

**Anexo 13**

**Memoria Técnica de**

**Operaciones y**

**Mantenimiento**



# ***MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO***

# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## CONTENIDO

1	ANTECEDENTES.....	1
2	ALCANCE DEL MANUAL.....	1
3	GENERALIDADES Y PARÁMETROS DE operación.....	2
3.1	Descripción general del sistema a implementarse.....	2
3.2	Análisis de riesgo biológico y medidas adoptadas.....	3
3.2.1	Medidas de manejo para el control de agentes biológicos.....	4
3.2.2	Medidas, capacitación y concientización de trabajadores.....	4
3.2.2.1	Capacitación.....	4
3.2.2.2	Medidas.....	4
3.3	Procedimientos adecuados para la ejecución de maniobras de mantenimiento y limpieza.....	5
3.4	Operaciones que presentan exposición directa a agentes biológicos.....	5
4	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA.....	7
5	CALIBRACIÓN Y ARRANQUE DEL SISTEMA.....	8
5.1	Trabajos preliminares.....	8
5.2	Puesta en marcha inicial.....	9
5.3	Operación Inicial.....	9
5.4	Control operativo.....	11
5.5	Estabilización del Sistema de Tratamiento.....	12
5.6	Operación Emergente.....	13
6	REACTOR BIOLÓGICO DE FLUJO ORBITAL.....	14
6.1	Cálculo de volumen requerido por el tanque de aireación [1].....	15
6.2	Cálculo del Factor de Carga en el Tanque de aeración.....	16
6.3	Cálculo de carga volumétrica del tanque de aireación [2].....	16
6.4	Cálculo de la edad de los lodos del Tanque de aireación [3].....	17
7	DECANTADOR SECUNDARIO.....	17
8	DIGESTOR DE LODOS.....	21
9	PARÁMETROS DE CONTROL.....	24
9.1	Temperatura.....	24
9.2	Potencial De Hidrógeno pH.....	24

---

9.3	Oxígeno Disuelto.....	24
9.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	24
9.5	Formato de Control para la estabilización del Sistema.....	25
10	OPERACIÓN DE RUTINA.....	25
10.1	Mantenimiento Preventivo Mecánico Semanal, Mensual o Periódica.....	25
11	MANTENIMIENTO OPERATIVO.....	29
12	MANTENIMIENTO BIOLÓGICO.....	32
12.1	Tiempo Promedio de Residencia Celular TPRC.....	33
12.2	Tiempo de retención celular.....	33
12.3	Relación Alimento/Microorganismos.....	34
12.4	Retorno De Lodos.....	35
12.5	Volumen de Lodo Sedimentado SSV.....	35
12.6	Porcentaje de Sólidos Removidos.....	36
12.7	Índice Volumétrico de Lodos (IVL) e Índice de Densidad para Biosólidos (IDB).....	36
12.8	Procedimiento de los Análisis y Plan de Muestreo.....	36
12.9	Oxígeno disuelto (OD).....	38
12.10	Concentración de lodos en el sistema.....	38
12.11	Determinación de oxígeno disuelto en los lodos (digestor).....	39
12.12	Variación de pH.....	40
12.13	Parámetro de temperatura.....	40
12.14	Prueba de sedimentabilidad.....	40
12.14.1	Procedimiento.....	41
12.15	Índice de Sedimentabilidad.....	44
12.16	Toma de muestras.....	45
12.16.1	Definiciones.....	45
12.16.2	Recipientes para el transporte y conservación de las muestras.....	45
12.16.3	Etiquetas para las muestras.....	45
12.16.4	Equipo de recolección de muestras.....	46
12.16.5	Procedimiento.....	47
12.16.6	Muestreo en tomas.....	47
12.16.7	Muestreo en descargas libres.....	47
12.16.8	Muestreo en canales y colectores.....	47
12.16.9	Cierre de los recipientes de muestreo.....	47

---

12.16.10	Obtención de la muestra .....	47
12.16.11	Preservación de las muestras .....	48
12.17	Control de emisiones gaseosas. ....	48
12.18	Plan de contingencia de olores. ....	49
13	CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	50
13.1	Interrupción del suministro eléctrico.....	50
13.1.1	Avería de equipos de las líneas de depuración.....	51
13.2	Lluvia intensa.....	51
13.3	Presencia de elementos tóxicos en el agua. ....	52
13.4	Mediciones de caudal. ....	52
13.4.1	Medición en la entrada de la estación de bombeo. ....	52
13.5	Mantenimiento de aireadores. ....	52
13.5.1	Limpieza de basuras en hélices.....	52
13.6	Mantenimiento de blower y motores. ....	53
13.6.1	Mantenimiento Integral. ....	53
13.6.2	Mantenimiento Preventivo. ....	54
13.7	Filtro UV. ....	54
13.7.1	Desinfección mediante luz ultravioleta.....	54
13.7.2	Protegiendo el medio ambiente con la desinfección mediante filtros UV.....	55
13.7.3	Seguridad del operador. ....	56
13.7.4	Obra civil. ....	56
13.7.5	Ventajas en el uso y mantenimiento de luz UV. ....	56
13.7.6	Otras aplicaciones de UV. ....	57
13.8	Instrucciones de operación servicio de la unidad de desinfección. ....	57
13.8.1	Esterilización Ultravioleta.....	58
13.8.2	Características y especificaciones de la esterilización UV. ....	58
13.8.3	Reglas de seguridad para los filtros UV - instrucciones importantes de seguridad.....	58
13.8.4	Instrucciones de preinstalación.....	59
13.8.5	Métodos de montaje para el abastecimiento de agua y requerimientos eléctricos. ....	62
13.8.6	Mantenimiento y desensamblado del filtro UV .....	63
13.8.6.1	Reemplazo de lámparas UV para todos los modelos.....	63

---

13.8.6.2	Limpieza para las mangas de cuarzo de todos los modelos. ....	63
13.9	Clarificador secundario. ....	64
13.10	Digestor de lodos. ....	66
13.11	Personal requerido para la operación de PTAR. ....	67
14	PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....	68
14.1	Plan de contingencia. ....	68
14.1.1	Almacenamiento para Implementos del Trabajo. ....	68
14.1.2	Patio De Maniobras Para Realizar Trabajos De Operación Y Mantenimiento. ....	69
14.1.3	Medidas de protección.....	69
14.1.4	Manejo De Desechos Sólidos.....	69
14.1.5	Facilidad Para Mantenimiento De Skimmers Y Bombas De Lodos. ....	70
14.1.6	Iluminación De La Planta.....	70
14.1.7	Limpieza Y Mantenimiento De Las Unidades.....	70
14.2	Señalización. ....	70
15	BARRERA VEGETAL. ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 12.1:	Cono Imhoff utilizado para las Pruebas de Sedimentabilidad .....	37
Figura 13.1:	La doble hélice del ADN .....	55
Figura 13.2:	Similitud de rayos UV .....	56
Figura 13.3:	Dosis de UV recomendadas .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1:	Parámetros de diseño.....	3
Tabla 5.1:	Rangos de parámetros para fangos activados.....	12
Tabla 5.2:	Manual de control de PTAR.....	13
Tabla 9.1:	Control durante arranque del sistema de tratamiento .....	25
Tabla 10.1:	Listado de comprobaciones y acciones correctivas .....	27
Tabla 11.1:	Listado de chequeos y acciones correctivas.....	31
Tabla 12.1:	Parámetros del sobrenadante.....	40
Tabla 12.2:	Pruebas de control recomendadas .....	41
Tabla 12.3:	Información del Test de sedimentabilidad (VER ANEXO 13).....	44
Tabla 13.1:	Control de operación de equipos .....	50
Tabla 13.2:	Personal requerido para la operación PTAR.....	67
Tabla 13.3:	Costo del Personal requerido para la operación de la PTAR .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 13.4:	Consumo de energía eléctrica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 13.5:	Costo energía de aireadores para reactores.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 15.1:	Señalización utilizada .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 4.1:</b>	Diagrama de flujo de PTAR .....	7
---------------------	---------------------------------	---

# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## 1 ANTECEDENTES.

Con el afán de cubrir la demanda total del alcantarillado y el tratamiento de las aguas servidas, el GAD Municipal de Riobamba cuentan con un proyecto integral para el saneamiento de la ciudad, con la finalidad de tratar las aguas residuales generadas por la población se ha visto la necesidad de contar con el tratamiento, cuya población servida será de 285,000 habitantes al final del período de diseño, esto es el año 2040

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está compuesta por obras de llegada con rejas gruesa y fina, desarenador, tamiz de sólidos, seguido de un proceso biológico de tratamiento compuesto por reactores de flujo orbital, con una profundidad de 5.35 metros. Este sistema de alta suspensión de la biomasa, la cual con un recorrido orbital maximiza el contacto de esta con el agua residual que provee el alimento necesario para degradación de la materia orgánica. El sistema para su clarificación cuenta con sedimentadores prismáticos dotados de un sistema de bombas neumáticas para extracción de lodos y circulares con sistema de extracción con barredoras de fondo. El sistema es conocido como Proceso de Lodos Activados y la modalidad escogida para el presenta caso es por Aeración Extendida. Para completar la digestión intensa de los lodos que genera el sistema, se contará también con digestores de lodos Para completar el tratamiento se ha diseñado un proceso de desinfección por rayos ultravioleta e hipoclorito de sodio.

## 2 ALCANCE DEL MANUAL.

Este manual detalla específicamente los siguientes puntos:

- ) Generalidades
- ) Diagrama de flujo
- ) Calibración y arranque Electromecánico del sistema.
- ) Consideraciones y cálculos de operación del reactor de flujo orbital.
- ) Consideraciones y cálculos de los clarificadores.
- ) Consideraciones y cálculos del digestor de lodos.
- ) Parámetros de control.
- ) Operación de rutina.
- ) Mantenimiento Preventivo.
- ) Mantenimiento Biológico.
- ) Parámetro de temperatura.
- ) Test de sedimentabilidad.
- ) Operación emergente.
- ) Plan de contingencia de olores.
- ) Personal requerido para la operación del STARD.
- ) Programa de mantenimiento de obra civil.



- ) Plan de contingencia.
- ) Señalización.

El presente manual define los procedimientos para la puesta en marcha, y posterior operación y mantenimiento, del sistema de alcantarillado y las PTAR de la ciudad de Riobamba. Los objetivos de este Manual de operación y mantenimiento son:

- a. Dar información al personal técnico encargado de la Planta de Tratamiento, sobre el arranque y el mantenimiento y operación mínimos que se requiere para el buen funcionamiento de las unidades que constituyen el sistema de tratamiento.
- b. Tomar en consideración los controles necesarios del sistema, es decir, presentar en forma precisa los parámetros de control que deben efectuarse en cada una de las unidades.
- c. Capacitar a los operadores en la administración de la planta de tratamiento, de modo que requieran sólo de instrucciones específicas sobre el funcionamiento de las unidades.

Para mantener una planta de tratamiento en óptimas condiciones de operación, se requiere contar con personal capacitado que cubra las operaciones de mantenimiento preventivo y operativo del sistema, lo que asegurará un control adecuado del proceso y un buen funcionamiento de los equipos.

### **3 GENERALIDADES Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN.**

#### ***3.1 Descripción general del sistema a implementarse.***

Las aguas residuales generadas por la población serán recolectadas por la red existente y, a través de la red de interceptores, estas aguas serán conducidas a la PTAR en los sectores de Chibunga, Abras Bajo y Oriental, donde se realizará el tratamiento mediante procesos biológicos para finalmente descargarlas en los cursos de agua adyacentes.

Para este proyecto, los parámetros utilizados se han basado en las características típicas de aguas residuales domésticas, cuyos parámetros principales constan en la tabla 3.1 Bases de Diseño.

El sistema seleccionado, por ser considerado el más eficiente para este tipo de tratamientos, es el aeróbico con lodos activados y digestión prolongada de lodos de tipo convencional. A breves rasgos se lo puede resumir como un proceso acelerado de digestión de la materia orgánica que brinda el más cómodo manejo de lodos debido a su alta reducción en el reactor secundario o digestor de lodos.

Los diseños están realizados en base a los límites de descarga y especificaciones técnicas, que cumplen en un 100% con las regulaciones de la legislación ambiental ecuatoriana.

Tabla 3.1: Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO							
Población de diseño	Pob	296925	hab	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Caudal medio diario	Q	664,34	lt/seg	2.391,62	m3/h	57.399	m3/día
Caudal máximo horario	Qmax	1.041,42	lt/seg	3.749,11	m3/h	89.979	m3/día
Carga de sólidos	DS	75,00	gr/hab/día	22.269,38	Kg/día	387,98	mg/lt
Carga DBO5	DB	50,00	gr/hab/día	14.846,25	Kg/día	258,65	mg/lt
Coliformes fecales						3,5.E+06	nmp/100 ml
Nitrógeno Total						40,50	mg/l
Aceites y grasas						3,63	mg/l
Fósforo						1,86	mg/l
VALORES DE SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
Demanda Bioquímica de Oxígeno		DBO5				50	mg/l
Sólidos suspendidos totales		SST				50	mg/l
Coliformes fecales		NMP			99,9% de remoción		nmp/100 ml
Nitrógeno Kjeldahl		N				30	mg/l
Aceites y grasas						0,30	mg/l
Fósforo		P				10	mg/l

### 3.2 Análisis de riesgo biológico y medidas adoptadas.

En la descripción de los procesos operativos, se pueden observar básicamente dos aspectos importantes:

- ) El primero, que involucra las características de los procedimientos de mantenimiento y limpieza, puesto que se llevan a cabo de manera manual.
- ) El segundo aspecto, tiene que ver con los riesgos de salpicaduras y aspersiones que son una constante en todas las actividades manuales que ejecuta el trabajador. En este aspecto se debe controlar y advertir sobre el riesgo biológico al cual están expuestos los operadores. Como es obvio, es imposible eliminar el factor de riesgo ya que las aguas residuales domésticas y los lodos primarios y secundarios generados, son la materia prima de la Planta. Es importante entender que el riesgo de infección existe si el trabajador es receptivo y si el microorganismo encuentra una vía de entrada al organismo. Cada uno de estos elementos por sí solo no es suficiente para provocar la infección, pero si coinciden puede originarla.

Por lo anterior, las medidas de intervención de este factor de riesgo deben apuntar hacia la concientización de los trabajadores sobre los riesgos biológicos a los cuales están expuestos, no solo ellos sino sus propias familias, mediante programas de capacitación permanente. En el presente Manual se sugieren actividades y algunas medidas de prevención que todos los trabajadores deben aplicar, encaminadas a minimizar los riesgos de contaminación biológica.

### **3.2.1 Medidas de manejo para el control de agentes biológicos**

El factor de riesgo biológico es inherente a la actividad operacional de la planta y, por lo tanto, eliminarlo es imposible. Por esta razón, las medidas de intervención del factor de riesgo deben enfocarse en la disminución del contacto directo del trabajador con el agente biológico, de esta manera, se podrá esperar una reducción en la exposición y por lo tanto en la valoración del grado de riesgo.

El modo de transmisión del agente biológico puede darse por:

- ) Los riesgos de salpicaduras y aspersiones del agua residual y del lodo primario y secundario, que pueden ocurrir en la ejecución de las operaciones de mantenimiento y limpieza.
- ) El solo hecho de tocar una superficie contaminada sin saberlo, como por ejemplo pasamanos, puertas, herramientas, etc., y luego ingerir algún alimento.

### **3.2.2 Medidas, capacitación y concientización de trabajadores**

#### **3.2.2.1 Capacitación**

- ) Concientización permanente sobre los riesgos existentes en la planta.
- ) Adiestramiento sobre el uso, mantenimiento, vida útil y disposición final de los elementos de protección personal adecuados para las diferentes actividades de mantenimiento y limpieza.
- ) Además, se llama continuamente la atención acerca de la importancia de los hábitos de higiene y limpieza personal.

#### **3.2.2.2 Medidas.**

- ) Estará prohibido fumar al interior de las instalaciones.
- ) Estará prohibido comer o beber en las zonas de trabajo.
- ) Es indispensable un lavado de manos antes de las comidas.
- ) Para el personal de mantenimiento y operaciones, se recomienda una ducha después del trabajo. Se construirá un SSHH con ducha.
- ) Es fundamental la limpieza y el mantenimiento de la infraestructura y de las instalaciones.
- ) El uso correcto de guantes y en general de los elementos de protección personal, es indispensable. Se debe asegurar su impermeabilidad y evitar que se manche el interior de los mismos.
- ) Para el caso de las visitas, inspecciones o cualquier actividad programada por autoridades de control, éstas solo podrán llevarse a cabo con la compañía de personal autorizado, siguiendo las rutas y medidas de seguridad de la Planta.

### **3.3 Procedimientos adecuados para la ejecución de maniobras de mantenimiento y limpieza**

Todos los trabajadores que desarrollen actividades de mantenimiento-limpieza y operaciones, deben conocer no solo los aspectos propios de cada maniobra, sino también las precauciones que debe tener en cuenta antes, durante y después de realizar la operación, y cómo debe proceder en caso de un accidente.

Se encuentran los instructivos para la ejecución de las operaciones de mantenimiento y limpieza. Estos instructivos son de conocimiento público y estar disponibles para consulta en cualquier momento de la jornada laboral.

Las variables utilizadas en estos instructivos son:

- ) Objetivo de la operación.
- ) Herramientas necesarias para ejecutar la actividad.
- ) Elementos de protección personal para ejecutar cada una de las operaciones.
- ) Procedimiento de la maniobra de mantenimiento y limpieza.
- ) Precauciones antes y después de ejecutada la operación. La primera tiene que ver con las condiciones necesarias para ejecutar la operación, por ejemplo, que en la visita de turno se detecten obstrucciones o acumulaciones de residuos lo que hace pertinente el mantenimiento y limpieza. La precaución después de la operación tiene que ver con las normas de higiene personal y limpieza de los elementos de protección personal.
- ) Tener en cuenta los posibles riesgos de la actividad.
- ) Qué hacer en caso de accidentes.

### **3.4 Operaciones que presentan exposición directa a agentes biológicos**

- ) Pre-tratamiento: Limpieza de las rejillas de las cribas, y de la canastilla de la Estación de Bombeo.
- ) Tratamiento secundario: Limpieza de natas y lodos flotantes de los reactores orbitales, Clarificadores y Digestor.
- ) Deshidratación: Extracción del lodo seco.

Los riesgos de salpicaduras y aspersiones del agente biológico, son una constante en todas las actividades manuales que ejecuta el trabajador.

El operador debe evitar recibir los aerosoles y rocíos provenientes de las unidades aireadas, tanto en la piel como a través de las mucosas: boca, nariz, ojos.

BACTERIAS	
Nombre	Posible Enfermedad
• Klebsiellae pneumoniae	Neumonía
• Escherichia coli	Infecciones Urinarias - Diarreicas
• Salmonella spp	} Gastroenteritis
• Shigella spp	
• Vibrio cholerae	
• Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis
• Bacillus anthracis	Antrax
• Leptospira interrogans	Leptospirosis
• Legionella spp	Neumonía
• Yersinia enterocolitica	Enterocolitis
• Clostridium tetani	Tétanos

VIRUS	
Nombre	Posible Enfermedad
• Influenzavirus	Gripa - Neumonía
• Enterovirus:	
Coxsackie A y B	
Echovirus	
Polovirus	Polio
• Virus de la hepatitis A	Hepatitis A
• Rotavirus	} Infecciones Respiratorias
• Adenovirus	
• Reovirus	
• Parvovirus Coronavirus	

HONGOS	
Nombre	Posible Enfermedad
• Candida albicans	Dermatitis
• Cryptococcus neoformans	} Infecciones Pulmonares
• Aspergillus spp	
• Trichophyton spp	
• Epidermophyton spp	Dermatitis

PARÁSITOS	
Protozoos	
Nombre	Posible Enfermedad
• Entamoeba histolytica	Colitis
• Giardia lamblia	Diarreas / Duodenitis
• Balantidium coli	Diarreas

Helmintos	
Nombre	Posible Enfermedad
• Ascaris lumbricoide	} Todos los parásitos, pueden producir dolor abdominal Diarreas, vomito
• Ankylostoma duodenale	
• Anguillula intestinalis	
• Toxocara canis	
• Toxocara cati	
• Trichuris trichiura	
• Fasciola hepática	
• Taenia saginata	
• Taenia solium	
• Hymenolepis nana	
• Toxoplasma gondii	
• Echinococcus spp	

En general, para la operación de la planta de tratamiento es necesario instruir al personal, para que se le dé un correcto funcionamiento a ésta. Durante la operación es necesario que los operadores utilicen mangas largas, guantes y mascarillas, para evitar irritaciones en la garganta y en la piel. Además, es menester que, una vez terminado el trabajo en la planta, el operador se lave correctamente las zonas que hayan estado en contacto con los equipos o las aguas residuales. Para el mantenimiento de las unidades eléctricas o mecánicas es imperativo desconectar la electricidad del tablero principal antes de proceder.

#### 4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA.

Las aguas pasarán primero por un cribado de dos rejas gruesas y tamizado, por donde se permitirá recoger todas las basuras inorgánicas que puedan afectar la eficiencia del tratamiento y los equipos instalados. Por lo general, basura excesiva afecta, los reactores y el mezclado.

Este tipo de sistemas no requiere de la adición de ningún tipo de bacteria, utiliza las ya existentes en el medio que son las ideales para la reducción orgánica. La aireación artificial es el elemento que promoverá el desarrollo acelerado de los microorganismos presentes de manera natural en las aguas residuales a tratar. De esta forma a mayor cantidad de bacterias, mayor tratamiento de la materia orgánica debido a los completos procesos de colonización de las mismas. Esta colonización se va a producir en el Tanque de Aireación.

Este sistema biológico incorpora además dos clarificadores para la separación de la biomasa y a la vez para la realimentación de los lodos activados al tanque de aireación con la finalidad de intensificar la reducción de la materia orgánica.

Se incluye adicionalmente un digestor aeróbico para la reducción de los excesos de lodos generados por el sistema, lo cual evita las molestias y los gastos ocasionados para el retiro frecuente de los lodos del sistema.

Uno de los beneficios de este sistema, es la digestión intensa de la materia orgánica, llegando a índices de reducción del 95%. De cada 100 kg de materia orgánica serán purgados al final del ciclo biológico de reducción entre 5 y 8 kg de materia 100% estabilizada y mineralizada.

**Gráfico 4.1:** Diagrama de flujo de PTAR



Los lodos, luego de ser tratados y reducidos en el Digestor de Lodos se incorpora, pasarán por un equipo de deshidratación tipo tornillo, que permitirá tratarlos y manejarlos de

manera más fácil y práctica.

Finalmente, previa a la descarga, en caso de que se requiera una reutilización de las aguas tratadas para irrigación, este efluente pasa por una cámara de desinfección por rayos ultravioleta, para asegurar una alta calidad bacteriológica en el efluente.

## 5 CALIBRACIÓN Y ARRANQUE DEL SISTEMA.

### 5.1 *Trabajos preliminares.*

Después que la planta de tratamiento ha sido completamente instalada; y las conexiones de las tuberías de entrada y salida, de drenaje y las conexiones eléctricas han sido realizadas, el sistema está prácticamente listo para operar.

Si el sistema no va a ser puesto en operación inmediatamente después de su instalación, se deben tomar las siguientes precauciones (VER ANEXO 1 LISTA DE PUNTOS A CHEQUEARSE PREVIO AL ARRANQUE).

- d. Apague todos los interruptores eléctricos y asegúrese de que el suministro de potencia a la planta de tratamiento este desconectado.
- e. Asegurarse de que ni arenas ni material extraño entren al sistema de alcantarillado porque estos podrían ser arrastrados posteriormente a las unidades de tratamiento.
- f. El alcantarillado de entrada debe estar conectado apropiadamente al sistema de tratamiento y debe estar limpio y libre de polvo, rocas y otros materiales.
- g. La cámara de entrada debe estar limpia y libre de objetos. La rejilla del tratamiento primario debe estar ubicada a la entrada de la estación de bombeo.
- h. Los aireadores superficiales deben ser revisados para asegurarse de que han sido instalados apropiadamente y que están limpios.
- i. Revisar que tanto el clarificador, los skimmers, como las bombas de lodos estén limpias.
- j. Verificar que la tubería de entrada al clarificador, los baffles y rebosaderos estén apropiadamente instalados. Los dientes de fibra de vidrio que conforman la canaleta de salida, deben estar apropiadamente nivelados para asegurar una uniforme distribución del flujo sobre su longitud total. El ajuste final puede ser hecho cuando el sistema ha sido llenado con agua hasta el nivel de rebose, la superficie del agua da una indicación extremadamente exacta de las necesidades de nivelación. Para prevenir filtraciones entre la canaleta y sus soportes se le debe instalar un empaque a todo lo largo asegurando un contacto hermético en toda su longitud. Se debe asegurar que la tubería de salida del sistema esté limpia. Un baffle de acero es localizado paralelamente a la canaleta perimetral de salida con el objeto de evitar que material flotante pueda ser arrastrado con el efluente del clarificador.
- k. Los equipos mecánicos deben ser revisados para su lubricación apropiada. Es



necesario lubricar los equipos de acuerdo a las recomendaciones de cada uno de los fabricantes. Se debe revisar así mismo que el sentido de rotación de los motores es el correcto, si no lo es; los cables de conexión deben ser intercambiados para producir la rotación adecuada.

### **5.2 Puesta en marcha inicial.**

Cuando el sistema ha sido revisado en su totalidad y esté listo para arrancarlo, este debe ser llenado con agua. (VER ANEXO 2)

- a. Antes de arrancar las unidades de aireación o los sopladores, el operador debe asegurarse de que ha leído completamente las instrucciones del fabricante y que ha verificado que los ejes giran manualmente.
- b. Verificar que las válvulas de alivio de aire operan satisfactoriamente y lubricarlas con aceite de máquina si es necesario. Si válvulas de compuerta o de punzón son instaladas en las líneas de entrada y de descarga de los sopladores, estas deben ser abiertas antes de que los sopladores sean arrancados.
- c. Los aireadores superficiales deben ser arrancados desde su respectivo tablero de control y la calibración del tiempo de encendido y apagado debe quedar establecida.
- d. Al arrancar el soplador verifique primero que los Breakers en el panel de control eléctrico están en la posición ON. En pocos segundos se notarán a las burbujas de aire subiendo en el compartimiento de aireación. Las llaves de control de cada bajante que conecta a los difusores deberán ser ajustadas si es necesario, para producir una cantidad aproximadamente igual de aire por cada difusor. Este ajuste puede ser hecho con suficiente exactitud simplemente por observación visual de la turbulencia superficial. Este procedimiento también servirá para verificar si todos los difusores están funcionando de manera correcta.
- e. Se debe Verificar nuevamente la nivelación del agua en la canaleta de salida del clarificador. Si este no está completamente nivelado, se lo debe hacer de tal manera que el flujo que se obtenga en todos los puntos a lo largo de la canaleta de salida sea igual.

### **5.3 Operación Inicial.**

Cuando el sistema ha sido revisado en su totalidad y esté listo para arrancarlo, este debe ser llenado con agua limpia. Cuando el sistema esté completamente lleno, hasta la altura del rebosadero del clarificador, se deben cerrar las válvulas entre compartimientos para balancear el agua entre compartimientos.

Los sopladores pueden ser arrancados cuando los difusores en los reactores orbitales están sumergidos por lo menos tres pies. Antes de arrancar los sopladores, el operador debe asegurarse de que ha leído completamente las instrucciones del fabricante y que ha verificado que los ejes giran correctamente. Verificar que las válvulas de alivio de aire operan satisfactoriamente y lubricarlas con aceite de máquina si es necesario.



Si válvulas son instaladas en las líneas de entrada y de descarga de los sopladores, estas deben ser abiertas antes de que los sopladores sean arrancados.

Al arrancar el o los sopladores, verifique primero que los breakers en el panel de control eléctrico están en la posición ON. En pocos segundos se observarán a las burbujas de aire subiendo en el compartimiento de aireación. Las llaves de control de cada bajante que conecta a los difusores deberán ser ajustadas si es necesario, para producir una cantidad aproximadamente igual de aire por cada difusor. Este ajuste puede ser hecho con suficiente exactitud simplemente por observación visual de la turbulencia superficial. Este procedimiento también sirva para verificar si todos los difusores están funcionando de manera correcta. Una mejor verificación se debe hacer midiendo la concentración de, oxígeno en el reactor biológico.

Se debe verificar nuevamente la nivelación del agua en la canaleta de salida del clarificador. Si este no está completamente nivelado, se lo debe hacer de tal manera que el flujo que se obtenga en todos los puntos a lo largo de la canaleta de salida sea igual.

La naturaleza del sistema de tratamiento no permite el desarrollo de la eficiencia máxima del mismo inmediatamente después de puesto en operación. Es necesario acumular sólidos residuales y organismos biológicos en suficiente concentración para formar un buen lodo activado, antes que los resultados deseados puedan ser obtenidos. Esto puede llevar varios días o varias semanas de operación dependiendo del volumen y de la concentración del agua residual recibida.

Bajo flujo y agua residual de baja contaminación, son frecuentemente característicos en el período inicial de puesta en marcha lo cual retrasa normalmente el desarrollo de un buen lodo activado.

Si el flujo inicial de agua residual está cerca del flujo de capacidad de diseño del sistema, un alto grado de tratamiento se hace necesario y es deseable incrementar la tasa de formación de lodos activados en el sistema de tratamiento, para esto es recomendable obtener cantidad considerable de lodos activados de una planta municipal cercana para agregarlos al tanque de aireación.

Si el suministro de oxígeno es inadecuado, el oxígeno disuelto en el tanque de aireación se agotará y el sistema llegará a ser séptico, el contenido del tanque de aireación se tornará gris oscuro o negro y tendrá un olor objetablemente séptico, en ocasiones similar al de los huevos podridos. Entonces la eficiencia del tratamiento se reducirá notablemente, cuando estas condiciones son observadas el suministro de aire debe ser incrementado prontamente.

Pruebas diarias de oxígeno disuelto en el compartimiento de mezcla y tanque de aireación deben ser hechas tan pronto como la operación de la planta se inicia, para asegurar el suministro de aire adecuado.

Mientras no se tenga lodo activado de buena calidad en el sistema la tendencia será a que floten materiales en la superficie del agua del clarificador. Debe ponerse entonces especial atención a la remoción de espuma durante este período inicial, para evitar acumulaciones en las superficies del clarificador que lo pueden tornar séptico y producir espuma.

**“ES NORMAL QUE TODO SISTEMA BIOLÓGICO CUANDO ARRANCA GENERE ESPUMAS, ESTAS PUEDEN DURAR DESDE POCAS HORAS HASTA VARIOS DÍAS. LA MEJOR FORMA DE DISMINUIRLAS ES MEDIANTE UN ROCÍO DE AGUA CON MANGUERA O ROCIADORES”, esta actividad se lo puede realizar con agua residual tratada.**

#### **5.4 Control operativo.**

Para las PTAR de Riobamba, se proponen inicialmente los siguientes controles operativos:

- a. Mantener el pH del licor del reactor orbital entre 6,5 y 8,5, para promover un crecimiento microbiano apropiado, y para evitar el crecimiento de hongos. Para ajustar el pH se puede dosificar ácido sulfúrico o fosfórico para bajarlo, o cal u otro álcali o base para subirlo. Esto se propone en situaciones eventuales, ya que la adición de estos productos afecta el proceso biológico de depuración.
- b. Cambiar la tasa de recirculación y el punto de dosificación de los lodos.
- c. El aumento de la recirculación disminuye la pérdida de sólidos en el efluente. La retención del lodo, por períodos prolongados en el sedimentador, crea condiciones anóxicas controladas de ciertos organismos filamentosos oxidantes de sulfures. Esta propuesta se considerará en la Fase de Operación a cargo del Promotor. En esta etapa, se hará el seguimiento para establecer cuál será el punto adicional donde se verterán los lodos de retorno, en caso de evidenciar la presencia del problema de espumas.
- d. Dosificar cloro al retorno de lodos o al contenido del reactor aireado, para reducir la población de microorganismos filamentosos. La dosis debe ajustarse de tal manera que su efecto llegue a los organismos filamentosos que se extienden en la superficie del flóculo, y no a los organismos internos formadores de este. Esta propuesta se considerará en la Fase de Operación a cargo del Promotor. En esta etapa, se hará el seguimiento para establecer cuál será la concentración y forma de aplicación del cloro, en caso de evidenciar la presencia del problema de espumas.
- e. Mantener una relación apropiada de nutrientes. En general, para una remoción orgánica adecuada se recomienda una relación de DBO/N/P de 100/5/1. Para asegurar la existencia de nutrientes en cantidad conveniente, se acostumbra a controlar la concentración de N y de P en el efluente. La permanencia de 1,0 mg/L - N inorgánico (Amoniacal + Nitratos), y de 0,2 mg/L - P en el efluente, garantiza un suministro de nutrientes. Deficiencias de dichos elementos se pueden mejorar con amoníaco anhidro, sales de amonio, como el sulfato de amonio, al igual que con urea para el caso del N; y con ácido fosfórico, fosfato de sodio o fosfato de amonio, para el caso de P. Esta propuesta se considerará en la Fase de Operación a cargo del Promotor. En esta etapa, se hará el seguimiento correspondiente para establecer si la cantidad de nutrientes provoca problemas de espumas, en cuyo caso se efectuarán las estimaciones y selección del mejor producto para controlarla. El diseño de la PTAR estima que no se presentarán problemas de este tipo.

- f. Controlar la septicidad del afluente, ya que las aguas residuales sépticas tienen elevadas cantidades de sulfures y ácidos grasos de baja masa molecular, que pueden desarrollar crecimiento de microorganismos filamentosos. Esto se puede controlar con cloro o permanganato de potasio. Esta propuesta se considerará en la Fase de Operación a cargo del Promotor. En esta etapa se hará el seguimiento correspondiente para establecer si los problemas de septicidad se vuelven representativos, tratando en lo posible de evitar su recurrencia.
- g. Conservar una adecuada concentración de oxígeno disuelto en relación con la carga orgánica en proceso, a fin de prevenir el crecimiento de organismos filamentosos.
- h. Generalmente se recomienda una concentración de OD de 1.5 mg/L para relaciones A/M hasta de 0,5 kgDBO/kgSSVLM.d. Sin embargo, en algunas plantas se requieren concentraciones de OD (Oxígeno Disuelto) mayores, sobre todo en plantas para efluentes nitrificados. Esta propuesta se considerará en la Fase de Operación a cargo del Promotor. Los equipos seleccionados garantizan una adecuada transferencia de oxígeno en las unidades de la PTAR, por lo que se estima que la planta tendrá una capacidad de respuesta suficiente.
- i. Modificar la concentración de biomasa en el reactor, para así alterar la relación alimento/microorganismos y ajustaría al valor que permita controlar el hinchamiento de lodos por organismos filamentosos. Este proceso será documentado de presentarse.

### 5.5 Estabilización del Sistema de Tratamiento.

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales tiene que llegar a un nivel de estabilidad en su proceso biológico. Esto se logra a medida que van pasando los días de funcionamiento del sistema.

Durante la operación de la planta de tratamiento, es importante que se llegue a estar dentro de los rangos de operación para el tipo de sistema, el cual para el presente caso es el de reactores de flujo orbital tipo zanjas de oxidación, en modalidad aireación extendida. A continuación, se presenta un cuadro que muestra los rangos para los parámetros de operación que deben mantener los sistemas de lodos activados.

Tabla 5.1: Rangos de parámetros para fangos activados

Modificación del proceso	c (d)	F/M (Kg. DBO <sub>5</sub> aplicada/kg SSVLM*d)	CV (Kg. DBO <sub>5</sub> aplicada/m <sup>3</sup> *d)	SSLM (mg/l)	TRH (h)	
Convencional	5-15	0,20-0,40	0,32-0,64	1500-3000	4-8	0,25-0,75
Reactor mezcla completa	5-15	0,20-0,60	0,80-1,92	2500-4000	3-5	0,25-1,00
Aireación con alimentación escalonada	5-15	0,20-0,40	0,64-0,96	2000-3500	3-5	0,25-0,75
Aireación modificada	0,2-0,5	1,50-5,00	1,20-2,40	2000-1000	1,5-3	0,05-0,25

Contacto y estabilización	5-15	0,20-0,60	0,96-1,20	1000-3000 <sup>a</sup> 4000-10000 <sup>b</sup>	0,5-1,0 <sup>a</sup> 3-6 <sup>b</sup>	0,50-1,50
Aireación prolongada	20-30	0,05-0,15	0,16-0,40	3000-6000	18-36	0,50-1,50
Aireación de alta carga	5-10	0,40-1,50	1,60-3,30	4000-10000	2-4	1,00-5,00
Zanja de Oxidación	10-30	0,05-0,330	0,08-0,48	3000-6000	8-36	0,75-1,50
Sistema de oxígeno puro	3-10	0,25-1,00	1,60-3,20	2000-5000	1-3	0,25-0,50

### 5.6 Operación Emergente.

Dependiendo de las observaciones diarias que realice el operador o supervisor, los controles expuestos aquí pueden ser realizados en cualquier momento para confirmar el normal y correcto funcionamiento de la planta.

Usualmente no se requiere cerrar las unidades de proceso para realizar mantenimiento, pero en caso de alguna situación de emergencia ya sea por destrucción de las estructuras o geomembrana, las unidades de procesos pueden reemplazarse mutuamente en sus funciones. (VER ANEXO 3), la tabla 5.2 presenta el manual de control de la planta de tratamiento.

Tabla 5.2: Manual de control de PTAR

Que ver				Diagnóstico	Que hacer	Marca con X
Operación de los equipos.	Tanque Aireado.	Clarificador	Efluente	Comentario	Correcciones	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe Circulación.</li> <li>• El agua es color chocolate no hay espuma.</li> <li>• D.O. 1 mg/l.</li> </ul>	Superficie clara con mas de 40 cm de visibilidad.	Claro sin presencia de sólidos D.O. mas de 1 mg/l.	La planta esta operando correctamente.	Ninguna	
Todos los equipos operan normalmente	• Sin D.O. pobre circulación	Oscuro, ligero olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escume sólidos.</li> <li>• Ligera agua turbia.</li> </ul>	Pobre oxigeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chequear que las unidades no tengan mucha turbidez y estén prendidas, considerar aumentar horas de funcionamiento.</li> </ul>	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena Circulación.</li> <li>• Ligera o mucha espuma</li> </ul>	Lodos flotantes en algunas areas.	Alta cantidad de sólidos	Mucha Higiene	Reducir el tiempo de operación de las unidades.	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena circulación y presencia de oxígeno.</li> <li>• D.O. de 1 a 3 mg.</li> </ul>	Largas pedruzcos de lodos flotantes.	Alta cantidad de sólidos	Aparente problema de lodos de retención.	Revisar que conos de los clarificadores no estén tapados.	
Equipos operando de manera inadecuada o no operando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala circulación.</li> <li>• Inconsistente color naranja.</li> <li>• No D.O.</li> </ul>	Color oscuro con olor.	Alto en sólidos con olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reloj fuera de tiempo.</li> <li>• Breaker saltado, cortocircuito.</li> <li>• Bandas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recetar; corregir o cambiar.</li> <li>• Reemplazar cable o cambiar motor.</li> <li>• Tensarlas u reemplazarlas.</li> </ul>	

Se sugiere realizar este chequeo diariamente y emitir un informe solo una vez por semana o cuando se presente un problema.

Para evaluar el efluente debe utilizarse un cono de sedimentación de un litro el mismo que deberá reposar por 30 minutos antes de su evaluación.

Si al realizar esta prueba más del 80% de los sólidos se sedimentan en menos de 15

minutos habrá que purgar el tanque aireado cerrando los retornos de lodos del clarificador a R1 (reactor biológico) y abriéndolos al digester D1 por unas 8 horas. Se deberá evaluar en una semana para determinar si una segunda purga es necesaria.

## 6 REACTOR BIOLÓGICO DE FLUJO ORBITAL.

Un factor importante a tomar en cuenta durante el inicio de operaciones es la población de microorganismos en el sistema. Esta es de vital importancia ya que será la encargada de asimilar todo el material orgánico proveniente en el agua residual.

La concentración de microorganismos en el reactor biológico está representada por los sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (SSVLM). Durante el primer mes, se deberá realizar al final de cada semana un análisis de la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el reactor, este resultado servirá para calcular la masa de microorganismos mediante la siguiente fórmula:

$$SSVLM \text{ (mg/l)} \times \text{Volumen del reactor (m}^3\text{)} \times 8.34 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \frac{\text{A}}{\text{mg}}$$

Un aumento en la masa de SSVLM indicará que los microorganismos se están reproduciendo hasta llegar a estabilizarse en el sistema.

Otro parámetro importante de chequeo durante el inicio de operaciones es la relación Alimento/Microorganismo. Esta debe llegar a un punto de equilibrio y mantenerse dentro de los rangos aceptados para el tipo de proceso (Zanja de Oxidación con aireación extendida).

La siguiente información se requiere para determinar la relación Alimento/Microorganismo:

Caudal de ingreso al reactor (m<sup>3</sup>/día)

Concentración de DBO<sub>5</sub> que ingresa al sistema (mg/l)

Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el reactor (mg/l)

Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

Finalmente, la relación Alimento/Microorganismo se determina mediante la siguiente fórmula:

$$A/M \times \frac{DBO_5 \text{ del afluente (mg/l)} \times \text{Caudal de ingreso (MGD)} \times 8.34 \frac{\text{lb}}{\text{MG}} \frac{\text{A}}{\text{mg}}}{SSVLM \text{ (mg/l)} \times \text{Volumen laguna de aireación (MG)} \times 8.34 \frac{\text{lb}}{\text{MG}} \frac{\text{A}}{\text{mg}}}$$

Para determinar la concentración de sólidos suspendidos volátiles que se requiere cada semana para estabilizar el sistema y alcanzar una relación A/M óptima, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$SSVLM(lb) \times \frac{DBO_5 \text{ del afluente} \mid \text{Caudal de entrada(MGD)} \mid 8.34 \frac{lb}{gal} A}{\frac{fA}{M} A_{deseada}}$$

La masa de MLVSS puede ser convertida a concentración de la siguiente forma:

$$SSVLM \frac{f_{ms}/l}{A} \times \frac{SSVLM \text{ requerido}(lb)}{(\text{Volumen de laguna de aireación}(MG) \mid 8.34 \frac{lb}{gal} A)}$$

Una vez que la relación A/M y concentración de sólidos suspendidos volátiles ha alcanzado valores que están dentro de los rangos permitidos para el sistema, este se encuentra estable en sus procesos biológicos.

En caso de que la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla se exceda del rango óptimo de operación, se debe considerar la posibilidad de eliminar cierta cantidad de estos del sistema.

La siguiente fórmula permite calcular la masa de sólidos suspendidos volátiles a eliminar del sistema:

$$SSV_{a \text{ eliminar}}(lb) \times SSV_{actual}(lb) - SSV_{deseada}(lb)$$

#### CÁLCULOS DE OPERACIÓN.

En operador requiere un conocimiento de los parámetros básicos de dimensionamiento del proceso y de su operación, por lo cual se incluye una metodología simple de cálculo basado en parámetros. Todos los cálculos han sido realizados tomando en consideración el año 2035 y se deben realizar de manera independiente para cada uno de los reactores biológicos.

#### 6.1 Cálculo de volumen requerido por el tanque de aireación [1].

$$V \times \frac{Q \mid s_o}{X \frac{f}{M} A}$$

Donde:

- So = Concentración de Sustrato en el afluente (DBO5).
- Q = Caudal de agua residual afluente.
- X = Concentración de sólidos suspendidos totales en el tanque de aireación.
- $\frac{f}{M}$  = Relación alimento microorganismo, entre 0.05 y 0.15.

$$V = \frac{55,474 \frac{m^3}{d} \times 257 \frac{m}{l}}{4,000 \frac{m}{l} \times 0.0619 \frac{K}{d} \times \frac{O_2}{Kg_c} \cdot d}$$

$$V = 57,664$$

[1]. Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4th Edition, McGraw Hill, USA, 2003, Tabla 8-16, pp. 747.

### 6.2 Cálculo del Factor de Carga en el Tanque de aireación.

$$FC = X \frac{S_o Q}{V_r}$$

Donde:

FC = Factor de Carga en el tanque de aireación, (Kg DBO/d)/Kg SSTA

So = Concentración de Sustrato en el afluente (DBO5), mg/l

Q = Caudal de agua residual afluente, m<sup>3</sup>/d

X = Concentración de sólidos suspendidos totales en el tanque de aireación. Entre 3000 y 6000, mg/l.

Vr = Volumen Real del Tanque de Aireación, m<sup>3</sup>

$$F = \frac{257(55,474)}{4,000(57,664)}$$

FC = 0.0619

### 6.3 Cálculo de carga volumétrica del tanque de aireación [2].

$$CV = X \frac{S_o Q}{V_r \cdot 1000}$$

Donde:

CV = Carga Volumétrica en el tanque de aireación, 0,16 – 0,4Kg DBO aplicada/m<sup>3</sup>/ día.

Q = Caudal de agua residual afluente 4,389 m<sup>3</sup>/d

So = Concentración de Sustrato en el afluente (DBO5), 268 mg/l.

Vr = Volumen real del tanque de aireación, 6,130 m<sup>3</sup>

$$C = \frac{2 \text{ m/l} \cdot 5,4 \text{ m}^3/\text{d}}{5,6 \text{ m}^3 \times 1,0}$$

CV = 0.247 Kg DBO5 / m<sup>3</sup> x d

[2].Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4th Edition, McGraw Hill, USA, 2003, Tabla 8-16, pp. 747.



## 6.4 Cálculo de la edad de los lodos del Tanque de aireación [3]

[3] Esta fórmula se la puede encontrar en el Wastewater Engineering, Capítulo 6, Water and Wastewater Calculations Manual de Shundar Lin.

$$\theta_c = X \frac{SS \text{ en aireación}}{SS \text{ afluente}}$$

Donde:

SS en aireación = Sólidos Suspendidos en el tanque de aireación

SS afluente = Sólidos Suspendidos en el afluente de la planta

$$SS \text{ en a} \quad \text{ón} = S \ M \ x \ V = 4,0^k / m^3 \ x \ 5,6 \ m^3 = 2,6$$

Donde:

SSLM = Sólidos Suspendidos en el licor de mezcla, 4,0kg/m<sup>3</sup>.

Vr = Volumen real del tanque de aireación, 57,664 m<sup>3</sup>.

$$SS \ \bar{a} \quad = Q \ x \ S = 55,474 \ m^3/d \ x \ 257^m / l = 14,268^k / d$$

Donde:

Q = Caudal de entrada, 55,664 m<sup>3</sup>/d

S = Concentración de Sólidos Suspendidos en el afluente, 257 mg/l

$$\theta_c = \frac{2,6 \ y}{1,2 \ k / d} = 16.17d$$

## 7 DECANTADOR SECUNDARIO.

### DISEÑO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

Población de diseño	Pob	285361	hab
Caudal medio diario	Q	642.06	lt/seg
		2311.42	m <sup>3</sup> /h
		55474.08	m <sup>3</sup> /día
Caudal máximo horario	Qmax	1010.33	lt/seg
		3637.19	m <sup>3</sup> /h
		87292.56	m <sup>3</sup> /día



Caudal máximo diario	Qmd	642.06	lt/seg
		2311.42	m3/h
		55474.08	m3/día
Número de unidades	No.	3.00	u
Carga sólidos suspendidos	DSS	21402.08	Kg/día
Carga de DBO5	DBS	14268.05	Kg/día
Remoción sólidos suspendidos	RSS	93.00%	
Remoción DBO5	RBS	30.00%	
Producción de fango secundario	$SPS = [DSS * RSS / 1000]$	19903.93	Kg/día
Concentración de fango secundario	CI	0.80%	
Peso específico fango secundario	P	1015.00	Kg/m3
Volumen fango secundario	$Qfs = [SPS / (CI * P)]$	612.81	m3/día
Sólidos volátiles fango secundario	$Svp = [(Vp * SPS)/100]$	14927.95	Kg/día
Porcentaje sólidos volátiles	Vp	75.00%	
Volumen fango secundario por BDO5	$Qfb = [SFE / (CI * P)]$	212.32	m3/día
Volumen total secundario	$QFF = Qfs + Qfb$	825.13	m3/día

### DIMENSIONES DEL DECANTADOR

Velocidad ascensional a Qmax	$Vx$ ( a 1.5 m3/m2/h)	1.20	m/h
------------------------------	-----------------------	------	-----

Velocidad ascensional a Qmed	$V_m$ ( a 0.8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h)	0.70	m/h
Tiempo de retención caudal medio	$T_m$	4.00	horas
Area a carga media	$A_m = Q_m / (V_m \times N_o)$	1100.68	m <sup>2</sup>
Diámetro del decantador	$D = (4 \times A_m / \pi)^{0.5}$	38.00	m
Area a carga máxima	$A_x = Q_x / (V_x \times N_o)$	642.06	m <sup>2</sup>
Diámetro del decantador	$D = (4 \times A_m / \pi)^{0.5}$	29.00	m
Concentración sólidos suspendidos en el reactor (3000 - 6000 mg/l) [9]	$X$	4000.00	mg/l
Carga de sólidos	$C_s = (X \times Q_m / A_m)$	2.10	Kg/m <sup>2</sup> x h
Volumen del decantador	$Vol = Q_m \times T_m$	3081.89	m <sup>3</sup>
Tiempo retención caudal máximo	$T_x = (Vol / Q_x)$	2.54	hora
Altura útil de decantador	$h_u = Vol / A_m$	2.80	m
Altura mínima requerida	$h_{um} = 3.50$	3.50	m

#### AJUSTE DEL DISEÑO DEL CLARIFICADOR

Altura del clarificador	$H_r$	3.50	m
Area final del clarificador	$A = \pi \times D^2 / 4$	1134.12	m <sup>2</sup>
Volumen final del clarificador	$V_f = A \times H_r$	3969.42	m <sup>3</sup>
Carga sobre el vertedro	$C_v = Q / L$	6.45	m <sup>3</sup> /m
Tiempo de retención a caudal medio	$T_m = V_f / Q_m$	5.15	horas

Tiempo de retención a caudal máximo	$T_x = V_f / Q_{max}$	3.27	horas
Velocidad ascensional a $Q_{max}$	$V_{ax} = Q_{max} / A$	1.07	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Velocidad ascensional a $Q_{med}$	$V_{am} = Q_m / A$	0.68	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h

### POCETA DE FANGOS (SE REALIZA PARA UN TIEMPO DE RETENCION DE 2 HORAS)

Inclinación de la solera (%)	J	se recomienda utilizar 10%	
Caudal de fangos	$Q_f$	871.00	
Volumen de la poceta	$V_p = (2 * Q_f) / 24$	36.29	m <sup>3</sup>
Altura de la poceta de fangos	$h_p$	1.00	m
Diámetro de la poceta	$D_p = [((4 * V_p) / (\pi * h))^{(1/2)}]$	7.00	m

### CORONA DE REPARTO

Diámetro de corona de reparto	$DC = (0.10 D - 0.15 D)$		
	$D_c = 0.10 D$	3.80	m
Altura de la corona	$h_t = (0.50 h_c - 0.25 h_c)$		
	$h_c = [h_u + (D * l) / 200]$	4.25	m
	$h_t = (0.30 * h_c)$	1.28	m

### PUENTE GIRATORIO

Ancho	d	0.60	m
Velocidad de giro	$V_g$	D. INTERIOR D	

$$Vg < [120 / (60 \times \pi \times D)] \quad 0.022 \quad \text{r.p.m.}$$

D. EXTERIOR D1

$$0.016 \quad \text{r.p.m.}$$

D1 = Diámetro para giro de puente exterior

$$D1 = [D + 2 \times (0.15 + 0.30 + 0.075)] \quad 39.05 \quad \text{m}$$

Potencia  $CV = ( \quad * D^2 / 1278) \quad 2.07 \quad CV$

$$CV = ( \quad * D1^2 / 1278) \quad 3.75 \quad CV$$

Accionamiento central  $Vg \leq 0.040 \text{ r.p.m.}$

Accionamiento periférico  $Vg > 0.040 \text{ r.p.m.}$

## 8 DIGESTOR DE LODOS.

Los lodos tratados excedentes del sistema serán enviados a un digestor biológico de lodos, que ha sido diseñado con un óptimo sistema de difusión para cumplir con las necesidades de aireación y mezclado que se requieren en esta etapa del proceso.

Este último tanque permite confinar los lodos semiestabilizados provenientes del tanque aireado para que continúen los procesos de biodigestión hasta convertirse en lodos estabilizados (minerales y residuos inorgánicos). Este digestor de lodos permite reducir sustancialmente los lodos que ingresan al sistema pudiendo espaciar las remociones o purgas hasta períodos tan largos como una vez cada 6 meses.

Su diseño guarda una relación directa al volumen y la carga proyectada, en él se recetarán los lodos semi - estabilizados pero con posibilidades de mayor reducción.

El objetivo de este tanque, aparte de continuar los procesos de digestión de lodos y de almacenarlos, será el de mantener un área independiente a la influencia primaria, de tal forma que, si por alguna razón disminuyese el proceso biológico del tanque aireado, se pueda utilizar su contenido dentro de un proceso de recolonización del tanque principal.

En el dimensionamiento del digestor de lodos se utilizó el siguiente proceso de cálculo:

### DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR DE LODOS

Volumen del digestor [10]	$V_d = \frac{Q_i (X_i + YS_i)}{X \left( k_d P_v + \frac{1}{\theta_c} \right)}$	m <sup>3</sup>	15,335.00
Caudal de ingreso al digestor	Qi	m <sup>3</sup> /día	928.32
Sólidos suspendidos en el licor mezcla [11]	Xi	mg/lt	30,000.00

Fracción de DBO5 en el afluente, lodos primarios, en este caso 0	Y	mg/lt	0.00
DBO5 en el afluente	Si	mg/lt	50.00
Concentración de sólidos suspendidos en el digestor de lodos [12]	$X = 75\% \times X_i$	mg/lt	22,500.00
Constante de reacción [13]	Kd	d <sup>-1</sup>	0.06
Fracción de sólidos suspendidos volátiles en digestor [14]	Pv		0.75
Tiempo de retención de lodos en el digestor	c	días	28.00

[10] Shun Dar Lin, Water and Wastewater calculation Manual, McGraw Hill, USA, 2001, pp. 771

[11] Shun Dar Lin, Water and Wastewater calculation Manual, McGraw Hill, USA, 2001, pp. 771

[12] Shun Dar Lin, Water and Wastewater calculation Manual, McGraw Hill, USA, 2001, pp. 771

[13] ROMERO R. JAIRÓ A., Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño, 3ª Edición, Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.

[14] METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, 3ª Edición, McGRAW-HILL, 1995.

#### PRODUCCION ESTIMADA DE LODOS

Flujo Diario	Q	m <sup>3</sup> / día	55,473.98
Afluente DBO5	Bo	mg / lt	257.20
Efluente DBO5	Bf	mg / lt	50.00
Afluente TSS	So	mg / lt	385.80
Efluente TSS	SSTf	mg / lt	50.00
Nitrógeno Kjeldahl	NH4	mg / lt	10.96
Afluente Temperatura (min)	TC <sup>o</sup> min	°C	15.00
Afluente Temperatura (max)	TC <sup>o</sup> max	°C	17.00
Elevación	EL	msnm	2,620

#### DISEÑO BIOLÓGICO:

Tiempo retención sólidos	SRT	día	9.52
Sólidos suspendidos licor mezcla	MLSS	mg/lt	30,000.00
Factor de remoción	Y	SSV/ g DBO removido	0.60
Relación F/M	F/M	mg/l DBO / mg/lt SSLM - d	0.075
Producción total de sólidos	PXv	Kg SSV / día	7,537.99

#### DISEÑO DEL SISTEMA DE AIREACION:

Oxígeno requerido para remover DBO	Ob	Kg O2/Kg DBO	1.43
Oxígeno requerido para NH3	On	Kg O2/Kg NH3	4.60

Porcentaje de sólidos volátiles	SSv		75%
Cantidad de Oxígeno para aireación	$AOR = PXv \times Ob \times (1-SSv)$	Kg O2/día	2,694.83
Requerimiento de Oxígeno en campo	$SOR = \frac{(AOR)(C_{s20})}{\alpha(\beta C_p - C_L)(1.024^{T-20})}$	Kg O2/día	5,627.98

DONDE:

[1]	0.88	Cw[2]	7.25
[3]	0.90	CL[4]	1.00
Cs20[5]	9.02	Temp	15.00

[1] Water and Wastewater Calculations Manual, Shundar Lin, Capítulo 6. Factor de corrección transferencia de oxígeno en aguas residuales.0,8 - 0,9.

[2] Concentración de la saturación de oxígeno a una altura y temperatura determinada, mg/l.

[3] Water and Wastewater Calculations Manual , Shundar Lin, Capítulo 6.

[4] Concentración de Oxígeno Disuelto a la que se desea trabajar, mg/l.

[5] Concentración de la saturación de oxígeno a 20°C, mg/l.

Saturación de Oxígeno	$DO_{sat} = 14,652 - 0,41022T + 0,0079910T^2 - 0,000077774T^3$	mg/lt	9.02
Saturación de Oxígeno	$Cw = DO \text{ sat } ( 1 - EL/9450)$	mg/lt	7.25
Remoción de Oxígeno	$Re = SOR/Hf$	Kg O2/hora	281.40
Factor de conversión		kwh - HP	1.34
Horas de funcionamiento	Hf	horas	20.00
Tipo de aireador AIRE O2 TRITON 50 HP	$HP \text{ requerido} = Re / Ef$	HP	314.46
Eficiencia de aireador (fabricante)	Ef	1.20 Kg O2 / Kwh	1.20

**AIREADORES DEL SISTEMA:**

**6 UNIDADES DE AIREACION DE 50 HP**

POTENCIA DEL SISTEMA	$PS = 6 \times \text{unidades}$	HP	300.00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	Hf	horas	20.00

**DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO**

Requerimiento de mezclado	Rm	HP/MG	60.00
Potencia requerida	$Pr = V \times Nd \times Rm / 3,785$	HP	220.13

Se obtuvo el valor de la producción de lodos (Px), mediante la siguiente fórmula:

## 9 PARÁMETROS DE CONTROL.

Lo ideal es llevar un registro diario de parámetros en la bitácora de la planta y presentar reportes mensuales que contengan los parámetros detallados a continuación:

Para un correcto control del sistema se sugiere tomar de manera diaria o mínimo semanal los siguientes parámetros registrándolos en un cuaderno bitácora y reportando semanalmente.

### 9.1 *Temperatura.*

La temperatura del agua residual debe ser medida diariamente durante el inicio del sistema. Este parámetro es importante por la rapidez con que actúan los microorganismos y su reproducción depende de este factor.

De notarse cambios bruscos en la temperatura del agua que ingresa al sistema de tratamiento. Se tendrá que realizar una inspección y determinar la fuente no común que está aportando un agua residual distinta.

### 9.2 *Potencial De Hidrógeno pH.*

Normalmente el pH que se encuentra en aguas residuales es bastante estable. La actividad microbiana depende mucho de este parámetro, se espera rangos de operación de entre 6 y 8.

### 9.3 *Oxígeno Disuelto.*

El mantener una concentración de oxígeno disuelto de por lo menos 1 y 2 mg/l en todas las partes del reactor orbital, es esencial para el trabajo satisfactorio del sistema de tratamiento de aguas residuales. Cuando el típico color habano del lodo activado, empieza a tornarse oscuro o el lodo activado llega a ser gris oscuro o negro, es claro que hay un inadecuado suministro de aire y que este tiene que ser incrementado. Es posible sin embargo que la concentración de oxígeno disuelto este dentro de un rango en el cual mantiene una coloración habana del lodo, sin ser la concentración adecuada para el mejor tratamiento. De allí que sea altamente deseable verificar la concentración de oxígeno disuelto, por una prueba química siempre que haya una duda sobre la adecuada aireación.

### 9.4 *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).*

La demanda bioquímica de oxígeno debe ser medida semanalmente durante el primer mes de funcionamiento del sistema de tratamiento, posteriormente deberá realizarse un muestreo compuesto de por lo menos 12 horas, con muestras cada hora una vez cada trimestre. Lo aconsejable sería realizarla durante las 24 horas del día, donde además de la DBO5 se analizarían TSS, aceites y grasas, nitrógeno Kendal, temperatura, pH, y tenso activo. A medida que la planta tratamiento vaya alcanzando los respectivos valores

apropiados para su funcionamiento, el parámetro DBO5 debe ir disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar su concentración deseada.

### 9.5 Formato de Control para la estabilización del Sistema.

Durante el primer mes de arranque del sistema, se recomienda llenar el siguiente formato de control para el reactor orbital. (VER ANEXO 4)

Tabla 9.1: Control durante arranque del sistema de tratamiento

PARÁMETRO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
SSVLM (lb) en reactor orbital				
A/M (1/día)				
SSVLM (lb) Requerido				
SSV (lb) a eliminar				
DBO <sub>5</sub>				
pH				
Temperatura				
Oxígeno Disuelto				

## 10 OPERACIÓN DE RUTINA.

Una vez que el sistema esté funcionando de forma estable, se deben realizar ciertos chequeos para asegurarse que los equipos estén funcionando correctamente (VER ANEXO 5 AL 9):

### 10.1 Mantenimiento Preventivo Mecánico Semanal, Mensual o Periódica

- ) Toma de parámetros, corriente y voltaje del motor, chequeo de temperatura en la caja de aceite y bombas. (Semanal) registrar en el cuaderno bitácora mediante anotación resaltando el día que se realiza.
- ) Cada mes o 500 horas lubricar rodamientos del blower por medio de los braceros, chequear tensión de las bandas.
- ) Cada 3 meses o 1.500 horas, cambio de aceite en la caja del blower.
- ) Cada año o 6.000 horas mantenimiento del motor del blower, limpieza de bobina, cambio de rodamiento y retenedores.

La operación mecánica se relaciona con el funcionamiento de los equipos tales como bombas, aireadores, válvulas y cañerías.

Para la operación diaria de la planta es necesario realizar las siguientes actividades:

- ) Se debe verificar que el tablero automático esté correctamente programado y funcionando de la manera adecuada. Vale decir, que las bombas y los aireadores se enciendan a la hora y de la manera adecuada.
- ) Es necesario realizar una inspección visual de los aireadores, chequear que estén



funcionado correctamente, que no existe ningún ruido extraño y que estén generando la cantidad de aire adecuado, el equipo aireador debe funcionar suave y calladamente. Se debe chequear que no haya remolinos arriba de la propela. El protector del vortex puede necesitar ser acomodado para eliminar este inconveniente. Permitir que existan remolinos puede dañar la propela cavitándola.

- ) Se debe chequear que el aireador funcione sin vibraciones excesivas y que el flujo del agua y aire sea continuo. Ruido, vibración y flujo de aire o agua interrumpido son indicaciones de problemas operativos. Al menos una vez al año se debe desmontar el aireador para lubricar el cardan e inspeccionar visualmente los cojinetes, manga y ejes para gastos y daño. Revisar los tornillos en la caja y la pestaña de montaje del motor y apriétela. Busque señales de corrosión. Revise tornillos y piezas sueltas en la unidad de pontones, o daños. Corrija como sea necesario. La hélice y atomizador no deben de tener basura. Examine cuidadosamente la hélice y difusión por indicaciones de desgaste. Ranuras pequeñas en la hélice son aceptables si el perfil o forma de la paleta de la hélice no está afectada. Si los desgastes son extensivos, reemplace el artículo. Quite cualquier basura obstruyendo los hoyos de lubricación del cojinete del agua. Estos hoyos están localizados en la parte de debajo de la caja, justo antes de la hélice.
- ) Visualmente inspeccione el cojinete por desgastes. Ranuras de desgaste deben de ser visibles y uniformes. Cambie el cojinete y manguito si las ranuras de desgaste no están o no son uniformes cambie el cojinete. Los cojinetes de los motores deben ser lubricados cada tres meses. Para esto el motor debe estar caliente y haberse operado por lo menos 20 minutos inmediatamente antes de lubricar. Se debe examinar el motor para determinar cuál procedimiento usar. Cuando hay acoples zerk o Alemita, los acoples deben ser limpiados. El acople de lubricación debe ser introducido en los motores con tapaderas. Luego de engrasar el motor, se debe poner a un funcionar el motor por una hora antes de poner la tapa. Eso permite que la grasa en exceso sea purgada o alguna presión acumulada sea aliviada. Para mayores detalles referirse al Manual de Operaciones de la unidad cuaderno de anexos.
- ) Se debe verificar que las bombas estén trabajando adecuadamente, chequeando que los skimmers absorben correctamente los objetos flotantes que se encuentran en el sedimentador y son retornados al reactor orbital. También es necesario verificar que el retorno de lodos está realizándose de la manera adecuada, sin tener obstrucciones.
- ) Es necesario chequear que las válvulas están en su posición adecuada o si es necesario modificarla. La válvula del retorno de lodos se debe ajustar de acuerdo a los requerimientos de la planta. Por ejemplo, si es necesario recircular mayor cantidad de lodos, se debe abrir más la válvula, de lo contrario, cerrarla.
- ) Se deben limpiar las paredes de los equipos. En el caso del sedimentador, esta limpieza debe realizarse de manera lenta y sin provocar turbulencia, porque esta podría levantar los lodos sedimentados, contaminando el efluente. Así mismo es necesario mantener limpia la parte exterior de la planta y los alrededores de esta.
- ) Se debe limpiar la rejilla que se encuentra en el tratamiento primario, eliminando los residuos sólidos acumulados allí, los que serán dispuestos en basureros adecuados.
- ) Se deben limpiar los objetos flotantes que se encuentren tanto en el reactor orbital como en el baffle a la entrada del clarificador, ya sean estos provenientes del sistema (lodos) o externos (hojas, palos, plásticos, etc.) dado que la planta se encuentra a la intemperie. Es

recomendable realizar esta limpieza con una maya y disponer los residuos recogidos de acuerdo a su procedencia, es decir, los desechos provenientes de la planta deben ser devueltos al reactor orbital y los externos deben ser descartados para su recolección junto con la basura.

- ) En caso de cortes de energía eléctrica, se deberá encender nuevamente los equipos de la planta de tratamiento, apenas regrese el suministro eléctrico. Cabe mencionar que la planta de tratamiento puede estar hasta 24 horas sin energía eléctrica.

A continuación, se presenta una tabla de problemas, soluciones y las acciones correctivas en caso de mal funcionamiento.

**Tabla 10.1:** Listado de comprobaciones y acciones correctivas

EQUIPO UNIDAD	PROBLEMA	ACCIONES CORRECTIVAS CONTINGENCIA	HERRAMIENTAS	PERSONAL ENCARGADO
Tablero de Control	Mal Funcionamiento ) Suena la sirena ) Se prende la luz de alerta ) Indicación de falla en las luces	-Revisión del estado de conexiones. Voltaje y amperaje deben ser iguales o menores a los indicados en la placa del motor -Evitar contacto del panel con el agua, ya sea por lluvia o infiltraciones	-Multímetro	-Operador
Aireadores	Caída de Corriente o Fluctuación de Voltaje Que ocasiona que el equipo no opere correctamente o se apague	-Panel de Control en configuración "Potencia fuera con reactivación manual" -No deben arrancarse automáticamente. -Debe arrancarse con opción de arranque suave o manualmente. -Verificar voltaje del motor de arranque	-Multímetro	-Personal especializado -Operador
Aireadores	<b>Prevención del problema:</b> Posible activación mientras se da mantenimiento	-Desconectar previamente la corriente del circuito principal del aireador -Colocar etiquetas de seguridad en el panel de control para evitar que alguien los encienda	-Etiquetas de seguridad	-Operador -Personal especializado
Aireadores	Vibración y Ruido Excesivo o se apaga continuamente	-Chequeo de sólidos o material atascado en el equipo -Reparación	-Herramientas menores -Multímetro	-Operador -Personal especializado
Aireadores	Mal funcionamiento	-Revisión del estado de conexiones. -Cable no debe estar en contacto con partes filosas de los equipos o reactores	-Herramientas menores -Multímetro -Guantes y recipiente para colocar sólidos que se retienen de las hélices	-Personal especializado -Operador
Aireadores	Otros	Ver otros problemas y soluciones de aireadores en el numeral 8.2 "TABLA DE ANÁLISIS DE PROBLEMAS del Manual de Operación y Mantenimiento del aireador en la sección anexos.		
Bombas de lodos	Mal funcionamiento	-Revisión diaria de las conexiones -Medición y registro de temperatura, corriente y voltaje -Chequeo de tensión en las bandas -Cambio de aceite Reparación o reemplazo	-Herramientas menores -Multímetro	-Operador -Especialista eléctrico
Blowers	Mal funcionamiento	-Revisión de las conexiones -Medición y registro de temperatura, corriente y voltaje -Chequeo de tensión en las bandas	-Herramientas menores -Multímetro	-Operador -Especialista eléctrico

		-Cambio de aceite Reparación o reemplazo		
Válvulas	Mal funcionamiento	-Limpieza continua de los sólidos retenidos -Cambio de las válvulas en caso de daño	-Repuestos	-Operador
Bombas airlift	Mal funcionamiento	-Revisión diaria del estado de las bombas y tuberías.	Bombas airlift	Mal funcionamiento
Bombas sumergibles	Mal funcionamiento	-Revisión diaria de las conexiones. -Medición y registro de temperatura, corriente y voltaje -Chequeo de tensión en las bandas -Cambio de aceite Reparación o reemplazo	-Herramientas menores -Multímetro	-Operador -Especialista eléctrico
Tuberías	Mal funcionamiento Taponamiento	-Limpieza continua de los sólidos flotantes en cada unidad del sistema -Empujar con una varilla desechos acumulados en la tubería -Abrir completamente el retorno de lodos y apagar los aireadores por unos minutos.	-Herramientas menores -Malla para recoger sólidos -Pala plástica para retirar sólidos de rejillas	-Operador
Válvulas	Mal funcionamiento	-Limpieza continua de los sólidos retenidos -Cambio de las válvulas en caso de daño	-Repuestos	-Operador
Rejillas	Taponamiento	-Limpieza continua de los sólidos retenidos	-Pala plástica, -Cepillo -Equipos de protección personal	-Operador
Paredes de unidades del PTAR	Acumulación de lodos en los bordes	-Limpieza continua de los sólidos flotantes en cada unidad -Con agua a presión limpiar acumulación de sólidos en paredes del reactor	-Herramientas menores -Malla para recoger sólidos -Manguera para agua a presión	-Operador
Paredes Sedimentadores	Limpieza	-Vaciar los conos de uno en uno para retirar lodos del fondo	-Herramientas menores -Equipo de protección	-Operador
Unidad Desinfección de	Mal funcionamiento indicador UV baja intensidad	- Revisar diariamente las conexiones al panel de control y a la unidad. - Limpiar el interior del equipo y las lámparas UV.	- Herramientas menores - Solución ácida para limpieza	-Operador
Unidad Desinfección de	Indicador quemado	- Revisar diariamente las conexiones al panel de control y a la unidad. - Reemplazar por otro de inmediato.	- Herramientas menores -Repuestos de indicadores	- Operador
Unidad Desinfección de	Tablero no funciona	-Revisión conexiones - Cambiar las partes dañadas	- Herramientas menores	- Operador
Unidad Desinfección de	Lámpara quemada UV	-Revisar diariamente las conexiones al panel de control y a la unidad. -Reemplazarla por otra de inmediato.	- Herramientas menores - Repuestos de lámparas UV	- Operador
Unidad Desinfección de	Lámpara sobrecalentada por escasez de flujo UV	-Revisar diariamente las conexiones -Aumentar caudal de paso	- Herramientas menores	- Operador

		por la unidad			
Unidad Desinfección	de Protección cuarzo dañada	de	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisar las protecciones diariamente</li> <li>-Cambiar protección dañada o quemada</li> <li>-Secar contactos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas dañadas</li> <li>- Repuesto de protección de cuarzo</li> </ul>	- Operador
Unidad Desinfección	de Calentamiento del sistema	del	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar conexiones</li> <li>-Revisar la temperatura de las lámparas en caso de ser mayor a 40°C se deberá enfriar las lámparas</li> <li>- Reemplazar los ladrillos en mal estado o rotos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas menores</li> </ul>	- Operador
Unidad Desinfección	de Mal estado de la capa de ladrillos	la	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar los ladrillos antes y después de la aplicación de la capa de lodo</li> <li>- Reemplazar los ladrillos en mal estado o rotos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas menores</li> </ul>	- Operador

## 11 MANTENIMIENTO OPERATIVO.

Diario **(D)**

Semanal **(S)**

Mensual **(M)**

Trimestral **(T)**

Semestral **(SEM)**

Anual **(A)**

Se deben realizar las siguientes actividades de revisión y mantenimiento preventivo para cada una de las unidades y equipos del sistema de tratamiento (VER ANEXO 10):

Rejillas: Se debe limpiar las rejillas de la estación de bombeo, se utilizará cepillos o escobillas para retirar los sólidos adheridos a las rejillas, y se retirará manualmente todos los sólidos acumulados, estos serán dispuestos en un contenedor para su traslado al relleno sanitario municipal. **(D)**

Blowers: Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.) **(S) (M) (T) (A)**

Tuberías: Se debe revisar periódicamente las tuberías para evitar taponamientos, en caso de haberlos, se deberá proceder a destapar la tubería, y en caso de no poder destaparla se deberá retirar el tramo obstruido y reemplazarlo por otro. En las cañerías comunicantes entre el reactor orbital y el sedimentador debe existir un flujo ligero, pero constante, de no ocurrir así, la cañería esta obstruida, lo que se soluciona empujando con una varilla los desechos que ahí se puedan haber acumulado. Para determinar si el retorno de lodos esta obstruido, se debe abrir la válvula que permite el paso de éste hacia el reactor orbital. Si no hay un flujo circulante, la cañería esta obstruida, situación que se soluciona abriendo completamente la válvula de retorno de lodos y apagando el aireador. **(D)**

Reactores Se limpiará la geomembrana alrededor del reactor orbital con la ayuda de una manguera de agua a presión; se retirarán los sólidos flotantes con la ayuda de una malla y se deberán efectuar muestreos determinados en el plan de monitoreo para controlar las propiedades funcionales del sistema. **(S)**

Skimmers: Se revisarán diariamente los skimmers para verificar que no estén obstruidos por algún objeto, y para asegurar el correcto funcionamiento de los mismos. **(D)**

Digestor de Lodos: Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas. **(D) (M)**

En caso de presentarse un mal funcionamiento en cualquier equipo mecánico, ya sea el tablero de control, los aireadores, las bombas, válvulas o tuberías; se deberá llamar a un especialista, para que realice los respectivos chequeos y reparaciones del equipo afectado. Se recomienda que el especialista llamado haya sido preparado por la empresa proveedora de los equipos, o que de ser posible provenga de la misma.

El sistema estará en condiciones de operar continuamente, aún en el caso de que se deba reparar algún equipo por daño o mal funcionamiento, esto se consigue teniendo unidades de repuesto o reserva, y accesorios que faciliten la derivación o aislamiento de los equipos y unidades del sistema. En el área del sistema se debe contar con todos los repuestos, herramientas y controles requeridos para su mantenimiento.

El operador debe ser capaz de ajustar la operación del sistema de acuerdo a los requerimientos de cada momento. Por esto la responsabilidad del sistema se define claramente y debe ser asignada a personal competente y preparado. Los objetivos del mantenimiento definidos con claridad son mantener la funcionalidad de la planta

(estructura, equipos y accesorios) y una operación eficiente del sistema la cual está a cargo del operador y dependerá en gran magnitud de un programa de mantenimiento completo con presupuesto adecuado.

Debe haber equipos de laboratorio que permitan determinar las características esenciales de operación, para realizar los ajustes necesarios y controlar la calidad del efluente. El mantenimiento preventivo debe ser planeado y programado permanentemente, por lo menos dos veces al mes. Se deberán llevar registros computarizados o escritos de los mantenimientos realizados, lo que servirá de control para el avance del plan de mantenimiento y deberán ser concisos con resultados claros y definidos de las actividades realizadas.

El programa de mantenimiento preventivo debe incluir como mínimo:

- ) Buen aseo general y apariencia estética agradable.
- ) Lubricación adecuada de los equipos según las instrucciones y manuales facilitados por proveedores.
- ) Se debe verificar que cada equipo esté funcionando de manera adecuada en la temperatura apropiada.
- ) Mantener un inventario de repuestos y equipos de reemplazo, para evitar interrupciones del servicio durante reparaciones.
- ) Revisión de sistemas eléctricos para evitar sobrecargas o cortocircuitos.

El mantenimiento correctivo se da al momento de una falla inesperada del sistema, donde se debe proceder a reparar o sustituir algún equipo del sistema.

**Tabla 11.1:** Listado de chequeos y acciones correctivas

EQUIPO UNIDAD	PROBLEMA	ACCIONES CORRECTIVAS CONTINGENCIA	HERRAMIENTAS	PERSONAL ENCARGADO
Tuberías	Mal funcionamiento Taponamiento	-Limpieza continua de los sólidos flotantes en cada unidad del sistema -Empujar con una varilla desechos acumulados en la tuberías -Abrir completamente el retorno de lodos y apagar los aireadores por unos minutos	-Herramientas menores -Malla para recoger sólidos -Pala plástica para retirar sólidos de rejillas	-Operador
Rejillas	Taponamiento	-Limpieza continua de los sólidos retenidos	-Pala plástica, -Cepillo -Equipos de protección personal	-Operador
Paredes de reactor	Acumulación de lodos en los bordes	-Limpieza continua de los sólidos flotantes en cada unidad -Con agua a presión limpiar acumulación de sólidos en paredes del reactor	-Herramientas menores -Malla para recoger sólidos -Manguera para agua a presión	-Operador

Paredes Sedimentadores	Limpieza	-Vaciar los conos de uno en uno para retirar lodos del fondo	-Herramientas menores -Equipo de protección	-Operador
Geomembrana	Limpieza	-La limpieza se realizará con un chorro de agua a presión. -En caso de vaciar el reactor, se deberá remover todo sedimento con agua, no utilizar palas ni herramientas metálicas	-Manguera	-Operador
Geomembrana	Fisura por objeto filoso (durante la construcción)	-Informar a trabajadores que no deben lanzar objetos filosos en la geomembrana. -Parchar por termofusión o coserla		-Proveedor de la geomembrana o especialista

## 12 MANTENIMIENTO BIOLÓGICO.

Para el correcto funcionamiento de la planta, es necesario mantener y cuidar las características biológicas de esta, vale decir, es necesario cuidar que las condiciones sean óptimas para el correcto desarrollo de los microorganismos.

Es por esto que existen ciertos parámetros que son necesario controlar constantemente, en función de que se esté desarrollando el proceso de manera adecuada.

En cuanto al mantenimiento biológico, se deben realizar las siguientes actividades:

- a. Se debe verificar el color del líquido de mezcla en el reactor orbital, el cual debe tener un color café chocolate si la planta está trabajando entre el 50% y el 100% de su capacidad. Este control es el primer indicador del correcto funcionamiento de la planta.
- b. Es necesario chequear que no se produzca el fenómeno de bulking, el cual corresponde al crecimiento de microorganismos filamentosos, generando una masa celular voluminosa y poco consistente, que no sedimenta bien y es arrastrada en el efluente del sedimentador. Si esto llega a presentarse es necesario llamar a un técnico para poder solucionar este problema.
- c. Se debe controlar el pH del reactor orbital, el cual debe fluctuar entre 6,5 y 7,5. lo ideal es que se mantenga lo más constante posible, de lo contrario se ocasionaran problemas en el reactor.
- d. Es necesario controlar la temperatura del reactor orbital y del efluente, la cual no debe ser mayor a 30 °C, de lo contrario los microorganismos se pueden ver afectados.
- e. Se debe controlar la sedimentabilidad de los lodos activos, mediante el test de



sedimentabilidad, ya que este permite determinar si es necesario aumentar o no el retorno de los lodos.

- f. Se debe verificar el caudal de entrada a la planta y llevar un registro de este, ya que si el caudal aumenta considerablemente, podrían verse afectados los microorganismos, ya que podría provocarse un efecto de lavado de estos, con lo que se vería afectado considerablemente el tratamiento.
- g. Se debe verificar que la recirculación este con el caudal adecuado, de lo contrario es necesario regularlo a través de las válvulas que están a la salida de la cañería de recirculación. Esto se determina de acuerdo a la concentración del lodo sedimentado, vale decir, si la concentración de la muestra de la recirculación de lodos es mayor que el valor de la concentración de lodos sedimentados a los 30 min, es necesario aumentar el flujo de recirculación, de lo contrario es necesario disminuir el flujo de la recirculación de lodos. En este mismo capítulo se muestra cómo se calcula la concentración de lodos sedimentados.

### 12.1 Tiempo Promedio de Residencia Celular TPRC

Se refiere al número promedio de días que una partícula de sólidos suspendidos permanece bajo aireación. Este cálculo es utilizado para mantener la cantidad apropiada de lodo activado en la unidad de aireación.

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TPRC, días} \times \frac{\text{SSA}(\text{lb})}{\text{SSAF} \frac{\text{lb}}{\text{día}} \cdot A}$$

Donde:

SSA = Sólidos suspendidos en la unidad de aireación (lb)

SSAF = Sólidos suspendidos en el afluente (lb/día)

### 12.2 Tiempo de retención celular.

El tiempo de retención celular o tiempo de retención del lodo, es otro parámetro de control en sistemas de lodos activados. Este representa el promedio de tiempo que un sólido bioactivo permanece en el sistema. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TRC} \times \frac{\text{SSLM} \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot A \cdot (AV + CV) \cdot 8.34 \frac{\text{lb}}{\text{MG} \cdot \text{mg}} \cdot A}{(\text{WAS} \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \text{WAS Flujo} \cdot 8.34) \Gamma(\text{SSTF} \cdot \text{EF} \cdot 8.34)}$$

Donde:

SSLM: Sólidos Suspendidos en el licor de mezcla (mg/l)

AV: Volumen de la unidad de Aireación (MG)

CV: Volumen del clarificador (MG)

WAS: Concentración de lodos eliminados del sistema (mg/l)



WAS Flujo: Caudal de lodo eliminado del sistema (MGD)  
SSTE: Concentración de Sólidos suspendidos totales en el efluente (mg/l)  
EF: Caudal del Efluente (MGD)

### 12.3 Relación Alimento/Microorganismos.

Es otra denominación del Factor de Carga ya discutido anteriormente. Se incluye esta discusión en vista de que operadores de PTAR tienen acceso a bibliografía en el idioma inglés. Otro parámetro importante de chequeo durante el funcionamiento del sistema de tratamiento de Aguas Residuales, es el de Alimento/Microorganismo. Esta debe llegar a un punto de equilibrio y mantenerse dentro de los rangos aceptados para el tipo de proceso (Zanja de Oxidación). La siguiente información se requiere para determinar la relación Alimento/Microorganismo:

- ) Caudal de ingreso al reactor orbital (MGD)
- ) Concentración de  $DBO_5$  que ingresa al sistema (mg/l)
- ) Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el reactor orbital (mg/l)
- ) Volumen del Tanque de Aireación (MG)

Finalmente la relación Alimento/Microorganismo se determina mediante la siguiente fórmula:

$$A / M \times \frac{DBO_5 \text{ del Afluente } \left( \frac{mg}{l} \right) \mid \text{Caudal de ingreso (MGD)} \mid 8.34 \frac{lb}{mG \cdot mg} \cdot A}{SSVLM \left( \frac{mg}{l} \right) \mid \text{Volumen laguna de aireación (MG)} \mid 8.34 \frac{lb}{mG \cdot mg} \cdot A}$$

Para determinar la concentración de sólidos suspendidos volátiles que se requiere cada semana para estabilizar el sistema y alcanzar una relación A/M óptima, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$SSVLM (lb) \times \frac{DBO_5 \text{ del afluente} \mid \text{Caudal de entrada (MGD)} \mid 8.34 \frac{lb}{gal}}{A/M \text{ Deseada}}$$

La masa de SSVLM puede ser convertida a concentración de la siguiente forma:

$$SSVLM \left( \frac{mg}{l} \right) \cdot A = \frac{SSVLM_{\text{Requerido}} (lb)}{\left( \text{Volumen de laguna de aireación (MG)} \mid 8.34 \frac{lb}{gal} \right)}$$

En caso de que la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla se exceda del rango óptimo de operación, se debe considerar la posibilidad de eliminar cierta

cantidad de estos del sistema. La siguiente fórmula permite calcular la masa de sólidos suspendidos volátiles a eliminar del sistema:

$$SSV_{a\ eliminar} (lb) \times SSV_{actual} (lb) - SSV_{deseada} (lb)$$

#### 12.4 Retorno De Lodos.

Para estimar la cantidad de lodo que hay que retornar al tanque de aireación, se recomienda utilizar como método alternativo el que fue desarrollado por California State University. En este método se utiliza el porcentaje del volumen de lodo sedimentado en un período de 60 minutos (%SSV<sub>60</sub>). El resultado de esta prueba puede proporcionar información sobre la cantidad de lodos que debe retornar a la unidad de aireación.

Este método asume que los SSV<sub>60</sub> son representativos de lo que realmente ocurre durante la sedimentación en el clarificador. Si esto es así, entonces la tasa de retorno en porcentaje debería ser aproximadamente igual a los SSV<sub>60</sub>.

Para determinar la tasa de retorno de lodos en términos de millones de galones por día (MGD), se debe conocer lo siguiente: caudal de entrada, el caudal de retorno actual y el valor de SSV<sub>60</sub>. El resultado de este cálculo es ajustado de acuerdo a los pruebas y observaciones visuales que se realicen continuamente. El caudal de retorno de lodo se estima mediante la siguiente fórmula:

$$Re\ retorno (MGD) = \frac{Q_{af} (MGD) \times RA (MGD)}{SSV_{60}}$$

#### Donde:

Retorno: Caudal de retorno de lodos (MGD)

Qaf : Caudal de Afluyente (MGD)

RA: Caudal de retorno de lodos actual (MGD)

SSV<sub>60</sub>: Sedimentación de Sólidos Suspendidos Volátiles en 60 minutos (%)

Los caudales de retorno de lodos se pueden medir basándose en el tiempo de encendido de las bombas de lodos y la capacidad de estas.

El tablero eléctrico posee un temporizador para el encendido y apagado de las bombas de lodo.

#### 12.5 Volumen de Lodo Sedimentado SSV.

El volumen de lodo Sedimentado es un test de sedimentabilidad que permite determinar la calidad del lodo sedimentado. El volumen de lodo sedimentado es determinado durante diferentes tiempos: treinta y sesenta minutos. Las abreviaciones SSV<sub>30</sub> y SSV<sub>60</sub> son utilizadas para indicar el tiempo.

La prueba de SSV se realiza tomando una muestra de agua del tanque de aireación y

depositándola en un recipiente de 2000 ml. Se deja quieta la muestra por 30 y 60 minutos. Luego se registra el volumen de lodo sedimentado durante el lapso de tiempo. Las características de los lodos en esta prueba son un indicador de la sedimentabilidad de los SSVLM en el clarificador. El SSV se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\%SSV \times \frac{\text{Sólidos sedimentados (ml)}}{2000\text{ml}} \mid 100$$

### 12.6 Porcentaje de Sólidos Removidos.

La prueba de sólidos sedimentados se utiliza para determinar el porcentaje de remoción de sólidos. Este se lo realiza en los afluentes y efluentes del clarificador. Se toma una muestra de agua y se la deposita en un cono Imhoff con un volumen de 1 litro. Se deja quieta la muestra por 60 minutos y se registra el volumen de lodo sedimentado.

La ecuación para determinar el porcentaje de remoción de sólidos es la siguiente:

$$\% \text{ de Remoción de lodo sedimentado} \times \frac{\text{Sólidos Sedimentados Removidos } f_{m/L}^A}{\text{Sólidos Sedimentados en el Afluente } f_{m/L}^A}$$

### 12.7 Índice Volumétrico de Lodos (IVL) e Índice de Densidad para Biosólidos (IDB).

Los índices volumétricos de lodos e índice de densidad para biosólidos relacionan el peso de los biosólidos con el volumen ocupado por estos. Ellos muestran el rendimiento de la separación de líquidos y sólidos en el flóculo producido, el cual va a ser sedimentado y luego retornado al tanque de aireación. Cuanto mejor es la separación liquido/sólidos, más pequeño va a ser el volumen ocupado por los biosólidos sedimentados y el caudal de sólidos recirculados. Las siguientes ecuaciones indican como determinar el IVL y el IDB:

$$IVL \times \frac{\text{Volumen SSLM } V f_{m/L}^A \text{ en 30 minutos}}{\text{Concentración SSLM } f_{mg/l}^A \mid 1000}$$

$$IDB \times \frac{\text{SSLM } f_{mg/l}^A}{\text{Volumen SSLM en 30 minutos}}$$

### 12.8 Procedimiento de los Análisis y Plan de Muestreo.

El muestreo de las aguas residuales deberá seguir las siguientes recomendaciones:

- a. La persona a realizar el muestreo deberá protegerse adecuadamente.
- b. La muestra debe tomarse donde estén bien mezcladas las aguas residuales y de fácil acceso, como puntos de mayor turbulencia, caída libre desde una tubería, o a la entrada de una tubería.
- c. Deben excluirse las partículas grandes, es decir mayores a 6 mm.
- d. La muestra debe examinarse tan pronto sea posible, ya que la descomposición bacteriana continúa en el frasco de la muestra. Después de una hora son apreciables los cambios biológicos.
- e. Tomar la temperatura del agua donde se tomó la muestra
- f. Identificar muestra, anotar datos de la muestra y guardar en hielera.
- g. Se debe respetar los tiempos mínimos entre toma de muestras y llegada al laboratorio.
- h. El material requerido para la toma de muestras y algunas pruebas in situ es el siguiente:
  - ) Guantes
  - ) 1 Termómetro
  - ) Garrafas Plásticas
  - ) 1 Hielera
  - ) Conos Imhoff
  - ) Frasco o recipiente para el examen bacteriológico

El formulario que se debe utilizar para el envío de muestras es el siguiente (VER ANEXO 12):

Figura 12.1: Cono Imhoff utilizado para las Pruebas de Sedimentabilidad



Institución (municipalidad): _____
Dirección: _____ ,
Teléfonos: _____ ,
fax: _____
Nombre de persona que remite la muestra: _____ ,
cargo: _____
<b>Nombre / Identificación de Planta:</b> _____
Punto de colección de la muestra: _____
Temperatura: _____
Tipo de agua residual colectado: Cruda o sin tratar Tratada
Tipo de muestra: Puntual Compuesta Otro tipo: _____
Fecha de toma de la muestra: _____
Fecha de remisión de la muestra: _____
Información adicional: _____ _____ _____ _____

### **12.9 Oxígeno disuelto (OD).**

El oxígeno disuelto (OD) debe medirse con un electrodo de oxígeno, el cual debe estar calibrado de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Las mediciones deben realizarse al menos en tres puntos distintos, los cuales deben marcarse, para que las posteriores mediciones se realicen en los mismos puntos y a las mismas horas.

Vale destacar que para tener una mayor exactitud sobre la aparición de zonas muertas, vale decir, zonas en las cuales no existe la concentración de oxígeno adecuada debido a un pobre mezclado, es necesario ampliar la cantidad de muestras y realizarlas a una mayor profundidad. La determinación del OD es recomendable que la realice un técnico especializado.

### **12.10 Concentración de lodos en el sistema.**

En los sistemas de lodos activados es muy importante controlar la cantidad de sólidos en el proceso de aireación. Los sólidos suspendidos en el tanque de aireación son denominados sólidos suspendidos en el licor de mezcla (SSLM). Como producto de la degradación de la materia orgánica se forman diminutas partículas denominadas flóculos. Estos están compuestos por microorganismos que al juntarse constituyen biosólidos activos. Los lodos están conformados por sólidos suspendidos fijos y volátiles. Cuando hablamos de sólidos suspendidos volátiles, nos referimos a los microorganismos que conforman el proceso biológico de tratamiento. Para calcular la concentración de sólidos (lodos) en el proceso de

tratamiento, es necesario realizar un análisis de agua que determine la concentración de sólidos suspendidos en el licor de mezcla (SSLM). Este parámetro permite calcular mediante la siguiente fórmula las libras de SSLM en el tanque de aireación:

$$SSLM(lb) \times SSLM \left( \frac{mg}{l} \right) \left| \text{Volumentanque de aireación}(MG) \right| 8.34 \frac{lb}{gal}$$

La relación alimento microorganismos (A/M) es un procesos de control útil para mantener un balance específico entre el alimento ( $BOD_5$ ) del afluente que entra al tanque de aireación y la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (SSVLM). Las libras de SSVLM requeridas en el tanque de aireación para alcanzar una relación A/M óptima dependen de la concentración promedio  $BOD_5$  del afluente y la relación A/M deseada:

$$SSVLM(lb) \times \frac{(Afluente DBO_5 \left( \frac{mg}{l} \right) \left| Q_{Afluente}(MG) \right| (8.34 \frac{lb}{gal}))}{f_{A/M} A_{Deseado}}$$

### 12.11 Determinación de oxígeno disuelto en los lodos (digestor)

Microorganismos aeróbicos y facultativos utilizan oxígeno y obtienen energía de la materia orgánica biodegradable durante la digestión aeróbica.

Cuando la disponibilidad de alimento es inadecuada, los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma para obtener energía. Este fenómeno se llama respiración endógena.

Las características del lodo que es llevado hacia el digestor aeróbico van a determinar los requerimientos de oxígeno.

El parámetro más crítico en el proceso de digestión aeróbica es el de oxígeno disuelto. En los digestores aeróbicos el nivel de oxígeno disuelto fluctúa entre 0.5 y 2.0 mg/l. Niveles inadecuados de oxígeno disuelto resultan en digestión incompleta y problemas de olores.

La tasa de oxígeno utilizada por los microorganismos depende de la tasa de oxidación biológica. El oxígeno consumido es expresado en término de miligramos de oxígeno por gramos de sólidos suspendidos volátiles – hora (mg/g SSV-h).

Este es utilizado para determinar el nivel de actividad biológica y la destrucción de sólidos del digestor. Durante la digestión aeróbica, el valor típico de consumo de oxígeno varía entre 5 y 10 mg/gSSV-h.

El monitoreo de la fase sólido-liquido incrementa la eficiencia del digestor aeróbico. El sobrenadante del digestor debería tener concentraciones bajas de los parámetros  $DBO_5$  y sólidos suspendidos totales.

Para llevar un buen control de la digestión aeróbica el sobrenadante debe mantener parámetros químicos que estén dentro de los siguientes rangos:

**Tabla 12.1:** Parámetros del sobrenadante

PARÁMETROS	RANGO
PH	5.9 – 7.7
DBO <sub>5</sub> (mg/lt)	9.0 – 17.00
Sólidos Suspendidos (mg/lt)	46.02 – 115.00
Fósforo total (mg/lt)	19.00 – 241.00

### **12.12 Variación de pH.**

El rango normal para aguas residuales domésticas, como es el presente caso de estudio, es entre 7 y 8. Por lo general el pH del efluente es unas décimas más bajo que el del agua que ingresa al sistema. El control del pH debe realizarse de diferentes maneras, tanto manualmente como en línea.

De ser realizado manualmente se debe extraer una muestra del reactor de aireación y se medirá con un papel especial para realizar esta medida, y los valores deberán estar entre 6.0 -7.5.

En caso de contar con un equipo especializado (pH-meter), se deberá calibrar correctamente el equipo y se tomarán las mediciones en diversos puntos a lo largo y ancho del reactor orbital, para obtener una idea general de la variación de este parámetro.

### **12.13 Parámetro de temperatura.**

La actividad de los organismos microscópicos varía con la temperatura, por lo que este factor es muy importante en el sistema. Cambios bruscos afectan adversamente a los microorganismos, por lo que la temperatura debe permanecer relativamente constante para períodos cortos, pero puede variar gradualmente según la estación del año. Las variaciones de temperatura diarias deben estar entre 1 y 2 grados centígrados como máximo. Por lo que se recomienda un control diario de este parámetro.

### **12.14 Prueba de sedimentabilidad.**

Para realizar este test se necesita los siguientes implementos (PROBE, 1994):

- )] Tres frascos de vidrio o plástico transparente, de 1 o 2 litros, en los cual el borde inferior donde se encuentran las paredes y la base del recipiente debe ser cuadrada, no redonda. Como normalmente son los recipientes de laboratorio, uno de ellos es para el test normal, otro para diluir, y otro para algún test especial que deba realizarse.
- )] Una paleta para revolver, la cual puede ser una paleta delgada y ancha de acrílico. Esta tiene dos funciones, la primera es evitar que los flóculos se disgreguen y la segunda es para detener el movimiento giratorio del mezclamiento, una vez que este se ha realizado.
- )] Un cronómetro con alarma.



### 12.14.1 Procedimiento.

Esta prueba debe realizarse en una zona libre de vibración y a una temperatura estable (PROBE, 1994).

- a. Usar un recipiente de aproximadamente 8 litros para obtener la muestra.
- b. Prontamente, no más allá de 15 minutos, depositar cuidadosamente el contenido en el recipiente especial para la sedimentabilidad, sin airearlo mucho. Revolver cuidadosamente. Luego de que el contenido este bien mezclado, detener la corriente con la paleta, cuidando de no alterar los flóculos.
- c. Inmediatamente después de retirar la paleta, iniciar el cronómetro por los primeros 5 minutos.
- d. Observar los SSLM sedimentar por los primeros 5 minutos, período en el cual se obtienen los datos más importantes. Los microorganismos pueden, a veces, aglomerarse y separarse del sobrenadante. Anotar todo tipo de observaciones, incluyendo el color y claridad.
- e. Al finalizar los primeros 5 minutos, medir el volumen del lodo sedimentado y registrar los datos tal como se ve en el anexo 2.
- f. Luego de los 5 minutos, grabar el lodo sedimentado a los 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, y 60 minutos, en centímetros cúbicos por litro. Estos datos deben ser registrados de la misma manera anterior.
- g. En el caso de que la sedimentación sea lenta, será necesario permitir que la muestra sedimente por un período de tiempo mayor, tal vez varias horas. Si esto ocurre, anote cada 30 minutos. El objetivo es llegar al punto donde ocurre pequeña sedimentación.
- h. Luego que se registre la última medición, dejar el lodo sedimentando por varias horas. Registrar el momento en el cual el lodo empieza a flotar, lo cual indica nitrificación y desnitrificación.
- i. Asegurarse de lavar bien con detergente la paleta y los recipientes antes del próximo uso.

Si luego de terminado el test de sedimentabilidad los lodos comienzan a flotar muy pronto (antes de los 90 minutos), observe la profundidad del lodo en el sedimentador secundario y el tiempo de detención de lodo (a menor flujo, mayor es el tiempo de retención hidráulico) Si esto ocurre preste atención al nivel del manto de lodos en la muestra. Verifique si el lodo está flotando o expandiéndose.

A continuación se presenta las pruebas de control recomendadas:

Tabla 12.2: Pruebas de control recomendadas

Parámetro	Localización Muestra	Tipo de muestra	Frecuencia			
			Diaria	Quincenal	Mensual	Trimestral
<b>AFLUENTE AL SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>						
Flujo	Influyente	Sensores Mecánicos		X		



Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Influente	Compuesta				X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Influente	Compuesta			X	
PH	Influente	Grav	X**			
Temperatura	Influente	In situ	X**			
Nitritos	Influente	Grav	X**			X
Tenso Activos	Influente	Grav	X**			X
Fósforos	Influente	Grav	X**			X
Nitratos	Influente	Grav	X**			X
Examen Microbiológico	Influente	Grav	X**			X
Sulfatos	Influente	Grav	X**			X
Aceites y Grasas	Influente	Compuesta				X
Coliformes Totales	Influente	Compuesta				X
Coliformes Fecales	Influente	Compuesta				X
Solidos Sedimentables	Influente	Compuesta				X
<b>REACTOR BIOLÓGICO</b>						
Oxígeno Disuelto	Tanque de Aireación	In situ	X**			
Concentración de SSLM	Efluente	Grav	X**			
Sedimentabilidad 5/30/60 min	Efluente	Grav	X**			
Temperatura	Efluente	In situ	X**			
PH	Efluente	Grav	X**			
Concentración SST Lodo de Retorno	Línea de recirculación	Grav	X**			
Nitritos	Línea de Purga	Grav	X**			
Tensoactivos	Línea de Purga	Grav	X**			
Fósforos	Efluente	Grav	X**			
Nitratos	Efluente	Grav	X**			
Examen Microbiológico	Efluente	Grav	X**			
Sulfatos	Línea de Purga	Grav	X**			
<b>CLARIFICADOR</b>						
DBO5	Efluente	Compuesta				X
SST	Efluente	Compuesta				X
PH	Efluente	Compuesta	X**			X
Temperatura	Efluente	In situ	X**			
Turbiedad	Efluente	Grav				X
Nitrógeno Total	Efluente	Grav				X
<b>DIGESTOR DE LODOS</b>						

Temperatura	Mitad Tanque	Compuesta	X**			
PH	Mitad Tanque	Compuesta	X**			
<b>CLARIFICADOR</b>						
Profundidad de Lodo	Mitad Tanque	Grav				X
DBO5	Efluente	Compuesta				X
SST	Efluente	Compuesta				X
PH	Efluente	Compuesta	X**			
Temperatura	Efluente	In situ	X**			
Turbiedad	Efluente	Grav				X
Nitrógeno Total	Efluente	Grav				X
<b>DIGESTOR DE LODOS</b>						
Temperatura	Mitad Tanque	Compuesta	X**			
PH	Mitad Tanque	Compuesta	X**			

<b>EFLUENTE POSTERIOR AL FILTRO UV</b>						
Flujo	Efluente	Sensores Mecánicos		X		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Efluente	Compuesta				X
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Efluente	Compuesta			X	
PH	Efluente	Grav	X**			
Temperatura	Efluente	In situ				X
Alkil mercurio	Efluente	Compuesta				X
Aldehídos	Efluente	Compuesta				X
Aluminio	Efluente	Compuesta				X
Arsénico total	Efluente	Compuesta				X
Nitritos	Efluente	Compuesta				X
Tensó activos	Efluente	Compuesta				X
Fósforos	Efluente	Compuesta				X
Nitratos	Efluente	Compuesta				X
Examen Microbiológico	Efluente	Compuesta				X
Sulfatos	Efluente	Compuesta				X
Dicloroetileno	Efluente	Compuesta				X
Estaño	Efluente	Compuesta				X
Fluoruros	Efluente	Compuesta				X
Hierro total	Efluente	Compuesta				X

Hidrocarburos de Petróleo	Totales	Efluente	Compuesta				X
---------------------------	---------	----------	-----------	--	--	--	---

\*\*Solo para control interno. Se deben realizar para tener un control del funcionamiento de la planta y para que esta opere en condiciones óptimas.

### 12.15 Índice de Sedimentabilidad.

Este índice puede calcularse de la manera siguiente:

$$IVL \times \frac{\text{Volumen sedimentado en 30 min} (\frac{ml}{l}) \mid 1000 (\frac{ml}{l})}{SSLM}$$

Donde,

IVL : Índice de volumen de lodos, ml/g.

SSLM : Sólidos Suspendidos en el Licor de Mezcla, mg/l.

En él se muestra una hoja de control, para poder llevar el registro de este análisis y realizar las estadísticas y el gráfico necesario para poder determinar si existen problemas en la planta (PROBE, 1994).

Tabla 12.3: Información del Test de sedimentabilidad (VER ANEXO 13)

<b>FECHA:</b>			<b>OBSERVACIONES PRIMEROS 5 MIN:</b>
<b>Lugar Muestra:</b>			Flóculo
<b>Analista:</b>			( ) Granular ( ) Compacto ( ) Desarmado ( ) Peludo
<b>Hora de la muestra:</b>		<b>ATC (%):</b>	Tamaño Partícula
<b>SSC: (ATC) * 1000/SSV</b>			( ) Grande ( ) Mediano ( ) Pequeño
<b>Tiempo</b>	<b>SSV, cc/L</b>	<b>SSC, %</b>	Interfase Bio-sólidos / Sobrenadante
0	1000		( ) Bien Definida ( ) Rugosa
5			Sobrenadante
10			( ) Clara ( ) Borrosa
15			Flóculos Straggler
20			( ) Sí ( ) No
25			<b>OBSERVACIONES DESPUÉS DE 30 MIN:</b>
30			( ) Bordes Crocantes y afilados
40			( ) Floppy / Aterciopelados
50			( ) Tipo esponja
60			( ) Homogéneo

### Control del IV (VER ANEXO 14)

FECHA/HORA	LUGAR DE LA MUESTRA	VOL. SEDIMENTADO 30 MIN (ML/L)	SSLM (MG/L)	SVI (ML/G)

---


### **12.16 Toma de muestras.**

Esta parte de Manual, establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales de la PTAR, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las recomendaciones de métodos de prueba correspondientes.

#### **12.16.1 Definiciones.**

**Agua Residual:** Es el líquido de composición variada proveniente de las redes sanitarias de la urbanización, que haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

**Canal Abierto:** Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.

**Colector:** Es un conducto abierto o cerrado que recibe las aportaciones de agua de otros conductos.

**Descarga:** Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

**Muestra simple:** Es aquella muestra individual tomada en un corto período de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

**Muestra compuesta:** Es la que resulta del mezclado de varias muestras simples.

#### **12.16.2 Recipientes para el transporte y conservación de las muestras.**

**Material de los recipientes:** Los recipientes para las muestras deben ser de materiales inertes al contenido de las aguas residuales. Se recomiendan los recipientes de polietileno de vidrio.

**Tapas o cierres:** Las tapas deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y se recomienda que sea de material afín al del recipiente.

**Preparación de los recipientes:** Los recipientes deben tratarse para eliminar cualquier sustancia que altere los resultados de los análisis.

**Capacidad de los recipientes:** Se recomienda que los recipientes tengan una capacidad mínima de 2litros.

#### **12.16.3 Etiquetas para las muestras.**

Se deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, o numerar los

frascos anotándose la información en una hoja de registro.

Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información:

- ) Identificación de la descarga
- ) Número de muestra
- ) Fecha y hora de muestreo
- ) Punto de Muestreo
- ) Nombre y firma del muestreador
- ) Hoja de registro

Se debe llevar una hoja de registro con la información que permita identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permitan repetir el muestreo. Se recomienda que la hoja de registro contenga la siguiente información:

- ) Resultado de pruebas de campo practicadas en la descarga muestreada
- ) El caudal o flujo de la descarga de aguas residuales que se muestrean.
- ) Descripción cualitativa del olor y el color de las aguas residuales muestreadas.

#### **12.16.4 Equipo de recolección de muestras.**

##### **Tomas de Muestreo.**

Se recomienda se instalen estas tomas en conductos a presión o en conductos que permitan el fácil acceso para muestrear a cielo abierto con el objeto de caracterizar debidamente las aguas residuales.

Las tomas deben tener un diámetro adecuado para muestrear correctamente las aguas residuales en función de los materiales que puedan contener deben ser de la menor longitud posible, y procurar situarlas de tal manera que las muestras sean representativas de la descarga. Se recomienda el uso de materiales similares a los del conducto, de acero al carbón o de acero inoxidable.

##### **Muestreadores automáticos.**

Se permite su empleo siempre y cuando se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo muestreador dándoles el correcto y adecuado mantenimiento, asegurándose de obtener muestra representativas de las aguas residuales.

##### **Válvulas y accesorios.**

Cada toma de muestreo debe tener una válvula de cierre que permita el paso libre de las aguas residuales y de los materiales que puedan contener y proporcionar el cierre hermético de la toma. Esta válvula y los accesorios necesarios para su instalación, deben ser de materiales similares a los de la toma y/o los conductos en que éstas se instalen.

##### **Recipiente muestreador.**

Deben ser de material inerte al contenido de las aguas residuales.

### **12.16.5 Procedimiento**

Cualquiera que sea el método de muestreo específico que se aplique a cada caso, debe cumplir los siguientes requisitos:

- ) Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes.
- ) Las muestras deben representar lo mejor posible las características de: efluente total que se descarga por el conducto que se muestrea.
- ) Al efectuarse el muestreo, deben anotarse los datos según los incisos 25.1. y 25.2.

### **12.16.6 Muestreo en tomas**

Se deja fluir un volumen aproximadamente igual a 10 veces el volumen de la muestra y a continuación se llena el recipiente de muestreo.

### **12.16.7 Muestreo en descargas libres**

- ) Cuando las aguas residuales fluyan libremente en forma de chorro, debe emplearse el siguiente procedimiento.
- ) El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces antes de efectuar el muestro.
- ) Se introduce el recipiente muestreador en el chorro para obtener la muestra. De ser posible, se toma directamente la muestra en el recipiente para la muestra.
- ) La muestra se transfiere del recipiente muestreador al recipiente para la muestra cuidando de que ésta siga siendo representativa.

### **12.16.8 Muestreo en canales y colectores**

- ) Se recomienda tomar las muestras en el centro del canal o colector de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.
- ) El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo.
- ) El recipiente muestreador, atado con una cuerda o sostenido con la mano de preferencia enguantada, se introduce en el agua residual completamente y se extrae la muestra.
- ) Si la muestra se transfiere de recipiente se debe cuidar que ésta siga siendo representativa.

### **12.16.9 Cierre de los recipientes de muestreo**

Las tapas o cierres de los recipientes deben fijarse de tal forma que se evite el derrame de la muestra.

### **12.16.10 Obtención de la muestra**

Se recomienda que las muestras sean compuestas, de tal forma que representen el

promedio de las variaciones de los contaminantes. El procedimiento para la obtención de dichas muestras es el siguiente:

- ) Las muestras compuestas se obtienen mezclando muestras simples en volúmenes proporcionales al gasto o flujo de descarga medido en el sitio y momento del muestreo.
- ) El intervalo entre la toma de cada muestra simple para integrar la muestra compuesta, debe ser el suficiente para determinar la variación de los contaminantes del agua residual.
- ) Las muestras compuestas se deben tomar de tal manera que cubran las variaciones de la descarga durante 24 horas como mínimo.

#### **12.16.11      *Preservación de las muestras***

- ) Solo se permite agregar a las muestras los preservativos indicados que recomiende el laboratorio que efectúe los análisis.
- ) Se recomienda que el intervalo de tiempo entre la extracción de la muestra y su análisis sea el menor posible y que no exceda de tres días.

#### **12.17 *Control de emisiones gaseosas.***

Las emisiones de gases que tienen lugar en los distintos procesos de la PTAR, sobre todo en el reactor de aireación, en los decantadores, y en el tratamiento de lodos, deben ser debidamente controlados para que su presencia no afecte la calidad del medio ambiente. Fundamentalmente en la PTAR se encontrará la presencia de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), Compuestos Nitrogenados, y el Sulfuro de Hidrógeno generados en:

- ) Pre-tratamiento: canastilla de la estación de bombeo y las rejas del canal - rejilla.
- ) Tratamiento secundario: Reactor orbital mediante aireación, clarificadores y digestor de lodos.
- ) En determinados casos podría originarse por la descomposición de la materia orgánica de los lodos del deshidratador.

Los Impactos ambientales asociados a la operación de la PTAR, son las molestias a la población que habita en los alrededores del foco emisor.

Los compuestos más preocupantes desde este punto de vista son los nitrogenados y el sulfuro de hidrógeno, ya que los COV's producen olores que desaparecen de forma rápida con la distancia al foco emisor. Los olores ligados al propio proceso de depuración se producen de forma continuada, mientras que los producidos por la descomposición de materia orgánica de los residuos sólidos y fangos se suele producir de forma discontinua y debido a la acumulación durante un cierto tiempo de residuos previamente a su recogida.

La intensidad de este impacto estará muy ligada a dos factores:

- ) La periodicidad de recogida de residuos sólidos y fangos, así como su forma de almacenaje.
- ) El régimen de vientos de la zona.

En conclusión, el impacto ambiental será menor si los residuos son almacenados en contenedores adecuados y emiten unos olores mínimos, así como si éstos son recogidos cada poco tiempo.

La percepción sensorial de los olores queda caracterizada por cuatro atributos: detectabilidad, intensidad, calidad del olor, y tono hedónico. El potencial de molestia de un olor específico está ligado a estas cuatro dimensiones.

### **12.18 Plan de contingencia de olores.**

Durante el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas, pueden provocarse problemas, como por ejemplo el ingreso de algún tipo de compuesto químico o variaciones de caudal, que afectan a los microorganismos, alterando el correcto funcionamiento de la planta. Esto puede provocar la aparición de olores desagradables.

Para el control de olores se puede realizar lo siguiente (Metcalf & Eddy, 1991 pág. 586):

- ) Mantener las condiciones aeróbicas dentro del reactor, mediante el aumento del nivel de aireación, para añadir más oxígeno, y de este modo mejorando el mezclado o añadiendo peróxido de hidrógeno o aire en conductos de impulsión de gran longitud.
- ) Controlando el crecimiento microbiano anaerobio por desinfección o por control del pH.
- ) Oxidando los compuesto olorosos mediante la adición de productos químicos. Un producto para controlar el gas sulfhídrico, es el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), este retarda las condiciones sépticas y no produce ningún subproducto perjudicial. La importancia del peróxido de hidrógeno se basa en la capacidad para oxidar un buen número de sustancias tóxicas y nocivas, y subproductos de aguas residuales, es también una fuente de oxígeno disuelto, el cual es complementario de la actividad de los organismos aeróbicos que producen los sulfuros y a las bacterias filamentosas que son la causa del bulking. La dosis que se debe añadir de este producto es la siguiente:



- a. Si el pH en el reactor orbital es neutro o ácido, se deberá dosificar 1.2 a 1.5 Kg de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por cada Kg de H<sub>2</sub>S.
- b. Si el pH en el reactor orbital es alcalino, se adicionará 4.5 a 5.0 Kg de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por cada Kg de H<sub>2</sub>S. Las mediciones de H<sub>2</sub>S, se las deberá realizar con un medidor portátil de gases.
- c. Previniendo la acumulación de lodos en los tanques y realizando las purgas de lodos adecuadamente.
- d. Manteniendo una adecuada velocidad del agua y no turbulencia excesiva.

### 13 CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para el control de la PTAR, a continuación de detalla las diferentes actividades que conforman el control de los equipos que la conforman, según la siguiente tabla.

Tabla 13.1: Control de operación de equipos

Que ver				Diagnóstico	Que hacer	Marca con X
Operación de los equipos.	Tanque Aireado.	Clarificador	Efluente	Comentario	Correcciones	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe Circulación.</li> <li>• El agua es color chocolate no hay espuma.</li> <li>• D.O. 1 mglt.</li> </ul>	Superficie clara con mas de 40 cm. de visibilidad.	Claro sin presencia de solidos D.O. mas de 1 mglt.	La planta esta operando correctamente.	Ninguna	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin D.O. pobre circulación</li> </ul>	Oscuro, ligero olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bastante solidos.</li> <li>• Ligera agua turbia.</li> </ul>	Pobre oxigeno.	Chequear que las unidades no tengan nada enredado y estén prendidas, considerar aumentar horas de funcionamiento.	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena Circulación.</li> <li>• Ligera o mucha espuma</li> </ul>	Lodos flotantes en algunas areas.	Alta cantidad de solidos	Mucho Oxigeno	Reducir el tiempo de operación de las unidades.	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena circulación y presencia de oxigeno.</li> <li>• D.O. de 1 a 3 mg.</li> </ul>	Largos pedazos de lodos flotantes.	Alta cantidad de solidos	Aparente problema de lodos de retorno.	Revisar que conos de los clarificadores no estén tapados.	
Equipos operando de manera inadecuada o no operando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala circulación.</li> <li>• Incremento color negro.</li> <li>• No D.O.</li> </ul>	Color oscuro con olor.	Alto en solidos con olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reloj fuera de tiempo.</li> <li>• Breaker saltado, cortocircuito.</li> <li>• Bandas.</li> </ul>	Recetar, corregir o cambiar. Reemplazar cable o cambiar motor. Tensarlas o reemplazarlas.	

#### 13.1 Interrupción del suministro eléctrico.

El impacto que provoca este evento, es la paralización de la PTAR ya que no funcionaría la Estación de Bombeo, y por ende no ingresaría agua residual al sistema.

Los procesos de depuración de las aguas residuales que ya están contenidos en la PTAR, y que continuarán saliendo hasta que se llegue a los niveles mínimos, también se paralizarán:

- J Los blowers no suministrarán el aire requerido para la transferencia de oxígeno, por lo que el proceso biológico aerobio, se ve afectado. La consecuencia será una septicidad de

las aguas residuales, dependiendo del tiempo en que se reestablezca el servicio de energía eléctrica.

- ) La unidad de desinfección no eliminará los microorganismos, produciéndose un incumplimiento con el respectivo parámetro de control.

Si el corte eléctrico se prolonga demasiados días, se comunicará del particular a la entidad de control, a fin de analizar el escenario y de ser el caso vaciar las unidades para evitar la generación de malos olores que afecten a la población.

El proyecto no contempla la instalación de un generador emergente de energía eléctrica, por los antecedentes de buen abastecimiento que tiene la ciudad. En caso de evidenciarse esta necesidad, se analizará la factibilidad técnica y económica para viabilizar la construcción e implementación de este tipo de obras.

### **13.1.1 Avería de equipos de las líneas de depuración**

El proyecto está concebido como un sistema modular, que permitirá tener dos trenes de tratamiento independientes. Así mismo tendrán blowers que funcionarán en forma alternante, con lo cual se garantiza que al faltar uno de ellos, el restante podrá cubrir toda la necesidad de la planta.

La modularidad, permitirá que la PTAR mantenga su eficiencia en la depuración de las aguas residuales ingresadas, con excepción del cumplimiento de la remoción de patógenos, ya que solo se prevé la instalación de una unidad de desinfección.

En casos extremos de averías prolongadas de todos los equipos que proveen de aire la PTAR, previa consulta con la entidad de control, se podrá evitar el ingreso de las aguas residuales paralizando la operación de la Estación de Bombeo, o producir el vertido de agua parcialmente depurada o sin tratar.

### **13.2 Lluvia intensa.**

En caso de fuertes lluvias la planta puede recibir más agua de la que puede admitir, produciéndose en tal caso el rebose de agua del pozo de bombeo. Esto implica que se va a verter al cauce el agua sin depurar. Cabe tener en cuenta que el agua más contaminada es la primera en llegar a la planta, es el llamado "wash out" de la red de saneamiento, y que el agua posterior es básicamente agua de lluvia con un grado de contaminación bajo.

Las dimensiones del área de implantación de la PTAR, evitan que las lluvias intensas constituyan un problema en la operación de las unidades. Lo que se producirá será una dilución del efluente, y una disminución de la concentración del SSVLM, lo cual se puede corregir con la recirculación de los lodos.

En todo caso, en el presente Manual se registrarán este tipo de eventos, las soluciones implementadas, y sobre todo los resultados obtenidos. Revisado esto, se tendrá conclusiones acerca de las acciones de mejora o de corrección.

### **13.3 Presencia de elementos tóxicos en el agua.**

La naturaleza del origen de las aguas residuales, prevé que la presencia de sustancias tóxicas será nula. A la PTAR solo llegarán aguas residuales de tipo doméstico, y el uso de suelo de la urbanización no considera actividades comerciales ni industriales.

La presencia de sustancias tóxicas en el agua afluyente provocaría un descenso del rendimiento del proceso biológico por muerte de los microorganismos que intervienen en el proceso. El impacto ambiental provocado, será el vertido de agua parcialmente tratada o sin tratar directamente al medio receptor. Todo esto, previo conocimiento y aceptación de la entidad de control.

### **13.4 Mediciones de caudal.**

#### **13.4.1 Medición en la entrada de la estación de bombeo.**

Para tener un estimado de la cantidad de agua residual que ingresa a la PTAR, se propone realizar mediciones mediante un sensor de nivel que permita transmitir los datos de caudal al panel de control central.

### **13.5 Mantenimiento de aireadores.**

Se desconectan los anclajes del puente y se acerca a la unidad hacia la plataforma de mantenimiento.

Mediante el uso de un cabo, se amarra lateralmente la unidad a la plataforma

Dependiendo del tipo mantenimiento, éste podrá ser realizado en sitio:

- ) Limpieza de borneras
- ) Ajuste de cables
- ) Lubricación de graseras del motor y de la unión articulada del eje
- ) Limpieza de basuras y obstrucciones
- ) Pintadas y mantenimiento de estructuras
- ) Cambios de rodamientos (Se sugiere en marca SKF-C3)

En el caso de que se requiera sustituir la unidad, se procederá a retirarla del sitio de acuerdo a lo siguiente:

- ) Se desconectan los anclajes del puente y se acerca a la unidad hacia la plataforma de mantenimiento.
- ) Mediante el uso de un cabo, se amarra lateralmente la unidad a la plataforma
- ) Se retirará la hélice utilizando las herramientas apropiadas y el difusor así como la funda protectora del eje y el eje en partes.
- ) Se retirará el motor hacia la plataforma y a través del puente

#### **13.5.1 Limpieza de basuras en hélices.**

En caso de que la hélice se encuentre atascada por alguna basura, seguir el siguiente

procedimiento:

- ) Apagar la unidad
- ) Bajar el breaker principal de la unidad
- ) Cerrar el cuarto de mandos con llave para evitar que alguien por accidente conecte la alimentación eléctrica. La llave deberá estar en poder de quien vaya a realizar la maniobra, evitando que nadie ingrese al cuarto.
- ) Se desconectan los anclajes del puente y se acerca a la unidad hacia la plataforma de mantenimiento.
- ) Mediante el uso de un cabo, se amarra lateralmente la unidad a la plataforma
- ) En el caso de las unidades superiores a 10HP que utilizan 3 o más pontones, el eje puede subirse fuera del agua, permitiéndose la fácil limpieza y remoción de basuras u obstrucciones.

Se deberá de desmontar primeramente el plato Vortex Shield, girar el motor en posición horizontal para lo cual se deberá remover los pernos de fijación a la base de la estructura del flotador. Amarrar la unidad con cabos de tal forma que quede estable.

En el caso de las unidades menores a 10HP o las que solo poseen un flotador, utilizando amarras de nylon (soga) se amarrará en cada uno de los orificios de la parte de adelante del aireador un extremo de la soga y usando las barandas se elevará fuera del agua la parte delantera del equipo (asegurarse que al halar la soga se lo haga de manera pareja para evitar que gire el equipo y se sumerja el motor).

Una vez fuera del agua la hélice, se podrá remover cualquier tipo de obstrucción o basura que tenga.

Volver a colocar como el aireador como estaba repitiendo el proceso en forma contraria.

### **13.6 Mantenimiento de blower y motores.**

Procedimiento de mantenimiento

- a. Apagar la unidad
- b. Bajar el breaker principal de la unidad por seguridad
- c. Desconectar los cables de la corriente
- d. Cerrar el cuarto de mandos con llave para evitar que alguien por accidente conecte la alimentación eléctrica. La llave deberá estar en poder de quien vaya a realizar la maniobra, evitando que nadie ingrese al cuarto
- e. Desmontar el blower y motor de la mesa para realizar los trabajos respectivos.

Dependiendo del tipo mantenimiento, éste podrá ser realizado como:

#### **13.6.1 Mantenimiento Integral.**

**Motor:** el mantenimiento integral para el motor del blower consiste en:

Desarmado de motor, cambio de rodamientos, lavado y secado de bobinas, cambio de cables (en caso de que estén recalentados), rebobinado (en caso de requerirse), limpieza de

filtro (o cambio del mismo si fuese necesario), cambio de bandas, alineación de poleas y pintado.

**Blowers:** mantenimiento integral para el blower consiste en:

Desarmado de la unidad, cambio de rulimanes (se sugiere en marca SKF para altas temperaturas), engrasado de la cajera, cambio de aceite, calibración de piñones.

Este mantenimiento, cubre hasta 4,000 horas de funcionamiento y se lo realiza retirando los equipos de la PTAR.

### **13.6.2 Mantenimiento Preventivo.**

**Motor:** el mantenimiento preventivo para el motor del blower consiste en:

Engrasar la unidad, limpieza de motor, cambio de cables recalentados (si fuese el caso), alineación de poleas, cambio de bandas.

**Blowers:** el mantenimiento preventivo del blower consiste en:

Engrasar la cajera de rodamientos, cambio de aceite, limpieza del filtro (o cambio del mismo si fuese necesario).

Este mantenimiento, cubre entre 1,500 a 2,000 horas de funcionamiento y se lo realiza retirando en sitio.

Una vez realizado cualquiera de los tipos de mantenimiento, se vuelve a colocar las unidades como estaban.

### **13.7 Filtro UV.**

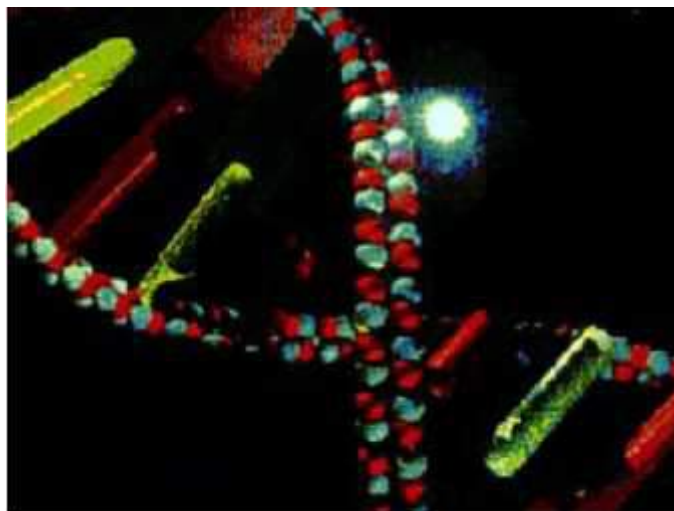
Una desinfección eficiente del agua mediante la irradiación ultravioleta (UV) involucra la observación de diversos principios que pueden ser nuevos para los profesionales del tratamiento de agua. El método presenta tanto desafíos como ventajas, ya que no deja residuos químicos en el agua de producto, pero sí requiere de un tratamiento previo para reducir los sólidos suspendidos que podrían perjudicar la transmisión de la luz ultravioleta, debido a un efecto de sombra que podría hacer que algunos contaminantes escapen de la desactivación. En determinadas longitudes de onda que producen ozono, la luz UV también ofrece propiedades de oxidación.

#### **13.7.1 Desinfección mediante luz ultravioleta.**

"Microorganismo" es un término amplio que incluye varios grupos de gérmenes patógenos. Difieren en forma y ciclo de vida, pero son semejantes por su pequeño tamaño y simple estructura relativa. Los cinco grupos principales son virus, bacterias, hongos, algas y protozoarios. Observando una célula básica de bacteria, nos interesa la pared de la célula, la membrana citoplasmática y el ácido nucleico. El blanco principal de la desinfección mediante la luz ultravioleta es el material genético del ácido nucleico. Los microbios son destruidos por la radiación ultravioleta cuando la luz penetra a través de la célula y es absorbida por el ácido nucleico.

La absorción de la luz ultravioleta por el ácido nucleico provoca una reordenación de la información genética, lo que interfiere con la capacidad reproductora de la célula. Por consiguiente, los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico que sostiene el ácido nucleico. El ADN es una molécula en forma de doble hélice, compuesta de bases nitrogenadas—adenina, timina, citosina y guanina (ver Figura 13-1). El ADN almacena toda la información necesaria para crear un ser vivo. El gene es la unidad de ADN capaz de sintetizar una proteína. El cromosoma es una secuencia larga de ADN parecida a un hilo.

Figura 13.1: La doble hélice del ADN



El genoma es el conjunto completo de los genes de una especie. La alta energía asociada a la corta longitud de onda (240 - 280 nm) es absorbida por el ARN y el ADN de la célula. La máxima absorción de la luz ultravioleta por el ácido nucleico, ADN, ocurre con una longitud de onda de 260 nm. La Figura 13.2 muestra la similitud entre la habilidad de la luz ultravioleta para destruir *E. coli* y la habilidad de las células de *E. coli* para absorber luz ultravioleta. Observe que la emisión de luz ultravioleta con una longitud de onda de 254 nm es muy cercana a la mejor condición de absorción de la luz por el ácido nucleico en la célula.

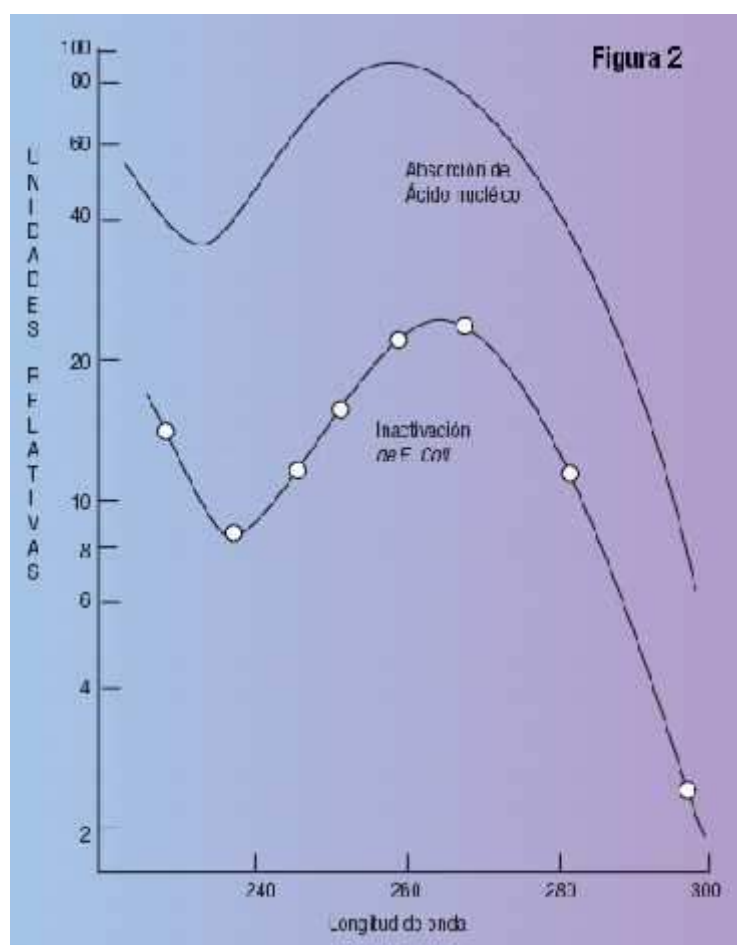
Una célula que no puede ser reproducida es considerada muerta o inactivada, porque ya no se multiplicará.

### **13.7.2 Protegiendo el medio ambiente con la desinfección mediante filtros UV.**

Hasta hace poco, la cloración era la desinfección de opción común. Hoy, un número elevado de gobiernos a nivel mundial ha restringido el monto de cloro residual descargado al medio ambiente. Estas restricciones dieron paso a un agente de cloración como el bisulfato de sodio. Pero esta práctica no protegía del todo al ambiente marino porque el cloro se combina con compuestos orgánicos en el agua residual para formar unos carcinógenos que no se pueden neutralizar por los diferentes sistemas de cloración. Los rayos ultravioleta desinfectan sin la formación de otros subproductos, haciendo este sistema un método seguro y una alternativa para la desinfección química.



Figura 13.2: Similitud de rayos UV



### 13.7.3 Seguridad del operador.

La desinfección mediante filtro con lámparas de rayos ultravioleta, es un método seguro para la persona que opera ya que no presenta ningún tipo de exposición a estos rayos, ni presenta flammabilidad, ni problemas de explosión. La desinfección mediante cloro puede producir ácidos hidroclicóricos y sulfúricos, así como inflamación de las vías respiratorias como de la tráquea y los pulmones.

### 13.7.4 Obra civil.

La obra civil de este elemento se encuentra especificada en la carpeta de planos del proyecto.

### 13.7.5 Ventajas en el uso y mantenimiento de luz UV.

- ) No genera subproductos
- ) No se necesitan estructuras de contacto; apenas algunos segundos son suficientes para la desinfección
- ) No presenta riesgos al usuario
- ) El mantenimiento es muy simple, pues necesita solamente un reemplazo anual de la

lámpara y limpieza del tubo de cuarzo de vez en cuando. Dependiendo de la calidad del agua, la limpieza puede no ser necesaria.

### 13.7.6 Otras aplicaciones de UV.

**Efluentes:** La gran ventaja del uso de luz ultravioleta en efluentes es que no se agrega nada al agua, es decir, cuando el efluente es descargado en un cuerpo acuático, el agua está prácticamente libre de contaminantes; cumple con los límites de microorganismos y no transmite subproductos nocivos al medio ambiente. Descomposición de ozono:  $2O_3 + UV254 = 3O_2$ .

**Uso de luz UV para dechloración:** Dosis elevadas de ultravioleta, utilizándose lámparas de presión mediana, reducen los niveles de cloro en el agua. Esta solución es utilizada cuando no es deseable el uso de filtros de carbón activado o de sodio metabisulfito.

Figura 13.3: Dosis de UV recomendadas

Dosis de UV (mWs/cm <sup>2</sup> ) para inactivación 1 Log o 2 Log de población microbiana							
Microorganismos	1 Log	2 Log	Ref*	Microorganismos	1 Log	2 Log	Ref*
<b>BACTERIAS</b>				<b>VIRUS</b>			
<i>Bacillus anthracis</i>	4.5	8.7		MS 2 Coliphage	18.8	-	6
<i>Bacillus subtilis</i> , esporas	12	22		E-specific bacteriophage	3.9	-	2
<i>Bacillus subtilis</i>	7.1	11		Hepatitis A	7.8	-	5.6
<i>Campylobacter jejuni</i>	1.1	-	5	Influenzavirus	3.6	6.5	2
<i>Clostridium tetani</i>	12	22	1	Polio virus	6.77	-	5.6
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	3.4	6.5	1	Rotavirus	3.11	-	5.6
<i>Escherichia coli</i>	3	6.6					
<i>Klebsiella terrigena</i>	2.5	-	5				
<i>Legionella pneumophila</i>	0.9	2.8	4				
<i>Serratia marcescens</i>	20	23.4		<b>PROTOZOARIOS</b>			
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	6	10		<i>Giardia lamblia</i>	1.1	8.1	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.5	10.5	6	<i>Cryptosporidium parvum</i>	2.5	21.7	-
<i>Salmonella enteritidis</i>	4	7.6					
<i>Salmonella paratyphi</i>	3.2	-	3				
<i>Salmonella typhi</i>	2.1	-	5				
<i>Salmonella typhimurium</i>	3	6		<b>ALGAS</b>			
<i>Shigella dysenteriae</i>	2.2	4.2		Azul verde	300	600	1.3
<i>Shigella flexneri</i> (paradysenteriae)	1.7	3.4		<i>Chlorella vulgaris</i>	12	22	1.2
<i>Shigella sonnei</i>	3	-	5				
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	6.6					
<i>Streptococcus faecalis</i>	4.4	-	5				
<i>Streptococcus pyogenes</i>	2.2	-		<b>LEVADURA</b>			
<i>Vibrio cholerae</i> (V. comma)	-	6.6	5	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7.9	18.2	1
<i>Yersinia enterocolitica</i>	1.1	-	5				

\* Referencias:  
 1. Logos, R.W. "UV disinfection of water." *Water and Sewage Works*, 66: 661, 1962.  
 2. Jevons, G. "Disinfect systems in water treatment." *Effluent and Water Treatment Journal*, 22: 161-162, 1982.  
 3. Groves, R.H. "Disinfection of Drinking Water by Ultraviolet Light." *J. Inst. Water Engineers and Scientists*, 39(2), 163-172, 1994.  
 4. Anipfel, S.C. "Efficacy of *Legionella pneumophila* for Ultraviolet Radiation." *Applied and Environmental Microbiology*, 38, 347-348, 1979.  
 5. Wilson, D. "Coliphage MS-2 as UV Water Disinfection Efficacy Test: Corroborate for Bacterial and Viral Pathogens," presentado en la Conferencia de Tecnología de la Ciudad de Agua, American Water Works Association, 1992.  
 6. White, R.L. "Ultraviolet Disinfection of Drinking Water: Current Technology and Research." *Proceedings of Sewer Technology*, 24(6), 769-773, 1990.

### 13.8 Instrucciones de operación servicio de la unidad de desinfección.



### **13.8.1 Esterilización Ultravioleta**

La radiación ultravioleta en los rangos entre 200-300 nanómetros (nm) es extremadamente efectiva matando microorganismos como bacterias, virus, algas y hongos.

Una lámpara de arco germicida de mercurio a baja presión, produce la radiación o luz ultravioleta. Este tipo de lámpara emite el 90% de su energía de radiación a 253.7nm. por coincidencia, este es muy cercano al pico de la curva de efectividad del germicida para la longitud de onda más letal para los microorganismos. Cuando los microorganismos son expuestos a los rayos UV, se produce un cambio químico en sus moléculas del ADN, y su posterior muerte. El Esterilizador UV funciona sin alterar el pH o compuestos químicos del agua.

### **13.8.2 Características y especificaciones de la esterilización UV.**

Este sistema UV utiliza la más alta calidad de lámpara de vidrio de "cuarzo duro". Las lámparas de cuarzo tienen la más alta capacidad de transmisión de rayos ultravioleta, asegurando la máxima transmisión de la energía UV. Otros tipos de vidrios, como los suaves utilizados en las lámparas tipo G8T5, G15T8, G25T8 y G30T8, absorben la energía UV y transmiten menor cantidad de esta. Este proceso llamado solarización empeora con la edad de la lámpara, oscureciendo el vidrio y aumentando la retención de los rayos UV en él, mientras se reduce la efectividad de la transmisión de los rayos.

#### **Características del filtro UV:**

- ) Alta tasa de transmisión de los rayos UV
- ) Las multi-lámparas con los rangos de vatios entre 65W y 200W, de los estilos GPH T5 o T6, tienen una vida larga (9000horas)
- ) Pocos cambios en la tasa de transmisión UV a lo largo de la vida de la lámpara.
- ) Conversión más eficiente de la energía eléctrica en rayos ultravioleta.
- ) Manga de cuarzo para obtener una máxima transmisión UV y mayor seguridad.
- ) Diseño de lámparas de agua para ubicaciones húmedas.
- ) Todos los modelos están equipados con uniones de casquillos para las lámparas o con puertos de entrada y salida protegidos del agua.

### **13.8.3 Reglas de seguridad para los filtros UV - instrucciones importantes de seguridad.**

PREVENIR LOS ACCIDENTES, LAS PRECAUCIONES DE SEGURIDAD BÁSICA DEBEN SER OBSERVADAS, INCLUYENDO LAS SIGUIENTES:

Agua y energía eléctrica puede ser una combinación peligrosa. Ayúdenos a asegurar su seguridad POR FAVOR LEA Y SIGA TODAS LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.

**Peligro:** para evitar posibles choques eléctricos se debe tomar especial cuidado desde que el agua entra en contacto con el equipo. Para cada una de las siguientes situaciones no intente repararlas usted mismo:

- ) Si la unidad cae en el agua, ¡NO TRATE DE SACARLA! Primero desconéctela y luego recupérela. Si los componentes internos de la unidad se mojan, desconéctela inmediatamente.
- ) Revise cuidadosamente la unidad después de la instalación. No debe ser conectada si hay agua en cualquier parte que no deba estar mojada.
- ) No opere la unidad si tiene algún cable o enchufe dañado, si está funcionando mal, si se ha caído o dañado de alguna manera.
- ) Supervisión cercana es necesaria cuando cualquier aplicación se encuentra cerca de niños.
- ) Siempre desconecte la unidad cuando no esté en uso, antes de darle mantenimiento, limpieza o remover partes.
- ) NO use el esterilizador ultravioleta para nada más que no esté dispuesto.
- ) Lea y observe todas las noticias importantes en la unidad

**Para su seguridad:** La manga de cuarzo y/o la lámpara UV del producto puede haberse dañado o roto en el camino o traslado; por lo que es ESENCIAL que la unidad sea INSPECCIONADA CUIDADOSAMENTE ANTES DE CONECTARLA.

- ) Esta unidad debe ser cableada y conectada a un circuito interruptor con puesta a tierra.
- ) Solamente una conexión de tres cables a tierra, puede ser utilizada para la conexión de la unidad. Cuando se conecten cables para uso externo, se debe usar un cable apropiado para resistir el agua. Si es necesaria una extensión del cable, se deberá usar un cable adecuado. Un cable diseñado para menor amperaje o vatios que los requeridos por el equipo, producirá sobre calentamiento. Se debe tener cuidado de arreglar los cables de manera tal que no vayan a ser arrancados. (En caso de dudas consulte a un electricista calificado).
- ) **PRECAUCIÓN:** ¡La luz ultravioleta es dañina para los ojos y piel! No se pare ni permanezca frente a una lámpara UV si está energizada fuera de la unidad UV. Si la lámpara germicida es operada fuera del filtro para pruebas, debe notar que los rayos UV son invisibles para el ojo humano, y tomarse precauciones para evitar que los rayos UV entren en contacto con los ojos. Plásticos claros y la mayor parte de vidrios no son atravesados por rayos UV, y pueden usarse como equipos de protección visual de ser necesario.

#### **13.8.4 Instrucciones de preinstalación.**

Lea todas las secciones antes de la instalación y arranque del filtro UV para que se familiarice con las funciones y capacidades del equipo.

- a. Montaje inicial del filtro.
- b. El filtro UV consiste en dos secciones principales: el módulo de abastecimiento de energía y un envase o contenedor de la lámpara UV o marco para agua. La unidad debe ser enviada con las protecciones de cuarzo instaladas y las lámparas UV fuera del contenedor de las mismas. También el módulo de abastecimiento de energía está desconectado del tubo de las lámparas, para el envío.
- c. El siguiente procedimiento es aplicable para cualquiera de los filtros UV comerciales, sin importar el número de lámparas que pueda tener la unidad. Acueste el contenedor sobre un lado para el siguiente procedimiento:
  - ) Para remover o reemplazar las mangas de cuarzo siga lo siguiente. Con la herramienta entregada para las mangas de cuarzo, desenrosque y remueva los tornillos sostenedores, los sellos o empaquetaduras de caucho para las mangas de cuarzo. Realizar esto en los dos extremos de cada manga.
  - ) La mayoría de los filtros UV comerciales vienen con las mangas de cuarzo instaladas en la fábrica. Volver a apretar las mangas de cuarzo con los tornillos sostenedores; para asegurar que no se perderán durante el transporte.

Si por alguna razón la unidad no tenía las mangas de cuarzo instaladas prosiga de la siguiente manera. Para instalar las mangas de cuarzo, desempáquelas y deslice cada una por las ranuras de los tornillos de compresión. Llevándolas desde el lado de la conexión eléctrica al que no tiene conexión. Asegúrese que las mangas están en los agujeros correspondientes en el otro extremo, trabaje con el extremo hacia abajo, para que si una manga cae no rompa la siguiente.

Después de poner la primera manga en el contenedor principal, lubrique una de las empaquetaduras de caucho y las mangas de cuarzo para sellarlas, ya sea con silicón o agua, coloque un set sobre el extremo abierto de la manga de cuarzo, luego otro set sobre el anterior. Asegúrese que la empaquetadura o sello este ubicada encima o antes de las mangas de cuarzo en ambos extremos. Presione el sello y junte firmemente en el lugar del tornillo de compresión. Ahora haga lo mismo para el lado no eléctrico pero no lo apriete por completo. En el lado eléctrico del contenedor principal permita que los capuchones de los tornillos entren en contacto con el extremo de las mangas de cuarzo. Ahora apreté el tornillo retenedor con la herramienta de las mangas de cuarzo proporcionada. El capuchón mantendrá la manga de cuarzo a la altura instalada, apriete el tornillo sostenedor hasta que esté ajustado en la manga de cuarzo. Si se lo hace correctamente, la manga de cuarzo estará en contacto con el capuchón. Con el lado de la conexión eléctrica de la manga de cuarzo instalado, apriete el tornillo del lado sin conexión eléctrica. Repita este proceso para cada manga de cuarzo que tenga la unidad.

- a. Con todas las mangas de cuarzo instaladas, monte y pruebe (con agua) el contenedor principal.
- b. Con el contenedor de agua principal armado y la unidad de agua probada reubique la tapa del extremo no eléctrico del contenedor en el cuerpo principal. Una los cables eléctricos desde el módulo de abastecimiento hasta el contenedor principal de agua por medio del siguiente procedimiento:

- ) Montar el panel de control de abastecimiento cerca del contenedor principal de la unidad UV, utilizando un pie de montaje, en caso de ir en la pared. Los requerimientos eléctricos para el panel de control son 120V AC 50/60Hz en unidades estándar o 230 a 250V AC 50/60Hz en órdenes especiales. La unidad debe ser reconectada a un circuito eléctrico con puesta en tierra.
- ) Con el contenedor de agua montado adecuadamente en su lugar con todas las conexiones de agua, pero sin las lámparas UV o sin los cables eléctricos conectados, realizar una prueba de agua en la unidad, encendiendo el abastecimiento de agua. Con el agua fluyendo chequear todas las conexiones buscando fugas. Prestar mucha atención a la comprensión de las mangas de cuarzo. Si se encuentra alguna fuga se debe cerrar el abastecimiento de agua y repararla.
  - c. Cada cable eléctrico corresponde a uno o dos conectores de lámparas, unidos a sus extremos, corresponde un conector por lámpara. Empuje el conector de plástico blanco, por una tubería de 1/2" o 3/4" con rosca en el extremo de la conexión eléctrica al contenedor principal.
  - d. Luego que los conectores plásticos se encuentren a través de las paredes del contenedor, atornille el estanco de plástico encajándolo en el cuerpo del contenedor principal, sin apretar los seguros.
  - e. Con el módulo de abastecimiento de energía al contenedor de agua principal, con las conexiones eléctricas en el lugar, desempaque las lámparas UV y cuidadosamente cárguelas sobre las mangas de cuarzo. Cuando esté instalando las lámparas, deslícelas en las mangas de cuarzo con el lado sin conector avanzando primero dentro de la manga. Una los conectores eléctricos de plástico con las lámparas, empujando los conectores sobre los conectores de las lámparas.
  - f. A continuación baje o deslice las lámparas en las mangas de cuarzo, coloque las lámparas tal que estén centradas en el contenedor, no coloque las lámparas tal que la sección del filamento de las lámparas este localizada en la junta de la manga de cuarzo. Si esto ocurre, el calor de las lámparas podría dañar el área del sello de la junta y causar fugas de agua.
  - g. Ahora con los cables unidos a las lámparas UV, ajuste las longitudes tal que el cableado interno de la unidad sea ordenado, luego apriete la tapa de cada uno de los cables de los conectores, esto sella a los cables de la entrada de agua del interior de la unidad UV.
  - h. Con todas las conexiones eléctricas hechas y el módulo de abastecimiento encendido, encienda la unidad y revise que todas las lámparas estén funcionando.
  - i. Si todas funcionan apague el distribuidor de energía y reemplace la tapa en el lado de la conexión eléctrica de la cámara de agua UV. Si todas no funcionan, vuelva a chequear todas las conexiones eléctricas y vuelva a probar la unidad.

### **13.8.5 Métodos de montaje para el abastecimiento de agua y requerimientos eléctricos.**

- ) El filtro UV puede ser colocado al final de una línea de filtración, después de todos los filtros.
- ) Montar el panel de control de abastecimiento cerca del contenedor principal de la unidad UV, utilizando un pie de montaje, en caso de ir en la pared. Los requerimientos eléctricos para el panel de control es 120VAC 50/60Hz en unidades estándar o 230 a 250 VAC 50/60 Hz en órdenes especiales. La unidad debe ser conectada a un circuito eléctrico con puesta a tierra.
- ) Este producto debe ser conectado a tierra. Si la unidad falla eléctricamente, la puesta a tierra provee una ruta de menos resistencia para que pase la corriente eléctrica, reduciendo el riesgo de cortocircuitos. Este producto está equipado con un cable que tiene un equipo conductor y conector de puesta a tierra. La conexión debe ser realizada en un tomacorriente apropiado con tierra que siga los códigos y ordenanzas eléctricas.
- ) PELIGRO: la conexión inapropiada del equipo conductor a tierra, puede resultar en riesgo de electrocución. Verifique con un eléctrico calificado si está en duda de cómo conectar la salida a tierra apropiadamente. No modifique el conector provisto con el producto. Si el conector no encaja con el tomacorriente, instale un tomacorriente adecuado por un electricista. No use ningún adaptador con el producto.
- ) INTERRUPTOR DE TIERRA PARA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO POR FALLA: para cumplir con el código eléctrico nacional (National electric Code) y proveer una protección adicional para e riesgo de choque eléctrico, esta unidad sólo podrá ser conectada a un receptor protegido por un interruptor de tierra para falla del circuito.
- ) Con el contenedor de agua montado adecuadamente en su lugar con todas las conexiones de agua, pero sin las lámparas UV o sin los cables eléctricos conectados, realizar una prueba de agua en la unidad, encendiendo el abastecimiento de agua. Con el agua fluyendo chequear todas las conexiones buscando fugas. Prestar mucha atención a la compresión de las mangas de cuarzo. Si se encuentra alguna fuga se debe cerrar el abastecimiento de agua y repararla.

Encendido de la unidad para modelos estándar de control (para saber de modelos de pantallas de control ver instrucciones suplementarias)

Con todas las conexiones hechas y con el panel de control y el contenedor de agua apropiadamente ensamblados, y con un flujo de agua a través de la unidad encienda el abastecimiento de energía en el switch on/off poniéndolo en la posición ON. Con el interruptor encendido, las unidades de indicación de la energía de las lámparas, el tiempo de recorrido en horas y el indicador del estado de las lámparas deben encenderse.

Además se debe ver el resplandor de las lámparas en las vistas de los extremos de la unidad, si así sucede, la unidad está funcionando correctamente.

Si ninguno de los ítems anteriores se enciende, revise si tiene la entrada AC correcta conectada a la unidad. Si todo excepto el indicador del estado de las lámparas (LED) se enciende regrese a revisar las conexiones UV de las lámparas.

**INDICADORES DEL ESTADO DE LAS LÁMPARAS:** cuando las lámparas estén

funcionando apropiadamente el LED rojo del panel de control estará encendido. Si una lámpara UV no está funcionando adecuadamente el LED rojo estará opaco. Si el LED se apaga completamente, las lámparas no están funcionando y requieren servicio de mantenimiento.

**MEDIDOR DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS:** es usado para determinar la edad de las lámparas en horas. Las lámparas deberán ser cambiadas cada 9000 horas de uso, no hacer el cambio podría causar daños en los conectores. Cuando sea que la lámpara sea cambiada, el medidor de horas deberá ser reseteado.

Esto será hecho, ya sea presionando el botón de reseteo ubicado cerca del medidor, mientras esté encendido el panel de control, o acortando los terminales 1 al 4 en la parte de atrás del medidor de horas. Esto dependerá del tipo de modelo. Cuando el botón esté presionado o los terminales cortados, el medidor de horas se reseteará a cero.

**PRECAUCIÓN SOBRE LA EXPOSICIÓN A LOS RAYOS UV:** no se pare o mire directamente a las lámparas UV. Si se encuentran las lámparas encendidas fuera del contenedor principal, la exposición directa a los rayos ultravioleta puede causar riesgos de salud y daños en la piel.

El flujo de agua a través de la unidad UV es muy importante para su efectividad alcanzada. Mida el flujo de agua bombeado a la unidad con un flujómetro o mida el tiempo que toma en llenar un recipiente de un volumen conocido.

**ADVERTENCIA:** para reducir el riesgo de electrocución, mantenga todas las conexiones secas y fuera de tierra. No toque el enchufe con las manos mojadas.

El caudal de agua a través de la unidad UV no deberá exceder el caudal máximo para alcanzar la efectividad propia del germicida.

### ***13.8.6 Mantenimiento y desensamblado del filtro UV***

Antes de cualquier mantenimiento aplicado en la unidad UV, DEBE DESCONECTARSE LA UNIDAD DE SU PUESTA EN TIERRA Y APAGAR EL SUMINISTRO DE AGUA.

#### ***13.8.6.1 Reemplazo de lámparas UV para todos los modelos.***

Apague el suministro de agua hacia la unidad UV. Para remover las lámparas UV haga los pasos inversos de las instrucciones de preinstalación.

**NOTA # 1:** Al reemplazar la lámpara inspeccione la fuente de energía, los 4 pin conectores de las lámparas UV, el cable de abastecimiento de energía y las mangas de cuarzo, para su reemplazo si es necesario, por daño o uso.

**NOTA # 2:** Al reemplazar las lámparas UV después de 13 meses de uso (9000 horas) las mangas de cuarzo y las juntas deben ser reemplazadas.

**NOTA # 3:** Resetear el medidor de horas de las lámparas UV al cambiarlas.

#### ***13.8.6.2 Limpieza para las mangas de cuarzo de todos los modelos.***



(Realice este paso si requiere mantenimiento)

- ) Apague el abastecimiento hacia el filtro UV.
- ) Remueva los tornillos de la tapa en la superficie.
- ) Retire la tapa y desconecte el sistema del conector principal para separar el cable que viene del tablero de la lámpara UV.
- ) Mediante las agarraderas provistas en el marco de acero inoxidable suba completamente el filtro y ubíquelo en un lugar plano en la superficie.
- ) El sistema de agarraderas protege que las lámparas de cuarzo no entren en contacto con la superficie.
- ) Proceda a limpiar completamente las mangas de cuarzo hasta que la superficie de los tubos quede clara y transparente.
- ) La unidad está lista para ser reubicada nuevamente.
- ) Repita los pasos anteriores de manera inversa.

### **13.9 Clarificador secundario.**

El Sedimentador Secundario también denominado Clarificador tiene como objetivo principal la separación de la biomasa mediante un proceso de floculación de la materia orgánica.

#### **FUNCIONAMIENTO:**

La teoría de operación nos indica que los sólidos suspendidos provenientes del Reactor Biológico Primario (L2) han completado ya una parte del ciclo, es decir las bacterias aeróbicas que colonizaron la materia orgánica han removido ya una parte orgánica, han liberado agua clara y por ende el floculo con mayor peso podrá sedimentarse dentro de las tolvas o conos para poder ser reinsertados ya sea al Reactor Biológico Primario o al Digestor de Lodos (L3) para su confinamiento, reducción final y posterior disposición.

#### **OPERACIÓN NORMAL:**

Cada Sedimentador Secundario tiene 6 bombas de lodos y 6 skimmers, todos ellos neumáticos. El Clarificador dispone de 2 válvulas a los extremos de la unidad para el retorno de los lodos a L2 o L3.

En operación normal las válvulas de aire que alimentan las 6 bombas y los 6 skimmers deben de estar abiertas y reguladas de la siguiente forma:

- ) Lodos: las válvulas deberán estar completamente abiertas.
- ) Skimmers: deberán de regularse entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  dependiendo de la continuidad del flujo del retorno de lodos, esta calibración es visual y se realiza observando el tubo café del retorno de lodos, la idea es que el skimmer no succione aire sino solo agua de la superficie del Sedimentador Secundario, permitiendo que el aire que ingresa a las bombas mantenga un flujo continuo hacia el Reactor Biológico Primario.

Las válvulas de retorno de lodos deberán estar abiertas hacia L2 y cerradas hacia el Reactor Biológico Secundario (L3 o Digestor de Lodos).

En caso de que el retorno de lodos del Clarificador hacia L2 esté muy claro y no haya muchos sólidos que retornen se deberá de reducir la apertura de las 2 válvulas de las bombas de lodos a  $\frac{3}{4}$  o media apertura disminuyendo de esta forma la recirculación. Al

incrementarse la densidad de este, se volverán abrir las válvulas de acuerdo a la necesidad.

### **PURGA DE LODOS DE L2 A L3**

Después de 6 meses de operación sin purgar el Reactor Biológico Primario (L2) se deberán hacer purgas mensuales para disminuir la concentración de sólidos en L2 el protocolo de operación es el siguiente:

- ) Se apaga el blower
- ) Se apagan los aireadores del Digestor de Lodos (L3)
- ) Se abren las válvulas que van desde el Sedimentador Secundario hacia L3
- ) Se cierran las válvulas que va desde el Sedimentador Secundario a L2
- ) Se prende el blower y se realiza este procedimiento de purga entre 12 y 24 horas.

Se deberá de tener cuidado de no reducir demasiado los sólidos en L2, en caso de ocurrir esto seguir el procedimiento que se detalla en la parte inferior.

### **RETORNO A OPERACIÓN NORMAL:**

- ) Se apaga el blower
- ) Se cierran los retornos de los Sedimentadores Secundarios a L3
- ) Se abren los retornos de los Sedimentadores Secundarios a L2
- ) Se prenden los aireadores de L3
- ) Se vuelve a prender el blower

### **PROCEDIMIENTO EN CASO DE PURGA EXCESIVA DE L2 A L3:**

En caso que se haya purgado demasiado L2 y se quiera refertilizar nuevamente se repite el mismo protocolo de purga especificado pero con los aireadores encendidos, de esta forma se consigue que por el retorno del sobrenadante de L3 converja a L2 los lodos que se purgaron originalmente.

Este mismo protocolo se realiza cuando por alguna razón ha colapsado el Reactor Biológico Primario y lo que se consigue es refertilizarlo con las bacterias de L3.

### **LIMPIEZA**

Todos los días el operador deberá de realizar el siguiente procedimiento:

- ) Remover cualquier objeto flotante dentro de las áreas comprendidas en los bafles de entrada, salida o del centro.
- ) Los lodos que se hayan formado en la superficie del Clarificador mediante el uso de un recogedor tipo malla los deberá de disolver lentamente.
- ) Deberá de remover las natas, algas o suciedad de las platinas dentadas.

### **COMPROBACIÓN DE OPERACIÓN:**

Diariamente deberá realizar una inspección de cada uno de los Clarificadores para constatar



su correcto funcionamiento:

- ) Observar que los 6 skimmers estén succionando la parte superficial del Sedimentador, sin absorber aire, si esto ocurriera deberá calibrar las válvulas.
- ) Observar que por el tubo anaranjado que va a L2 haya un flujo de agua semiclara de manera continua o intermitente; si la intermitencia fuera muy prolongada deberá abrir la válvula un poco.
- ) Observar que el tubo café de retorno de lodos fluya normalmente hacia L2.
- ) Poner la mano sobre los tubos de salida de las 4 bombas para sentir la succión e impulsión, si en una de las bombas no sintiese flujo significaría que puede estar tapada, cerrar las válvulas de las otras bombas y de los skimmers para que por incremento de presión se destape, si esto no funciona sacar el tapón superior introducir una manguera por el orificio y meter agua con presión al fondo para destapar.

### **13.10 Digestor de lodos.**

El Digestor de Lodos o L3 es la unidad donde se almacenan los lodos semidigeridos del Reactor Biológico Primario, en esta parte del sistema se consigue reducir la materia orgánica mediante un proceso de especialización de las bacterias.

#### **FUNCIONAMIENTO:**

La teoría de operación indica que en el Reactor Biológico Primario ocurre una reducción de la materia orgánica ente el 40 y 45% dependiendo de las temperaturas ambientales y del agua.

Mediante el uso del Clarificador y tal cual se detalla en el manual de operaciones de ese elemento de acuerdo a la edad proyectada de los lodos en el Reactor Biológico Primario (L2) se hará una purga hacia L3 (Reactor Biológico Secundario) en donde la materia orgánica dependiendo de cada proyecto estará confinada entre 20 o 30 días hasta que la nueva purga de L2 dé lugar.

#### **PURGA DE L3:**

Después del tiempo proyectado de confinamiento de lodos en L3 y manteniendo un mínimo de 30 días desde la última purga de L2 se podrá retirar lodos del digestor mediante el siguiente procedimiento:

- a. Se apaga la aireación de L3 por un mínimo de 8 horas, consiguiendo que la materia orgánica se sedimente por compresión.
- b. Se decide la celda de deshidratación que se va utilizar las cuales se denominan Deshidratador A, B y C, abriéndose solo la válvula del área a utilizarse.
- c. Se conecta la manguera que da aire desde afuera de L3 a la toma debajo del puente de L2 abriéndose la válvula correspondiente.
- d. Se regulan todas las válvulas de Bomba de Lodos y de Skimmer del Clarificador incrementándose la presión de aire para el bombeo.

#### **PRECAUCIÓN:**

En caso que se active la válvula de alivio en el sistema de blower se podrá abrir ligeramente

las válvulas del Clarificador para evitar este proceso.

Realizados los pasos anteriores la bomba neumática de L3 bombeará los lodos sedimentados en el reactor bajando el nivel de la misma hasta que por un diferencial de presiones no pueda bombear más en ese momento se deberá regresar a operación normal.

### **13.11 Personal requerido para la operación de PTAR.**

El personal requerido para el mantenimiento y operación de la planta, se detalla en el siguiente cuadro:

**Tabla 13.2: Personal requerido para la operación PTAR**

<b>CARGO</b>	<b>#</b>	<b>FUNCIONES</b>
Conserje	1	-Limpieza de las instalaciones y alrededores
Guardián	1	-Limpieza de las instalaciones y alrededores
Ingeniero o Químico Jefe de Planta	1	Responsable del correcto funcionamiento de todas las instalaciones, quien reportará al Director las novedades presentadas en el funcionamiento del sistema
Ingeniero Eléctrico	1	Control de los equipos eléctricos y automatización
Ingeniero Mecánico	1	Control de los elementos electromecánicos
Operador de planta	3	-Encargado y Responsable del funcionamiento de la planta -Chequear y controlar el buen funcionamiento de los equipos y unidades -Dar mantenimiento y Reparar los equipos y unidades del sistema -Llevar un registro escrito o computarizado y Notificar acerca del funcionamiento de los equipos y unidades de la planta de tratamiento.
Maestro especialista	2	Encargado del chequeo y verificación adecuada de las obras civiles que forman parte del sistema
Albañil	2	Arreglos de los daños o reparaciones de las instalaciones civiles
Ayudante de albañil	2	Arreglos de los daños o reparaciones de las instalaciones civiles
Chofer	1	Transporte del personal que labora en la planta
Guardia	2	Cuidado de las instalaciones

- ) El personal ingresa a las instalaciones a las 8h00 y sale a las 18h00.
- ) Deberá haber un guardia con cierto nivel de instrucción en la operación de la planta para que pueda de manera emergente recibir instrucción de cualquiera de los operadores. Lo ideal sería contar con un operador nocturno.
- ) El perfil de los operadores debe ser de tipo técnico con conocimientos en electricidad mecánica y plomería, se recomienda ampliamente que un operador sea electromecánico y el otro biólogo.

## 14 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.

Para dar el correcto mantenimiento de las obras civiles, se proponen las siguientes medidas:

- a. Se deberá proteger las estructuras metálicas con pintura anticorrosivas para evitar su deterioro por oxidación, en especial en la época de invierno.
- b. Se deberá pintar cada año las estructuras, instalaciones y cerramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- c. Mantener limpias las vías de acceso y de operación del sistema para evitar daños en su estructura. (pasarelas, vías de tránsito de vehículos)
- d. Una vez al año se deben revisar las estructuras de hormigón, y determinar si necesitan algún tipo de mantenimiento estructural tales como resaneamiento del enlucido, reforzamiento de alguna estructura que haya perdido sus propiedades estructurales de resistencia y durabilidad, control de fisuras en los muros de hormigón, y cualquier otro defecto estructural que se presente.

### 14.1 Plan de contingencia.

- a. Todo el personal debe usar equipamiento de seguridad, tales como: botas, guantes, gafas, mascarillas, buzos, pantalones largos, impermeables de ser necesarios.
- b. No deben ingresar personas ajenas al funcionamiento de la planta, para evitar accidentes. Se deberá llevar un control de ingresos en la planta (bitácora de visitas), para mantener un registro de los visitantes.
- c. Se deben colocar señalizaciones y letreros para indicar la presencia de posibles peligros o riesgos. (PELIGRO, ALTO VOLTAJE, NO CAMINAR POR EL BORDE DE LOS REACTORES, NO INGRESAR, etc.)
- d. Los vehículos deben circular estrictamente por el área de operación y mantenimiento para evitar deslizamientos en los taludes del reactor orbital debido a la carga del vehículo.
- e. Para evitar los malos olores debe cuidarse el buen desarrollo del cerco vivo colocado en los alrededores de la planta de tratamiento.
- f. Se debe tener especial cuidado al dar mantenimiento a los equipos electrónicos, electromecánicos y mecánicos, para evitar daños a la integridad de los operadores.

#### 14.1.1 Almacenamiento para Implementos del Trabajo.

En el área de la estación de bombeo, se colocarán estantes o armarios donde se almacene los implementos de trabajo para los operadores de la planta de tratamiento.

En el plano eléctrico constan los puntos de energía eléctrica de la caseta: 2 focos, 2 tomacorrientes dobles de 110 V y 2 tomacorrientes de 220 V.

En lo que respecta a los puntos de agua potable, se ha proyectado la instalación de grifos para mangueras en los exteriores de la estación de bombeo.

Se colocará un contenedor metálico con tapa, cerca de la estación de bombeo. El contenedor deberá estar protegido con pintura anticorrosivas, y servirá para desechos sólidos secos de todo tipo recolectados en la planta.

#### **14.1.2 Patio De Maniobras Para Realizar Trabajos De Operación Y Mantenimiento.**

En el plano de implantación del Sistema de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, se puede observar el área de operación y mantenimiento este espacio es suficiente para que los vehículos operen dentro de los límites del sistema.

#### **14.1.3 Medidas de protección.**

Es de hacer notar que la cantidad y tipos de unidades de cada Planta hará que el operario tome menores o mayores precauciones, pero indiscutiblemente se debe tener presente el riesgo de accidentes o contaminaciones es el mismo, ya que estamos en presencia de líquidos altamente sépticos, reactores, escaleras, etc.

Por lo tanto vale recordar y tomar en cuenta lo dicho en cuanto a:

- a. Obligatoriamente utilizar la vestimenta y equipos de protección personal.
- b. Si se está lastimando, cubrir la lastimadura antes de trabajar.
- c. Queda prohibido fumar cuando se opere con lodos digeridos.

#### **14.1.4 Manejo De Desechos Sólidos.**

En cuanto al manejo de desechos sólidos generados en la estación de bombeo y en la planta, se han utilizado rejillas de acero inoxidable, para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos, del taponamiento o interferencia causado por plásticos, papeles, botellas y objetos grandes, ya que las partículas suspendidas gruesas pueden removerse más económicamente mediante cribado que por cualquier otra operación unitaria.

Con este tratamiento se logra retener aproximadamente el 60% de sólidos gruesos, ya que los sólidos de menor tamaño pasarán a la siguiente etapa del tratamiento.

El tipo de rejillas usadas conforman una canastilla, que consta de una cadena que la sujeta en sus cuatro extremos, para poder elevarla por medio de una polea en forma manual, permitiendo de esta manera retirarla y realizar la limpieza adecuada.

Sus dimensiones permiten la limpieza conveniente por el operador. Para dicha limpieza se utilizarán cepillos o escobillas para retirar los sólidos adheridos a las rejillas, y se retirará manualmente todos los sólidos acumulados. Este mantenimiento preventivo se los realizará semanalmente.

Se deben limpiar los objetos flotantes que se encuentren tanto en el reactor orbital como en el baffle a la entrada del clarificador, ya sean estos provenientes del sistema (lodos) o externos (hojas, palos y plásticos) ya que la planta se encuentra a la intemperie.

Para dicho procedimiento se usará una maya y se dispondrá de los residuos de acuerdo a su procedencia, es decir, los desechos que provienen de la planta serán devueltos a el

reactor orbital y los externos deben ser descartados para su recolección junto con la basura.

La disposición del material retenido, se la realizará en tachos y será desalojado como basura doméstica, para su traslado al Relleno Sanitario Municipal.

#### **14.1.5 Facilidad Para Mantenimiento De Skimmers Y Bombas De Lodos.**

Para realizar las operaciones de mantenimiento a los skimmer y las bombas de lodos, se ha diseñado cuatro pasarelas que se encuentran cerca de los equipos.

No es necesario proteger las tuberías que están en la zona de paso, ya que las mismas no se encuentran sobre el suelo.

#### **14.1.6 Iluminación De La Planta.**

Para la adecuada iluminación de la planta, se ha proyectado instalar dos postes de luz en el centro de la misma. La ubicación de estos postes se encuentra en los planos de construcción del proyecto.

#### **14.1.7 Limpieza Y Mantenimiento De Las Unidades.**

En el caso de la limpieza y mantenimiento de los reactores, ésta se realizaría por partes:

- ) El mantenimiento del reactor orbital consiste en lavar los lodos de los bordes con agua y retirar materiales flotantes de la superficie con una malla, en especial en el área de salida hacia el clarificador. Por esto no sería necesario retirar el agua de la misma, es decir que durante el mantenimiento el sistema continua funcionando.
- ) El digestor de lodos será vaciado una vez alcanzado el 50% de compactación, luego de esto se deberá limpiar el interior del digestor, lo cual no interfiere con el funcionamiento del sistema, ya que los lodos del clarificador serán recirculados a el reactor orbital hasta que alcancen una edad en la que deban ser dirigidos al digestor para su disposición final en el relleno sanitario cumpliendo con los requisitos de humedad del mismo.
- ) En cuanto a los aireadores el mantenimiento de éstos es fácil y no afecta el funcionamiento del sistema. En la sección de anexos se encuentra el manual de operación y mantenimiento de los aireadores, facilitado por los proveedores de los equipos.
- ) El sistema propuesto es de fácil operación, vigilancia y monitoreo. El mantenimiento y limpieza de los módulos que lo conforman es más sencillo, ya que el sistema no necesita ser apagado por completo. Para dar mantenimiento a cada equipo, solo se apaga o retira el equipo a ser revisado o arreglado.

#### **14.2 Señalización.**

En el interior del PTAR se debe colocar los siguientes avisos para evitar accidentes, y en caso de emergencia, servirán de ayuda para quienes se encuentren en las instalaciones.

Tabla 15.1: Señalización utilizada

Señal	Significado	Ubicación
<b>SEÑALES DE PROHIBICIÓN</b>		
 1	AGUA NO POTABLE	CERCA DE LO REACTORES DEL SISTEMA
 2	PROHIBIDO PASAR A PEATONES	ÁREAS DE MANTENIMIENTO
 3	ENTRADA PROHIBIDA A PERSONAS NO AUTORIZADAS SOLO PERSONAL AUTORIZADO	ENTRADA DEL ÁREA DEL STAR - ESTACIÓN DE BOMBEO - CASETA DE BLOWERS
 4	NO TOCAR	EQUIPOS Y PANELES DE CONTROL
<b>SEÑALES DE PELIGRO</b>		
 6	ALTA PRESIÓN	BLOWERS
 7	ALTA TENSIÓN	CERCA DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS
 8	ALERTA / PELIGRO/ALARMA	LOCAL
	CAÍDAS A DISTINTO NIVEL O EN LOS REACTORES	CERCA DE LOS REACTORES Y EN LAS PASARELAS DE MANTENIMIENTO

Señal	Significado	Ubicación
 9		
<b>SEÑALES DE OBLIGACIÓN</b>		
 10	USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	PARA MANTENIMIENTO EN REACTORES
<b>SEÑALES DE CONTINGENCIA O EMERGENCIAS</b>		
 11	BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	ESTACIÓN DE BOMBEO JUNTO AL BOTIQUÍN
 12		
 13		
 13		
 13		
 13		
	RUTAS Y SALIDAS DE EMERGENCIA	EN GENERAL HACIA LAS RUTAS DE ESCAPE



---









## 15 BARRERA VEGETAL.

La barrera vegetal que se implante junto al cerramiento del sistema de tratamiento de Aguas Negras, debe ser capaz de disipar olores ocasionados por descuido en la operación del sistema. Alrededor del STARD se sugiere plantar arbustos de Laurel, cuyo nombre común es *Laurus Nobillis*. Esta planta tiene la particularidad de poseer un follaje verde oscuro, perenne y atractivo, sus hojas son muy aromáticas, lo cual ayuda notablemente a disipar olores en el área del STARD. Los arbustos deben ser plantados en lugares que sean sombríos durante ciertas horas del día. Ellos se adaptan a la mayoría de suelos y requieren de un buen drenaje.

Otra alternativa de arbusto para la barrera vegetal es la planta denominada Dama de la Noche, cuyo nombre es *Cestrum Nocturnum*. Este arbusto está conformado por hojas simples y alternas de forma más o menos ovalada y de color verde claro. Sus flores son de color blanco y amarillo verdoso, en grupos numerosos, de forma tubular y abiertas en sus extremos dejando escapar así su aroma.

Anexo 1

**CHECK LIST # 1  
PRELIMINAR DE LA PUESTA EN MARCHA**

PRIORIDAD	TRABAJO	CHEQUEO
	Apague todos los interruptores eléctricos y asegúrese de que el suministro de potencia a la planta de tratamiento este desconectado.	<input type="checkbox"/>
	Asegurarse de que ni arenas ni material extraño entren al sistema de alcantarillado porque estos podrían ser arrastrados posteriormente a las unidades de tratamiento.	<input type="checkbox"/>
	El alcantarillado de entrada debe estar conectado apropiadamente al sistema de tratamiento y debe estar limpio y libre de polvo, rocas y otros materiales.	<input type="checkbox"/>
	La cámara de entrada debe estar limpia y libre de objetos. La rejilla del tratamiento primario debe estar ubicada a la entrada de la estación de bombeo.	<input type="checkbox"/>
	Los aireadores superficiales deben ser revisados para asegurarse de que han sido instalados apropiadamente y que están limpios.	<input type="checkbox"/>
	Revisar que tanto el clarificador, los skimmers (desgrasadores), como las bombas de lodos estén limpias.	<input type="checkbox"/>
	Verificar que la tubería de entrada al clarificador, los baffles y rebosaderos estén apropiadamente instalados. Los dientes de acero inoxidable que conforman la canaleta de salida, deben estar apropiadamente nivelados para asegurar una uniforme distribución del flujo sobre su longitud total. El ajuste final puede ser hecho cuando el sistema ha sido llenado con agua hasta el nivel de rebose, la superficie del agua da una indicación extremadamente exacta de las necesidades de nivelación. Para prevenir filtraciones entre la canaleta y sus soportes se le debe instalar un empaque a todo lo largo asegurando un contacto hermético en toda su longitud. Se debe asegurar que la tubería de salida del sistema este limpia. Un baffle de acero es localizado paralelamente a la canaleta perimetral de salida con el objeto de evitar que material flotante pueda ser arrastrado con el efluente del clarificador.	<input type="checkbox"/>
	Los equipos mecánicos como sopladores, deben ser revisados para su lubricación apropiada. Es necesario lubricar los equipos de acuerdo a las recomendaciones de cada uno de los fabricantes. Se debe revisar así mismo que el sentido de rotación de los motores es el correcto, si no lo es; los cables de conexión deben ser intercambiados para producir la rotación adecuada.	<input type="checkbox"/>

**AMARILLO:** Este color representa protección de los equipos o el sistema.  
**ROJO:** Altísima prioridad, el no realizarlo correctamente representa un peligro para el operador.

## Anexo 2

**CHECK LIST # 2**  
**PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA**

TRABAJO	CHEQUEO
Antes de arrancar las unidades de aireación o los sopladores, el operador debe asegurarse de que ha leído completamente las instrucciones del fabricante y que ha verificado que los ejes giran manualmente y si no se encuentran trabados.	<input type="checkbox"/>
Verificar que las válvulas de alivio cheque y de operación de aire operan satisfactoriamente, (aunque la mayoría no requieren de lubricación, algunas de tipo metálico podrían necesitarlo como medida de precaución) Si válvulas de compuerta o de punzón son instaladas en las líneas de entrada y de descarga de los sopladores, estas deben ser abiertas antes de que los sopladores sean arrancados.	<input type="checkbox"/>
Los aireadores superficiales deben ser arrancados desde su respectivo tablero de control y la calibración del tiempo de encendido y apagado debe quedar establecida de acuerdo a los tiempos establecidos en la Memoria Técnica y ubicándolos en automático.	<input type="checkbox"/>
Al arrancar el soplador verifique primero que los Breakers en el panel de control eléctrico están en la posición ON. En pocos segundos burbujas de aire se notaran subiendo en el compartimiento de aireación. Las llaves de control de cada bajante que conecta a los difusores deberán ser ajustadas si es necesario, para producir una cantidad aproximadamente igual de aire por cada difusor. Este ajuste puede ser hecho con suficiente exactitud simplemente por observación visual de la turbulencia superficial. Este procedimiento también servirá para verificar si todos los difusores están funcionando de manera correcta.	<input type="checkbox"/>
Se debe Verificar nuevamente la nivelación del agua en las canaletas de salida de el o los clarificadores. Si este no está completamente nivelado, se lo debe hacer de tal manera que el flujo que se obtenga en todos los puntos a lo largo de la canaleta de salida sea igual.	<input type="checkbox"/>

### Anexo 3

**CHECK LIST # 3**  
**ARRANQUE DESPUÉS DE PARA DEL SISTEMA**

Al arrancarse nuevamente el sistema después de haberlo parado, deberán de tomarse precauciones para evitar la generación de olores, para lo cual se aconseja lo siguiente:

TRABAJO	CHEQUEO
Planta con aireadores superficiales: Se arrancará una unidad primero; la segunda entre una y dos horas después. En caso de que se presenten olores, utilizar el proceso descrito anteriormente.	<input type="checkbox"/>
Planta con difusores: Se deberá de abrir una bajante a la vez con intervalos de 5 minutos.	<input type="checkbox"/>
En el caso de presentarse olores, se cerrará la última válvula que se abrió y se aplicará Hidróxido de calcio en una proporción de un saco de 45 kg por cada 500m <sup>3</sup> .	<input type="checkbox"/>
Si la para del sistema ha sido prolongada por más de 24 horas, se deberá compensar dejando que los equipos funcionen de manera ininterrumpida por igual período de tiempo que el que estuvieron parados. Posterior a eso, se regresará a la operación normal.	<input type="checkbox"/>

Anexo 4

**CHECK LIST # 4**  
**Manual de Control de Planta de Tratamiento de Aguas**

Operación de los equipos.	Que ver			Diagnóstico	Que hacer	Marca con X
	Tanque Aireado.	Clarificador	Efluente	Comentario	Correcciones	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Existe Circulación.</li> <li>* El agua es color chocolate no hay espuma.</li> <li>* D.O. 1 mg/l.</li> </ul>	Superficie clara con mas de 40 cm. de visibilidad.	Claro sin presencia de sólidos D.O. mas de 1 mg/l.	La planta esta operando correctamente.	Ninguna	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sin D.O. pobre circulación</li> </ul>	Oscuro, ligero olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Excesivos sólidos.</li> <li>* Ligera agua turbia.</li> </ul>	Pobre oxigeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chequear que las unidades no tengan mucho enredado y estén pendientes, considerar aumentar horas de funcionamiento.</li> </ul>	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Buena Circulación.</li> <li>* Ligera o mucha espuma</li> </ul>	Lodos flotantes en algunas areas.	Alta cantidad de sólidos	Mucha lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducir al tiempo de operación de las unidades.</li> </ul>	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Buena circulación y presencia de oxigeno.</li> <li>* D.O. de 1 a 3 mg</li> </ul>	Largos pedruzcos de lodos flotantes.	Alta cantidad de sólidos	Aparente problema de lodos de retorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar que conos de los clarificadores no estén tapados.</li> </ul>	
Equipos operando de manera inadecuada o no operando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mala circulación.</li> <li>* Incompleta color naranja.</li> <li>* No D.O.</li> </ul>	Color oscuro con olor.	Alto en sólidos con olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rotor fuera de tiempo.</li> <li>* Breaker saltado, cortocircuito.</li> <li>* Bandas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recortar, corregir o cambiar.</li> <li>✓ Reemplazar cable o cambiar motor.</li> <li>✓ Tensarlas u reemplazarlas.</li> </ul>	

FECHA DE INSPECCIÓN: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

HORA: \_\_\_ : \_\_\_

NOMBRE DEL OPERADOR: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FIRMA

Se sugiere realizar este chequeo diariamente y emitir un informe solo una vez por semana o cuando se presente un problema.

\* Para evaluar el efluente debe utilizarse un cono de sedimentación de un litro el mismo que deberá reposar por 30 minutos antes de su evaluación.

Si al realizar esta prueba más del 80% de los sólidos se sedimentan en menos de 15 minutos habrá que purgar el tanque aireado cerrando los retornos de lodos del clarificador a L2 (Tanque aireado) y abriéndolos al digestor L3 por unas 8 horas. Se deberá evaluar en una semana para determinar si una segunda purga es necesaria.

## Anexo 5

**CHECK LIST # 5**  
**Formato de Control Durante el Arranque del Sistema de Tratamiento**

PARÁMETRO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
SSVLM (lb) en el reactor orbital				
A/M (1/día)				
SSVLM (lb) Requerido				
SSV (lb) a eliminar				
DBO <sub>5</sub>				
pH				
Temperatura				
Oxígeno Disuelto				

## Anexo 6

### CHECK LIST # 6

#### Mantenimiento Preventivo Mecánico Diario

DIARIO	CHEQUEO
Se debe verificar que el tablero automático esté correctamente programado y funcionando de la manera adecuada. Vale decir, que las bombas y los aireadores se enciendan a la hora y de la manera adecuada.	<input type="checkbox"/>
Es necesario realizar una inspección visual de los aireadores, chequear que estén funcionando correctamente, que no existe ningún ruido extraño y que estén generando la cantidad de aire adecuado, el equipo aireador debe funcionar suave y calladamente. Se debe chequear que no haya remolinos arriba de la propela. El protector del vórtex puede necesitar ser acomodado para eliminar este inconveniente. Permitir que existan remolinos puede dañar la propela cavitándola.	<input type="checkbox"/>
Se debe chequear que el aireador funcione sin vibraciones excesivas y que el flujo del agua y aire sea continuo. Ruido, vibración y flujo de aire o agua interrumpido son indicaciones de problemas operativos. Al menos una vez al año se debe desmontar el aireador para lubricar el cardan e inspeccionar visualmente los cojinetes, manga y ejes para gastos y daño. Revisar los tornillos en la caja y la pestaña de montaje del motor y apriétela. Busque señales de corrosión. Revise tornillos y piezas sueltas en la unidad de pontones, o daños. Corrija como sea necesario. La hélice y atomizador no deben de tener basura. Examine cuidadosamente la hélice y difusión por indicaciones de desgaste. Ranuras pequeñas en la hélice son aceptables si el perfil o forma de la paleta de la hélice no está afectada. Si los desgastes son extensivos, reemplace el artículo. Quite cualquier basura obstruyendo los hoyos de lubricación del cojinete del agua. Estos hoyos están localizados en la parte de debajo de la caja, justo antes de la hélice.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar que las bombas estén trabajando adecuadamente, chequeando que los skimmers absorben correctamente los objetos flotantes que se encuentran en el sedimentador y son retornados a el reactor orbital. También es necesario verificar que el retorno de lodos está realizándose de la manera adecuada, sin tener obstrucciones.	<input type="checkbox"/>
Es necesario chequear que las válvulas están en su posición adecuada o si es necesario modificarla. La válvula del retorno de lodos se debe ajustar de acuerdo a los requerimientos de la planta. Por ejemplo, si es necesario recircular mayor cantidad de lodos, se debe abrir más la válvula, de lo contrario, cerrarla.	<input type="checkbox"/>
<u>Tuberías:</u> Se debe revisar periódicamente las tuberías para evitar taponamientos, en caso de haberlos, se deberá proceder a destapar la tubería, y en caso de no poder destaparla se deberá retirar el tramo obstruido y reemplazarlo por otro. En las cañerías comunicantes entre el reactor orbital y el sedimentador debe existir un flujo ligero, pero constante, de no ocurrir así, la cañería esta obstruida, lo que se soluciona empujando con una varilla los desechos que ahí se puedan haber acumulado. Para determinar si el retorno de lodos esta obstruido, se debe abrir la válvula que permite el paso de éste hacia el reactor orbital. Si no hay un flujo circulante, la cañería esta obstruida, situación que se soluciona abriendo completamente la válvula de retorno de lodos y apagando el aireador.	<input type="checkbox"/>
<u>Skimmers:</u> Se revisarán diariamente los skimmers para verificar que no estén obstruidos por algún objeto, y para asegurar el correcto funcionamiento de los mismos.	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>



## Anexo 7

**CHECK LIST # 7**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Semanal**

SEMANAL	CHEQUEO
Toma de parámetros, corriente y voltaje del motor, chequeo de temperatura en la caja de aceite y bombas. (Semanal) registrar en el cuaderno bitácora mediante anotación resaltando el día que se realiza.	<input type="checkbox"/>
<b>Blowers:</b> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de graceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>

## Anexo 8

**CHECK LIST # 8**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Mensual**

MENSUAL	CHEQUEO
Cada mes o 500 horas lubricar rodamientos del blower por medio de los braceros, chequear tensión de las bandas.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>
Cada mes o 500 horas lubricar rodamientos del blower por medio de los braceros, chequear tensión de las bandas.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>

Anexo 9

**CHECK LIST # 9**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Trimestral**

TRIMESTRAL	CHEQUEO
Cada 3 meses o 1.500 horas, cambio de aceite en la caja del blower.	<input type="checkbox"/>
Visualmente inspeccione el cojinete por desgastes. Ranuras de desgaste deben de ser visibles y uniformes. Cambie el cojinete y manguito si las ranuras de desgaste no están o no son uniformes cambie el cojinete. Los cojinetes de los motores deben ser lubricados cada tres meses. Para esto el motor debe estar caliente y haberse operado por lo menos 20 minutos inmediatamente antes de lubricar. Se debe examinar el motor para determinar cuál procedimiento usar. Cuando hay acoples zerk o Alemita, los acoples deben ser limpiados. El acople de lubricación debe ser introducido en los motores con tapaderas. Luego de engrasar el motor, se debe poner a un funcionar el motor por una hora antes de poner la tapa. Eso permite que la grasa en exceso sea purgada o alguna presión acumulada sea aliviada. Para mayores detalles referirse al Manual de Operaciones de la unidad cuaderno de anexos.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>

## Anexo 10

**CHECK LIST # 10**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Anual**

ANUAL	CHEQUEO
Cada año o 6.000 horas mantenimiento del motor del blower, limpieza de bobina, cambio de rodamiento y retenedores.	<input type="checkbox"/>
Se debe chequear que el aireador funcione sin vibraciones excesivas y que el flujo del agua y aire sea continuo. Ruido, vibración y flujo de aire o agua interrumpido son indicaciones de problemas operativos. Al menos una vez al año se debe desmontar el aireador para lubricar el cardan e inspeccionar visualmente los cojinetes, manga y ejes para gastos y daño. Revisar los tornillos en la caja y la pestaña de montaje del motor y apriétela. Busque señales de corrosión. Revise tornillos y piezas sueltas en la unidad de pontones, o daños. Corrija como sea necesario. La hélice y atomizador no deben de tener basura. Examine cuidadosamente la hélice y difusión por indicaciones de desgaste. Ranuras pequeñas en la hélice son aceptables si el perfil o forma de la paleta de la hélice no está afectada. Si los desgastes son extensivos, reemplace el artículo. Quite cualquier basura obstruyendo los hoyos de lubricación del cojinete del agua. Estos hoyos están localizados en la parte de debajo de la caja, justo antes de la hélice.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>

## Anexo 11

**CHECK LIST # 11**  
**Mantenimiento Operativo Diario**

DIARIO	CHEQUEO
<p><u>Rejillas:</u> Se debe limpiar las rejillas, se utilizará cepillos o escobillas para retirar los sólidos adheridos a las rejillas, y se retirará manualmente todos los sólidos acumulados, estos serán dispuestos en un contenedor para su traslado al relleno sanitario municipal.</p>	<input type="checkbox"/>
<p><u>Tuberías:</u> Se debe revisar periódicamente las tuberías para evitar taponamientos, en caso de haberlos, se deberá proceder a destapar la tubería, y en caso de no poder destaparla se deberá retirar el tramo obstruido y reemplazarlo por otro. En las cañerías comunicantes entre el reactor orbital y el sedimentador debe existir un flujo ligero, pero constante, de no ocurrir así, la cañería esta obstruida, lo que se soluciona empujando con una varilla los desechos que ahí se puedan haber acumulado. Para determinar si el retorno de lodos esta obstruido, se debe abrir la válvula que permite el paso de éste hacia el reactor orbital. Si no hay un flujo circulante, la cañería esta obstruida, situación que se soluciona abriendo completamente la válvula de retorno de lodos y apagando el aireador.</p>	<input type="checkbox"/>
<p>Se deben limpiar las paredes de los equipos. En el caso del sedimentador, esta limpieza debe realizarse de manera lenta y sin provocar turbulencia, porque esta podría levantar los lodos sedimentados, contaminando el efluente. Así mismo es necesario mantener limpia la parte exterior de la planta y los alrededores de esta.</p>	<input type="checkbox"/>
<p>Se debe retirar diariamente los residuos que se acumulen en el desarenador, disponiéndolos dentro de un recipiente adecuado para su evacuación.</p>	<input type="checkbox"/>
<p>Se deben limpiar los objetos flotantes que se encuentren tanto en el reactor orbital como en el baffle a la entrada del clarificador, ya sean estos provenientes del sistema (lodos) o externos (hojas, palos, plásticos, etc.) dado que la planta se encuentra a la intemperie. Es recomendable realizar esta limpieza con una maya y disponer los residuos recogidos de acuerdo a su procedencia, es decir, los desechos provenientes de la planta deben ser devueltos a el reactor orbital y los externos deben ser descartados para su recolección junto con la basura.</p>	<input type="checkbox"/>

## Anexo 12

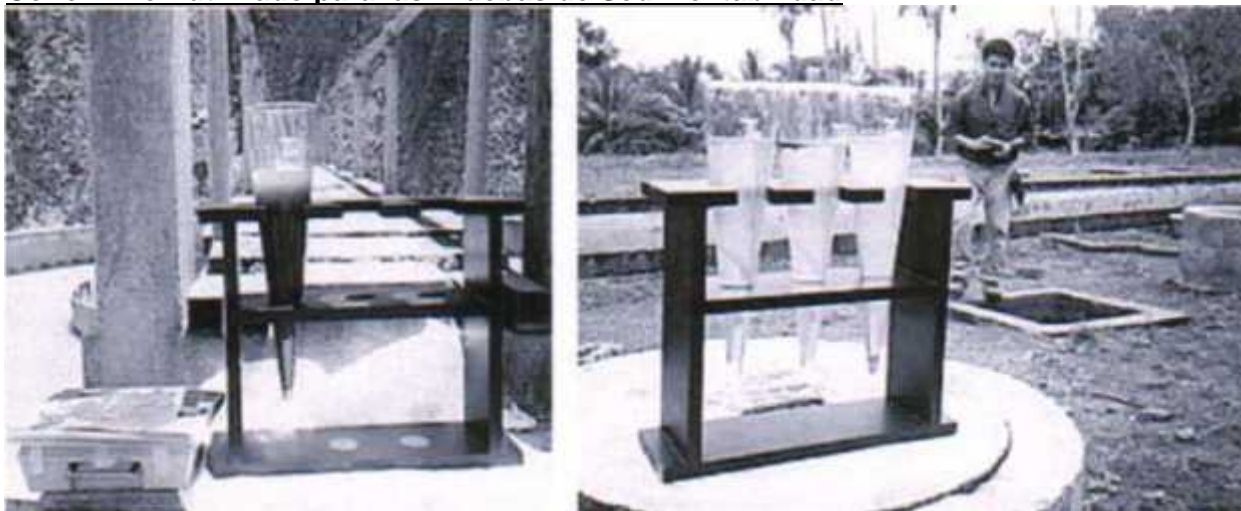
**CHECK LIST # 12**  
**Mantenimiento Biológico**

CONCEPTO	CHEQUEO
Se debe verificar el color del líquido de mezcla en el reactor orbital, el cual debe tener un color café chocolate si la planta está trabajando entre el 50% y el 100% de su capacidad. Este control es el primer indicador del correcto funcionamiento de la planta.	<input type="checkbox"/>
Es necesario chequear que no se produzca el fenómeno de “bulking”, el cual corresponde al crecimiento de microorganismos filamentosos, generando una masa celular voluminosa y poco consistente, que no sedimenta bien y es arrastrada en el efluente del sedimentador. Si esto llega a presentarse es necesario llamar a un técnico para poder solucionar este problema.	<input type="checkbox"/>
Se debe controlar el pH del reactor orbital, el cual debe fluctuar entre 6,5 y 7,5. lo ideal es que se mantenga lo más constante posible, de lo contrario se ocasionaran problemas en el reactor.	<input type="checkbox"/>
Es necesario controlar la temperatura del reactor orbital y del efluente, la cual no debe ser mayor a 30 °C, de lo contrario los microorganismos se pueden ver afectados.	<input type="checkbox"/>
Se debe controlar la sedimentabilidad de los lodos activos, mediante el test de sedimentabilidad, ya que este permite determinar si es necesario aumentar o no el retorno de los lodos.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar el caudal de entrada a la planta y llevar un registro de este, ya que si el caudal aumenta considerablemente, podrían verse afectados los microorganismos, ya que podría provocarse un efecto de lavado de estos, con lo que se vería afectado considerablemente el tratamiento.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar que la recirculación este con el caudal adecuado, de lo contrario es necesario regularlo a través de las válvulas que están a la salida de la cañería de recirculación. Esto se determina de acuerdo a la concentración del lodo sedimentado, vale decir, si la concentración de la muestra de la recirculación de lodos es mayor que el valor de la concentración de lodos sedimentados a los 30 min, es necesario aumentar el flujo de recirculación, de lo contrario es necesario disminuir el flujo de la recirculación de lodos. En este mismo capítulo se muestra cómo se calcula la concentración de lodos sedimentados.	<input type="checkbox"/>

Anexo 13

**CHECK LIST # 13**  
**Prueba De Sedimentabilidad**

**Cono Imhoff utilizado para las Pruebas de Sedimentabilidad**



**Institución: GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA**

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

Nombre de persona que remite la muestra: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Nombre / Identificación de Planta: \_\_\_\_\_

Punto de recolección de la muestra: \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_ (°C)

Tipo de agua residual colectado: Cruda o sin tratar Tratada

Tipo de muestra: Puntual ( ) Compuesta ( ) Otro tipo: \_\_\_\_\_

Fecha de toma de la muestra: \_\_\_\_\_

Fecha de remisión de la muestra: \_\_\_\_\_

Información adicional:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Anexo 14

**CHECK LIST # 14**  
**Información del Test de Sedimentabilidad**

FECHA: _____			<b>OBSERVACIONES PRIMEROS 5 MIN:</b>
Lugar Muestra: _____			<b>Flóculo</b>
Analista: _____			<input type="checkbox"/> Granular <input type="checkbox"/> Compacto <input type="checkbox"/> Desarmado <input type="checkbox"/> Peludo
Hora de la muestra: _____		ATC (%): _____	<b>Tamaño Partícula</b>
SSC: (ATC) * 1000/SSV			<input type="checkbox"/> Grande <input type="checkbox"/> Mediano <input type="checkbox"/> Pequeño
<b>Tiempo</b>	<b>SSV, cc/L</b>	<b>SSC, %</b>	Interfase Bio-sólidos / Sobrenadante
0	1000		<input type="checkbox"/> Bien Definida <input type="checkbox"/> Rugosa
5			<b>Sobrenadante</b>
10			<input type="checkbox"/> Clara <input type="checkbox"/> Borrosa
15			Flóculos Rezagados
20			<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
25			<b>OBSERVACIONES DESPUÉS DE 30 MIN:</b>
30			<input type="checkbox"/> Bordes Crocantes y afilados
40			<input type="checkbox"/> Flexible / Aterciopelados
50			<input type="checkbox"/> Tipo esponja
60			<input type="checkbox"/> Homogéneo

**Anexo 15**

**CHECK LIST # 15**  
**Control del IV (Índice Volumétrico de fangos)**

FECHA/HORA	LUGAR DE LA MUESTRA	VOLUMEN SEDIMENTADO 30 min (ml/l)	SSLM (mg/l)	SVI (ml/g)

Anexo 16

**CHECK LIST # 16**  
**Plan de Contingencia**

CONCEPTO	CHEQUEO
Todo el personal debe usar equipamiento de seguridad, tales como: botas, guantes, gafas, mascarillas, buzos, pantalones largos, impermeables de ser necesarios.	<input type="checkbox"/>
No deben ingresar personas ajenas al funcionamiento de la planta, para evitar accidentes. Se deberá llevar un control de ingresos en la planta (bitácora de visitas), para mantener un registro de los visitantes.	<input type="checkbox"/>
Se deben colocar señalizaciones y letreros para indicar la presencia de posibles peligros o riesgos. (PELIGRO, ALTO VOLTAJE, NO CAMINAR POR EL BORDE DE LOS REACTORES, NO INGRESAR, etc.)	<input type="checkbox"/>
Los vehículos deben circular estrictamente por el área de operación y mantenimiento para evitar deslizamientos en los taludes del reactor orbital debido a la carga del vehículo.	<input type="checkbox"/>
Para evitar los malos olores debe cuidarse el buen desarrollo del cerco vivo colocado en los alrededores de la planta de tratamiento.	<input type="checkbox"/>
Se debe tener especial cuidado al dar mantenimiento a los equipos electrónicos, electromecánicos y mecánicos, para evitar daños a la integridad de los operadores.	<input type="checkbox"/>



Ing. Diego Zhindón A.

ESPECIALISTA









**PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

ACTIVIDAD/CONTROL	FRECUENCIA	LISTA DE VERIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Preliminar de la puesta en marcha	Inicio	No. 1	Una sola vez, previo al inicio del funcionamiento de la PTAR. A cargo del Constructor.
Puesta en marcha	Inicio	No. 2	Una sola vez durante el inicio del funcionamiento de la PTAR. A cargo del Constructor.
Arranque después de para del sistema	Eventual	No. 3	El sistema puede detenerse por varias causas, falta de energía eléctrica por ejemplo.
Control de la PTAR	Diaria	No. 4	Control diario de funcionamiento de cada unidad de tratamiento e informe semanal
Control durante el arranque del funcionamiento	Semanal	No. 5	Análisis semanal de muestras en laboratorio, durante 4 semanas
Mantenimiento preventivo mecánico	Diario	No. 6	Inspección y verificación del funcionamiento de tableros de control, equipos electromecánicos y elementos hidráulicos de la PTAR.
	Semanal	No. 7	Medición de parámetros de funcionamiento de equipos: temperatura, corriente y voltaje.
	Mensual o cada 500 horas	No. 8	Blowers: Lubricación de rodamientos.
	Trimestral o cada 1500 horas	No. 9	Blowers: Cambio de aceites.
	Anual o cada 6000 horas	No. 10	Blowers: Limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.
Mantenimiento operativo	Diario	No. 11	Limpieza de estructuras de entrada, desarenador, rejillas, compuertas, válvulas, tuberías de interconexión entre unidades de tratamiento, etc.
Mantenimiento biológico	Semanal	No. 12	Control del funcionamiento de las unidades durante el primer año de operación de la Planta de Tratamiento. Medición de parámetros físico-químicos.
Prueba de sedimentabilidad e Información del Test de sedimentabilidad	Semanal	No. 13	
		No. 14	
Control del Índice Volumétrico de fangos (IV)	Semanal	No. 15	
Plan de contingencias	Eventual	No. 16	El control de utilización del Equipo de Protección Personal (EPP) y colocación de señalización preventiva debe ser diario.

Nota: Las actividades y frecuencias planteadas para la operación y mantenimiento son tentativas, las definitivas serán las que recomiende por el proveedor de los equipos.

Elaboración: Equipo Consultor

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 1  
PRELIMINAR DE LA PUESTA EN MARCHA**

PRIORIDAD	TRABAJO	CHEQUEO
	Apague todos los interruptores eléctricos y asegúrese de que el suministro de potencia a la planta de tratamiento este desconectado.	<input type="checkbox"/>
	Asegurarse de que ni arenas ni material extraño entren al sistema de alcantarillado porque estos podrían ser arrastrados posteriormente a las unidades de tratamiento.	<input type="checkbox"/>
	El alcantarillado de entrada debe estar conectado apropiadamente al sistema de tratamiento y debe estar limpio y libre de polvo, rocas y otros materiales.	<input type="checkbox"/>
	La cámara de entrada debe estar limpia y libre de objetos. La rejilla del tratamiento primario debe estar ubicada a la entrada de la estación de bombeo.	<input type="checkbox"/>
	Los aireadores superficiales deben ser revisados para asegurarse de que han sido instalados apropiadamente y que están limpios.	<input type="checkbox"/>
	Revisar que tanto el clarificador, los skimmers (desgrasadores), como las bombas de lodos estén limpias.	<input type="checkbox"/>
	Verificar que la tubería de entrada al clarificador, los baffles y rebosaderos estén apropiadamente instalados. Los dientes de acero inoxidable que conforman la canaleta de salida, deben estar apropiadamente nivelados para asegurar una uniforme distribución del flujo sobre su longitud total. El ajuste final puede ser hecho cuando el sistema ha sido llenado con agua hasta el nivel de rebose, la superficie del agua da una indicación extremadamente exacta de las necesidades de nivelación. Para prevenir filtraciones entre la canaleta y sus soportes se le debe instalar un empaque a todo lo largo asegurando un contacto hermético en toda su longitud. Se debe asegurar que la tubería de salida del sistema este limpia. Un baffle de acero es localizado paralelamente a la canaleta perimetral de salida con el objeto de evitar que material flotante pueda ser arrastrado con el efluente del clarificador.	<input type="checkbox"/>
	Los equipos mecánicos como sopladores, deben ser revisados para su lubricación apropiada. Es necesario lubricar los equipos de acuerdo a las recomendaciones de cada uno de los fabricantes. Se debe revisar así mismo que el sentido de rotación de los motores es el correcto, si no lo es; los cables de conexión deben ser intercambiados para producir la rotación adecuada.	<input type="checkbox"/>

**AMARILLO:** Este color representa protección de los equipos o el sistema.

**ROJO:** Altísima prioridad, el no realizarlo correctamente representa un peligro para el operador.

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 2**  
**PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA**

<b>TRABAJO</b>	<b>CHEQUEO</b>
Antes de arrancar las unidades de aireación o los sopladores, el operador debe asegurarse de que ha leído completamente las instrucciones del fabricante y que ha verificado que los ejes giran manualmente y si no se encuentran trabados.	<input type="checkbox"/>
Verificar que las válvulas de alivio cheque y de operación de aire operan satisfactoriamente, (aunque la mayoría no requieren de lubricación, algunas de tipo metálico podrían necesitarlo como medida de precaución) Si válvulas de compuerta o de punzón son instaladas en las líneas de entrada y de descarga de los sopladores, estas deben ser abiertas antes de que los sopladores sean arrancados.	<input type="checkbox"/>
Los aireadores superficiales deben ser arrancados desde su respectivo tablero de control y la calibración del tiempo de encendido y apagado debe quedar establecida de acuerdo a los tiempos establecidos en la Memoria Técnica y ubicándolos en automático.	<input type="checkbox"/>
Al arrancar el soplador verifique primero que los Breakers en el panel de control eléctrico están en la posición ON. En pocos segundos burbujas de aire se notaran subiendo en el compartimiento de aireación. Las llaves de control de cada bajante que conecta a los difusores deberán ser ajustadas si es necesario, para producir una cantidad aproximadamente igual de aire por cada difusor. Este ajuste puede ser hecho con suficiente exactitud simplemente por observación visual de la turbulencia superficial. Este procedimiento también servirá para verificar si todos los difusores están funcionando de manera correcta.	<input type="checkbox"/>
Se debe Verificar nuevamente la nivelación del agua en las canaletas de salida de el o los clarificadores. Si este no está completamente nivelado, se lo debe hacer de tal manera que el flujo que se obtenga en todos los puntos a lo largo de la canaleta de salida sea igual.	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 3**  
**ARRANQUE DESPUÉS DE PARA DEL SISTEMA**

Al arrancarse nuevamente el sistema después de haberlo parado, deberán de tomarse precauciones para evitar la generación de olores, para lo cual se aconseja lo siguiente:

<b>TRABAJO</b>	<b>CHEQUEO</b>
Planta con aireadores superficiales: Se arrancará una unidad primero; la segunda entre una y dos horas después. En caso de que se presenten olores, utilizar el proceso descrito anteriormente.	<input type="checkbox"/>
Planta con difusores: Se deberá de abrir una bajante a la vez con intervalos de 5 minutos.	<input type="checkbox"/>
En el caso de presentarse olores, se cerrará la última válvula que se abrió y se aplicará Hidróxido de calcio en una proporción de un saco de 45 kg por cada 500m <sup>3</sup> .	<input type="checkbox"/>
Si la para del sistema ha sido prolongada por más de 24 horas, se deberá compensar dejando que los equipos funcionen de manera ininterrumpida por igual período de tiempo que el que estuvieron parados. Posterior a eso, se regresará a la operación normal.	<input type="checkbox"/>



**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 4**  
**Manual de Control de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

Operación de los equipos.	Que ver			Diagnóstico	Que hacer	Marca con X
	Tanque Aireado.	Clarificador	Efluente	Comentario	Correcciones	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Existe Circulación.</li> <li>◆ El agua es color chocolate no hay espuma.</li> <li>◆ D.O. 1 mg/lt.</li> </ul>	Superficie clara con mas de 40 cm. de visibilidad.	Claro sin presencia de solidos D.O. mas de 1 mg/lt.	La planta esta operando correctamente.	Ninguna	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sin D.O. pobre circulación</li> </ul>	Oscuro, ligero olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Bastante solidos.</li> <li>◆ Ligera agua turbia.</li> </ul>	Pobre oxigeno.	Chequear que las unidades no tengan nada enredado y esten prendidas, considerar aumentar horas de funcionamiento.	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Buena Circulación.</li> <li>◆ Ligera o mucha espuma</li> </ul>	Lodos flotantes en algunas areas.	Alta cantidad de solidos	Mucho Oxigeno	Reducir el tiempo de operación de las unidades.	
Todos los equipos operan normalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Buena circulación y presencia de oxigeno.</li> <li>◆ D.O. de 1 a 3 mg.</li> </ul>	Largos pedazos de lodos flotantes.	Alta cantidad de solidos	Aparente problema de lodos de retorno.	Revisar que conos de los clarificadores no esten tapados.	
Equipos operando de manera inadecuada o no operando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Mala circulación.</li> <li>◆ Incremento color negrozco.</li> <li>◆ No D.O.</li> </ul>	Color oscuro con olor.	Alto en solidos con olor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reloj fuera de tiempo.</li> <li>◆ Breaker saltado, cortocircuito.</li> <li>◆ Bandas.</li> </ul>	Recetar, corregir o cambiar. Reemplazar cable o cambiar motor. Tensarlas o reemplazarlas.	

FECHA DE INSPECCIÓN: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

HORA: \_\_\_ : \_\_\_

NOMBRE DEL OPERADOR: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

\_\_\_\_\_

**FIRMA**

Se sugiere realizar este chequeo diariamente y emitir un informe solo una vez por semana o cuando se presente un problema.

\* Para evaluar el efluente debe utilizarse un cono de sedimentación de un litro el mismo que deberá reposar por 30 minutos antes de su evaluación.

Si al realizar esta prueba más del 80% de los sólidos se sedimentan en menos de 15 minutos habrá que purgar el tanque aireado cerrando los retornos de lodos del clarificador a L2 (Tanque aireado) y abriéndolos al digestor L3 por unas 8 horas. Se deberá evaluar en una semana para determinar si una segunda purga es necesaria.

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 5**  
**Formato de Control Durante el Arranque del Sistema de**  
**Tratamiento**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>SEMANA 1</b>	<b>SEMANA 2</b>	<b>SEMANA 3</b>	<b>SEMANA 4</b>
SSVLM (lb) en el reactor orbital				
A/M (1/día)				
SSVLM (lb) Requerido				
SSV (lb) a eliminar				
DBO <sub>5</sub>				
pH				
Temperatura				
Oxígeno Disuelto				

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 6**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Diario**

DIARIO	CHEQUEO
Se debe verificar que el tablero automático esté correctamente programado y funcionando de la manera adecuada. Vale decir, que las bombas y los aireadores se enciendan a la hora y de la manera adecuada.	<input type="checkbox"/>
Es necesario realizar una inspección visual de los aireadores, chequear que estén funcionando correctamente, que no existe ningún ruido extraño y que estén generando la cantidad de aire adecuado, el equipo aireador debe funcionar suave y calladamente. Se debe chequear que no haya remolinos arriba de la propela. El protector del vórtex puede necesitar ser acomodado para eliminar este inconveniente. Permitir que existan remolinos puede dañar la propela cavitándola.	<input type="checkbox"/>
Se debe chequear que el aireador funcione sin vibraciones excesivas y que el flujo del agua y aire sea continuo. Ruido, vibración y flujo de aire o agua interrumpido son indicaciones de problemas operativos. Al menos una vez al año se debe desmontar el aireador para lubricar el cardan e inspeccionar visualmente los cojinetes, manga y ejes para gastos y daño. Revisar los tornillos en la caja y la pestaña de montaje del motor y apriétela. Busque señales de corrosión. Revise tornillos y piezas sueltas en la unidad de pontones, o daños. Corrija como sea necesario. La hélice y atomizador no deben de tener basura. Examine cuidadosamente la hélice y difusión por indicaciones de desgaste. Ranuras pequeñas en la hélice son aceptables si el perfil o forma de la paleta de la hélice no está afectada. Si los desgastes son extensivos, reemplace el artículo. Quite cualquier basura obstruyendo los hoyos de lubricación del cojinete del agua. Estos hoyos están localizados en la parte de debajo de la caja, justo antes de la hélice.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar que las bombas estén trabajando adecuadamente, chequeando que los skimmers absorben correctamente los objetos flotantes que se encuentran en el sedimentador y son retornados a el reactor orbital. También es necesario verificar que el retorno de lodos está realizándose de la manera adecuada, sin tener obstrucciones.	<input type="checkbox"/>
Es necesario chequear que las válvulas están en su posición adecuada o si es necesario modificarla. La válvula del retorno de lodos se debe ajustar de acuerdo a los requerimientos de la planta. Por ejemplo, si es necesario recircular mayor cantidad de lodos, se debe abrir más la válvula, de lo contrario, cerrarla.	<input type="checkbox"/>
<u>Tuberías:</u> Se debe revisar periódicamente las tuberías para evitar taponamientos, en caso de haberlos, se deberá proceder a destapar la tubería, y en caso de no poder destaparla se deberá retirar el tramo obstruido y reemplazarlo por otro. En las cañerías comunicantes entre el reactor orbital y el sedimentador debe existir un flujo ligero, pero constante, de no ocurrir así, la cañería esta obstruida, lo que se soluciona empujando con una varilla los desechos que ahí se puedan haber acumulado. Para determinar si el retorno de lodos esta obstruido, se debe abrir la válvula que permite el paso de éste hacia el reactor orbital. Si no hay un flujo circulante, la cañería esta obstruida, situación que se soluciona abriendo completamente la válvula de retorno de lodos y apagando el aireador.	<input type="checkbox"/>
<u>Skimmers:</u> Se revisarán diariamente los skimmers para verificar que no estén obstruidos por algún objeto, y para asegurar el correcto funcionamiento de los mismos.	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 7**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Semanal**

<b>SEMANAL</b>	<b>CHEQUEO</b>
Toma de parámetros, corriente y voltaje del motor, chequeo de temperatura en la caja de aceite y bombas. (Semanal) registrar en el cuaderno bitácora mediante anotación resaltando el día que se realiza.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de graceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 8**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Mensual**

<b>MENSUAL</b>	<b>CHEQUEO</b>
Cada mes o 500 horas lubricar rodamientos del blower por medio de los braceros, chequear tensión de las bandas.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>
Cada mes o 500 horas lubricar rodamientos del blower por medio de los braceros, chequear tensión de las bandas.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>
<u>Digestor de Lodos:</u> Se deberá revisar el correcto funcionamiento del digestor lodos, se realizarán los ensayos indicados en la sección del Plan de Monitoreo, según las frecuencias indicadas.	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 9**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Trimestral**

TRIMESTRAL	CHEQUEO
Cada 3 meses o 1.500 horas, cambio de aceite en la caja del blower.	<input type="checkbox"/>
Visualmente inspeccione el cojinete por desgastes. Ranuras de desgaste deben de ser visibles y uniformes. Cambie el cojinete y manguito si las ranuras de desgaste no están o no son uniformes cambie el cojinete. Los cojinetes de los motores deben ser lubricados cada tres meses. Para esto el motor debe estar caliente y haberse operado por lo menos 20 minutos inmediatamente antes de lubricar. Se debe examinar el motor para determinar cuál procedimiento usar. Cuando hay acoples zerk o Alemita, los acoples deben ser limpiados. El acople de lubricación debe ser introducido en los motores con tapaderas. Luego de engrasar el motor, se debe poner a un funcionar el motor por una hora antes de poner la tapa. Eso permite que la grasa en exceso sea purgada o alguna presión acumulada sea aliviada. Para mayores detalles referirse al Manual de Operaciones de la unidad cuaderno de anexos.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 10**  
**Mantenimiento Preventivo Mecánico Anual**

ANUAL	CHEQUEO
Cada año o 6.000 horas mantenimiento del motor del blower, limpieza de bobina, cambio de rodamiento y retenedores.	<input type="checkbox"/>
Se debe chequear que el aireador funcione sin vibraciones excesivas y que el flujo del agua y aire sea continuo. Ruido, vibración y flujo de aire o agua interrumpido son indicaciones de problemas operativos. Al menos una vez al año se debe desmontar el aireador para lubricar el cardan e inspeccionar visualmente los cojinetes, manga y ejes para gastos y daño. Revisar los tornillos en la caja y la pestaña de montaje del motor y apriétela. Busque señales de corrosión. Revise tornillos y piezas sueltas en la unidad de pontones, o daños. Corrija como sea necesario. La hélice y atomizador no deben de tener basura. Examine cuidadosamente la hélice y difusión por indicaciones de desgaste. Ranuras pequeñas en la hélice son aceptables si el perfil o forma de la paleta de la hélice no está afectada. Si los desgastes son extensivos, reemplace el artículo. Quite cualquier basura obstruyendo los hoyos de lubricación del cojinete del agua. Estos hoyos están localizados en la parte de debajo de la caja, justo antes de la hélice.	<input type="checkbox"/>
<u>Blowers:</u> Se deberá medir y llevar un registro escrito de la temperatura, corriente y voltaje de los motores de los blowers. Se deberá lubricar los rodamientos por medio de braceros, cada mes o cada 500 horas de funcionamiento. Se deberán realizar cambios de aceite cada 3 meses o 1500 horas de funcionamiento. Se realizará un mantenimiento anual de los equipos (limpieza o cambio de bobina, rodamientos y retenedores; mantenimiento de los motores, etc.)	<input type="checkbox"/>



## LISTA DE VERIFICACIÓN No. 11

## Mantenimiento Operativo Diario

DIARIO	CHEQUEO
<p><u>Rejillas:</u> Se debe limpiar las rejillas, se utilizará cepillos o escobillas para retirar los sólidos adheridos a las rejillas, y se retirará manualmente todos los sólidos acumulados, estos serán dispuestos en un contenedor para su traslado al relleno sanitario municipal.</p>	<input data-bbox="1235 443 1321 501" type="checkbox"/>
<p><u>Tuberías:</u> Se debe revisar periódicamente las tuberías para evitar taponamientos, en caso de haberlos, se deberá proceder a destapar la tubería, y en caso de no poder destaparla se deberá retirar el tramo obstruido y reemplazarlo por otro. En las cañerías comunicantes entre el reactor orbital y el sedimentador debe existir un flujo ligero, pero constante, de no ocurrir así, la cañería esta obstruida, lo que se soluciona empujando con una varilla los desechos que ahí se puedan haber acumulado. Para determinar si el retorno de lodos esta obstruido, se debe abrir la válvula que permite el paso de éste hacia el reactor orbital. Si no hay un flujo circulante, la cañería esta obstruida, situación que se soluciona abriendo completamente la válvula de retorno de lodos y apagando el aireador.</p>	<input data-bbox="1235 680 1321 739" type="checkbox"/>
<p>Se deben limpiar las paredes de los equipos. En el caso del sedimentador, esta limpieza debe realizarse de manera lenta y sin provocar turbulencia, porque esta podría levantar los lodos sedimentados, contaminando el efluente. Así mismo es necesario mantener limpia la parte exterior de la planta y los alrededores de esta.</p>	<input data-bbox="1235 1115 1321 1173" type="checkbox"/>
<p>Se debe retirar diariamente los residuos que se acumulen en el desarenador, disponiéndolos dentro de un recipiente adecuado para su evacuación.</p>	<input data-bbox="1235 1323 1321 1382" type="checkbox"/>
<p>Se deben limpiar los objetos flotantes que se encuentren tanto en el reactor orbital como en el baffle a la entrada del clarificador, ya sean estos provenientes del sistema (lodos) o externos (hojas, palos, plásticos, etc.) dado que la planta se encuentra a la intemperie. Es recomendable realizar esta limpieza con una maya y disponer los residuos recogidos de acuerdo a su procedencia, es decir, los desechos provenientes de la planta deben ser devueltos a el reactor orbital y los externos deben ser descartados para su recolección junto con la basura.</p>	<input data-bbox="1235 1458 1321 1516" type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 12****Mantenimiento Biológico**

<b>CONCEPTO</b>	<b>CHEQUEO</b>
Se debe verificar el color del líquido de mezcla en el reactor orbital, el cual debe tener un color café chocolate si la planta está trabajando entre el 50% y el 100% de su capacidad. Este control es el primer indicador del correcto funcionamiento de la planta.	<input type="checkbox"/>
Es necesario chequear que no se produzca el fenómeno de "bulking", el cual corresponde al crecimiento de microorganismos filamentosos, generando una masa celular voluminosa y poco consistente, que no sedimenta bien y es arrastrada en el efluente del sedimentador. Si esto llega a presentarse es necesario llamar a un técnico para poder solucionar este problema.	<input type="checkbox"/>
Se debe controlar el pH del reactor orbital, el cual debe fluctuar entre 6,5 y 7,5. lo ideal es que se mantenga lo más constante posible, de lo contrario se ocasionaran problemas en el reactor.	<input type="checkbox"/>
Es necesario controlar la temperatura del reactor orbital y del efluente, la cual no debe ser mayor a 30 °C, de lo contrario los microorganismos se pueden ver afectados.	<input type="checkbox"/>
Se debe controlar la sedimentabilidad de los lodos activos, mediante el test de sedimentabilidad, ya que este permite determinar si es necesario aumentar o no el retorno de los lodos.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar el caudal de entrada a la planta y llevar un registro de este, ya que si el caudal aumenta considerablemente, podrían verse afectados los microorganismos, ya que podría provocarse un efecto de lavado de estos, con lo que se vería afectado considerablemente el tratamiento.	<input type="checkbox"/>
Se debe verificar que la recirculación este con el caudal adecuado, de lo contrario es necesario regularlo a través de las válvulas que están a la salida de la cañería de recirculación. Esto se determina de acuerdo a la concentración del lodo sedimentado, vale decir, si la concentración de la muestra de la recirculación de lodos es mayor que el valor de la concentración de lodos sedimentados a los 30 min, es necesario aumentar el flujo de recirculación, de lo contrario es necesario disminuir el flujo de la recirculación de lodos. En este mismo capítulo se muestra cómo se calcula la concentración de lodos sedimentados.	<input type="checkbox"/>

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 13**  
**Prueba De Sedimentabilidad**

**Cono Imhoff utilizado para las Pruebas de Sedimentabilidad**



**Institución: GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA**

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

Nombre de persona que remite la muestra: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Nombre / Identificación de Planta: \_\_\_\_\_

Punto de recolección de la muestra:  
\_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_ (°C)

Tipo de agua residual colectado: Cruda o sin tratar Tratada

Tipo de muestra: Puntual ( ) Compuesta ( ) Otro tipo: \_\_\_\_\_

Fecha de toma de la muestra: \_\_\_\_\_

Fecha de remisión de la muestra: \_\_\_\_\_

Información adicional:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 14**  
**Información del Test de Sedimentabilidad**

FECHA:			<b>OBSERVACIONES PRIMEROS 5 MIN:</b>
Lugar Muestra:			<b>Flóculo</b>
Analista:			( ) Granular                      ( ) Compacto
			( ) Desarmado                      ( ) Peludo
Hora de la muestra:	ATC (%):		<b>Tamaño Partícula</b>
SSC: (ATC) * 1000/SSV			( ) Grande    ( ) Mediano    ( ) Pequeño
<b>Tiempo</b>	<b>SSV, cc/L</b>	<b>SSC, %</b>	Interfase Bio-sólidos / Sobrenadante
0	1000		( ) Bien Definida    ( ) Rugosa
5			<b>Sobrenadante</b>
10			( ) Clara              ( ) Borrosa
15			Flóculos Rezagados
20			( ) Sí    ( ) No
25			<b>OBSERVACIONES DESPUÉS DE 30 MIN:</b>
30			( ) Bordes Crocantes y afilados
40			( ) Flexible / Aterciopelados
50			( ) Tipo esponja
60			( ) Homogéneo



**LISTA DE VERIFICACIÓN No. 16****Plan de Contingencia**

<b>CONCEPTO</b>	<b>CHEQUEO</b>
Todo el personal debe usar equipamiento de seguridad, tales como: botas, guantes, gafas, mascarillas, buzos, pantalones largos, impermeables de ser necesarios.	<input type="checkbox"/>
No deben ingresar personas ajenas al funcionamiento de la planta, para evitar accidentes. Se deberá llevar un control de ingresos en la planta (bitácora de visitas), para mantener un registro de los visitantes.	<input type="checkbox"/>
Se deben colocar señalizaciones y letreros para indicar la presencia de posibles peligros o riesgos. (PELIGRO, ALTO VOLTAJE, NO CAMINAR POR EL BORDE DE LOS REACTORES, NO INGRESAR, etc.)	<input type="checkbox"/>
Los vehículos deben circular estrictamente por el área de operación y mantenimiento para evitar deslizamientos en los taludes del reactor orbital debido a la carga del vehículo.	<input type="checkbox"/>
Para evitar los malos olores debe cuidarse el buen desarrollo del cerco vivo colocado en los alrededores de la planta de tratamiento.	<input type="checkbox"/>
Se debe tener especial cuidado al dar mantenimiento a los equipos electrónicos, electromecánicos y mecánicos, para evitar daños a la integridad de los operadores.	<input type="checkbox"/>

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**TABLA DE PLANIFICACIÓN DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**

**LISTAS DE VERIFICACIÓN**