			
Riesgos por contacto con materiales biológicos	Infección	La materia fecal	alto
Máquinas general			
Atrapamiento en equipo en movimiento	Lesión o mutilación de extremidades	Los sopladores deberían estar con cadena	medio
Despeje de atascamiento en el equipo	Lesión o mutilación de extremidades	N/A	nulo
Cambio (de marca) del equipo	Lesión o mutilación de extremidades	N/A	nulo
Mantenimiento del Equipo	Lesión o mutilación de extremidades	Mantenimiento a sopladores	bajo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Operación general del equipo	Lesión o mutilación de extremidades	N/A	nulo
Fuentes de Radiación	Exposición a la radiación	N/A	nulo
Láser	Daños oculares y quemaduras	N/A	nulo
Ruido alto (EPP requerido)	Sordera	N/A	nulo
Manejo manual para soportar la operación de la máquina	Daños personales	N/A	nulo
Trabajo repetitivo en las máquinas	Daños personales	N/A	nulo
Aislamiento de energía peligrosa			
Fuentes de energía eléctrica		Panel de Control	bajo
Fuentes de energía neumática		N/A	nulo
Fuentes de energía hidráulica		N/A	nulo
Fuentes de vapor		N/A	nulo
Tubería presurizada (apertura de la línea)		N/A	nulo
Espacios confinados			
Oxígeno insuficiente en el área	Efectos secundarios por falta de oxígeno en el organismo	N/A	nulo
Materiales que permanecen en el área antes de entrar	Contacto con químicos	N/A	nulo
Entrada superior requerida para el espacio	Dificultad de escape	Es más de 60 cm de diámetro	alto
Calor excesivo en el área	Cansancio excesivo debido a la temperatura extrema	N/A	nulo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Espacio reducido para rescate	Dificultad de escape	Sí, es difícil que quepan 2 personas	alto
Habilidad para aislar el espacio confinado	Dificultad de escape, Inmersión, Sofocación	Cuenta con rejilla pero sin candado	bajo
Tareas rutinarias de trabajo en alturas			
Caída de alturas	Golpes / Caídas	Escalera de entrada a la planta	medio
Tareas no rutinarias de trabajo en alturas			
Caída de alturas	Golpes / Caídas	N/A	nulo
Techos		N/A	nulo
Manejo de Materiales			
Operación general de FLT en un área	Colisiones vehiculares / Vuelcos	N/A	nulo
Peso de artículos que están siendo elevados	Colisiones vehiculares / Vuelcos	N/A	nulo
Uso de polipastos en el área	Golpes / Peso excesivo	N/A	nulo
Almacenamiento en racks	Peso excesivo / estabilidad	N/A	nulo
Almacenamiento seguro de todo el material	Golpes / Peso excesivo	N/A	nulo
Uso de herramientas manuales			
Cuchilla	Cortes	N/A	nulo
Esmeril	Lesiones Oculares, cortes	N/A	nulo
Taladro	Lesiones Oculares, cortes	N/A	nulo
llave inglesa	Golpes / Cortes	N/A	nulo

Continuación Cuadro 10

FUENTE	EFECTOS	APLICA/ NO APLICA	NIVEL DE RIESGO
Llaves mecánicas	Golpes / Cortes	N/A	nulo
Desarmadores	Golpes / Cortes	N/A	nulo
Martillos	Golpes / Cortes	N/A	nulo
Lima	Lesiones Oculares, cortes	N/A	nulo
Ergonomía			
Elevación	Daños personales	N/A	nulo
Curvatura	Daños personales	N/A	nulo
Movimiento repetitivo	Daños personales	N/A	nulo
Empujar / jalar cargas	Daños personales	N/A	nulo
Trabajo eléctrico			
Trabajo en partes conductoras	Choque o descarga eléctrica	N/A	nulo
Inspección y mantenimiento	Choque o descarga eléctrica	Inspección de cambio de fusibles	bajo
Solución de problemas	Choque o descarga eléctrica	N/A	nulo

Cuadro 11. Resumen de análisis de riesgos

RESUMEN DE ANÁLISIS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL		
TIPO DE RIESGO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Nulo	64	82%
Bajo	7	9%
Medio	3	4%
Alto	4	5%
TOTAL	78	100%

Cuadro 12. Riesgos bajos de la planta

RIESGOS BAJOS	
RIESGO EN EL ÁREA DE TRABAJO	**EFECTOS**
Salida por escalera	Habilidad para escapar de un incendio / emergencia
Sopladores en operación	Pérdida de la audición por el ruido
Enzimas BZT	Lesión personal
Mantenimiento a sopladores	Quedar atrapado, lesión a las manos / dedos, etc.
Panel de Control	
Los tanques cuentan con rejilla pero sin candado	Quedar atrapado, Inmersión/Hundimiento, Sofocación
Inspección de cambio de fusibles	Choque eléctrico / Descarga eléctrica

Cuadro 13. Riesgos medios de la planta

RIESGOS MEDIOS	
RIESGO EN EL ÁREA DE TRABAJO	**EFECTOS**
No está bloqueado el acceso a la entrada de la escalera	Resbalones, tropezones, caídas
Los sopladores deberían estar con cadena	Atrapamiento, lesión a las manos / dedos, etc.
Escalera de entrada a la planta	Caída de una altura

Cuadro 14. Riesgos altos de la planta

RIESGOS ALTOS	
RIESGO EN EL ÁREA DE TRABAJO	**EFECTOS**
Manipulación de rejillas	Golpes en la cabeza, chichones / moretones
La materia fecal	Infección
La entrada al compartimiento de descargas de aguas es más de 60 cm de diámetro	Habilidad para rescatar
En la entrada al compartimiento de descargas es difícil que quepan 2 personas	Habilidad para rescatar

1. Discusión de análisis de riesgos por área. En todo proyecto se deben evaluar cuáles son los riesgos industriales implicados en su ejecución, esto debido a que no se justifica que un trabajador tenga una lesión o un accidente. Partiendo de dicho punto, se desarrolló un análisis de riesgos bajos, medios y altos que consiste en el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir.

La importancia de desarrollar dicho análisis radica en que la única forma de poder implementar medidas de seguridad es habiendo primero identificado cuáles son los riesgos. Si bien en el Cuadro 11 los riesgos nulos y bajos son el mayor porcentaje del total de riesgos evaluados, son los medios y altos los que nos representan pérdidas mayores (20% de nuestros riesgos producen 80% de las lesiones). Por juicio crítico, se procedió a atender los riesgos medios y altos en la propuesta para contrarrestarlos.

G. Análisis causa - raíz

1. Las 5 M’s

a. **Maquinaria.** La maquinaria de la planta de tratamiento es electromecánica siendo en general el soplador principal y el de soporte junto con los componentes del panel eléctrico de la planta. Esta maquinaria aún no es obsoleta pero no recibe mantenimiento preventivo, es de baja capacidad y expuesta a micro cortes.

b. **Métodos de trabajo.** Los métodos de trabajo no están documentados y eso impide que se pueda capacitar a otro operador con facilidad o llevar un control y registro del trabajo realizado en la planta. Cada método actual se basa en la experiencia empírica del operario y son ejecutados de forma manual representando un riesgo para el operador.

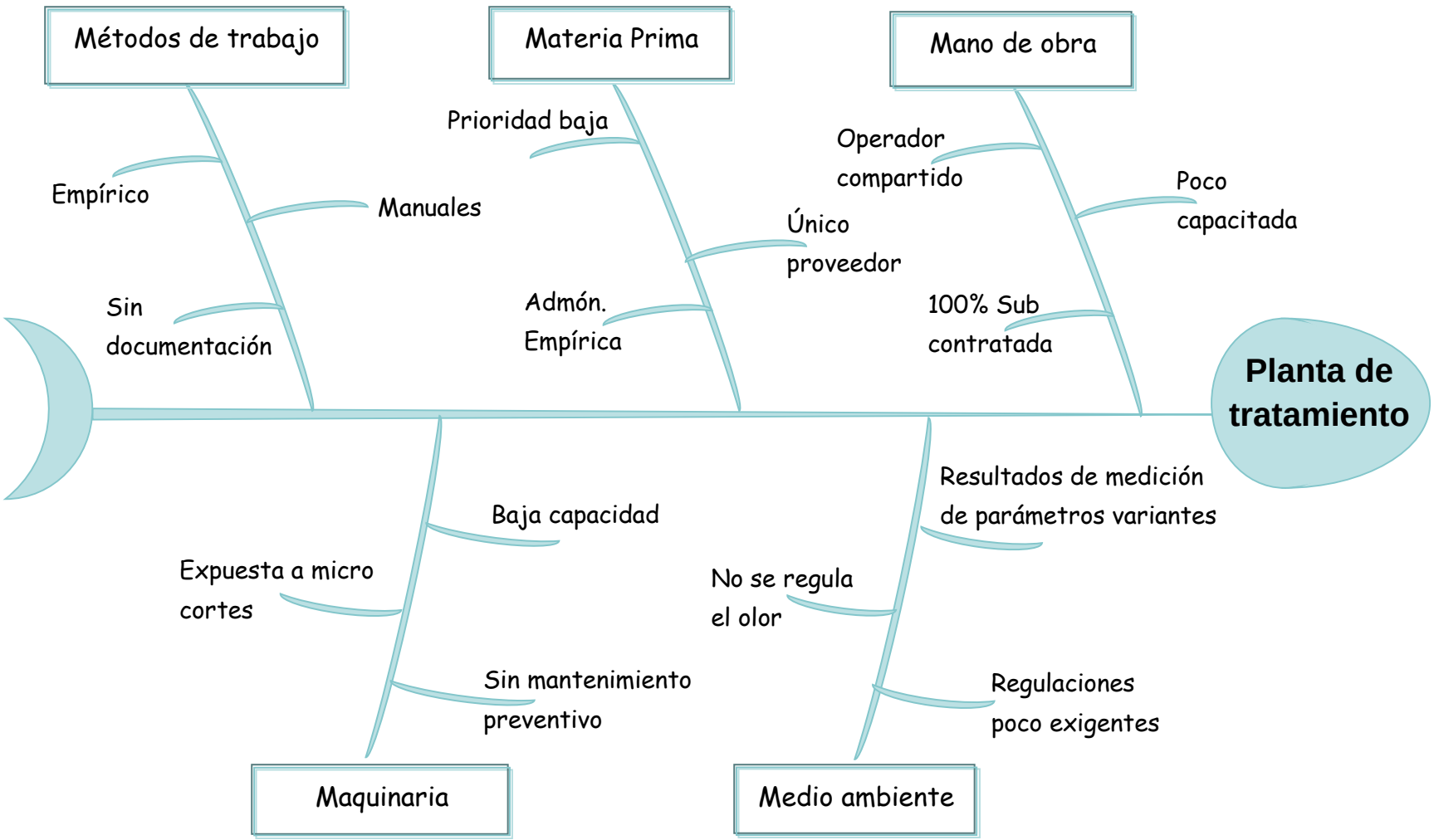
c. **Mano de obra.** La mano de obra que opera la planta de tratamiento es 100% out-sourcing lo cual minimiza el control que se pueda tener sobre el trabajo; desde el operador hasta el análisis de las descargas se realizan con proveedores externos. En cuanto al operador de la planta tiene un rol compartido (jardinero y operador de planta) y es poco capacitado.

d. **Medio ambiente.** El medio ambiente está fuertemente relacionado con la planta de tratamiento pues las descargas de la misma afectan de forma directa al Río Sur. La medición de parámetros trimestrales impide que se tenga un mejor control e información sobre la variación de los mismos. Los parámetros regulados en el país son poco exigentes.

e. **Materia prima.** La administración de la materia prima se realiza de forma empírica, adicionando las enzimas y tabletas de Hipoclorito de Calcio según la experiencia ha ido dictando buenos resultados. La prioridad de la materia prima de la planta de tratamiento es baja.

.

2. Espina de Pescado



3. Herramienta ¿Por qué? ¿Por qué pasó?

Por qué- Por qué pasó						
¿QUÉ?	**¿POR QUÉ? (1)**	**¿POR QUÉ? (2)**	**¿POR QUÉ? (3)**	**¿POR QUÉ? (4)**	**¿POR QUÉ? (5)**	**Paso de acción**
La planta de tratamiento despide mal olor cuando hay un micro corte.	La planta de aireación extendida se queda sin aire aunque regrese la luz.	Cuando regresa la energía eléctrica ya no opera igual el soplador.	Ya no recibe órdenes de tiempo encendido/apagado 70-30.	El temporizador del panel de control se desprograma.	El temporizador necesita un sistema de soporte (batería) para no desprogramarse.	Cotizar una batería para el temporizador para evitar que el temporizador se desprograme.
El registro histórico de la medición de parámetros refleja alta variación.	La medición de los parámetros sólo se ejecuta 4 veces al año.	Se realizan las 2 mediciones que exige el Ministerio de Ambiente y otras 2 para la empresa.	Resulta muy costoso el análisis de parámetros: básico o específico, de aguas residuales.	Las mediciones de parámetros se llevan a cabo con un proveedor sub contratado.	No se ha capacitado al personal del laboratorio de la planta para analizar parámetros básicos.	Desarrollar un programa de muestreo de parámetros básicos de aguas residuales en la empresa.
Se dificulta mucho capacitar a otro operador para que opere la planta.	El operador actual no tiene claro su proceso estándar de operación y no puede capacitar a otro.	El operador actual opera la planta de forma empírica existiendo mínima variación cada día.	No se cuenta con documentos de trazabilidad ni estandarización de la operación.	El proveedor que construyó la planta sólo facilitó un manual de operación de 1 planta similar.	La construcción de la planta de tratamiento fue hace años y nadie solicitó el material administrativo.	Desarrollar un plan administrativo que tenga un perfil de rol, capacitación y registro de la operación.
Los costos de mantenimiento correctivo de la planta son altos.	Los componentes del sistema fallan inesperadamente y en conjunto.	Una falla en un componente no se atiende a tiempo y repercute en otros.	No se tiene un monitoreo de los componentes desconociendo su estado.	No se llevan a cabo rutinas de mantenimiento preventivo para los componentes.	No se ha desarrollado una sábana de mantenimiento para la planta de tratamiento.	Desarrollar una sábana de mantenimiento preventivo para la planta de tratamiento.
El consumo de energía eléctrica de la planta incrementó.	El temporizador se programaba 60-40 y ahora 70-30.	El operador requiere más burbujeo en menos tiempo.	El burbujeo evita los malos olores y acelera el tratamiento.	Las burbujas de aire según su tamaño disuelven los sólidos en cierto tiempo.	A > tamaño de burbuja >eficiencia, requiriendo menor consumo eléctrico.	Proponer difusores de aire de burbuja pequeña para aumentar la eficiencia.

4. Discusión. El análisis causa – raíz nos permitió analizar los métodos de trabajo, la mano de obra, los materiales, el medio ambiente y la maquinaria de la planta de tratamiento para identificar qué fallas se detectaban. Luego se detallaron las posibles causas utilizando el diagrama de pescado. Finalmente se establecieron los pasos de acción para contrarrestarlos/eliminarlos empleando la herramienta del por qué por qué pasó.

En resumen, lo hallazgos del análisis causa - raíz fueron:

- Un registro histórico de la medición de parámetros que refleja alta variación debido a que no se ha capacitado al personal para regularlos. Se propuso desarrollar un muestreo interno y control de procesos.
- Se dificulta mucho capacitar a otro operador para que opere la planta debido a que la construcción de la planta fue hace años y no se solicitó información escrita. Se propuso desarrollar un plan administrativo.
- Los costos de mantenimiento correctivo de la planta son altos debido a que no hay una sábana de mantenimiento preventivo; se propuso desarrollarla.
- El consumo de energía eléctrica de la planta se incrementó por el uso de difusores de burbuja grande; se propone cambiarlos por difusores de burbuja fina.

VI. PROPUESTA

Implementar un Control de Procesos desarrollado con límites más exigentes que los del Acuerdo 236-2006 que incluye un plan administrativo que permite estudiar la variación de los parámetros ambientales e identificar tendencias y actuar proactivamente logrando un sistema de tratamiento de agua más robusto y eficiente capaz de cumplir con los requerimientos de ley para los próximos años y reducir costos operativos.

Ahondando en la propuesta, se detallan los puntos que la conforman a continuación:

- **Control de procesos.** La empresa de bienes de consumo no cuenta con un control de procesos y se regula por los límites de ley corriendo el riesgo de afrontar implicaciones graves al sobrepasar los límites. Se desarrolló un control de procesos que incluye un plan administrativo para medir y regular las variables permitiendo que recursos calificados se encarguen de verificar tendencias y corregirlas proactivamente.

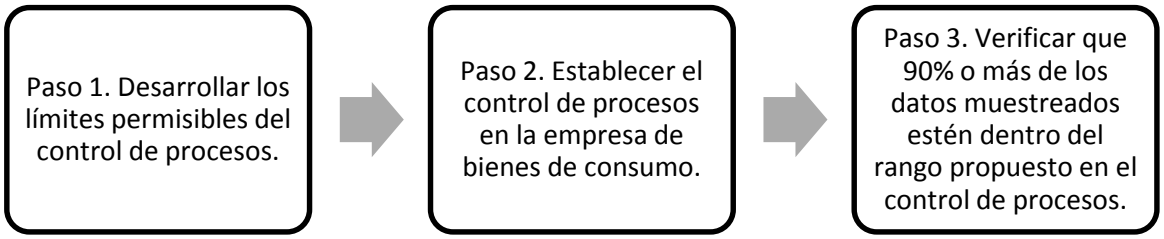
- **Desarrollar un plan de administración.** El control de procesos incluye un plan administrativo que permite obtener información más confiable y continua de los parámetros ambientales para poder regular su comportamiento. Adicional, abarca las áreas de oportunidad detectadas en el análisis de la situación actual:

  - Operador de planta poco capacitado: se desarrolló un perfil de puesto
  - Altos costos por mantenimiento correctivo: se desarrolló mantenimiento preventivo.
  - Monitoreo ambiental subcontratado: se desarrolló un sistema de muestreo interno.
  - Operación empírica de la planta: se desarrolló un manual de operación.
  - Riesgos industriales altos y medios: se proponen medidas de seguridad
  - Cero innovaciones tecnológicas: se propone el cambio de difusores

- **Efectuar una evaluación económica.** La implementación del Control de Procesos mediante el plan administrativo logró la reducción de los costos operativos anuales en un 9%.

A. Control de procesos

1. Metodología. Como ya se explicó anteriormente, la planta de tratamiento no contaba con un control de procesos que le permitiera tener una mayor visibilidad y regulación del comportamiento de sus parámetros. La metodología para desarrollar el control de procesos de la planta de tratamiento propuesto contó con los siguientes pasos:



PASO 1. Establecer los límites permisibles para la compañía, que cumplan con el Acuerdo 236-2006 pero sean más exigentes en sus medidas de salida. Este se desarrolló empleando un análisis estadístico. De los resultados del monitoreo ambiental efectuado en el mes de agosto y septiembre 2013, Cuadro 7, se puede efectuar un análisis estadístico para determinar mi objetivo, límite inferior y límite superior en el cual deberían encontrarse 95% de mis datos.

No basta con conocer mi resultado objetivo, también es necesario conocer la desviación de la distribución de los mismos respecto al promedio de dicha distribución. El contar con un control de procesos con límites calculados sobre mi media aritmética permite tener una visión de los datos más acorde con la realidad.

$$media\ aritmética = \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

$$desviación\ estándar = \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

PASO 2. Presentar los límites permisibles a la compañía para establecerlos. La empresa de bienes de consumo no tenía un control de procesos anterior y requería establecerlo en cuanto se desarrollara por lo que se presentó y procedió a establecerlo.

PASO 3. Verificar que 90% o más de mis datos están dentro del rango establecido.

DESARROLLO DE PASO 1

Cuadro 15. Monitoreo de temperatura

x1	25.90
x2	26.20
x3	26.70
x4	25.00
x5	26.10
x6	28.30
x7	26.70
x8	26.70

N	8
∑	211.60
$\bar{x}$	26.45
σ	0.941124

Resultado objetivo: 26.45 °C
Límite superior: 28.33 °C
Límite inferior: 24.57 °C

Cuadro 16. Monitoreo de grasas y aceites

x1	6.00
x2	6.00
x3	6.50
x4	6.00
x5	6.60
x6	6.00
x7	6.00
x8	6.00

N	8
∑	49.10
$\bar{x}$	6.1375
σ	0.255999

Resultado objetivo: 6.14 mg por litro
Límite superior: 6.65 mg por litro
Límite inferior: 5.63 mg por litro

Cuadro 17. Monitoreo de sólidos suspendidos

x1	108.00
x2	116.00
x3	78.00
x4	83.00
x5	94.00
x6	85.00
x7	150.00
x8	134.00

N	8
∑	848.00
$\bar{x}$	106
σ	25.97251

Resultado objetivo:	106.00	mg por litro
Límite superior:	157.95	mg por litro
Límite inferior:	54.05	mg por litro

Cuadro 18. Monitoreo de Nitrógeno total

x1	24.00
x2	38.00
x3	40.00
x4	20.00
x5	36.00
x6	25.00
x7	38.00
x8	39.00

N	8
∑	260.00
$\bar{x}$	32.5
σ	8.071113

Resultado objetivo:	32.50	mg por litro
Límite superior:	48.64	mg por litro
Límite inferior:	16.36	mg por litro

Cuadro 19. Monitoreo de Fósforo total

x1	11.00
x2	8.00
x3	6.00
x4	4.00
x5	5.00
x6	7.00
x7	13.00
x8	5.00

N	8
∑	59.00
$\bar{x}$	7.375
σ	3.159453

Resultado objetivo:	7.38	mg por litro
Límite superior:	13.69	mg por litro
Límite inferior:	1.06	mg por litro

Cuadro 20. Monitoreo de potencial de Hidrógeno

x1	6.00
x2	7.00
x3	6.00
x4	8.00
x5	7.00
x6	7.00
x7	7.00
x8	7.00

N	8
∑	55.00
$\bar{x}$	6.875
σ	0.64087

Resultado objetivo: 6.88 unidades de PH
Límite superior: 8.16 unidades de PH
Límite inferior: 5.59 unidades de PH

Cuadro 21. Monitoreo de Coliformes fecales

x1	60000.00
x2	76000.00
x3	80000.00
x4	55000.00
x5	60000.00
x6	82000.00
x7	59000.00
x8	61000.00

N	8
∑	533000.00
$\bar{x}$	66625
σ	10795.9979

Resultado objetivo: 66625.00 Núm. + prob/100 ml
Límite superior: 88217.00 Núm. + prob/100 ml
Límite inferior: 45033.00 Núm. + prob/100 ml

Cuadro 22. Monitoreo de color

x1	88.00
x2	53.00
x3	66.00
x4	41.00
x5	40.00
x6	51.00
x7	68.00
x8	72.00

N	8
∑	479.00
$\bar{x}$	59.875
σ	16.5567207

Resultado objetivo: 59.88 unidades platino cobalto
Límite superior: 92.99 unidades platino cobalto
Límite inferior: 26.76 unidades platino cobalto

Cuadro 23. Monitoreo de sólidos sedimentables

x1	1.00
x2	1.00
x3	2.00
x4	1.00
x5	1.00
x6	5.00
x7	3.00
x8	1.00

N	8
∑	15.00
$\bar{x}$	1.875
σ	1.45773797

Resultado objetivo:	1.88	mg por litro
Límite superior:	4.79	mg por litro
Límite inferior:	0.00	mg por litro

Cuadro 24. Monitoreo de demanda química de oxígeno

x1	152.00
x2	197.00
x3	178.00
x4	149.00
x5	158.00
x6	173.00
x7	191.00
x8	195.00

N	8
∑	1393.00
$\bar{x}$	174.125
σ	19.4233843

Resultado objetivo:	174.13	mg por litro
Límite superior:	212.97	mg por litro
Límite inferior:	135.28	mg por litro

Cuadro 25. Monitoreo de demanda bioquímica de oxígeno

x1	70.00
x2	76.00
x3	65.00
x4	60.00
x5	85.00
x6	90.00
x7	80.00
x8	82.00

N	8
∑	608.00
$\bar{x}$	76
σ	10.2956301

Resultado objetivo:	76.00	mg por litro
Límite superior:	96.59	mg por litro
Límite inferior:	55.41	mg por litro

DESARROLLO DE PASO 2

La empresa de bienes de consumo revisó la propuesta de control de procesos en septiembre 2013 evaluando si dichos límites eran más exigentes y cumplían el Acuerdo 236-2006.

Cuadro 26. Límites empresariales versus límites Acuerdo 236-2006

		EMPRESA			ACUERDO 236-2006
Parámetro	**Dimensional**	**Objetivo**	**Límite Inferior**	**Límite Superior**	**Etapa 2**
Temperatura	Grados Celsius	26.45	24.57	28.33	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	6.38	5.34	7.41	50
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	106.00	54.05	157.95	400
Nitrógeno total	Miligramos por litro	32.50	16.36	48.64	50
Fósforo total	Miligramos por litro	7.38	1.06	13.69	30
PH	Unidades de pH	6.88	5.59	8.16	6 a 9
Coliformes fecales	Núm + prob/100 ml	66625.0	45033.00	88217.00	< 1 x 10^5
Color	Unidades platino cobalto	59.88	26.76	92.99	1000
Sólidos sedimentables	Miligramos por litro	1.88	0.00	4.79	N/A
DQO	Miligramos por litro	174.13	135.28	212.97	N/A
DBO	Miligramos por litro	76.00	55.41	96.59	N/A

El Control de Procesos estableció un resultado objetivo, límite inferior y límite superior permisible. Los resultados objetivos, límites inferiores y superiores de cada parámetro en estudio están dentro del rango permisible del Acuerdo 236-2006.

La empresa estableció el control de procesos, vigente a partir del 1 de octubre 2013.

DESARROLLO DE PASO 3

Se analizó el control de procesos propuesto para verificar su cumplimiento al Acuerdo 236-2006 y su eficacia conteniendo a un 90% o más de los datos muestreados dentro del rango aceptable de variación propuesto.

En el mes de octubre, la empresa costeó 4 análisis básicos adicionales para poder obtener valores que permitieran comprobar la confianza del control de procesos establecido.

Cuadro 27. Resultados de monitoreo ambiental – octubre 2013

	Fecha	**3-4/10**	**10-11/10**	**17-18/10**	**24-25/10**	**Rango de control de procesos**		
	Orden	**83824**	**83953**	**84010**	**84173**	**Límite Inferior**	**Límite Superior**	**% Dentro de Rango**
Parámetros	**Dimensionales**	**Valor**	**Valor**	**Valor**	**Valor**			
Temperatura	Grados Celsius	**24.70**	**28.00**	**25.00**	**26.30**	24.57	28.33	100%
Grasas y aceites	Miligramos por litro	**7**	**6**	**6**	**6**	5.34	7.41	100%
Materia flotante	Ausencia/ presencia	**Ausente**	**Ausente**	**Ausente**	**Ausente**	Ausencia	Ausencia	100%
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	**72**	**85**	**105**	**98**	54.05	157.95	100%
Nitrógeno total	Miligramos por litro	**40**	**38**	**25**	**38**	16.36	48.64	100%
Fósforo total	Miligramos por litro	**3**	**7**	**9**	**5**	1.06	13.69	100%
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	**6.0**	**7.0**	**7.0**	**6.0**	5.59	8.16	100%
Coliformes fecales	Número + prob/100 ml	**98000**	**85000**	**65000**	**71000**	45033	88217	75%
Color	Unidades platino cobalto	**51**	**65**	**44**	**72**	26.76	92.99	100%
Sólidos sedimentables	Miligramos por litro	**1**	**2**	**1**	**1**	0	4.79	100%
Demanda química de oxígeno	Miligramos por litro	**200**	**156**	**159**	**175**	135.28	212.97	100%
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	**90**	**75**	**62**	**110**	55.41	96.59	75%
								96%

1. Discusión de Control de Procesos. No contar con un control de procesos implicaba para la empresa de bienes de consumo regirse únicamente por los límites máximos permisibles del Acuerdo 236-2006. Debido a que los resultados del Monitoreo Ambiental del mes de agosto y septiembre de 2013 reflejaron mucha variación, la empresa corría el riesgo de sobrepasar dichos límites e incumplir la ley.

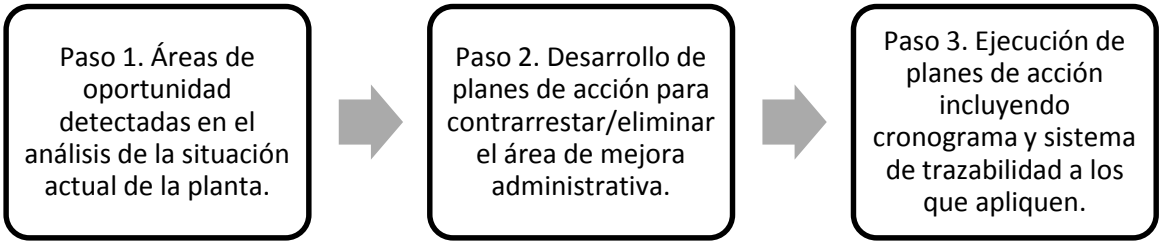
Para evitar que esto sucediese, se propuso un Control de Procesos que abarca el desarrollo de límites más exigentes que los del Acuerdo 236-2006 para contar con un sistema de seguimiento en el que recursos calificados se encarguen de verificar que no surjan puntos atípicos y que cualquier tendencia hacia los límites pueda ser corregida proactivamente. Las gráficas de control del Control de Procesos permiten controlar el proceso de tratamiento de aguas debido a que se puede ver con mayor claridad cuando surge variación en un parámetro, identificar las posibles causas y actuar para controlar la variación.

La empresa de bienes de consumo estableció el Control de Procesos a partir del 1 de octubre de 2013 asignando al Líder Ambiental responsable del monitoreo del mismo he hizo un tercer monitoreo ambiental en dicho mes para corroborar cuánto porcentaje de los datos del monitoreo oscilaban en el rango de variación propuesto. Los parámetros muestreados en el Monitoreo Ambiental del mes de octubre 2013 están un 96% de las veces dentro de los límites permisibles desarrollados en el control de procesos.

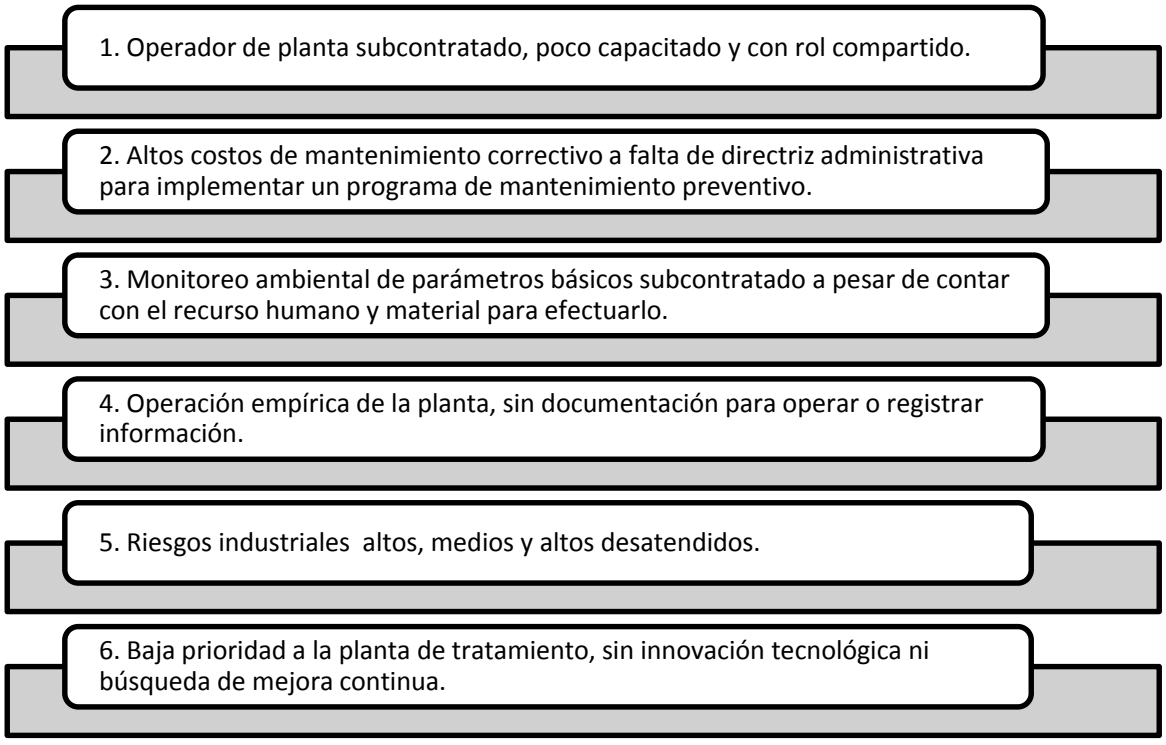
Un 96% de datos dentro de los límites establecidos desarrollados en el control de procesos me indica que se estableció un rango de variación efectivo en el cual la mayoría de los parámetros muestreados en un monitoreo ambiental oscilan.

B. Plan de administración

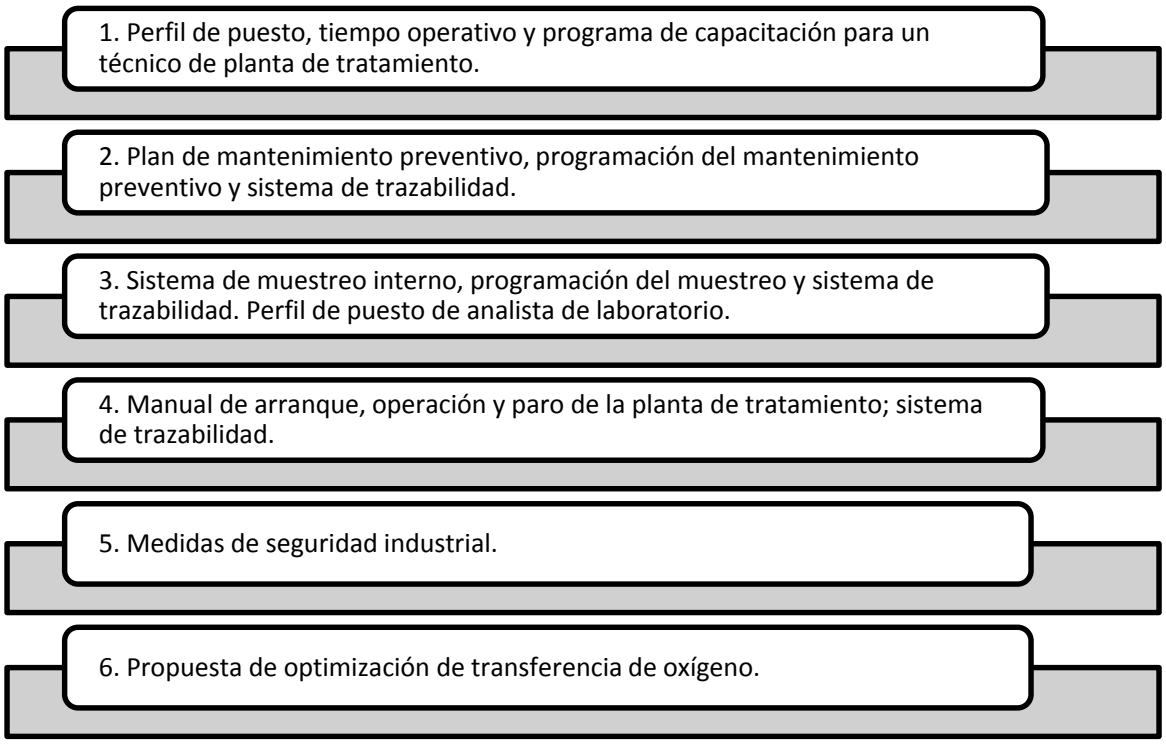
1. Metodología. Como ya se explicó anteriormente, la planta de tratamiento cuenta con áreas de oportunidad en su administración. La metodología para desarrollar un plan de administración contó con los siguientes pasos:



PASO 1: ÁREAS DE OPORTUNIDAD



PASO 2: PLANES DE ACCIÓN



PASO 3: EJECUCIÓN DE PLANES DE ACCIÓN

Se procedió a la ejecución de los 6 planes de acción propuestos para contrarrestar/eliminar las áreas de oportunidad administrativas detectadas en el análisis de la situación actual de la planta de tratamiento. A continuación el desarrollo de cada una de ellas.

1. Perfil de puesto.

a. Técnico de planta de tratamiento

Nombre del rol: Técnico de Planta de Tratamiento
Rol de soporte: N/A
Nivel del rol: Técnico
Líder inmediato: Líder de Tecnología Ambiental

Habilidades necesarias para este rol:

1) Grado técnico en mecánica o electrónica
2) Cumplimiento a entrenamientos requeridos de su rol al 100%.

Responsabilidades en arranque de operación de la planta:

1) Revisión del nivel de agua, debe encontrarse por arriba de los difusores de aire.
2) Programar en el temporizador en ciclos 50% encendido 50% apagado
3) Colocar en posición de automático el interruptor del soplador K-901-F.

Tareas diarias del rol:

1) Estudio de la información del control de procesos para identificar la tendencia y alertar en caso se necesite intervenir.
2) Inspección de las válvulas de aire.
3) Inspección de los ramales y barras de difusión.
4) Inspección de la línea de recirculación de lodos.
5) Raspado las paredes de la tolva.
6) Limpieza de la superficie del tanque de sedimentación.
7) Limpieza y ajuste del vertedor.
8) Inspección del sistema de desinfección.
9) Inspección de la descarga en la salida de la planta de tratamiento.
10) Limpieza de las paredes de la planta y sus alrededores.

Tareas semanales del rol:

1) Verificar la programación del temporizador.
2) Inspección del panel de control: detección de fusibles quemados.
3) Aplicación de una bolsa de tratamiento BZT en uno de los servicios sanitarios.

Tareas mensuales del rol:

1) Inspección de fugas de aire en cada válvula.
2) Inspección de fugas en la tubería de aire.

Medidas de salida del rol:

1) 100% de confiabilidad en la ejecución del método.
2) 100% de exactitud en la ejecución del método operativo.
3) 0 incidentes por descargas fuera de parámetros.
4) 100% de documentación archivada.

b. Tiempo operativo de puesto. El técnico de la planta de tratamiento tiene un tiempo operativo de 1218 horas anuales. Su tiempo operativo efectivo es: 8 horas diarias * 6 días semanales * 4 semanas de un mes * 12 meses = 2308 horas aproximadamente.

La razón por la cual el técnico no cubre este tiempo radica en que la operación de la planta de tratamiento le representa 4 horas diarias por lo que tiene 50% de su tiempo libre. Se conversó con la empresa sobre este punto y se concluyó que el restante 50% de su tiempo, por las tardes, será invertido al mantenimiento planeado de las máquinas de producción.

Cuadro 28. Tiempo operativo del técnico de la planta

ACTIVIDAD	HORAS HOMBRE	FRECUENCIA MENSUAL	HORAS HOMBRE ANUAL
Revisión del nivel de agua	0.08	24	23.04
Programación del temporizador del tablero de mando	0.08	24	23.04
Colocación en posición de automático el interruptor del soplador	0.08	24	23.04
Inspección de las válvulas de aire.	0.25	24	72
Inspección de los ramales y barras de difusión.	0.09	24	25.92
Inspección de la línea de recirculación de lodos.	0.09	24	25.92
Raspado las paredes de la tolva.	0.5	24	144
Limpieza de la superficie del tanque de sedimentación.	0.5	24	144
Limpieza y ajuste del vertedor.	0.33	24	95.04
Inspección del sistema de desinfección.	0.5	24	144
Inspección de la descarga en la salida de la planta de tratamiento.	0.5	24	144
Limpieza de las paredes de la planta y sus alrededores.	1	24	288
Verificar la programación del temporizador.	0.25	4	12
Inspección del panel de control: detección de fusibles quemados.	0.25	4	12
Aplicación de una bolsa de tratamiento BZT en uno de los servicios sanitarios.	0.75	4	36
Inspección de fugas de aire en cada válvula.	0.25	1	3
Inspección de fugas en la tubería de aire.	0.25	1	3
			1218

c. Programa de capacitación. El Técnico de la Planta de Tratamiento deberá ser capacitado para efectuar las actividades correspondientes a su rol anteriormente descritas. La empresa de bienes de consumo cuenta con un listado de entrenamientos disponibles de los cuales se seleccionaron los que aplicarían a este perfil de puesto.

En total, la capacitación para el operador tiene una duración de 11.5 horas.

Gráfico 21. Matriz de capacitación para el técnico de planta

MATRIZ DE CAPACITACIÓN	
Área: Planta de tratamiento	
Sector: Tecnología ambiental	
Entrenamiento	**Horas Hombre**
Equipo de protección personal	0.5
Mantenimiento y calibración de equipo mecánico	1
Predicción de riesgos	0.5
Manejo y control de químicos	1
Exposición a riesgos biológicos	0.5
Incidentes de calidad	2
Prevención y protección contra caídas	0.5
Cumplimiento legal ambiental	1
Prácticas de seguridad eléctrica	0.5
Maestría técnica	0.5
Primeros auxilios	0.5
Cómo aislar equipo energizado	0.5
Manejo de ruido	0.5
Plan de emergencias	1
Ergonomía	1
TOTAL:	11.5

2. Programa de mantenimiento preventivo. La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, deben llevarse a cabo en forma periódica de acuerdo a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

La diferencia de un mantenimiento preventivo versus el mantenimiento correctivo que ha tenido que efectuar la empresa en relación a la planta de tratamiento radica en que un mantenimiento no planificado se dedica a la corrección de fallas cuando éstas se presentan de forma no planificada, al contrario del caso del Mantenimiento preventivo.

Fernández, J. (2006) define mantenimiento correctivo a la acción que sirve para resolver problemas ya surgidos. También indica que este tipo de reparaciones se llevarán a cabo lo más pronto posible, esto con el fin de evitar una repercusión en los costos o bien para reducir los daños materiales y/o humanos que pudieran producirse.

Se propone la implementación y administración de un programa de mantenimiento preventivo que cumpla los siguientes propósitos:

- Evitar, reducir y en su caso reparar las fallas sobre los bienes precipitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no puedan ser evitadas.
- Evitar paro de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Balancear el costo de mantenimiento.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes

Se desarrolló un sistema de trazabilidad que consiste en la creación de 3 registros para verificar el cumplimiento de las actividades detalladas en el plan. Los tres registros de verificación son:

- Orden de trabajo
- Informe de mantenimiento preventivo (mensual, trimestral, semestral, anual)
- Lista de verificación de sistemas (eléctrico, mecánico, hidráulico)

a. Actividades de mantenimiento preventivo

Equipo	Actividades a desarrollar
Soplador K-901 E	Re lubricación Relleno de aceite Cambio de aceite Limpieza externa Limpieza y lubricación de válvula de alivio Limpieza o cambio de filtro de aire Mediciones generales (amp., v., etc.) Mantenimiento mayor a soplador Mantenimiento mayor a motor eléctrico
Soplador K-901 F	Re lubricación Relleno de aceite Cambio de aceite Limpieza externa Limpieza y lubricación de válvula de alivio Limpieza o cambio de filtro de aire Mediciones generales (amp., v., etc.) Mantenimiento mayor a soplador Mantenimiento mayor a motor eléctrico
Tubería de difusión de aire	Inspección Limpieza y pintado
Tubería de evacuación de lodos	Inspección Limpieza y pintado
Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas	Revisión del funcionamiento de dosificador
Panel de control (elementos electrónicos)	Medición de amperaje y voltaje Medición de termografía Mantenimiento mayor al panel eléctrico

a. Programación de mantenimiento preventivo

Gráfico 22. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo I Trimestre

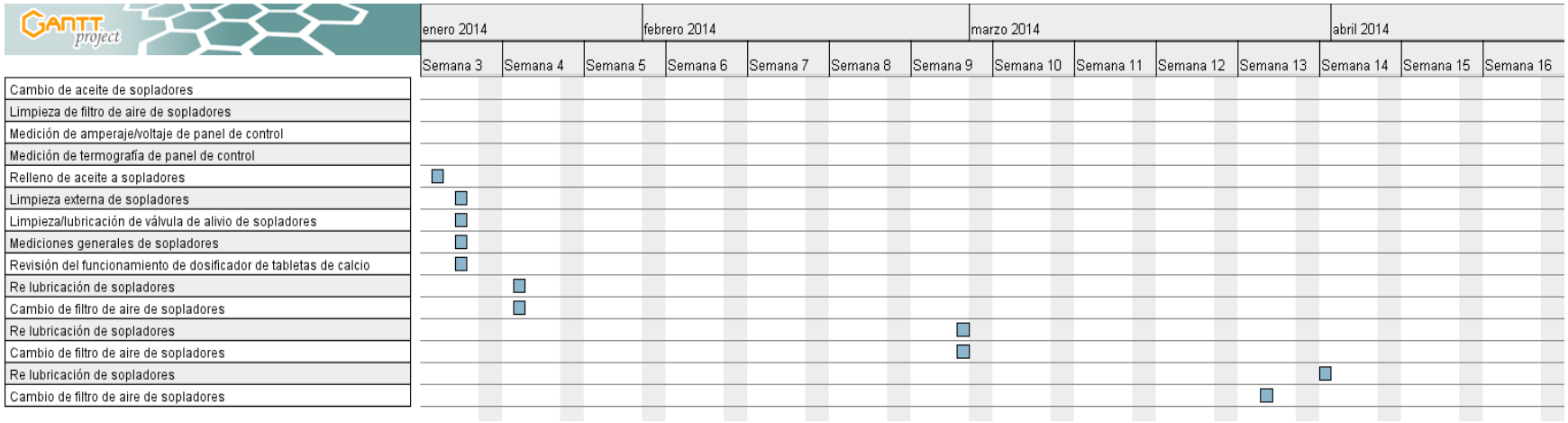


Gráfico 23. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo II Trimestre

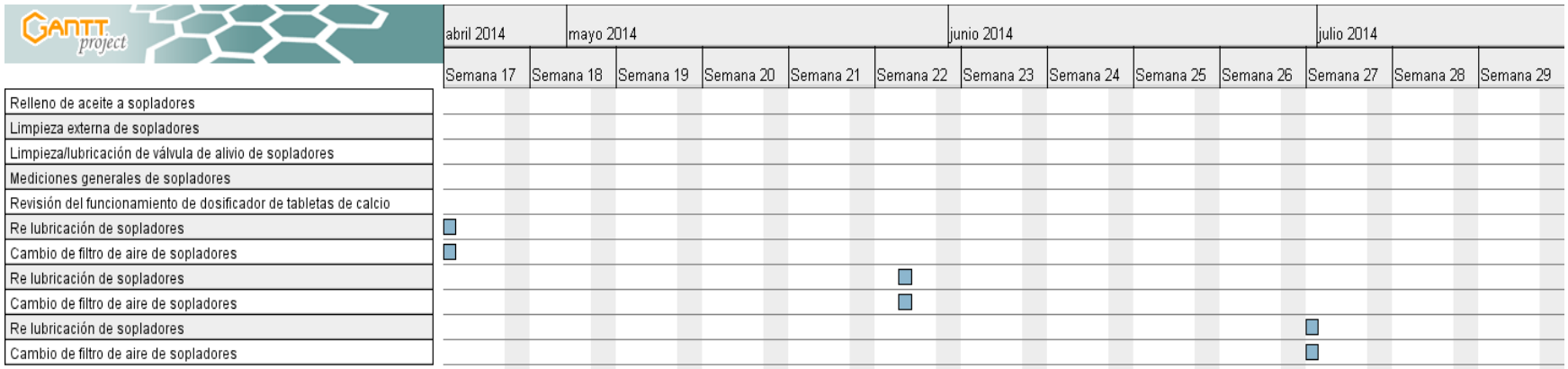


Gráfico 24. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo III Trimestre

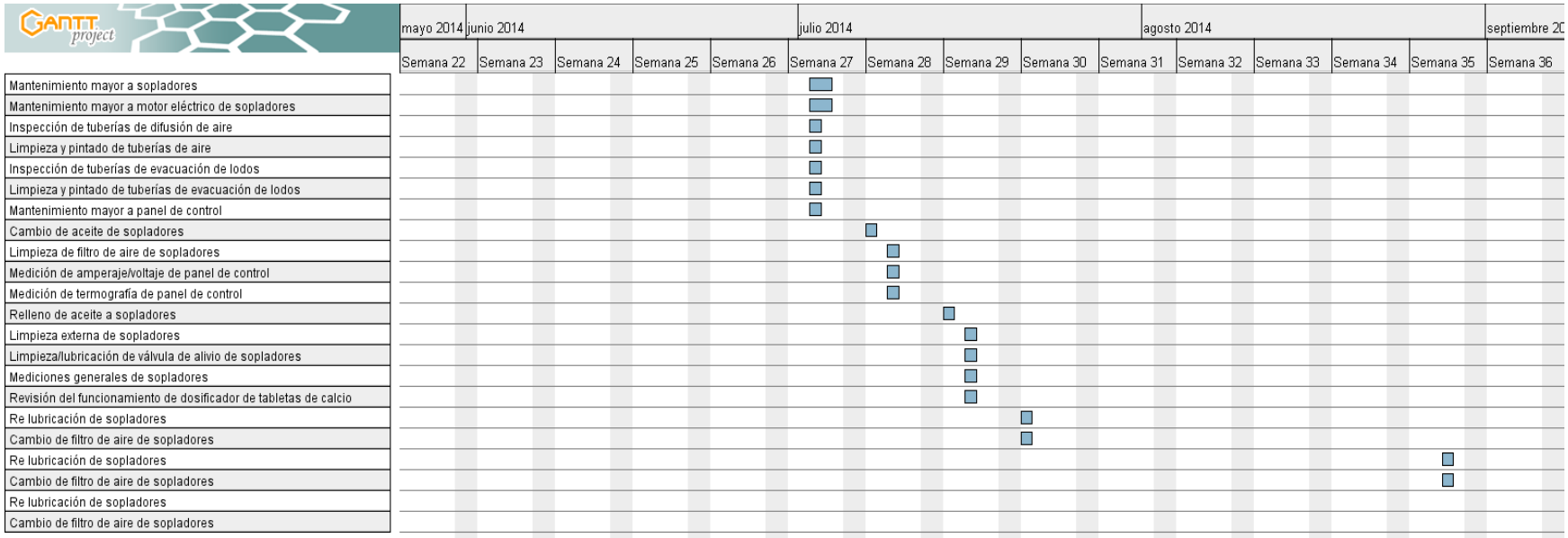
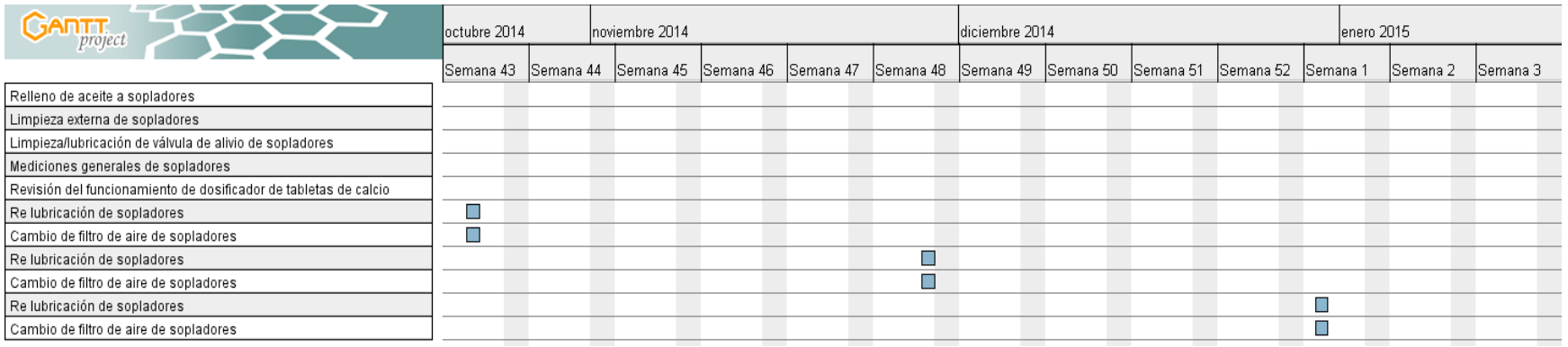


Gráfico 25. Diagrama de Gantt de mantenimiento preventivo IV Trimestre



Cuadro 29. I Trimestre del año calendario

EQUIPO					Enero				Febrero				Marzo			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Soplador K-901 E																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Soplador K-901 F																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Tubería de difusión de aire																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Tubería de evacuación de lodos																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas																
Revisión del funcionamiento																
Panel de control (elementos electrónicos)																
Medición de amperaje y voltaje																
Medición de termografía																
Mantenimiento mayor																

Cuadro 30. II Trimestre del año calendario

EQUIPO					Abril				Mayo				Junio			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Soplador K-901 E																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Soplador K-901 F																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Tubería de difusión de aire																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Tubería de evacuación de lodos																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas																
Revisión del funcionamiento																
Panel de control (elementos electrónicos)																
Medición de amperaje y voltaje																
Medición de termografía																
Mantenimiento mayor																

Cuadro 31. III Trimestre del año calendario

EQUIPO					Julio				Agosto				Septiembre			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Soplador K-901 E																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Soplador K-901 F																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Tubería de difusión de aire																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Tubería de evacuación de lodos																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas																
Revisión del funcionamiento																
Panel de control (elementos electrónicos)																
Medición de amperaje y voltaje																
Medición de termografía																
Mantenimiento mayor																

Cuadro 32. IV Trimestre del Año Calendario

EQUIPO					Octubre				Noviembre				Diciembre			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Soplador K-901 E																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Soplador K-901 F																
Re lubricación																
Relleno de aceite																
Cambio de aceite																
Limpieza externa																
Limpieza y lubricación de válvula de alivio																
Limpieza o cambio semestral de filtro de aire																
Mediciones generales (amp., v., etc.)																
Mantenimiento mayor a soplador																
Mantenimiento mayor a motor eléctrico																
Tubería de difusión de aire																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Tubería de evacuación de lodos																
Inspección																
Limpieza y pintado de tubería																
Dosificador de Hipoclorito de Calcio en tabletas																
Revisión del funcionamiento																
Panel de control (elementos electrónicos)																
Medición de amperaje y voltaje																
Medición de termografía																
Mantenimiento mayor																

b. Sistema de trazabilidad. Para verificar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo fue necesaria la creación de tres registros los cuales respaldarán el cumplimiento de las actividades detalladas en el plan de mantenimiento. Los tres registros son:

1) Orden de trabajo: se creó con la finalidad de que el Líder Ambiental pueda transmitir al técnico encargado de la planta de tratamiento los lineamientos del plan de mantenimiento anteriormente mostrado. El Líder Ambiental, al generar cada orden de trabajo se asegura de tener los equipos disponibles, lleva un control y asegura que los mantenimientos se están realizando según lo programado. (Ver formato en Anexo A2)

2) Informe de mantenimiento preventivo (mensual, trimestral, semestral y anual): se creó con la finalidad de poder demostrar que las actividades sí se están realizando. La información más relevante contenida en los mismos es quién lo ejecutó, la fecha en la que se hizo y qué actividades se llevaron a cabo. (Ver formatos en Anexo A3, A4, A5, A6 respectivamente)

3) Lista de verificación de planta de tratamiento: se creó con la finalidad de especificar qué actividades deberán llevarse a cabo durante las inspecciones o mantenimientos mayores; el técnico debe adjuntarla al informe de mantenimiento preventivo. Los sistemas de la planta pueden subdividirse en 3: eléctrico, mecánico e hidráulico; por lo que se cuenta con 3 listas de verificación según el sistema que se esté trabajando. (Ver formato en Anexo A7, A8, A9 respectivamente)

3. Sistema de muestreo básico interno. La empresa de bienes de consumo lleva a cabo dos análisis completos de los parámetros que regula la ley con un proveedor certificado y otros dos muestreos básicos con el mismo proveedor debido a que sus políticas empresariales lo exigen.

En el análisis de la situación actual se hizo el hallazgo que la empresa los recursos humanos y materiales para llevar a cabo un muestreo básico sin necesidad de subcontratar este servicio. La empresa cuenta con analistas de laboratorio que pueden efectuar las mediciones y sus laboratorios de calidad están equipados con toda la instrumentaría necesaria para efectuar los análisis de aguas residuales.

Sí se deberá incurrir en costos operativos por la compra de reactivos y las horas extra del analista de laboratorio pero el muestreo básico se podrá efectuar con más frecuencia, a menor costo y obteniendo un mejor control e información de la planta de tratamiento. El análisis básico interno se compone de los siguientes indicadores con sus respectivos límites:

Cuadro 33. Indicadores y límites de un muestreo básico

Parámetros	Límites del Acuerdo 236-2006
Grasas y aceites	50
Sólidos suspendidos	400
Potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	< 1 x 10^5
Sólidos sedimentables	No establecido
Demanda química de oxigeno	No establecido
Demanda bioquímica de oxigeno	No establecido

a. Tiempo operativo de puesto. El rol de analista de laboratorio ya se tiene en la empresa de bienes de consumo, no sería necesaria la contratación de un analista adicional debido a que sólo basta capacitar al actual.

A continuación se detalla el tiempo operativo que deberá invertir el Analista de Laboratorio para efectuar la propuesta de muestreo básico en planta:

Cuadro 34. Tiempo operativo del analista de laboratorio

ACTIVIDAD	HORAS HOMBRE	FRECUENCIA MENSUAL	HORAS HOMBRE ANUAL
Muestreo de sólidos sedimentables por método gravimétrico	1	1	12
Muestreo de sólidos suspendidos, volátiles y fijos por método gravimétrico	3	1	36
Muestreo de aceites y grasas, método de extracción soxhlet	1	1	12
Muestreo de demanda bioquímica de oxígeno, método de dilución	2.5	1	30
Muestreo de demanda química de oxígeno, método colorimétrico	2	1	24
Muestreo del pH por método electrométrico	0.08	1	0.96
			114.96

b. Programa de capacitación. El analista de laboratorio es un trabajador que ya ha sido capacitado constantemente para efectuar diversos análisis. En este caso sólo se capacitará en técnicas de laboratorio ambiental.

Gráfico 26. Matriz de capacitación para el analista de laboratorio

MATRIZ DE CAPACITACIÓN	
Área: Laboratorio	
Sector: Calidad	
Entrenamiento	**Horas hombre**
Técnicas de Laboratorio Ambiental	8
Cumplimiento Legal Ambiental	1
TOTAL:	9

c. Actividades de muestreo interno

Actividad a desarrollar	Materiales/Reactivos necesarios
Medición de PH	Medidor de PH Electrodo combinado Termómetro Agitador magnético Barras agistadoras Vasos de bohemia Agua destilada Solución buffer estándar
Medición de sólidos sedimentables	Cono Imhoff graduado de 1000 ml
Medición de sólidos suspendidos, volátiles y fijos	Filtros de fibra de vidrio Equipo de filtración por vacío Estufa para operar 103-105°C Mufla para operar 550 ± 50°C Desecador Balanza analítica de precisión 0.1 mg Probetas
Medición de aceites y grasas	Equipo de extracción Soxhlet Bomba de vacío Manta eléctrica de calentamiento Estufa para operar 103°-105°C Embudo Buchner Cono de extracción Papel de filtro 11 cm de diámetro Piedras de ebullición Ácido clorhídrico Éter de petróleo Tiera de diatomeas
Medición de DBO	Botellas de incubación de 300 ml Incubadora controlada termostática Electrodo de membrana selectiva al oxígeno Buffer de fosfato Sulfato de magnesio Cloruro de calcio Cloruro férrico

Medición de DQO	Espectrofotómetro Digestor Tubos de digestión Matraces aforados de 1000 ml Pipetas aforadas de 1,2,3,4,5,10 ml Pipetas graduadas de 10 ml Dicromato de potasio Ácido sulfúrico Ácido de potasio

d. Normativas técnicas

1) Muestreo de pH por método electrométrico. El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua.

El método electrométrico consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potencio métricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia. (Ver Normativa técnica en Anexo A10)

2) Muestreo de sólidos sedimentables por método gravimétrico. Los sólidos sedimentables son los materiales que sedimentan de una suspensión en un período de tiempo definido en un cono Imhoff.

El método gravimétrico consiste en recolectar la muestra en envases de vidrio o de plástico de 1L de capacidad, transferirla a un cono Imhoff graduado de 1000 mL de capacidad, refrigerar a 4ºC y analizar lo antes posible. (Ver Normativa técnica en Anexo A11)

3) Muestreo de sólidos suspendidos, volátiles y fijos por método gravimétrico. Los sólidos suspendidos totales son los materiales retenidos por un filtro estándar de fibra de vidrio y secado a 103-105 ºC.

Los sólidos suspendidos fijos son los residuos resultantes luego de calcinar a 550±50 ºC la muestra retenida en el filtro. Los sólidos suspendidos volátiles

corresponden a los compuestos perdidos durante la calcinación a 550±50 ºC de la muestra retenida en el filtro.

Se determinan por diferencia de peso entre sólidos suspendidos totales y fijos. (Ver Normativa técnica en Anexo A12)

4) Muestreo de aceites y grasas, método de extracción soxhlet. Aceites y grasas se considera cualquier material recuperado de la muestra acidificada, como una sustancia soluble en éter de petróleo y no volátil durante el ensayo.

Incluye además de aceites y grasas, otros materiales extractables por el solvente. (Ver Normativa técnica en Anexo A13)

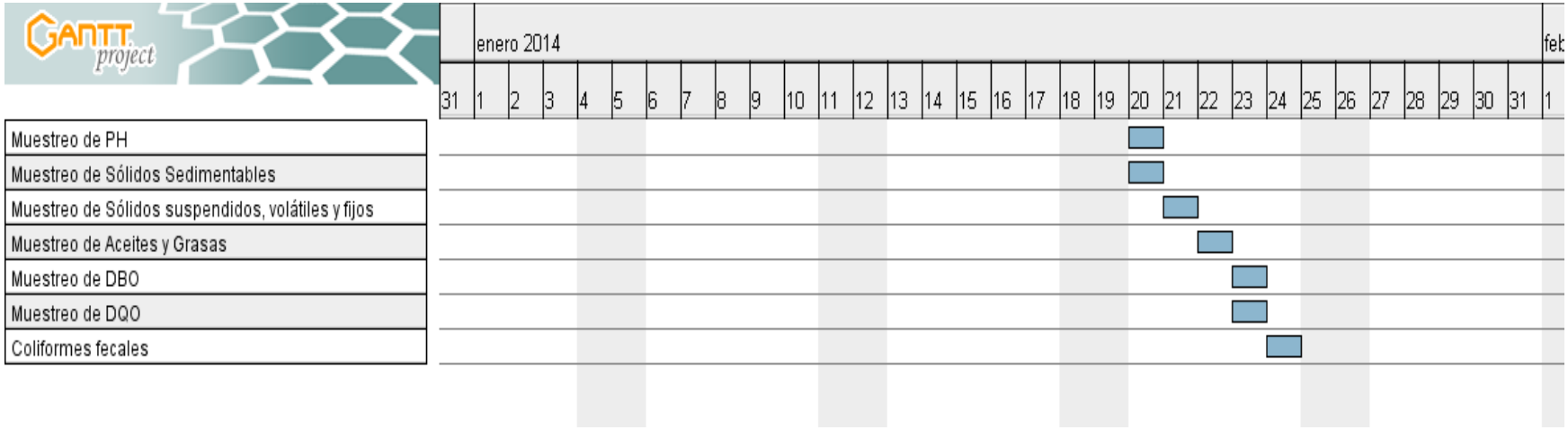
5) Muestreo de Demanda Bioquímica de Oxígeno, método de dilución. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada. (Ver Normativa técnica en Anexo A14)

6) Muestreo de Demanda Química de Oxígeno, método colorimétrico. La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo. (Ver Normativa técnica en Anexo A15)

e. Sistema de trazabilidad. Se diseñó un formato para tener trazabilidad de los muestreos mensuales de los parámetros básicos que se estarán analizando: PH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, volátiles y fijos, aceites y grasas, DBO y DQO. (Ver formato en Anexo A16)

f. Programación de muestreo interno

Gráfico 27. Diagrama de Gantt mensual de muestreo interno



*Mes de ejemplo: Enero 2014

Cuadro 35. I Trimestre de año calendario

MUESTREO BÁSICO					Enero				Febrero				Marzo			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
PH																
Sólidos sedimentables																
Sólidos suspendidos, volátiles y fijos																
Aceites y grasas																
DBO																
DQO																
Coliformes fecales																

Cuadro 36. II Trimestre de año calendario

MUESTREO BÁSICO					Abril				Mayo				Junio			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
PH																
Sólidos sedimentables																
Sólidos suspendidos, volátiles y fijos																
Aceites y grasas																
DBO																
DQO																
Coliformes fecales																

Cuadro 37. III Trimestre de año calendario

MUESTREO BÁSICO					Julio				Agosto				Septiembre			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
PH																
Sólidos sedimentables																
Sólidos suspendidos, volátiles y fijos																
Aceites y grasas																
DBO																
DQO																
Coliformes fecales																

Cuadro 38. IV Trimestre de año calendario

MUESTREO BÁSICO					Octubre				Noviembre				Diciembre			
	M	T	S	A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
PH																
Sólidos sedimentables																
Sólidos suspendidos, volátiles y fijos																
Aceites y grasas																
DBO																
DQO																
Coliformes fecales																

4. Manual de arranque, operación y paro de la planta. Éste es un manual de procedimientos y registros de la operación que se lleva a cabo en la planta de tratamiento de desechos biológicos.

Actualmente no se cuenta con la documentación pertinente para operar la planta, por lo que el presente manual establecerá un procedimiento escrito que indique los pasos a seguir para operar adecuadamente la planta de tratamiento de aguas domésticas y asegurar su buen uso y mantenimiento.

La utilidad del manual radica en que puede consultarse cada vez que se requiera tratar el agua siendo una guía para el arranque, operación, paro y mantenimiento de la planta de tratamiento. Se creó una lista de verificación de la operación de la planta (Ver Anexo A17).

a. Historial de cambios. Se creó la Versión I del manual, con la cual se hizo una prueba piloto para probar su utilidad y efectuar las correcciones del caso. La prueba piloto se corrió con un operador externo a la operación de la planta de tratamiento para verificar que cualquiera lo entiende.

1) En la Sección A, Punto 2, se agregó inciso d. indicando qué hacer si no funcionan ninguno de los dos sopladores disponibles.
2) En la Sección B, Tema I, Punto 1, inciso a, se indicó cómo se puede observar que las válvulas de aire proporcionan el correcto flujo de aire a las cámaras.
3) En la Sección B, Tema I, Punto 2, inciso a, se especificó qué hacer si está atascado el ramal de difusión.
4) En la Sección B, Tema I, Punto 3, se añadió el inciso b. para indicar qué hacer en caso se tape la línea de recirculación de lodos.
5) En la Sección B, Tema I, Punto 4, inciso a, se añadió la precaución durante el raspado de las paredes de la tolva.
6) En la Sección B, Tema I, Punto 5, inciso a, se indicó cómo debe estar el desnatador para que opere de forma efectiva.
7) Se modificaron las fotografías por imágenes 2D para evitar incluir fotografías reales de la planta de tratamiento.

Empresa de Bienes de Consumo	Planta de Tratamiento de Desechos Biológicos	Guatemala 2013
	Manual de arranque, operación y paro	Versión II

Propósito:

Éste es un manual de procedimientos y registros de la operación que se lleva a cabo en la planta de tratamiento de desechos biológicos de una empresa que manufactura bienes de consumo.

El presente establece un procedimiento escrito que indique los pasos a seguir para operar adecuadamente la planta de tratamiento de aguas domésticas y asegurar su buen uso y mantenimiento.

Cuando:

Cada vez que se requiera tratar el agua.

Materiales o equipo:

1) Jalador
2) Escoba
3) Limpiador de sólidos
4) Tratamiento Enzimap
5) Herramienta para tomar muestras

Equipo de seguridad:

1) Lentes de seguridad
2) Zapatos de seguridad
3) Protector auditivo
4) Guantes de látex
5) Mascarilla de media cara.

Esquema 3D y procedimiento:

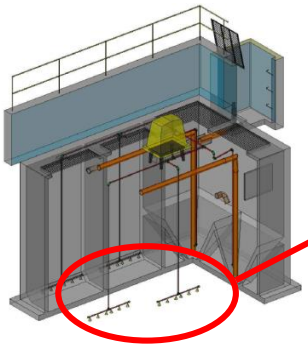
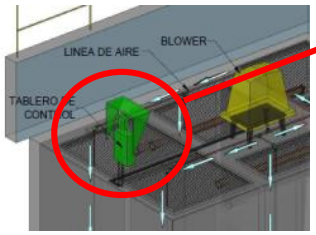
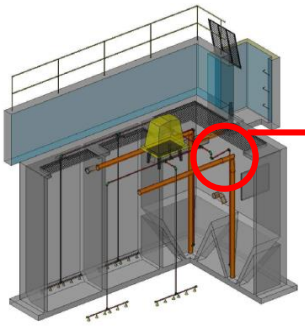
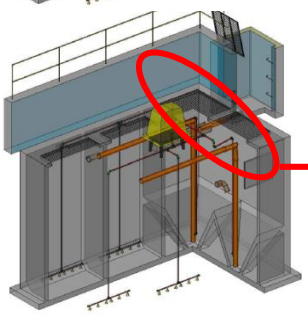
FOTO	PROCEDIMIENTO
	**A. ARRANQUE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:** **1.** Revisión de nivel de agua: **a.** El nivel del agua debe encontrarse por arriba de los difusores de aire. De no ser así deberá esperar que el nivel de agua se encuentra por arriba de los difusores de aire.
	**2.** Arranque de la planta de tratamiento. **a.** Abrir tablero de mando, programar el temporizador el mezclado y flujo de aire en ciclos 50% encendido y 50% del tiempo en descanso. Cerrar tablero. **b.** Colocar en posición de automático el interruptor del soplador K-901-F. **c.** En caso de no funcionar el soplador K-901-F deberá proceder a colocar en posición de automático el interruptor del soplador back-up K-901-E. **d.** En caso de no funcionar ninguno de los dos sopladores deberá notificar inmediatamente al líder ambiental.
	B. OPERACIÓN: **I. INSPECCIÓN DIARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:**
	**1.** Inspeccione las válvulas de aire: **a.** Revise que las válvulas de aire proporcionan correcta y uniformemente el mezclado y el flujo de lodos en las dos cámaras de aireación observando que el burbujeo es uniforme. En caso de que el burbujeo no sea uniforme deberá manipular las válvulas.
	**2.** Inspeccione que no exista atasco en los ramales y barras de difusión: **a.** En caso de que un cuerpo extraño llegara a tapar los ramales de difusión se notara la falta de aireación y mezclado en las cámaras de aireación, en este caso debe proceder inmediatamente a notificar al Líder Ambiental.

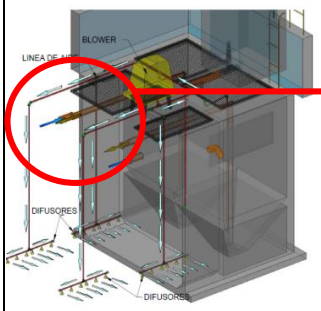
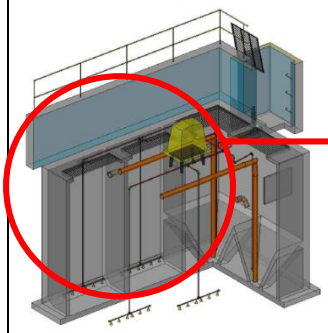
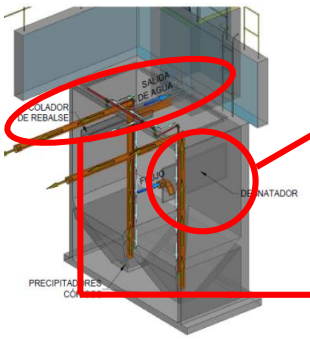
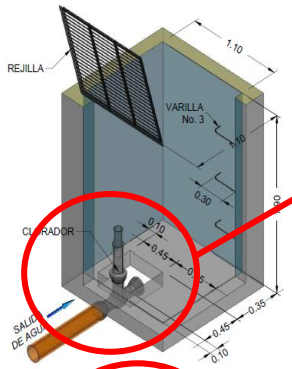
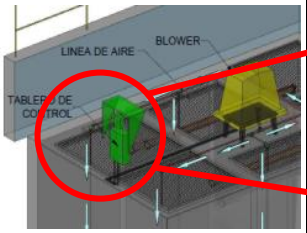
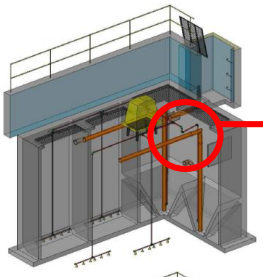
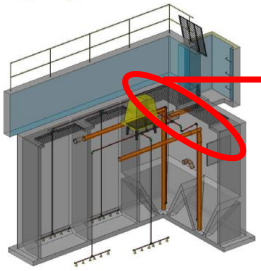
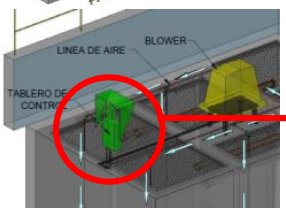
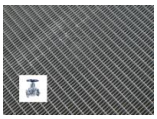
FOTO	PROCEDIMIENTO
	**3.** Inspeccione la línea de recirculación de lodos: **a.** Observar que el tubo de la salida de recirculación de lodos no esté por debajo de ¼ del tubo lleno. En caso de estar por arriba o por debajo de ¼ deberá notificar inmediatamente al Líder Ambiental con el fin de manipular la válvula de aire con el fin de dejar la recirculación de lodos en el nivel de ¼. **b.** En caso de que se tape la línea de recirculación de lodos se deberá efectuar un retro-lavado.
	**4.** Raspe las paredes de la tolva: **a.** Utilizar un jalador de plástico para mover suavemente el lodo hacia el fondo de la tolva. Debe tener precaución de no agitar más de lo necesario el contenido del tanque de sedimentación.
	**5.** Limpiar la superficie del tanque de sedimentación: **a.** Ajustar el desnatador superficial de modo tal que esté elevado lo suficiente para remover todo el material flotante de la superficie del líquido del tanque de sedimentación y regresarlo al tanque de aireación. **6.** Limpiar y ajustar el vertedor: **a.** Observar el vertedero para verificar que el vertido se realice uniformemente sobre toda su superficie y limpiarlo para mantenerlo libre de acumulación de lodo.
	**7.** Inspeccione que el sistema de desinfección contenga pastilla de hipoclorito de calcio, con el fin de eliminar bacterias patógenas. En caso de que la pastilla este por terminarse ó que ya no exista deberá colocar una nueva solicitándola al Líder Ambiental.
	8. Inspeccione la descarga en la salida de la planta de tratamiento: **a.** Tomar muestra de la descarga en frascos observando su color y percibiendo el olor asegurando que este claro y sin malos olores. En caso de que el color no sea claro o existan malos olores deberá reportar inmediatamente al líder ambiental con el fin de eliminar las anomalías.

FOTO	PROCEDIMIENTO
	**9.** Realizar limpieza diariamente a las paredes de la planta y sus alrededores. ▪ **INSPECCIÓN SEMANAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:** **1.** Abrir el tablero de mando y verificar que la programación del reloj marque la hora correcta, si no está marcando la hora correcta deberá reportar inmediatamente al Líder Ambiental. **2.** Inspeccione que no existan fusibles quemados, si se detecta algún fusible quemado deberá notificar inmediatamente al Líder Ambiental.
	3. Aplique una bolsa de tratamiento BZT en uno de los servicios sanitarios, esto ayudara a reducir las bacterias patógenas. ▪ **INSPECCIÓN MENSUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:**
	**1.** Mensualmente debe inspeccionar que no exista fugas de aire en cada válvula. Para efectuar esta prueba debe cerrar la válvula de aire y observar que no haya aireación en el difusor que tiene cerrada la válvula. Realizar la prueba en cada válvula de aire una por una independientemente, si se llega a detectar alguna fuga de aire se deberá notificar inmediatamente al Líder Ambiental.
	**2.** Revisar que no existan fugas en las tuberías de aire, preparar una solución de agua con jabón en polvo y colocar sobre la línea de aire y uniones, en caso de identificar fugas se deberá programar inmediatamente su reparación.
	**C. PARO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:** 1. Dirigirse al tablero de control de mando. Colocar en posición de “APAGADO” el interruptor del soplador que este en función (K-901-F ó K-901-E).

5. Medidas de seguridad industrial. Una administración integral contempla la Seguridad Industrial como parte de sus directrices. Se desarrolló un Análisis de Riesgos Básicos del Área de la planta de tratamiento y se proponen las siguientes contramedidas para los riesgos medios y altos de los Cuadros 13 y 14.

Cuadro 39. Contramedidas para riesgos medios y altos

CALIFICACIÓN	TIPO	FUENTE DE RIESGO	MEDIDA DE SEGURIDAD	IMAGEN
4	Medio	Caída en la escalera	Bloquear el acceso a la entrada de la escalera con una cadena de acero y un candado.	
4	Medio	Atrapamiento en equipo en movimiento	Bloquear la guarda de los sopladores con una cadena de acero y un candado.	
4	Medio	Caída de alturas	Reemplazar la escalera por gradas con barandal.	
6	Alto	Riesgos de golpe / obstrucciones para moverse	Crear un acceso a las válvulas sin necesidad de levantar la rejilla, cortando la misma.	
6	Alto	Riesgos por contacto con materiales biológicos	EPP requerido en el Manual de Operación. Vacunas Hepatitis A y Hepatitis B al día para el técnico de la planta.	
6	Alto	Entrada superior requerida para el espacio	Emplear un muestrador manual hechizo que evite bajar a tomar muestras al espacio confinado. Estar siempre acompañado por el Líder Ambiental.	
6	Alto	Espacio reducido para rescate	Emplear un muestrador manual hechizo que evite bajar a tomar muestras al espacio confinado. Estar siempre acompañado por el Líder Ambiental.	

Ver Anexo A18 para los costos de medidas de seguridad propuestas.

6. Propuesta de optimización de transferencia de oxígeno. Un objetivo administrativo es la mejora continua en su proceso. En el caso de la planta de tratamiento, no se ha innovado ni implementado nuevas tecnologías en el sistema. Por lo tanto, se propone optimizar la transferencia de oxígeno realizando una modificación a su sistema básico de difusión.

Un sistema básico de difusión consiste en tuberías sumergidas con pequeños agujeros que transportan aire comprimido que sale de los agujeros y forma pequeñas burbujas. En el caso de la planta de tratamiento de desechos biológicos de la empresa, el sistema de difusión cuenta con difusores especiales en forma de disco que producen burbujas grandes.

Con un sistema de aireación de difusión, la cantidad de oxígeno disuelto depende del tamaño de las burbujas y del tiempo que éstas están en contacto con el agua residual: cuanto mayor sea el tiempo de contacto y menor el tamaño de las burbujas, mayor será la eficacia en transferencia de oxígeno lo cual deriva en ahorro de consumo eléctrico de los equipos.

Cuadro 40. Difusores de burbuja grande, mediana y fina

IMAGEN	TIPO	EFICACIA EN TRANSFERENCIA DE OXÍGENO	FABRICANTE	SKU	PESO	ÁREA DE CONTACTO	AJUSTE
	Burbuja grande	4-8%	Atlantic Diffusers	AB-70002	0.22 lbs	25 pulgadas2	Roscado ¾”
	Burbuja mediana	8-15%	Atlantic Diffusers	AB-70017	0.27 lbs	32 pulgadas2	Roscado ¾”
	Burbuja fina	12-20%	Atlantic Diffusers	AB-70005	1.60 lbs	58 pulgadas2	Roscado ¾”

Ver Hoja técnica de difusor de burbuja mediana en Anexo A19.
Ver Hoja técnica de difusor de burbuja fina en Anexo A20.

a. Migración a difusores de burbuja fina. Se propone reemplazar los 24 difusores de burbuja grande (6 difusores en cada uno de los 4 ramales) actuales por difusores de burbuja fina. La aireación mediante difusores de burbuja fina es uno de los sistemas de aireación de mejor rendimiento. El resultado es una fina burbuja de aire que debido a su pequeño tamaño, de 0,5 a 1 mm, asciende lentamente hasta la superficie. El rendimiento se eleva considerablemente por dos factores:

- Mayor superficie de transferencia de oxígeno.
- Mayor tiempo de permanencia de la burbuja en el agua.

b. Ventajas por optimización de transferencia de oxígeno

Ventaja	Antes de instalar difusores de burbuja fina	Después de instalar difusores de burbuja fina
Ahorro en consumo eléctrico	Debido a que la eficiencia en transferencia de oxígeno de los difusores de burbuja grande es de 4-8%, se requiere mayor tiempo de aireación. Actualmente se opera el soplador 70% encendido y 30% apagado.	La eficiencia en transferencia de oxígeno de los difusores de burbuja fina es de 12-20%. Por ende, la teoría nos indica que necesitaremos menos tiempo de aireación ya que la burbuja fina es capaz de disolver en menor tiempo que la grande. Se podrá operar el soplador 50% encendido 50% apagado.
Disminución de variación en los parámetros de las descargas	La actual eficiencia de oxígeno no es la recomendada por la teoría para la mejor estabilización bacteriana de las enzimas BZT. El oxígeno es el alimento de las enzimas, la baja eficiencia con la cual es suministrado actualmente impide que aceleren la velocidad de las reacciones químicas sin resultar alteradas ellas mismas.	Una eficiencia de oxígeno de 12-20% es la recomendada para una mejor estabilización bacteriana de las enzimas BZT. Se logra acelerar la velocidad de las reacciones químicas sin resultar alteradas ellas mismas, disminuyendo la variación observada en los parámetros de las descargas pues las enzimas cuentan con el alimento idóneo para catalizar las reacciones químicas.

Ver costos por optimizar la transferencia de oxígeno en Anexo A21.

D. EVALUACIÓN ECONÓMICA

1. Optimización de costos operativos.

Una reducción del 5% de los costos de operación de la planta de tratamiento requiere implementar una propuesta que mejore la efectividad y eficiencia a menor costo.

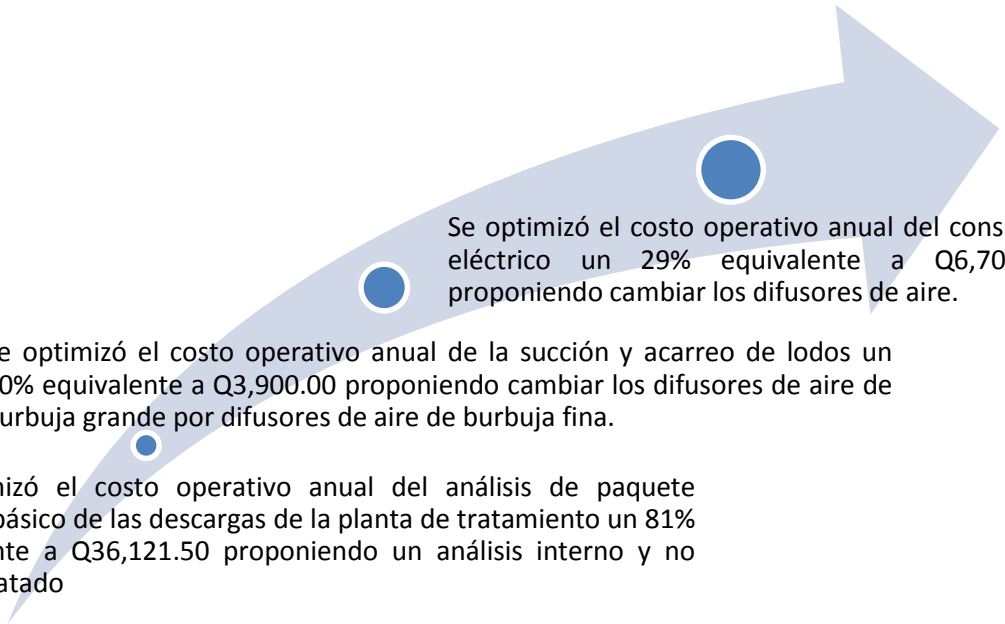
Costo operativo	Comparativa actual versus propuesta	Detalle
Recursos humanos	El costo actual de recurso humano es Q24537.24 más barato que la propuesta ya que actualmente opera un jardinero y se propone contratar un técnico.	Anexo A22
Análisis de paquete residual completo	El costo actual versus propuesta es igual.	Cuadro 40
Análisis de paquete residual básico	El costo actual del paquete básico es Q36121.50 más caro que la propuesta debido a que actualmente se maneja de forma externa y se propone desarrollarlo de forma interna.	Cuadro 40 Anexo A24
Bote con 20 pastillas de tricloro	El costo actual versus propuesta es igual.	Cuadro 40
Enzimas BZT -WD	El costo actual versus propuesta es igual.	Cuadro 40
Succión y acarreo de lodos	El costo actual de la succión y acarreo de lodos es Q3900.00 más caro que la propuesta debido a que con la implementación de difusores burbuja fina sólo será necesaria una extracción anual.	Cuadro 40
Consumo eléctrico	El costo por energía eléctrica actual es Q6705.89 más caro que la propuesta porque con la implementación de los difusores burbuja fina se reduce el tiempo de suministro de aire en un 20%.	Anexo A25
Mantenimiento	El costo por mantenimiento preventivo actual es Q6630.00 más caro que la propuesta porque actualmente no se tiene implementado.	Cuadro 8 Anexo A25

Cuadro 41. Costos operativos anuales

Categoría	Costo operativo actual	Costo operativo propuesta
Recursos humanos	Q 59,462.76	Q 84,000.00
Análisis de paquete residual completo	Q 40,750.00	Q 40,750.00
Análisis de paquete residual básico	Q 44,400.00	Q 8,278.50
Bote con 20 pastillas de tri-cloro	Q 1,800.00	Q 1,800.00
Enzimas BZT -WD	Q 1,600.00	Q 1,600.00
Succión y acarreo de lodos	Q 7,800.00	Q 3,900.00
Consumo eléctrico	Q 23,470.73	Q 16,764.84
Mantenimiento preventivo	Q - - -	Q 6,630.00
Total	**Q 179,283.49**	**Q 163,723.34**

		Costo en Q.		Costo en %
Costo operativo actual		Q179,283.49		100%
Costo operativo propuesta	-	Q163,723.34	-	91%
Optimización de costos operativos		**Q15,560.15**		**9%**

La implementación del control de procesos y el plan de administración genera una optimización de **9%, Q 15,560.15,** en costos de operación anuales de la planta de tratamiento. Es decir que implementando la propuesta nos vamos a ahorrar Q 15,560.15 al año. El detalle de cómo se logra la optimización de 9% se describe a continuación:



Se optimizó el costo operativo anual del consumo eléctrico un 29% equivalente a Q6,705.89 proponiendo cambiar los difusores de aire.

Se optimizó el costo operativo anual de la succión y acarreo de lodos un 50% equivalente a Q3,900.00 proponiendo cambiar los difusores de aire de burbuja grande por difusores de aire de burbuja fina.

Se optimizó el costo operativo anual del análisis de paquete residual básico de las descargas de la planta de tratamiento un 81% equivalente a Q36,121.50 proponiendo un análisis interno y no subcontratado

2. Valor presente neto. El análisis de VPN se efectuó para verificar el cumplimiento del objetivo específico: *"4. Realizar una evaluación económica de la propuesta de optimización y administración de la planta de tratamiento de desechos biológicos."*

Tasa de inflación empresarial = 5%

Cuadro 42. Costos anuales actuales

Proyección de costos anuales en el escenario actual					
	Año 1 (Q.)	**Año 2 (Q.)**	**Año 3 (Q.)**	**Año 4 (Q.)**	**Año 5 (Q.)**
Recursos humanos	59,462.76	62,435.90	65,557.69	68,835.58	72,277.36
Análisis de paquete residual completo	40,750.00	42,787.50	44,926.88	47,173.22	49,531.88
Análisis de paquete residual básico	44,400.00	46,620.00	48,951.00	51,398.55	53,968.48
Bote con 20 pastillas de tricloro	1,800.00	1,890.00	1,984.50	2,083.73	2,187.91
Enzimas BZT -WD	1,600.00	1,680.00	1,764.00	1,852.20	1,944.81
Succión y acarreo de lodos	7,800.00	8,190.00	8,599.50	9,029.48	9,480.95
Consumo eléctrico	23,470.73	24,644.27	25,876.48	27,170.30	28,528.82
Mantenimiento correctivo		72359.47			
	179,283.49	**260,607.13**	**197,660.05**	**207,543.05**	**217,920.20**

Cuadro 43. Costos anuales de propuesta

Proyección de costos anuales en el escenario propuesto					
	Año 1 (Q.)	**Año 2 (Q.)**	**Año 3 (Q.)**	**Año 4 (Q.)**	**Año 5 (Q.)**
Inversión inicial 24 difusores burbuja fina	7,260.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inversión inicial capacitación personal	768.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Inversión inicial medidas de seguridad industrial	4,810.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recursos humanos	84,000.00	88,200.00	92,610.00	97,240.50	102,102.53
Análisis de paquete residual completo	40,750.00	42,787.50	44,926.88	47,173.22	49,531.88
Análisis de paquete residual básico	8,278.50	8,692.43	9,127.05	9,583.40	10,062.57
Bote con 20 pastillas de tricloro	1,800.00	1,890.00	1,984.50	2,083.73	2,187.91
Enzimas BZT -WD	1,600.00	1,680.00	1,764.00	1,852.20	1,944.81
Succión y acarreo de lodos	3,900.00	4,095.00	4,299.75	4,514.74	4,740.47
Consumo eléctrico	16,764.84	17,603.08	18,483.24	19,407.40	20,377.77
Mantenimiento preventivo	6,630.00	6,961.50	7,309.58	7,675.05	8,058.81
Total	**176,562.09**	**171,909.51**	**180,504.98**	**189,530.23**	**199,006.74**

TMAR= 10%

	Año 1 (Q.)	Año 2 (Q.)	Año 3 (Q.)	Año 4 (Q.)	Año 5 (Q.)	VPN
Actual	-179,283.49	-260,607.13	-197,660.05	-207,543.05	-217,920.20	(Q803,933.70)
Propuesta	-176,562.09	-171,909.51	-180,504.98	-189,530.23	-199,006.74	(Q691,220.26)

Valor presente propuesta		(Q691,220.26)
Valor presente actual	-	(Q803,933.70)
Valor presente neto		**Q112,713.44**

Para desarrollar el análisis de VPN se tomaron en cuenta los costos operativos totales durante 5 años, siendo datos negativos debido a que representan gastos. La implementación de un control de procesos y un plan administrativo en un plazo de 5 años, genera un valor presente neto de Q112,713.45 para la empresa que podrá emplear en otros proyectos o dejarlo como ganancia.

3. Beneficio/Costo. La propuesta del presente trabajo de graduación no genera un producto, sistema o servicio para que lo use la empresa, los consumidores y/o clientes individuales. La optimización y administración de la planta de tratamiento será un esfuerzo a realizar cuyo objetivo principal será garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y el bienestar de los trabajadores, no el de generar ganancias.

Por tanto, la evaluación económica que aplica para proyectos de esta índole es un análisis Beneficio/Costo. Se desarrolló un análisis Beneficio/Costo considerando los costos y beneficios obtenidos con tanta exactitud cómo fue posible en unidades monetarias. Se pretende proporcionar una medida de la rentabilidad de llevar a cabo la propuesta mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización de puntos propuestos.

Cuadro 44. Razón B/C de la implementación de la propuesta

DESCRIPCIÓN	BENEFICIO	COSTO
Contratación de un técnico para la planta de tratamiento.		Q 24,537.24
Horas extra de analista de laboratorio para muestreo básico interno		Q 6,466.50
Compra anual de reactivos para desarrollar el muestreo básico interno		Q 1,812.00
Muestreo básico realizado en planta no subcontratado	Q 36,121.50	
Compra de 24 difusores de burbuja fina		Q 5,760.00
Instalación de 24 difusores de burbuja fina		Q 1,500.00
Consumo eléctrico de la planta de tratamiento	Q 6,705.92	
Succión y acarreo de lodos de la planta de tratamiento	Q 3,900.00	
Implementación de un programa de mtto. preventivo		Q 6,630.00
Costos por mantenimiento correctivo	Q 7,841.89	
TOTAL	**Q 54,569.31**	**Q 46,705.74**

$$\text{Razón B/C} = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{COSTOS}} = \frac{Q\ 54{,}569.31}{Q\ 46{,}705.74} = \mathbf{1.16836}$$

La razón B/C por implementar un control de propuestos y todo lo descrito en el plan de administración desarrollado es 1.17 lo que determina que es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada ya que los costos (Q 46,705.74) son menores a los beneficios (Q 54,569.31) recibidos.

VII. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un control de procesos estableciendo límites más exigentes que el Acuerdo 236-2006 y un plan administrativo para dar seguimiento a las tendencias; lo cual permitió que en el monitoreo ambiental de octubre 2013 un 96% de los parámetros muestreados estuvieran dentro del rango de variación propuesto.

2. Los límites establecidos en el control de procesos permiten a la empresa tener mayor visibilidad y control del comportamiento de los parámetros muestreados en las descargas de agua residual para evitar incumplimiento a la ley ambiental.

3. Se desarrolló un plan de administración para la planta de tratamiento de aguas residuales que comprende del seguimiento al control de procesos, perfil de puesto, plan de mantenimiento preventivo, sistema de muestreo interno, manual de operación, medidas de seguridad e innovación tecnológica cambiando difusores.

4. El plan de administración propuesto permite contratar un operador calificado para la planta; disminuir costos por mantenimiento correctivo, muestreos básicos, consumo eléctrico y acarreo de lodos; documentar y estandarizar la operación de la planta y disminuir riesgos industriales.

5. La implementación de la propuesta genera una optimización de 9% en costos de operación anuales de la planta, equivalente a Q 15,560.15, generado por la propuesta de un muestreo interno y el cambio de difusores de aire.

6. La implementación de la propuesta en un plazo de 5 años genera un valor presente neto de Q112,713.45 que la empresa puede emplear para otros proyectos o como ganancia.

7. La razón Beneficio/Costo de la implementación de la propuesta de un control de procesos y un plan administrativo es 1.17 lo que determina que es económicamente aceptable ya que los costos son menores a los beneficios recibidos.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa de bienes de consumo los siguientes puntos:

1. Implementar la propuesta que consiste en un Control de Procesos con límites más exigentes que los del Acuerdo 236-2006 que permita estudiar la variación de los parámetros para identificar tendencias y actuar proactivamente evitando incumplir la ley; y un plan de administración que permita tener un sistema de tratamiento de aguas más robusto y completo.

2. Efectuar una memoria de cálculo del sistema de la planta de tratamiento para poder efectuar un análisis detallado del diseño y capacidad de la planta.

3. Evaluar la opción de re utilización de las aguas residuales ya tratadas para riego, pudiendo representar un ahorro de agua y de costos.

4. Realizar un estudio de distribución para determinar si la ubicación actual de la planta de tratamiento es la adecuada.

5. Comunicar a través de los medios de comunicación que la empresa cuenta con procesos amigables para el ambiente siendo una empresa socialmente responsable.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aguinaga, Silvia, *et. al.* 1996. *Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes.* Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. 1ª Edición. México, DINAMA. 174 págs.

ASA. *Planta de tratamiento prefabricadas y modulares para aguas residuales.* http://www.plantasdetratamiento.com.mx/index.php?planta-tratamiento-comercial [*29 de Julio de 2013]*

Atlantic Diffusers. *Wastewater treatment application.* http://www.atlanticdiffusers.com/ [*11 de septiembre de 2013]*

Blank, Leland y A. Tarquin. 2012. *Ingeniería Económica.* 7ª Edición*.* México, McGraw Hill Higher Education. 700 págs.

Difusores de aire, el mejor sistema de aireación de burbuja fina. 2009. DRYDEN AQUA, México. 3 págs.

Gabito, Juan. 2007. *Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales.* 1ª Edición. Colombia, Laboratorios. 17 págs.

Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en operación. 2011. Comisión Nacional del Agua. México. 406 págs.

Manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales sanitarias JET tipo paquete, línea comercial. Industrias Ecológicas de México S.A. de C.V. México. 29 págs.

Metcalf & Eddy Inc. 2013. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.* McGraw Hill Higher Education, 5ª Edición. 2048 págs.

Niebel, Benjamin y A. Freivalds. 2009. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.* 12ª Edición. México, McGraw Hill Higher Education. 586 págs.

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. 2006. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Acuerdo Gubernativo 236-2006. Guatemala. 24 págs.

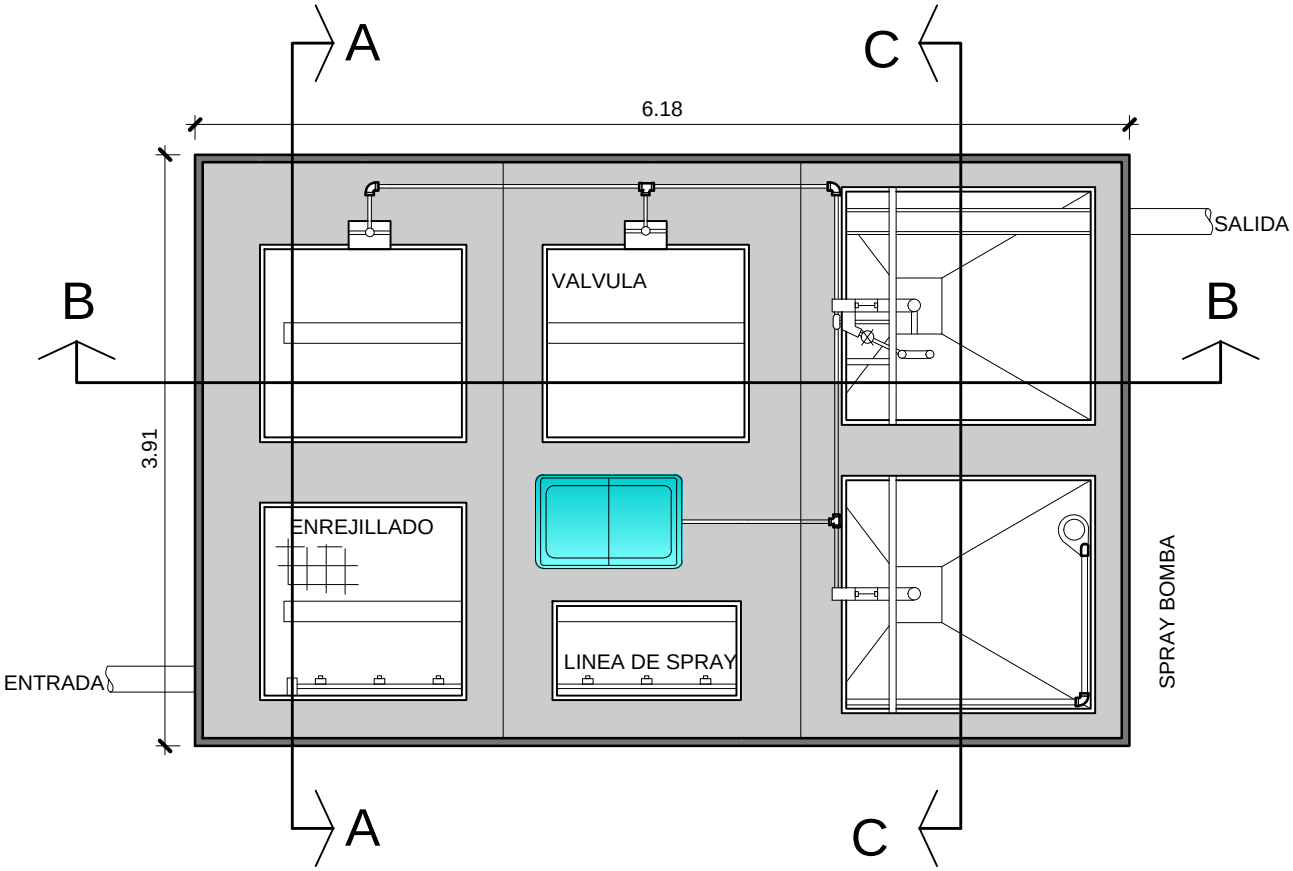
Sarti, Rodrigo. 2012. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo y control de desperdicios en el área de molienda de una empresa recicladora de plásticos*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 72 págs.

Torres, S. (2013). *Ingeniería de Plantas.* Guatemala: Dapal.

Torrescano, José Luis. 2009. *Parámetros de operación en el proceso de tratamiento de agua residual por lodos activados.* 1ª Edición, No. 52. 6 págs.

X. ANEXOS

ANEXO A1. PLANOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO TIPO JET



PLANTA

UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO:

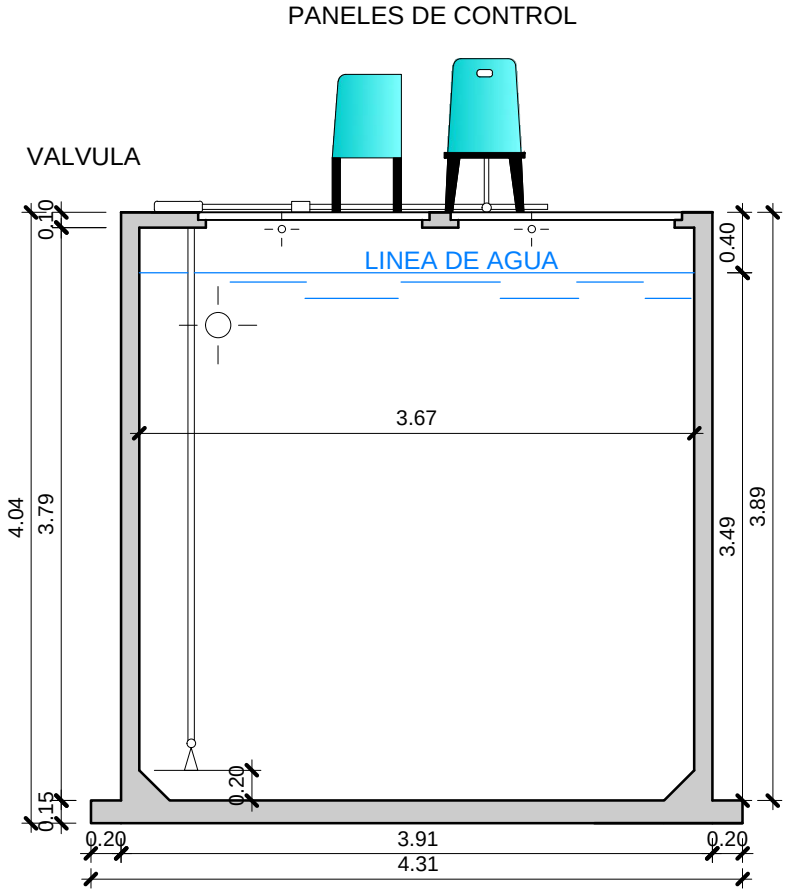
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE: PLANTA	UBICACIÓN: COSTA SUR
ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO
	Vo.Bo. L. FAJARDO
	Plano No. : 1/11
	FECHA: November 2013

SELLO:

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN A-A' DIAGRAMÁTICA

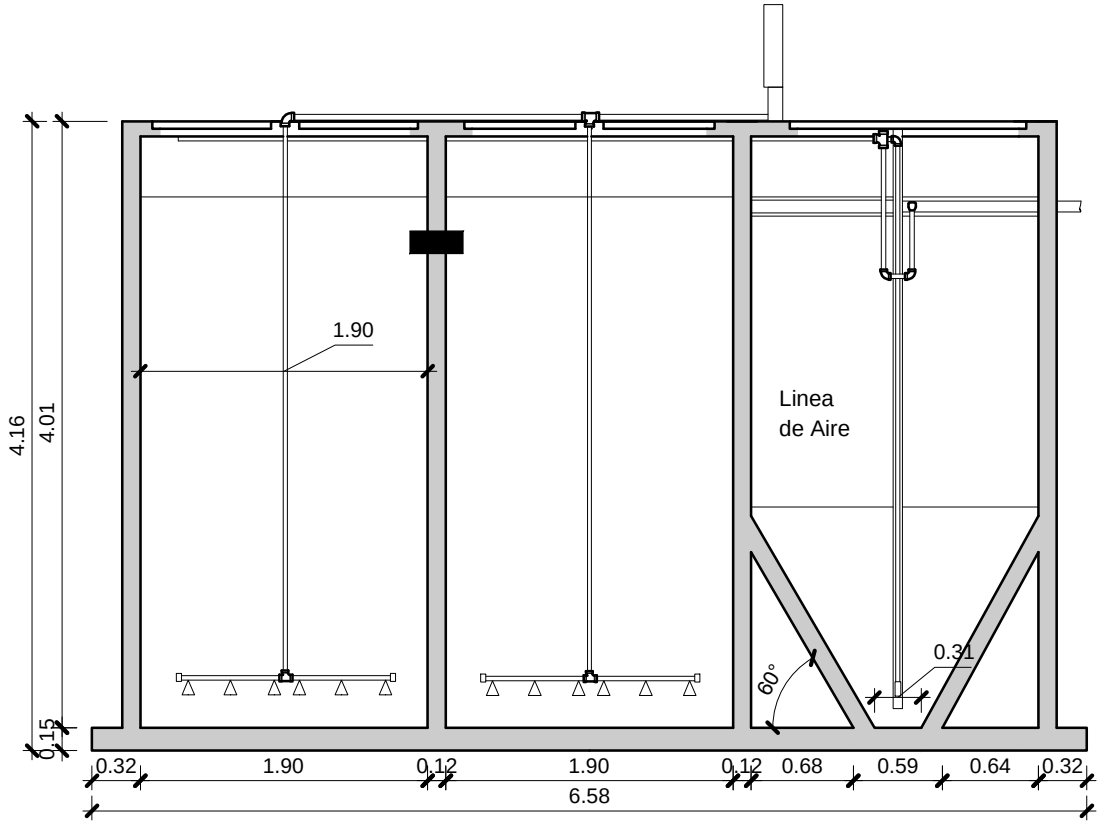
UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
PLANO DE: SECCIÓN A-A' DIAGRAMÁTICA		UBICACIÓN: COSTA SUR	
ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO		Plano No. : 2/11
	Vo.Bo. L. FAJARDO		FECHA: November 2013
SELLO:			

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN B-B' DIAGRAMÁTICA

UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE:
SECCIÓN B-B' DIAGRAMÁTICA

UBICACIÓN:
COSTA SUR

ESCALA:
INDICADA

DIBUJADO:
L. FAJARDO

Plano No. :
3/11

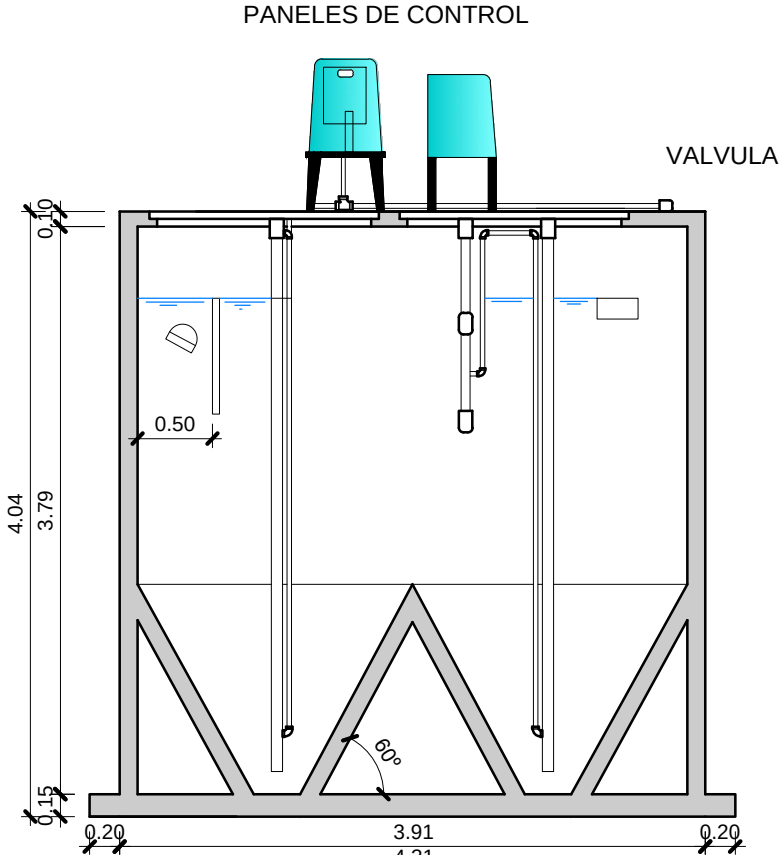
Vo.Bo.
L. FAJARDO

FECHA:
November 2013

SELLO:

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN C-C' DIAGRAMÁTICA

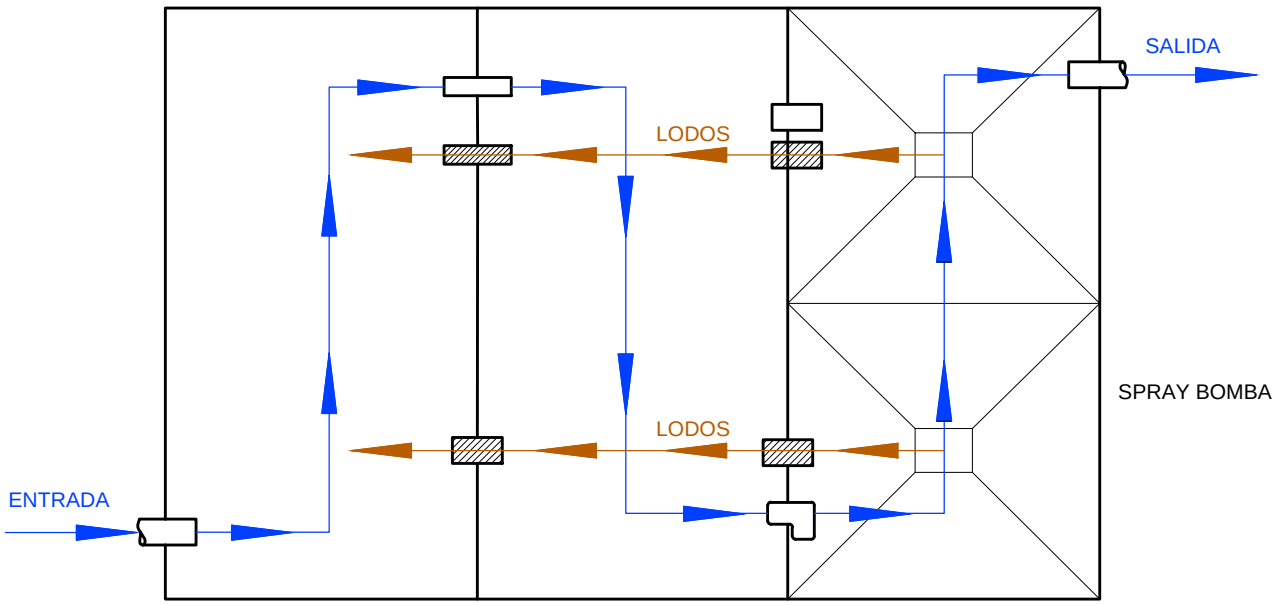
UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
PLANO DE: SECCIÓN C-C' DIAGRAMÁTICA		UBICACIÓN: COSTA SUR	
ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO		Plano No. : 4/11
	Vo.Bo. L. FAJARDO		FECHA: November 2013
SELLO:			

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



FLUJO

UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE:
FLUJO

UBICACIÓN:
COSTA SUR

ESCALA:
INDICADA

DIBUJADO:
L. FAJARDO

Plano No. :
5/11

Vo.Bo.
L. FAJARDO

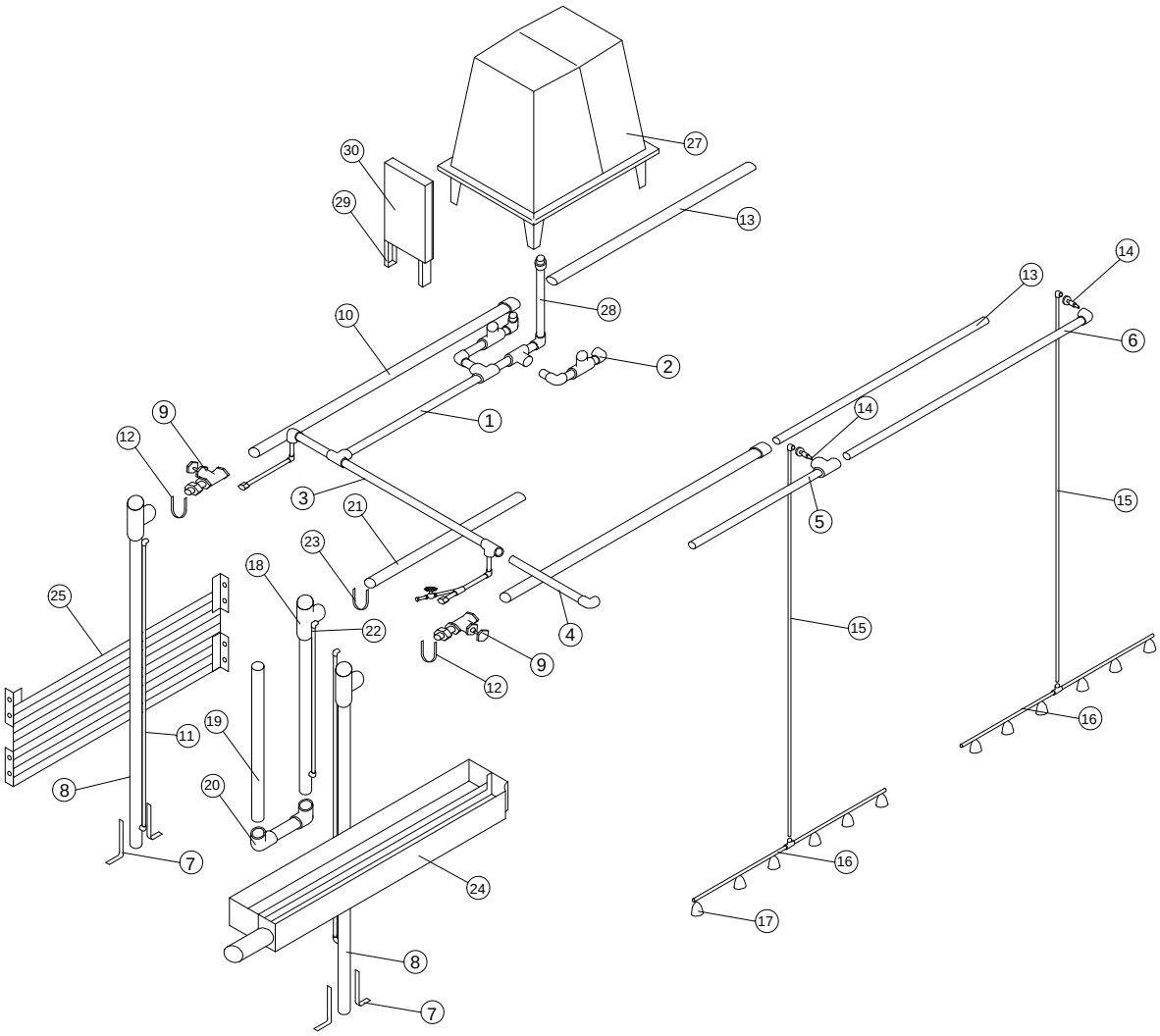
FECHA:
November 2013

SELLO:

1966 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Excelencia que trasciende
DELVALLE GRUPO EDUCATIVO

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



DETALLE DE INSTALACIÓN

UVG

SIN ESCALA

1. TUBERIA COND. DE AIRE
2. TUBERIA EXTRA ACOPLE EQUIPO RESERVA
3-6. TUBERIA DISTR. AIRE
7. APOYOS DE TUBERIA LODOS
8. TUBERIA EXTRACCION LODOS
9. VALVULA CONTROL LODOS
10. TUBERIA EVACUACION LODOS
11. TUBERIA COND. AIRE PARA EXTRACCION LODOS
12. ABRAZADERA TUBERIA LODOS
13. TUBERIA DESCARGA LODOS
14. NIPLE DE INTERCONEXION
15. TUBERIA AIRE PARA RAMAL DIFUSION
16. RAMAL DE DIFUSION
17. DIFUSORES
18-20. TUBERIA EXTRACCION SOBRENADANTES
21. TUBERIA DESCARGA SOBRENADANTES
22. TUBERIA AIRE PARA SISTEMA SOBRENADANTES
23. ABRAZADERA
24. CANAL DE RECOLECCION Y TUBOS SOLIDOS
25. CORTINA RETENCION SOLIDOS FLOTANTES
26. REJILLAS
27. CUBIERTA MOTOR Y SOPLADOR
28. CONTROL VALVULA SOBREPRESION
29. CONTROL ELECTRICO
30. APOYO DE CONTROL ELECTRICO

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE:
DETALLE DE INSTALACIÓN

UBICACIÓN:
COSTA SUR

ESCALA:
INDICADA

DIBUJADO:
L. FAJARDO

Plano No. :
6/11

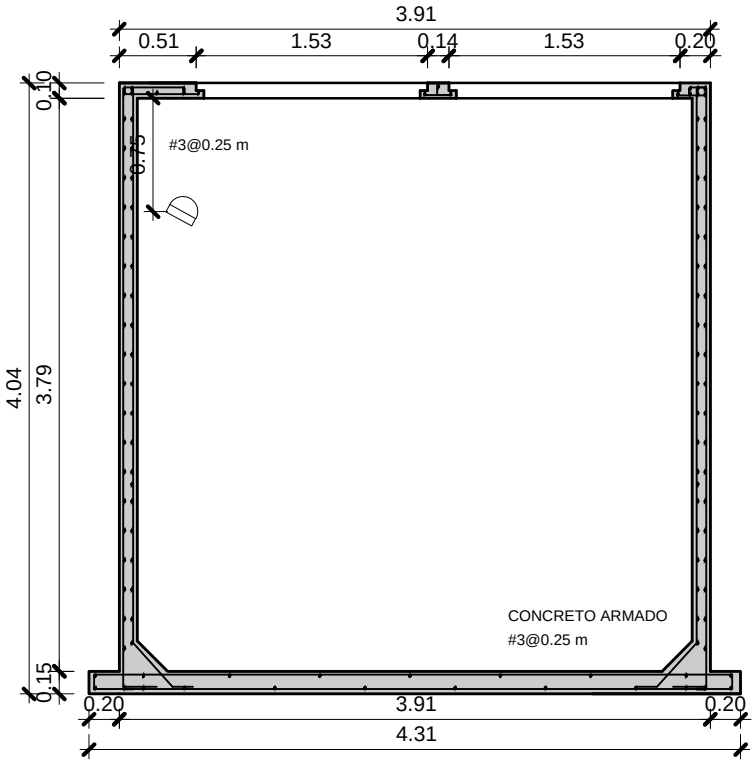
Vo.Bo.
L. FAJARDO

FECHA:
November 2013

SELLO:

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN A-A' ESTRUCTURAL

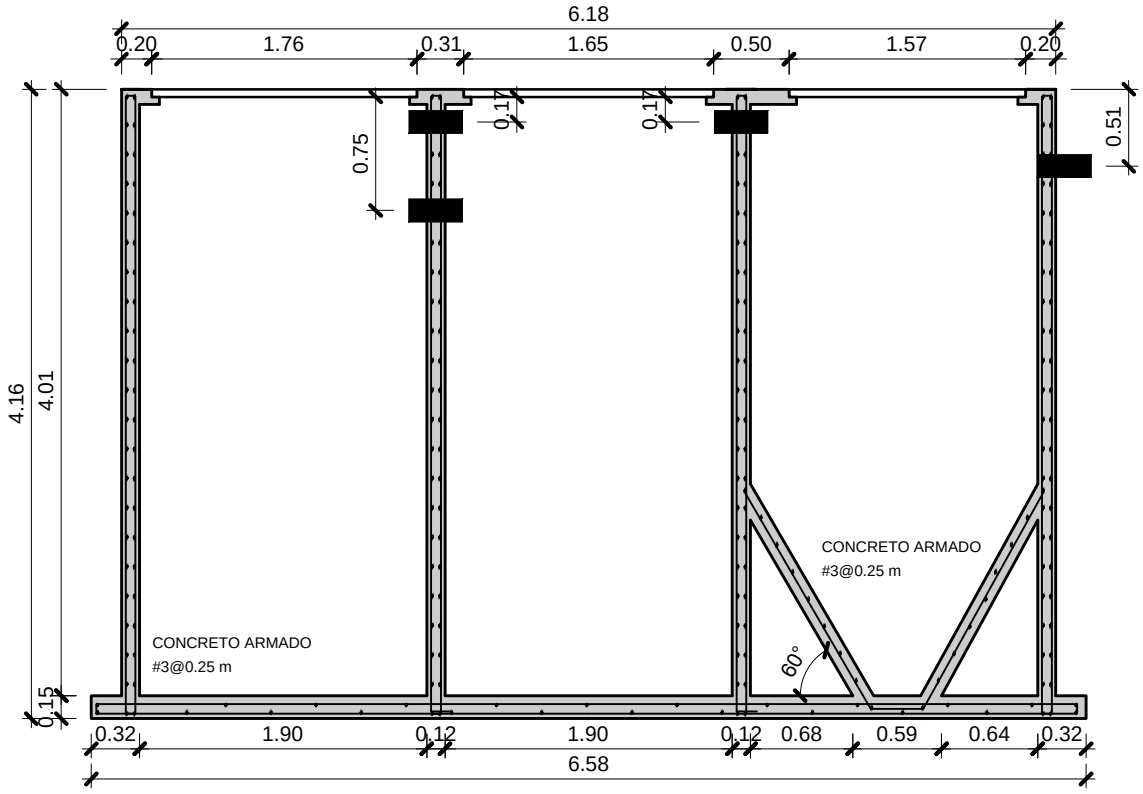
UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
PLANO DE: SECCIÓN A-A' ESTRUCTURAL		UBICACIÓN: COSTA SUR	
ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO		Plano No. : 7/11
	Vo.Bo. L. FAJARDO		FECHA: November 2013
SELLO:			

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN B-B' ESTRUCTURAL

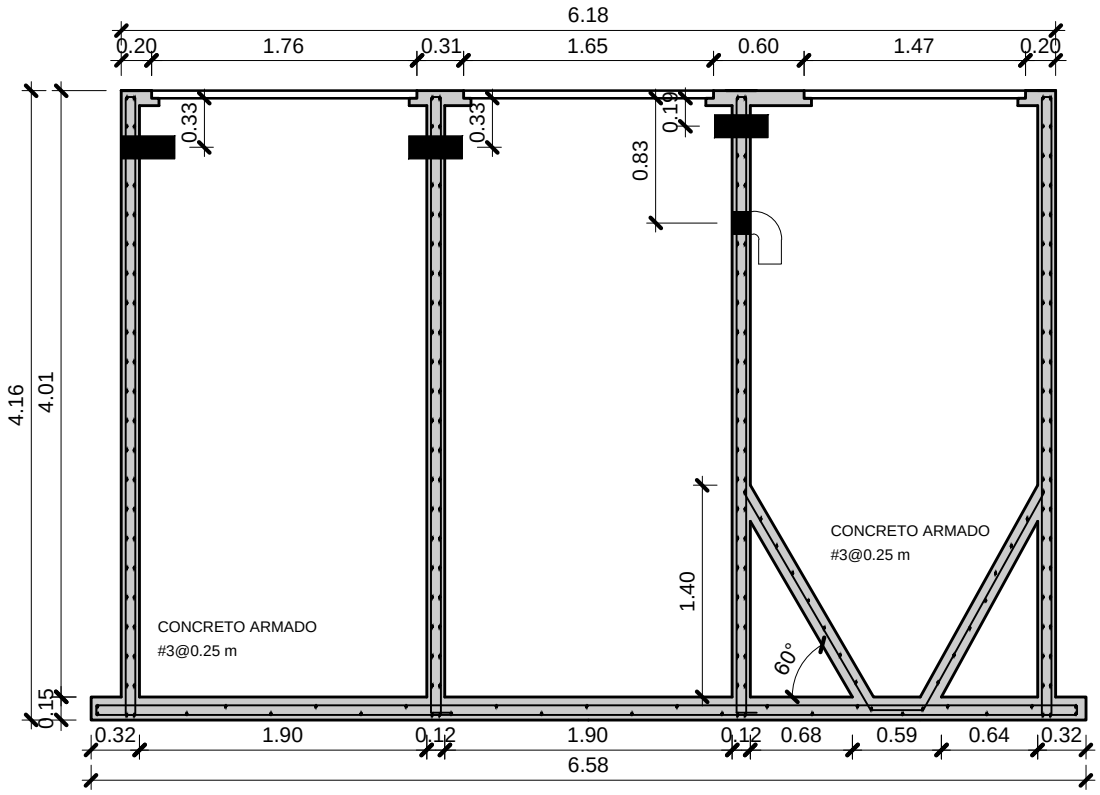
UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
PLANO DE: SECCIÓN B-B' ESTRUCTURAL		UBICACIÓN: COSTA SUR	
ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO		Plano No. : 8/11
	Vo.Bo. L. FAJARDO		FECHA: November 2013
SELLO:			

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN D-D' ESTRUCTURAL

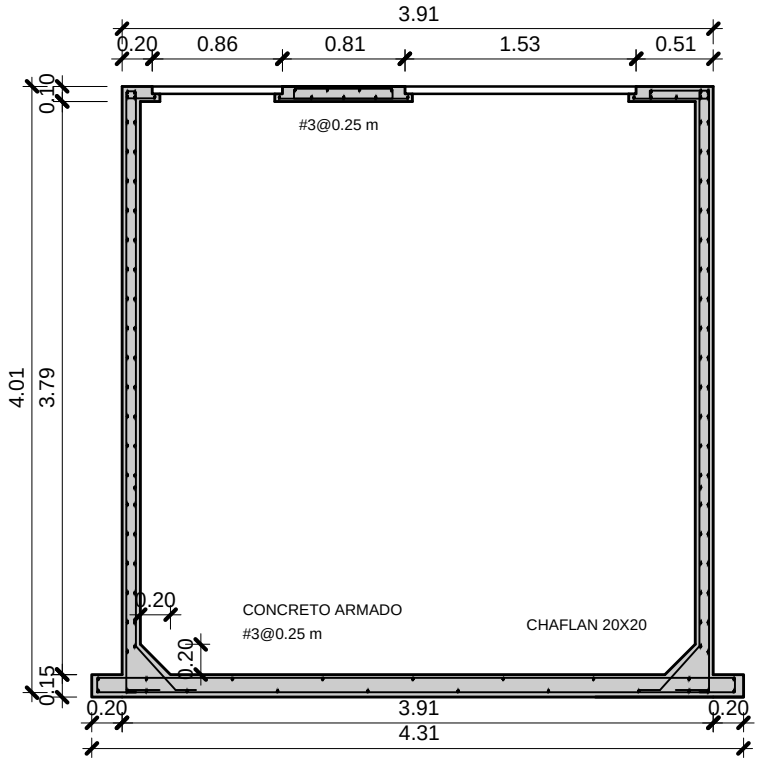
UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
PLANO DE: SECCIÓN D-D' ESTRUCTURAL		UBICACIÓN: COSTA SUR	
	ESCALA: INDICADA	DIBUJADO: L. FAJARDO	Plano No. : 9/11
		Vo.Bo. L. FAJARDO	FECHA: November 2013
	SELLO:		

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



SECCIÓN E-E' ESTRUCTURAL

UVG

ESCALA 1:50

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE:
SECCIÓN E-E' ESTRUCTURAL

UBICACIÓN:
COSTA SUR

ESCALA:
INDICADA

DIBUJADO:
L. FAJARDO

Plano No. :
10/11

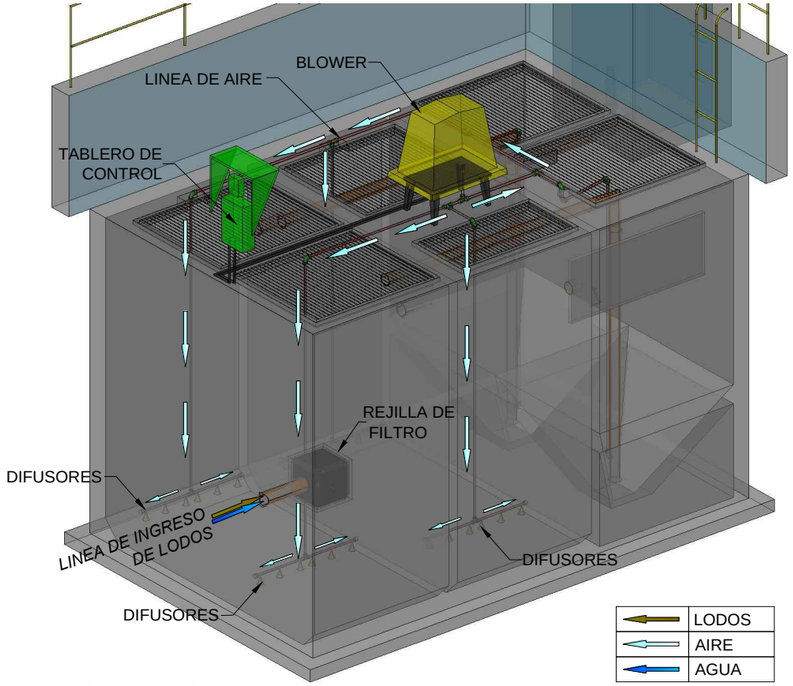
Vo.Bo.
L. FAJARDO

FECHA:
November 2013

SELLO:

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

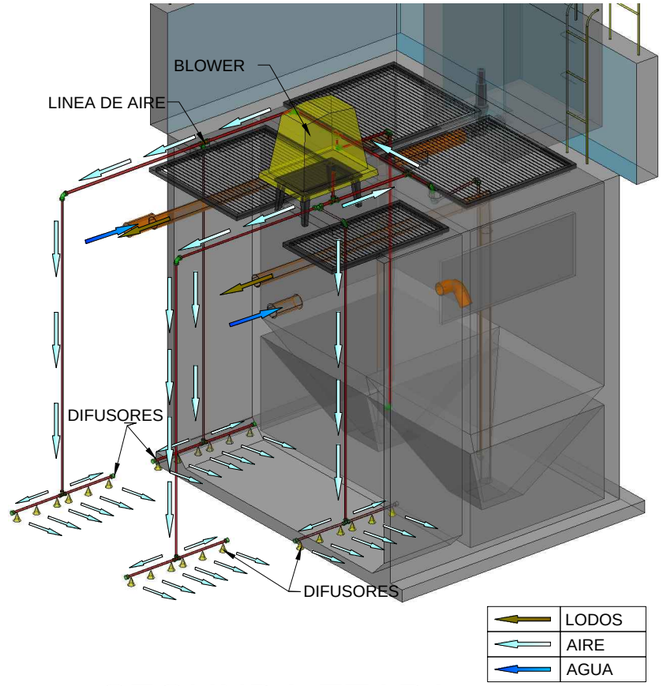
ANSI A (8.50" x 11.00")(215.9mm x 279.4mm)



PRIMERA ETAPA

UVG

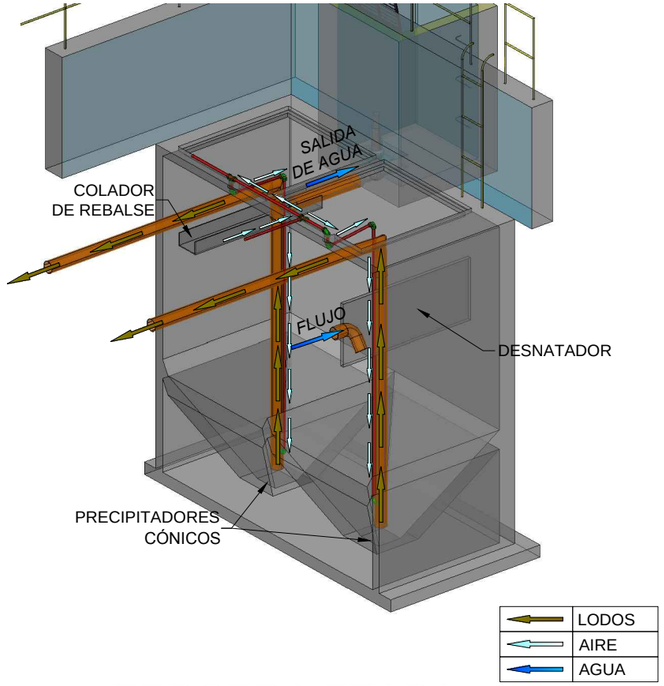
SIN ESCALA



SEGUNDA ETAPA

UVG

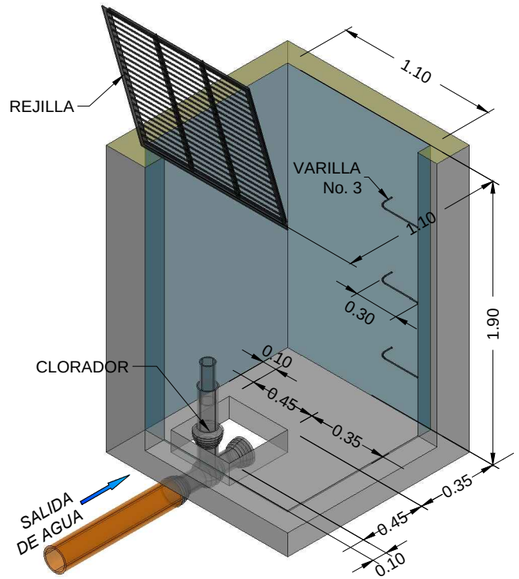
SIN ESCALA



TERCERA ETAPA

UVG

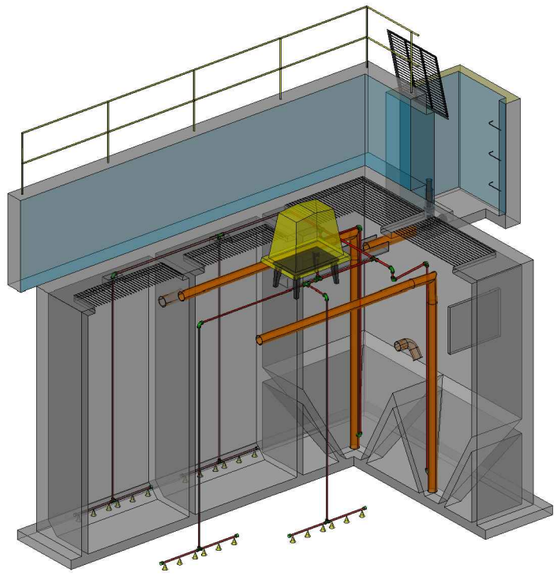
SIN ESCALA



TOMA DE MUESTRAS

UVG

SIN ESCALA



CORTE LONGITUDINAL

UVG

SIN ESCALA

PROYECTO:

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

PLANO DE: VISTAS ISOMÉTRICAS

UBICACIÓN: COSTA SUR

ESCALA: INDICADA

DIBUJADO: L. FAJARDO

Plano No. : 11/11

Vo.Bo. L. FAJARDO

FECHA: November 2013

SELLO:

Luisa María Fajardo García, Carné: 10343

ANSI B (17.00" x 11.00")(431.8mm x 279.4mm)

ANEXO A2. ORDEN DE TRABAJO

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

ORDEN DE TRABAJO

ÁREA DE TRABAJO: _____ **NO. ORDEN:** _____

FECHA: _____

	REPARACIÓN
	MANTENIMIENTO
	PINTURA
	LIMPIEZA
	CONSTRUCCIÓN
	ELÉCTRICOS

	EMERGENCIA
	PROGRAMADA

FECHA EN QUE SE PUEDE REALIZAR EL TRABAJO: _____

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

SOLICITANTE: _____ RECIBE: _____

Nombre y firma Nombre y firma

ANEXO A3. INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL

# ORDEN:		**HORA INICIO:**		H
UBICACIÓN:	PLANTA DE TRATAMIENTO	**HORA FINAL:**		H
FECHA:		**DURACIÓN:**		H
EJECUTADO POR:				

Actividad a Realizar	LIMPIEZA	●
	AJUSTE/INSPECCIÓN	■
	LUBRICACIÓN	▲
	MEDICIÓN	▬
	CAMBIO/MTTO. MAYOR	◆

Método	VISUAL	
	MANUAL	
	AUDITIVO	

OPERACIÓN

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	RECURSOS	T APROX	T REAL	X/√
▲	RELUBRICACION DE BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F		1	1 H		
●	LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F		1	1 H		

OBSERVACIONES

ANEXO A4. INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL

# ORDEN:		**HORA INICIO:**		H
UBICACIÓN:	PLANTA DE TRATAMIENTO	**HORA FINAL:**		H
FECHA:		**DURACIÓN:**		H
EJECUTADO POR:				

Actividad a Realizar		
	LIMPIEZA	●
	AJUSTE/INSPECCIÓN	■
	LUBRICACIÓN	▲
	MEDICIÓN	▬
	CAMBIO/MTTO. MAYOR	◆

Método		
	VISUAL	👁
	MANUAL	✋
	AUDITIVO	👂

OPERACIÓN

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	RECURSOS	T APROX	T REAL	X/√
▲	RELLENO DE ACEITE AL BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	0.5 H		
●	LIMPIEZA EXTERNA DE TODO EL BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	0.25 H		
●▲	LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE VALVULA DE ALIVIO BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	0.5 H		
▬	MEDICIONES GENERALES (AMP., V., ETC.) DE BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	0.5 H		
■	REVISIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL DOSIFICADOR DE HIPOCLORITO DE CALCIO	👁	1	0.25H		

OBSERVACIONES

ANEXO A5. INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL

# ORDEN:		**HORA INICIO:**		H
UBICACIÓN:	PLANTA DE TRATAMIENTO	**HORA FINAL:**		H
FECHA:		**DURACIÓN:**		H
EJECUTADO POR:				

Actividad a Realizar		
	LIMPIEZA	●
	AJUSTE/INSPECCIÓN	■
	LUBRICACIÓN	▲
	MEDICIÓN	▬
	CAMBIO/MTTO. MAYOR	◆

Método		
	VISUAL	👁
	MANUAL	✋
	AUDITIVO	👂

OPERACIÓN

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	RECURSOS	T APROX	T REAL	X/√
◆	CAMBIO DE ACEITE A BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	2 H		
◆	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE A BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	1 H		
▬	MEDICIÓN DE AMPERAJE Y VOLTAJE DEL PANEL DE CONTROL	✋	1	0.5 H		
▬	MEDICIÓN DE TERMOGRAFÍA DEL PANEL DE CONTROL	✋	1	0.5 H		

OBSERVACIONES

ANEXO A6. INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

# ORDEN:		**HORA INICIO:**		H
UBICACIÓN:	PLANTA DE TRATAMIENTO	**HORA FINAL:**		H
FECHA:		**DURACIÓN:**		H
EJECUTADO POR:				

Actividad a Realizar	LIMPIEZA	●
	AJUSTE/INSPECCIÓN	■
	LUBRICACIÓN	▲
	MEDICIÓN	▬
	CAMBIO/MTTO. MAYOR	◆

Método	VISUAL	👁
	MANUAL	✋
	AUDITIVO	👂

OPERACIÓN

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	RECURSOS	T APROX	T REAL	X/√
◆	MANTENIMIENTO MAYOR ELEMENTO BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	8 H		
◆	MANTENIMIENTO MAYOR A MOTOR ELECTRICO DE BLOWER K-901 E Y BLOWER K-901 F	✋	1	8 H		
■	INSPECCIÓN DE TUBERÍA DE DIFUSIÓN DE AIRE	👁	1	2 H		
■	INSPECCIÓN DE TUBERÍA DE EVACUACIÓN DE LODOS	👁	1	2 H		
●	LIMPIEZA Y PINTADO A TUBERÍA DE DIFUSIÓN DE AIRE	✋	1	3 H		
●	LIMPIEZA Y PINTADO A TUBERÍA DE EVACUACIÓN DE LODOS	✋	1	3 H		
◆	MANTENIMIENTO MAYOR AL PANEL ELÉCTRICO	✋	1	8 H		

OBSERVACIONES

ANEXO A7. LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO		
LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO		
RESPONSABLE:	**HORA INICIO:**	H
UBICACIÓN:	**HORA FINAL:**	H
FECHA:	**DURACIÓN:**	H

MANTENIMIENTO GENERAL AL PLANEL ELÉCTRICO	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
APRIETE DE TORNILLOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO		
MEDICIÓN DE VOLTAJES		
MEDICIÓN DE AMPERAJES		
MEDICIÓN DE TERMOGRAFÍA		
REVISIÓN DE PLATINA DE LOS CONTACTORES		
APLICACIÓN DE BARNIZ AL EMBOBINADO DE MOTOR		
VERIFICAR AUSENCIA DE RUIDOS EXTRAÑOS		
VERIFICAR CORRECTA PROGRAMACIÓN DEL TEMPORIZADOR		

OBSERVACIONES

ANEXO A8. LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA MECÁNICO

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO		
LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA MECÁNICO		
RESPONSABLE:	**HORA INICIO:**	H
UBICACIÓN:	**HORA FINAL:**	H
FECHA:	**DURACIÓN:**	H

MEDICIONES GENERALES DE BLOWER K-901 E	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
MEDICIÓN DE VOLTAJE		
MEDICIÓN DE AMPERAJE		

MEDICIONES GENERALES DE BLOWER K-901 F	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
MEDICIÓN DE VOLTAJE		
MEDICIÓN DE AMPERAJE		

MANTENIMIENTO MAYOR A ELEMENTO BLOWER K-901 E	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
CAMBIO DE COJINETES		
CAMBIO DE SUMINISTROS		
LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE ACEITE		
LIMPIEZA EXTERNA E INTERNA		

MANTENIMIENTO MAYOR A ELEMENTO BLOWER K-901 F	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
CAMBIO DE COJINETES		
CAMBIO DE SUMINISTROS		
LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE ACEITE		
LIMPIEZA EXTERNA E INTERNA		

MANTENIMIENTO MAYOR MOTOR ELECTRICO BLOWER K-901E	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
CAMBIO DE COJINETES Y SUMINISTROS		

MANTENIMIENTO MAYOR MOTOR ELECTRICO BLOWER K-901F	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
CAMBIO DE COJINETES Y SUMINISTROS		

REVISIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE DOSIFICADOR	**X/√**	**ESTADO/ FUNCIONAMIENTO**
REVISAR ESTADO FÍSICO/FUNCIONAMIENTO DE DOSIFICADOR		

OBSERVACIONES

ANEXO A9. LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO			
LISTA DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO			
RESPONSABLE:		**HORA INICIO:**	H
UBICACIÓN:		**HORA FINAL:**	H
FECHA:		**DURACIÓN:**	H

INSPECCIÓN DE TUBERÍA DE DIFUSIÓN DE AIRE	**X/√**	**ESTADO/FUNCIONAMIENTO**
INSULADO DE TUBERÍA COMPLETA		
GLANGE EN GENERAL		
VÁLVULAS EN GENERAL		
SOPORTERÍA COMPLETA		
CODOS DE INSULADO		
CONTROLES VISUALES DE FLUJO Y CONTENIDO		

INSPECCIÓN DE TUBERÍA DE RETORNO DE LODOS	**X/√**	**ESTADO/FUNCIONAMIENTO**
INSULADO DE TUBERÍA COMPLETA		
GLANGE EN GENERAL		
VÁLVULAS EN GENERAL		
SOPORTERÍA COMPLETA		
CODOS DE INSULADO		
CONTROLES VISUALES DE FLUJO Y CONTENIDO		

OBSERVACIONES

ANEXO A10. NORMATIVA TÉCNICA PH

DETERMINACIÓN DE pH

Método electrométrico

1. OBJETIVO

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de pH en aguas y efluentes industriales.

2. DEFINICIONES

El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua.

El pH se define como el logaritmo de la inversa de la actividad de los iones hidrógeno,

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

$[H^+]$ = actividad de los iones hidrógeno en mol/L.

3. PRINCIPIO

El método consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia.

4. INTERFERENCIAS

4.1 El electrodo de vidrio generalmente no está sujeto a interferencias como color, turbidez, materia coloidal, oxidantes, reductores o alta salinidad, excepto para un «error de sodio», que se da a pH mayores de 10. Este error se puede reducir usando un electrodo especial de bajo error de sodio.

4.2 Recubrimientos de material graso o partículas pueden dificultar la respuesta del electrodo. Estos recubrimientos pueden ser removidos con una frotación muy suave o utilizando detergentes, seguido de un enjuague con agua destilada. Un tratamiento adicional es utilizar ácido clorhidrico (1+9) para remover cualquier película restante.

4.3 Las medidas de pH son afectadas por la temperatura en dos formas: por efectos mecánicos causados por cambios en las propiedades de los electrodos y por efectos químicos causados por cambio de equilibrios. En el primer caso las

interferencias pueden ser controladas utilizando instrumentos que posean compensación de temperatura o calibrando el sistema electrodo-instrumento a la temperatura de las muestras. La segunda fuente de error depende de las muestras y no puede sercontrolada, por lo cual se debe reportar la temperatura con cada medida de pH realizada.

5. MUESTREO Y PRESERVACIÓN

El análisis puede ser realizado tanto en campo como en el laboratorio.
En caso de que el análisis se realice en el laboratorio, llenar el recipiente de muestreo completamente sin cámara de aire. Realizar la medida antes de 2 horas de recolectada la muestra.

6. EQUIPOS Y MATERIALES

6.1 Medidor de pH.

6.2 Electrodo de referencia de potencial constante y electrodo de vidrio. O se puede utilizar un electrodo combinado el cual posee ambos electrodos, de medida y de referencia, en un mismo cuerpo.

6.3 Termómetro o sensor de temperatura para compensación automática en el instrumento.

6.4 Agitador magnético y barras agitadoras.

6.5 Vasos de Bohemia.

7. REACTIVOS

7.1 Agua destilada y desionizada.

7.2 Agua destilada y desaireada con conductividad menor a 2 umhos/cm. Para desairear calentar a ebullición durante 15 minutos y enfriar.

7.3 Soluciones buffer estándar de pH conocido, necesarias para calibrar el instrumento:

a)Solución buffer de pH = 4,004 a 25°C.

Pesar 10,12 g de $KHC_8H_4O_4$ y diluirlo a 1 L en matraz aforado con agua destilada.

b)Solución buffer de pH = 6,863 a 25°C.

Pesar 3,387 g de KH_2PO_4 secado previamente a 110-130°C durante 2 horas y 3,533 g de Na_2HPO_4. Disolver y llevar a 1 L en matraz aforado con agua destilada.

c)Solución buffer de pH = 10,014 a 25°C.

Pesar 2,092 g $NaHCO_3$ y 2,640 g de Na_2CO_3, disolver y llevar a 1 L en matraz aforado con agua destilada.

NOTA: Reemplazar las soluciones buffer cada cuatro semanas.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Calibración del instumento:

a)Para ello se debe seguir las instrucciones del medidor de pH. En la calibración se usan como mínimo dos de las soluciones buffer, cuyos valores de pH deben cubrir el rango de pH esperado por la muestra a medir.

b)LLevar los buffers y la muestra a la misma temperatura. (Si el equipo lo permite utilizar compensación de temperatura). El valor correspondiente de pH de los buffers debe ser corregido a la temperatura de los mismos.

8.2 Medida:

a)Medir el pH de la muestra indicando la temperatura de la misma.
Realizar la medida con una agitación moderada para minimizar la entrada de dióxido de carbono y suficiente como para homogeneizar la muestra.

b)Una vez finalizada la medida enjuagar y secar suavemente los electrodos y proceder a ubicarlos en la solución de preserva de los mismos.

9. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Los resultados se deben reportar en unidades de pH con una precisión de 0.1 y la temperaura con una precisión de 1 °C.

ANEXO A11. NORMATIVA TÉCNICA SÓLIDOS SEDIMENTABLES

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Método Volumétrico

1. OBJETIVO

Esta norma técnica se utiliza para la determinación de sólidos sedimentables en efluentes industriales y domésticos.

2. DEFINICIÓN

Los sólidos sedimentables son los materiales que sedimentan de una suspensión en un período de tiempo definido en un cono Imhoff.

3. MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Recolectar la muestra en envases de vidrio o de plástico de 1L de capacidad. Refrigerar a 4°C. Analizar lo antes posible.

4. MATERIALES

4.1 Cono Imhoff graduado de 1000 mL de capacidad.

5. PROCEDIMIENTO

a)Verter en el cono Imhoff 1000 mL de muestra perfectamente mezclada. Dejar sedimentar y leer el volumen del sedimento a los 10 minutos en la escala.

b)A los 45 minutos, raspar las paredes del cono con varilla de vidrio para desprender las partículas adheridas. Dejar sedimentar 15 minutos más y leer el volumen del sedimento en la escala a los 60 minutos de iniciado el ensayo.

6. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados se expresan en mL de sólidos sedimentables/L de muestra a los 10 minutos y a los 60 minutos.

El límite inferior prácticamente medible está generalmente en el rango de 0.1 a 1 mL/L, dependiendo del cono Imhoff utilizado.

ANEXO A12. NORMATIVA TÉCNICA SÓLIDOS SUSPENDIDOS, VOLÁTILES Y FIJOS

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, VOLÁTILES Y FIJOS

Método Gravimétrico

1. OBJETIVO

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de sólidos suspendidos totales, volátiles y fijos, en aguas, efluentes industriales y domésticos.

2. DEFINICIÓN

2.1 Los sólidos suspendidos totales son los materiales retenidos por un filtro estándar de fibra de vidrio y secado 103-105 °C.

2.2 Los sólidos suspendidos fijos son los residuos resultantes luego de calcinar a 550±50 °C la muestra retenida en el filtro.

2.3 Los sólidos suspendidos volátiles corresponden a los compuestos perdidos durante la calcinación a 550±50 °C de la muestra retenida en el filtro. Se determinan por diferencia de peso entre sólidos suspendidos totales y fijos.

3. MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra se debe recolectar en botellas de vidrio o plástico de 1 L de capacidad. Refrigerar la muestras a 4°C. Analizar antes de 24 horas de preferencia, como máximo 7 días de realizado el muestreo.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Filtros de fibra de vidrio: Whatman 934 AH o Gelman A/E o Milipore AP 40. Preferentemente de 4,7 cm de diámetro.

4.2 Equipo de filtración por vacío:
embudo de membrana filtrante, preferentemente de 4,7 cm de diámetro, frasco de succión de suficiente capacidad para la muestra, trampa de agua, bomba de vacío.

4.3 Estufa para operar a 103-105°C.

4.4 Mufla para operar a 550 ± 50°C.

4.5 Desecador conteniendo un desecante con indicador coloreado de humedad.

4.6 Balanza análitica de precisión 0.1 mg.

4.7 Probetas

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Preparación del papel de filtro:

Colocar el filtro en el embudo de filtración. Aplicar vacío y enjuagar con tres porciones de 20 mL de agua destilada. Continuar la succión hasta eliminar totalmente el agua. Secar en estufa 103-105°C por 1 hora en un soporte de porcelana o similar. Si se va a determinar volátiles muflar por 15 min.a 550 °C, enfriar en desecador y pesar. Repetir el ciclo de muflado, enfriado y pesado hasta peso constante.

5.2 Determinación:

a)Una vez que se obtuvo el peso constante del filtro, pesarlo inmediatamente antes de usarlo.

b)Colocar el filtro en el embudo de filtración, mojar el filtro con una pequeña cantidad de agua destilada.

c)Tomar un volúmen de muestra homogeneizada que de un residuo seco entre 2.5 y 200 mg. Verter el volumen medido en el embudo de filtración. Comenzar la succión. Lavar 3 veces sucesivas con 10 mL de agua destilada cada vez, permitiendo un completo drenaje en los lavados. Continuar la succión por 3 minutos hasta que la filtración sea completa.

d)Remover el filtro y colocarlo sobre un soporte de porcelana. Secar por 1 hora a103-105°C en estufa, enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriado, y pesado hasta peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que el 4% del peso previo o 0.5 mg.

e)Colocar el filtro anterior en la mufla a 550 ± 50°C durante 1 hora. Enfriar en desecador y pesar. Repetir la secuencia hasta obtener peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que el 4% del peso previo o 0.5 mg.

6. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

$$\text{SST, mg/L} = \frac{(P_2\text{-}P_1) \times 1000}{V}$$

$$\text{SSF, mg/L} = \frac{(P_3\text{-}P_1) \times 1000}{V}$$

$$\text{SSV, mg/L} = \text{SST - SSF}$$

donde:

SST = sólidos suspendidos totales en mg/L.

SSF = sólidos suspendidos fijos en mg/L.

SSV = sólidos suspendidos volátiles en mg/L.

P1 = peso del filtro preparado en mg.

P2 = peso del filtro más el residuo seco a 103-105°C en mg.

P3 = peso del filtro más el residuo calcinado a 550 °C en mg.

V = volumen de muestra tomado en mL.

ANEXO A13. NORMATIVA TÉCNICA ACEITES Y GRASAS

DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN EFLUENTES INDUSTRIALES

Método de Extracción Soxhlet

1. OBJETIVO

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de aceites y grasas en efluentes industriales y domésticos.

2. DEFINICIONES

Aceites y grasas se considera cualquier material recuperado de la muestra acidificada, como una sustancia soluble en éter de petroleo y no votalizables durante el ensayo. Incluye además de aceites y grasas, otros materiales extractables por el solvente.

Los aceites y grasas quedan definidos por el método de análisis utilizado.

3. PRINCIPIO

Los aceites y las grasas viscosas presentes, así como los sólidos, son separados por filtración de la muestra líquida acidificada, mientras que los jabones metálicos son hidrolizados por la acidificación. Una vez separados de la solución, en el material retenido en el filtro se realiza una extracción en un equipo Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo. La ganancia de peso en el frasco de extracción luego de evaporado el solvente corresponde al contenido de aceites y grasas presentes en la muestra.

El método es enteramente empírico y resultados duplicados concordantes pueden ser obtenidos solamente por una estricta adherencia a todos los detalles.

El tiempo y la velocidad de extracción deben ser respetados con exactitud, así como el tiempo y la temperatura de secado del material extraído.

4. MUESTREO Y PRESERVACIÓN

4.1 Recolectar de 100 a 1000 mL de muestra (según la cantidad de aceites y grasas que se estime presente en la muestra) en un frasco de vidrio de boca ancha, con cámara de aire. El frasco debe ser enjuagado previamente con el solvente.

4.2 Acidificar a pH < 2 con HCl (1+1) en el mismo recipiente en el cual fue extraída la muestra. Refrigerar a 4°C. Analizar antes de los 28 días.

NOTA: Recoger una muestra exclusivamente para la determinación de aceites y grasas. No realizar composición de muestras.

5. EQUIPOS Y MATERIALES

5.1 Equipo de extracción Soxhlet: matraz de extracción, embudo Soxhlet y refrigerante.
5.2 Bomba de vacío.
5.3 Manta eléctrica de calentamiento.
5.4 Estufa a 103°C.
5.5 Embudo Buchner.
5.6 Cono de extracción.
5.7 Papel de filtro de 11 cm de diámetro, Whatman N°40 o equivalente.
5.8 Piedras de ebullición.

6. REACTIVOS

6.1 Acido clorhídrico (1+1).

6.2 Eter de petróleo con punto de ebullición entre 60°C a 70°C. El solvente utilizado no debe dejar residuos medibles en su evaporación, en este caso destilar el solvente previo a su utilización.

6.3 Tierra de diatomeas en suspensión 10 g/L en agua destilada.

NOTA: No usar tubos o recipientes de plástico para transferir el solvente entre los distintos recipientes.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Marcar el nivel de líquido en el frasco de muestreo para luego determinar el volumen de muestra tomado. Denominar a dicho volumen en mL como V.

7.2 Verificar que el pH de la muestra es menor que 2, en caso contrario acidificar con HCl (1+1).

7.3 Colocar un papel de filtro en el embudo Buchner y humedecerlo con agua destilada. Haciendo vacío pasar 100 mL de la suspensión de tierra diatomeas a través del filtro y lavar con 1 L de agua destilada.

7.4 Filtrar la totalidad de la muestra recogida y acidificada. Usando pinzas transferir el filtro a un vidrio reloj.
Pasar un papel de filtro humedecido en solvente por el embudo Buchner y por el frasco de muestreo, asegurándose de remover las películas de grasas y material sólido presente. Juntar ambos filtros, envolverlos y colocarlos en el cono de extracción.

7.5 Secar el cono de extracción en una estufa de aire caliente a 103°C por 30 minutos. Los compuestos volatilizables a 103°C se perderán durante este proceso.

7.6 Pesar el matraz de extracción conteniendo perlas de ebullición. Denominar a dicho peso como p_1.

7.7 Colocar el cono en el embudo Soxhlet. Agregar aproximadamente 200 mL de éter de petróleo al frasco de extracción. Extraer aceites y grasas a una velocidad de 20 ciclos por hora durante 4 horas, tiempo tomado a partir del primer ciclo.

7.8 Destilar el solvente del frasco de extracción en un baño de agua a 70°C. Cuando se observa que la condensación del solvente finaliza, sacar el frasco de extracción del baño de agua, cubrir el baño con un soporte adecuado y secar el frasco sobre el soporte durante 15 minutos, en el último minuto, pasar aire a traves del residuo usando un vacío apropiado.

7.9 Enfriar el frasco de extracción en un desecador por 30 minutos y pesar. Denominar a dicho peso como p_2.

8. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

$$\text{aceites y grasas, mg/L} = \frac{(p_2 - p_1) \times 1000}{V}$$

donde:

p_1 = peso del matraz con las perlas de ebullición previo a la extracción en mg.
p_2 = peso del matraz con las perlas de ebullición luego de la extracción en mg.
V = volumen de muestra filtrado en mL.

ANEXO A14. NORMATIVA TÉCNICA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

1. OBJETIVO

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno en efluentes industriales, vertidos domésticos y aguas contaminadas.

2. DEFINICIÓN

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada.

3. PRINCIPIO

La muestra o una dilución adecuada de la misma, es incubada por 5 días a 20°C en la oscuridad. Se mide la concentración de oxígeno disuelto antes y después de la incubación, y el consumo de oxígeno correponde a la demanda bioquímica de oxígeno.

4. MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Recolectar la muestra en envases de plástico o vidrio. Tomar la muestra y llenar el frasco evitando airear. Llenar el recipiente hasta el borde superior sin cámara de aire.

Realizar el análisis inmediatamente, si no es posible refrigerar la muestra a 4°C y comenzar el análisis antes de 24 horas de la recolección.

5. INTERFERENCIAS

5.1 Muestras conteniendo cloro residual, metales o compuestos orgánicos tóxicos no permiten el desarrollo de las bacterias que degradan la materia orgánica. Tales muestras requieren un estudio y tratamiento especial.

5.2 El consumo de oxígeno por parte de los compuestos inorgánicos, en las condiciones del análisis, queda incluído en la medida de DBO.

6. EQUIPOS Y MATERIALES

6.1 Botellas de incubación, de 300 mL de capacidad, preferentemente con sello de agua. Las botellas deben ser lavadas con detergente, bien enjuagadas y secadas antes de su uso.

6.2 Incubadora controlada termostáticamente a 20 ± 1°C. Excluir toda luz para prevenir la posibilidad de producción de oxígeno disuelto por fotosíntesis.

6.3 Electrodo de membrana selectiva al oxígeno, con compensación automática de temperatura y medidor apropiado.

7. REACTIVOS

Todos los reactivos deben ser calidad puro para análisis (ppa).

7.1 Solución buffer de fosfato:
Disolver 8.5 g de KH_2PO_4, 21.75 g de K_2HPO_4, 33.4 g de $Na_2HPO_4.7H_2O$ y 1.7 g de NH_4Cl en 500 mL de agua destilada y diluir a 1 L. El pH debe ser 7.2.

7.2 Solución de sulfato de magnesio:
Disolver 22.5 g de sulfato de magnesio ($MgSO_4.7H_2O$) en agua destilada y diluir a 1L.

7.3 Solución de cloruro de calcio:
Disolver 27.5 g de cloruro de calcio ($CaCl_2$) en agua destilada y diluir a 1 L.

7.4 Solución de cloruro férrico:
Disolver 0.25 g de cloruro férrico ($FeCl_3$).$6H_2O$ y diluir a 1 L.

7.5 Soluciones ácida y alcalina:
Para neutralización de muestras caústicas o ácidas se utilizan soluciones 1N.
A) Solución ácida: agregar 28 mL de H_2SO_4 (cc) lentamente y con agitación a agua destilada y diluir a 1L.
B) Solución alcalina: disolver 40 g de NaOH en agua destilada y diluir a 1L.

7.6 Agua destilada, preferentemente no usar agua desionizada por la posible contaminación con materia orgánica.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 <u>Preparación del agua de dilución:</u>

a) Colocar un volúmen deseado de agua destilada en un recipiente adecuado y

adicionar 1 mL de las soluciones: de buffer fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio, y cloruro férrico por litro de agua. Termostatizar el agua de dilución previo a su uso a 20°C. El contenido de oxígeno debe ser próximo al de saturación a 20°C.

b) Blanco del agua de dilución: incubar una botella de DBO llena de agua de dilución por 5 días a 20°C conjuntamente con el ensayo de la muestra. Medir la concentración de oxígeno antes y después de la incubación. El consumo de oxígeno disuelto al cabo de los 5 días no debe ser mayor de 0.2 mg/L y preferiblemente no más de 0.1 mg/L. Un consumo mayor de 0.2 mg/L indica contaminación del agua con materia orgánica. Rever el suministro de agua.

8.2 Pretratamiento de la muestra:

a) El pH del agua de dilución no debe ser afectado por dilución de la muestra. En caso necesario ajustar entre 6.5-7.5 el pH de las muestras con una solución de ácido sulfúrico o hidróxido de sodio de tal fuerza que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más del 0.5%.

b) La muestra debe estar a temperatura ambiente (aprox. 20°C) antes de realizar las diluciones.

8.3 Técnica de dilución:

a) Realizar varias diluciones de la muestra para obtener un consumo de oxígeno de no menos de 2 mg/L y un oxígeno residual no menor a 1 mg/L, después de 5 días de incubación.

Si no se cuenta con un dato estimado de la DBO de la muestra, realizar dilu ciones en los siguientes rangos:
- 100 a 1000 veces para efluentes industriales no tratados.
- 20 a 100 veces para aguas servidas crudas y tratadas.
- 5 a 20 veces para efluentes tratados biológicamente.
- 1 a 5 veces para aguas de río poluídos.

Se realizarán como mínimo cuatro diluciones por muestra que incluyan el valor de la DBO estimada.

Luego de homogeneizar la muestra preparar las diluciones directamente en las botellas de DBO, usando pipeta graduada. Para las diluciones mayores que 100 realizar una dilución primaria intermedia en material volumétrico graduado antes de realizar la dilución final en la botella.

Llenar las botellas con el agua de dilución evitando airear y de forma que al

cerrarlas se hayan desplazado todas las burbujas de aire.

8.4 Determinación:

a) Medida de oxígeno disuelto de la muestra (ODm): determinar el oxígeno disuelto de la muestra con el electrodo de oxígeno según las instrucciones del manual, evitando airear la muestra.

b) Incubación: Incubar las botellas de DBO conteniendo las diluciones de la muestra y el blanco del agua de dilución a 20 ± 1°C, durante 5 días.

c) Medida de oxígeno disuelto final: Luego de los 5 días de incubación determinar el oxígeno disuelto en las diluciones de la muestra.

9. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

9.1 Método gráfico:

Graficar la concentración de oxígeno disuelto final versus volumen de muestra (mL) tomados para la dilución. De esta gráfica se determina la mejor recta y se calcula la pendiente (K).

$$DBO_5, mg/L = - K \times V - Y + ODm$$

Donde:
K = pendiente de la recta
V = capacidad de la botella de DBO, (300 mL)
Y = intercepción de la recta con el eje de las y
ODm = concentración de oxígeno disuelto en la muestra original

9.2 Método clásico:

Utilizar este método para muestras de bajo contenido en materia orgánica, cuando no es necesario diluir; o cuando de las diluciones realizadas se tiene un único resultado que cumple con las condiciones del numeral 8.3a).

$$DBO_5, mg/L = \frac{(ODi - ODf) \times V}{T}$$

Donde:

ODi = concentración de oxígeno disuelto inicial (medido luego de la dilución)
ODf = concentración de oxígeno disuelto final
V = capacidad de la botella de DBO, (300 mL)
T = mL de muestra tomados para la dilución

ANEXO A15. NORMATIVA TÉCNICA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Método espectrofotométrico, reflujo cerrado

1. OBJETIVO

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de demanda química de oxígeno en efluentes domésticos e industriales y aguas contaminadas.

2. DEFINICIÓN

La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo.

3. PRINCIPIO

La muestra se oxida con una cantidad conocida de dicromato de potasio en exceso, en medio ácido y con catalizadores. El dicromato de potasio remanente es determinado espectrofotométricamnete a 600 nm.

4. INTERFERENCIAS

4.1 Los iones inorgánicos reducidos tales como: hierro ferroso, sulfuro, magnesio, manganeso, etc, son oxidados cuantitativamente bajo las condiciones de análisis. Para muestras conteniendo niveles significativos de estos iones, suponiendo que se oxidan estequiométricamente, y conociendo su concentración inicial se obtiene el valor de la DQO por medio de correcciones.

4.2 Los compuestos alifáticos volátiles de cadena larga no son oxidados, porque al volatilizarse no toman contacto con la solución oxidante.

5. MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Recolectar la muestra en envases de vidrio o plástico, sin cámara de aire. Refrigerar a 4°C, mantener en la oscuridad. Si no se analiza inmediatamenete luego de extraída la muestra, acidificar con ácido sulfúrico a pH < 2 y refrigerar. Analizar antes de 7 días.

6. EQUIPOS Y MATERIALES

6.1 Espectrofotómetro o colorímetro, longitud de onda 600 nm. Con adaptador de celda (tubos de digestión) de 25 mm de diámetro.

6.2 Digestor: block de aluminio con huecos para alojar tubos de 25 mm de diámetro y que opere a 150 ± 2°C.

6.3 Tubos de digestión: tubos de borosilicato con tapa de rosca resistente al calor y contratapa de teflón, de 50 mL de capacidad y 25 mm de diámetro.

6.4 Matraces aforados de 1000 mL.

6.5 Pipetas aforadas de 1, 2, 3, 4, 5, 10 mL.

6.6 Pipetas graduadas de 10 mL.

7. REACTIVOS

Todos los reactivos deben ser calidad pura para análisis (ppa).

7.1 Solución de digestión:
Agregar a 500 mL de agua destilada 10.216 g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) previamente secado a 103°C por 2 horas, 167 mL de H_2SO_4 conc. y 33.3 g de sulfato mercúrico ($HgSO_4$). Disolver, enfriar a temperatura ambiente y enrasar a 1000 mL.

7.2 Solución de ácido sulfúrico:
Agregar sulfato de plata (Ag_2SO_4) a ácido sulfúrico conc. en una relación de 5.5 g/kg de H_2SO_4. Esperar 1 o 2 días antes de usar esta solución para permitir la disolución completa del Ag_2SO_4.

7.3 Solución estándar de ftalato ácido de potasio (KHP), 500 mg O_2/L:
Secar ftalato ácido de potasio (KHP) hasta peso constante a 120°C. Disolver 425 mg en agua destilada y diluir a 1000 mL en matraz aforado. Conservar la solución refrigerada a 4°C.

7.4 Agua destilada, libre de materia orgánica.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Curva de calibración:

a) Pipetear en 7 tubos de digestión: 1, 2, 3, 4, 5, 8 y 10 mL de la solución estándar de KHP y completar un volúmen final de 10 mL con agua destilada. Estas soluciones corresponden a 50, 100, 150, 200, 250, 400, 500 mg O_2/L respectivamente.

b) Hacer un blanco de reactivos, pipeteando 10 mL de agua destilada en un tubo de digestión.

c) Agregar a cada tubo de digestión 6 mL de solución de digestión (7.1) y 14 mL de solución de ácido sulfúrico (7.2).

d) Tapar bien los tubos de digestión y agitarlos vigorosamente. Colocar los tubos en el digestor a 150°C durante 2 horas. Enfriar los tubos a temperatura ambiente colocándolos en una gradilla. La gradilla debe ser adecuada para no deteriorar la calidad del vidrio de los tubos, los que se usan como celda en el espectrofotómetro.

e) Invertir los tubos varias veces y esperar a que el sólido sedimente.

f) Descartar los tubos de digestión cuya solución posea color verde. Leer la absorbancia a 600 nm.

g) Graficar la absorbancia versus mg O_2/L y trazar la mejor recta.

Hacer una curva de calibración por cada lote de reactivos preparados.

8.2 Determinación:

a) Pipetear 10 mL de muestra o una dilución adecuada en un tubo de digestión.

b) Seguir los pasos descriptos en los numerales 8.1 c), d) y e).

c) Si la solución digerida posee color verde repetir los pasos anteriores con una dilución mayor de la muestra.

d) Leer la absobancia a 600 nm.

9. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

$$\text{DQO, mg } O_2\text{/L} = \frac{C \times 10}{T}$$

donde:

C = mg O_2/L de la muestra leídos de la curva de calibración
T = mL de muestra tomada para el ensayo

Los resultados se expresan en mg de oxígeno consumido/L.

ANEXO A16. LISTA DE VERIFICACIÓN DE MUESTREO

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MUESTREO

RESPONSABLE: _____ **HORA INICIO:** _____ H

ÁREA DE TRABAJO: _____ **HORA FINAL:** _____ H

FECHA: _____ **DURACIÓN:** _____ H

PARÁMETRO (S) MUESTREADO (S)

	PH
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS, VOLÁTILES Y FIJOS
	ACEITES Y GRASAS
	DBO
	DQO

RESULTADO	**UNIDAD**	**CUMPLE ACUERDO 236-2006 X/√**	**CUMPLE POLÍTICA EMPRESARIAL X/√**

COMENTARIOS

ANEXO A17. LISTA DE VERIFICACIÓN DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

EMPRESA DE BIENES DE CONSUMO

LISTA DE VERIFICACIÓN DE OPERACIÓN DIARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

RESPONSABLE: **HORA INICIO:** H

UBICACIÓN: **HORA FINAL:** H

FECHA: **DURACIÓN:** H

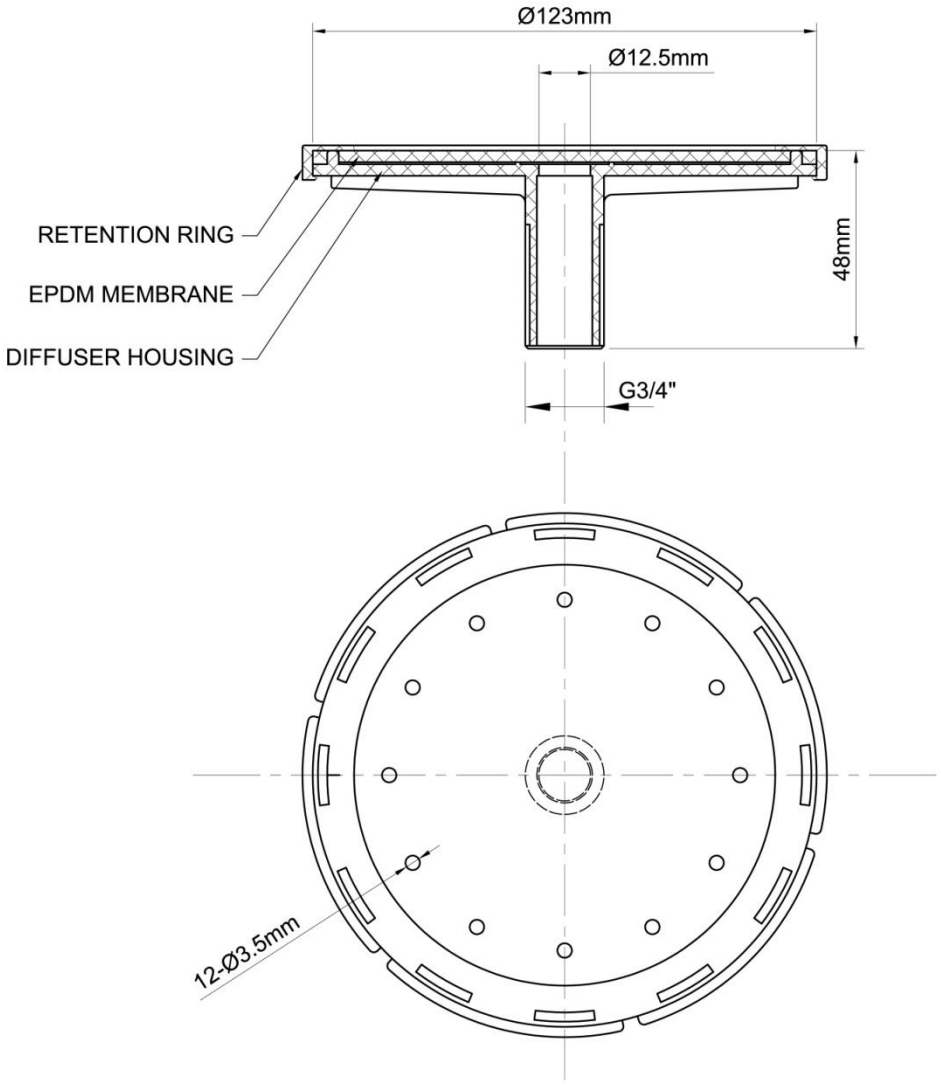
#	Actividad	X/√
1	Limpieza general de los alrededores de la planta	
2	Realizar muestreo de afluente asegurando que este claro y sin olores	
3	Revisar que el mezclado y flujo de aire esté por arriba del 50% del tiempo de descanso	
4	Flujo de recirculación de lodos está por arriba de 1/4 del tubo	
5	Limpiar el vertedor para mantener libre de acumulación de lodos	
6	Verificar que el vertido es realizado uniformemente sobre toda la superficie	
7	El desnatador opera diariamente removiendo todo material flotante	
8	Revisar que la descarga de la planta de tratamiento tenga pastilla	
9	Revisar que no haya atasco en los ramales de difusión de aire	
10	Raspar paredes de la tolva para prevenir acumulación de lodos	
11	Aplicación de tratamiento BZT en tubería de servicios sanitarios	
12	Revise y cambie los fusibles quemados de los controles eléctricos	
13	Verificar que la programación del reloj marque la hora correcta del día	
14	Revisar que no haya fuga en las válvulas de aire	

OBSERVACIONES

ANEXO A18. COSTO DE MEDIDAS DE SEGURIDAD

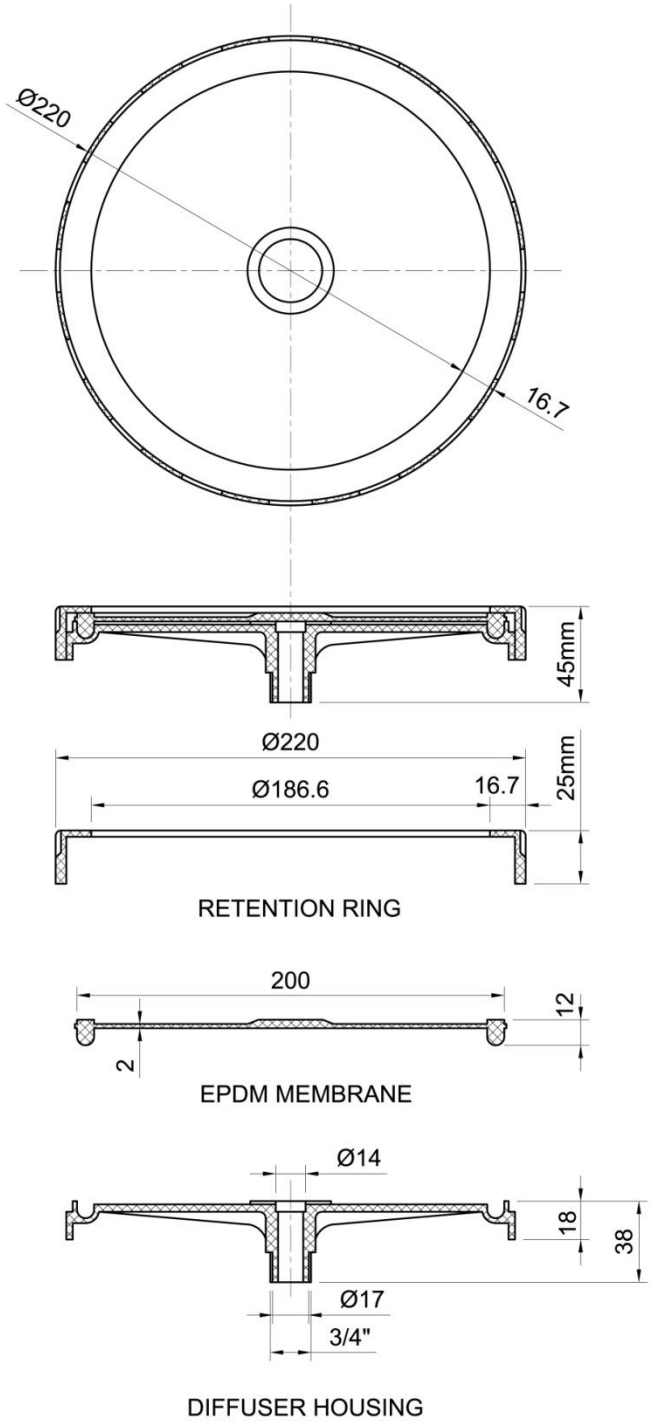
COSTO DE MEDIDAS DE SEGURIDAD PROPUESTAS			
MEDIDA DE SEGURIDAD	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO**
Cadenas de acero de 1 metro	2	Q 50.00	Q 100.00
Candados YALE	2	Q 40.00	Q 80.00
Fabricación e instalación de gradas de hierro negro con barandal	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
Corte a rejilla IRVIN para crear acceso a válvulas	3	Q 300.00	Q 900.00
Vacuna Hepatitis A	1	Q 265.00	Q 265.00
Vacuna Hepatitis B	1	Q 265.00	Q 265.00
Herramienta para tomar muestras manual	1	Q 200.00	Q 200.00
			Q 4,810.00

ANEXO A19. HOJA TÉCNICA DE DIFUSOR BURBUJA MEDIANA



Item No.	Item Description	Flow Interference (In.)	Gallons Mixed/Hour @ 6 Ft. Depth per CFM Air Input	Active Surface Area (Sq.-In.)	Fitting Size (In.)	Air Requirements (SCFM)
AB-70017	5" Medium Bubble Disc Diffuser	6.5	7.2	32	3/4" MPT	2.0-12.0 SCFM

ANEXO A20. HOJA TÉCNICA DE DIFUSOR BURBUJA FINA



Item No.	Item Description	Flow Interference (In.)	Gallons Mixed/Hour @ 6 Ft. Depth per CFM Air Input	Active Surface Area (Sq.-In.)	Fitting Size (In.)	Air Requirements (SCFM)
AB-70005	9" Fine Bubble Disc Diffuser	15	5.4	58	3/4" MPT	0.5-6.0 SCFM

ANEXO A21. COSTO POR OPTIMIZACIÓN DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO

COSTOS POR COMPRA E INSTALACIÓN DE DIFUSORES BURBUJA FINA			
ÍTEM	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
Difusores de burbuja fina "Atlantic Diffussers"	24	Q 240.00	Q 5,760.00
Instalación de difusores de burbuja fina	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
			Q 7,260.00

ANEXO A22. COSTO DE RECURSOS HUMANOS

Salario promedio mensual de un técnico:	Q 6,000.00
Horas laboradas promedio de un técnico al mes:	160
Costo hombre/hora de un técnico:	Q 37.50

CAPACITACIÓN A TÉCNICO DE PLANTA DE TRATAMIENTO			
Entrenamiento	**Horas Hombre**	**COSTO HOMBRE/H**	**COSTO TOTAL**
EPP para riesgos físicos	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Mantenimiento y calibración de equipo mecánico	1	Q 37.50	Q 37.50
Predicción rápida de riesgos	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Sistema de información, manejo y control de exposición de químicos	1	Q 37.50	Q 37.50
Observador habilidoso	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Alertas e Incidentes de calidad	2	Q 37.50	Q 75.00
Prevención y protección contra caídas	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Cumplimiento legal ambiental	1	Q 37.50	Q 37.50
Prácticas de seguridad eléctrica	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Comportamiento y cultura	0.5	Q 37.50	Q 18.75
EPP para riesgos respiratorios	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Análisis de trabajo seguro	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Control de exposición a agentes físicos (ruido)	0.5	Q 37.50	Q 18.75
Plan de emergencias	1	Q 37.50	Q 37.50
Ergonomía	1	Q 37.50	Q 37.50
			Q 431.25

ANEXO A23. COSTO POR MUESTREO INTERNO

COSTOS ANUALES DE REACTIVOS PARA MUESTREO INTERNO				
	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
AGUA DESTILADA Y DESIONIZADA	Galón	12	Q 22.25	Q 267.00
BUFFER ESTÁNDAR DE PH	500 mL	1	Q 152.50	Q 152.50
ÁCIDO CLORHÍDRICO	litro	1	Q 177.00	Q 177.00
ETER DE PETRÓLEO	litro	2	Q 300.00	Q 600.00
TIERRA DE DIATOMEAS	kg	1	Q 64.00	Q 64.00
SULFATO DE MAGNESIO	kg	1	Q 55.00	Q 55.00
CLORURO DE CALCIO	litro	1	Q 110.00	Q 110.00
CLORURO FÉRRICO	litro	1	Q 105.00	Q 105.00
ÁCIDO SULFÚRICO	litro	1	Q 125.00	Q 125.00
ÁCIDO DE POTASIO	litro	1	Q 156.50	Q 156.50
				Q 1,812.00

COSTO ANUAL DE RECURSO HUMANO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
	RECURSOS	T HOMBRE (H)	T ANUAL (H)	COSTO HOMBRE/H EXTRA	COSTO TOTAL
Muestreo de sólidos sedimentables	1	1	12	Q 56.25	Q 675.00
Muestreo de sólidos suspendidos, volátiles y fijos	1	3	36	Q 56.25	Q 2,025.00
Muestreo de aceites y grasas	1	1	12	Q 56.25	Q 675.00
Muestreo de DBO	1	2.5	30	Q 56.25	Q 1,687.50
Muestreo de DQO	1	2	24	Q 56.25	Q 1,350.00
Muestreo del pH por método electrométrico	1	0.08	0.96	Q 56.25	Q 54.00
					Q6,466.50

CAPACITACIÓN A ANALISTA DE LABORATORIO			
Entrenamiento	Horas Hombre	COSTO HOMBRE/H	COSTO TOTAL
Técnicas de laboratorio ambiental	8	Q 37.50	Q 300.00
Cumplimiento legal ambiental	1	Q 37.50	Q 37.50
			Q 337.50

ANEXO A24. COSTO POR CONSUMO ELÉCTRICO

P=VI

V=	192	V
I=	13.5	Amp.
P=	2592	W
	2.59	Kw/h

Costos actuales de consumo eléctrico		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U
Encendido=	42	min
Apagado =	18	min
Min día =	1,440	min
	24	ciclos
Min encendido/día =	1,008.00	min
Min apagado/día =	432.00	min
Hora encendido/día =	16.80	h
Hora apagado/día =	7.20	h
Consumo Kw diario:	43.55	KW/h
Consumo Kw mensual:	1,306.37	KW/h
Consumo Kw anual:	15,676.42	KW/h
Costo Kw/h	1.4972	Q/Kw
Costo eléctrico mensual	1,955.89	Q
Costo eléctrico anual	**23470.73**	Q

Reducción de costos por difusores de burbuja fina		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U
Encendido=	30	min
Apagado =	30	min
Min día =	1,440	min
	24	ciclos
Min encendido/día =	720.00	min
Min apagado/día =	720.00	min
Hora encendido/día =	12.00	h
Hora apagado/día =	12.00	h
Consumo Kw diario:	31.10	KW/h
Consumo Kw mensual:	933.12	KW/h
Consumo Kw anual:	11,197.44	KW/h
Costo Kw/h	1.4972	Q/Kw
Costo eléctrico mensual	1,397.07	Q
Costo eléctrico anual	**16,764.81**	Q