



Diseños Definitivos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Guangarcucho, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador

ANEXO 4: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA-EP

Mayo 2017



GREELEY AND HANSEN



TABLA DE CONTENIDO

	Página
PARTE 1: INTRODUCCIÓN	1
1. Propósito y alcance	1
2. Guía del usuario	2
3. Antecedentes	3
4. Descripción simplificada de los procesos	3
5. Definiciones	6
6. Personal encargado de las actividades	7
7. Respecto del manual de operación y mantenimiento	9
8. Metodología para modificar el manual de operación y mantenimiento	9
PARTE 2: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1
1. Objetivo	1
2. Referencias	2
3. Características de las aguas residuales	3
3.1 Muestreo	3
3.2 Caudal	4
3.3 Contenido de sólidos	4
3.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4
3.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5
3.6 Temperatura	5
3.7 pH	6
3.8 Nutrientes	6
3.9 Otros contaminantes	7
4. Características de los lodos	8
4.1 Contenido de sólidos	8
4.2 Ácidos volátiles y alcalinidad	8
4.3 Metales	8
5. Descripción de los procesos de tratamiento del agua e instrucciones de operación y mantenimiento	11
5.1 Generalidades	11
5.2 Caudal de tratamiento	15
5.3 Peligrosidad de gases que se generan en estructuras confinadas	15

5.4	Cajón de ingreso (Componente 1)	15
5.5	Cajón de unión (Componente 1a)	18
5.6	Pozo de gruesos (Componente 1b).....	19
5.7	Rejas gruesas (Componente 2a).....	20
5.8	Rejas finas (Componente 2b).....	22
5.9	Estación de bombeo inicial (Componente 3).....	24
5.10	Línea de impulsión: Bombeo inicial-desarenadores.....	28
5.11	Desarenadores tipo vórtice (Componente 4).....	29
5.12	Sedimentadores primarios (Componente 5).....	31
5.13	Reactores biológicos (Componente 6)	37
5.14	Sedimentadores secundarios (Componente 8)	42
5.15	Bombeo de decantación secundaria (Componente 7)	44
5.16	Desinfección UV (Componente 9)	47
5.17	Descarga final	50
6.	Descripción de los procesos de tratamiento del lodo e instrucciones de operación y mantenimiento	51
6.1	Peligrosidad de gases que se generan en estructuras confinadas	52
6.2	Espesamiento de lodos primarios (Componente 12).....	52
6.3	Espesamiento de lodos activos de desecho (Componente 19).....	56
6.4	Concentrador de natas (Componente 14).....	59
6.5	Digestión anaerobia y almacenamiento de lodos digeridos (Componentes 16 y 15).....	61
6.6	Deshidratación de biosólidos (Componente 20).....	64
7.	Instalaciones, sistema y equipos auxiliares.....	68
7.1	Sistema de control SCADA y Auditorio (Componente 29).....	68
7.2	Sistema de agua de la planta y combate de incendios de edificios	68
7.3	Red de agua de servicio.....	69
7.4	Sistema de alcantarillado sanitario.....	70
7.5	Sistema de alcantarillado pluvial	71
8.	Criterios de control del proceso de lodos activados	73
8.1	Concentración de oxígeno disuelto	73
8.2	Control de recirculación de lodo activado.....	73
9.	Criterios de operación durante el período de arranque de la PTAR	76
10.	Problemas asociados a la operación del sistema de lodos activados	78

11. Registro de datos	80
12. Prevención y medidas de seguridad en la PTAR	85
12.1 Introducción.....	85
12.2 Capacitación.....	85
12.3 Medidas de higiene	86
12.4 Espacios confinados	87
12.5 Peligros de explosión/incendio asociados con el biogás.....	91
12.6 Trabajos en altura	92
13. Formatos para el sistema de información operacional	95
Anexo 1	98

PARTE 3: MANUAL INICIAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE FUERZA, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES

1. Disposiciones generales – seguridad y salud ocupacional eléctricos	1
1.1 Factores de riesgos eléctricos.....	1
1.2 Tipos de accidentes ocasionados por la electricidad	2
1.3 Características seguras de las instalaciones eléctricas.....	3
1.4 Sistemas de protección	3
1.5 Uso, control y mantenimiento de los equipos e instalaciones eléctricas	4
1.6 Trabajos realizados con tensión.....	4
1.7 Técnicas y procedimientos de trabajo	5
2. Instrucciones para la presentación del manual digital de operación y Mantenimiento de equipos e instalaciones	5
2.1 Parte I - Resumen de todos y cada uno de los equipos	6
2.2 Parte II – Procedimientos operacionales.....	6
2.3 Parte III - Procedimientos de mantenimiento preventivo de todos y cada uno de los procesos.....	7
2.4 Parte IV – Lista de repuestos de todos y cada uno de los equipos y conjuntos	8
2.5 Parte V - Planos	8
2.6 Parte VI – Planos de taller.....	9
2.7 Parte VII – Seguridad	9
2.8 Parte VIII – Documentación.....	9
2.9 Parte IX – Software y aplicaciones.....	9
3. Programa de mantenimiento de equipos e instalaciones	10
3.1 Líneas aéreas de media tensión a 13,8 kV trifásicas	11

3.2	Instalaciones y equipo primario de transformación, medición, protección y maniobra a nivel de media tensión 22 kV	12
3.3	Instalaciones y equipos de baja tensión eléctricos de fuerza, iluminación, control, instrumentación y telecomunicaciones	13
3.4	Válvulas.....	16
3.5	Actuadores eléctricos motorizados para operación de válvulas	17
3.6	Obras civiles.....	18
PARTE 4: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		1
1.	Introducción	1
2.	Consideraciones generales	1
3.	Costos fijos	2
4.	Costos variables	5
5.	Resumen de flujo de costos fijos y variables	6
6.	Conclusiones	7
7.	Bibliografía	7

ETAPA EP

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GUANGARCUCHO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PARTE 1

INTRODUCCIÓN

Greeley and Hansen -
ACSAM Consultores

1. PROPÓSITO Y ALCANCE

El Manual de Operación y Mantenimiento (OyM) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Guangarcucho (PTARG), tiene la finalidad de guiar la OyM para que la PTARG cumpla con el objetivo para el que fue diseñada. Se ha elaborado el presente documento, con el propósito de proporcionar los criterios técnicos iniciales que orienten la puesta en marcha de la PTAR y optimización de su OyM.

Los criterios de este Manual deberán complementarse, luego de las experiencias adquiridas durante un período de puesta en marcha de seis meses, con los correspondientes al mantenimiento de los equipos empleados durante la implementación del proyecto; actividades que deberán ser cumplidas por la empresa contratista de la obra; de esta manera, se elaborarán los ajustes correspondientes al presente documento de Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR Guangarcucho.

Este manual proporciona una visión general de los procesos y una descripción detallada de cómo operar cada una de las instalaciones de procesos de la PTARG (Parte 2 del documento). Este manual sirve para proporcionar, a los operadores nuevos, suficiente información para operar las instalaciones de la PTARG y como una referencia disponible para los operadores experimentados. Las descripciones de los procesos son desarrolladas en cada sección para presentar la introducción sobre las funciones y el propósito de cada instalación.

Este manual se volverá más útil en la medida que sea actualizado a intervalos regulares de tal manera que cuando haya cambios en los procedimientos o las instalaciones, el manual debe modificarse para que refleje las nuevas condiciones. También se incluyen en este manual los procedimientos para actualizar periódicamente este documento (ver numeral 8).

En la Parte 3 del documento se presenta el MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE FUERZA, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES que

indica de manera particular las acciones y procedimientos de operación y mantenimiento a seguir en las fases de construcción y de explotación de este componente esencial de la PTAR. Conforme se podrá observar lo indicado permitirá disponer de criterios de partida que posteriormente deberán particularizarse y optimizarse acorde al equipamiento provisto, las condiciones propias del entorno y a la familiarización y experticia del personal responsable.

2. GUÍA DEL USUARIO

Este manual está dividido en las siguientes partes:

- Parte 1: Introducción.** Explica el uso del Manual y suministra información introductoria, con la descripción simplificada de los componentes de la PTAR, el personal básico que se debe implementar para las labores de operación y mantenimiento, así como la metodología para realizar modificaciones al manual.
- Parte 2: Descripción del Proceso, Operación y Mantenimiento.** Descripción de las características principales del agua a tratar, de los procesos para el tratamiento del agua y lodos y de las instrucciones iniciales de operación durante la fase previa, el inicio de operaciones, las labores de rutina, el plan de contingencia y de emergencia, así como algunas labores de mantenimiento que se tendrán que completar con las instrucciones específicas dadas por los fabricantes de cada uno de los equipos que componen la PTAR. Se incluye además una sección con los Criterios de Control del Proceso de Lodos Activados, los Criterios de Operación durante el período de arranque de la PTAR y los Problemas asociados a la operación del sistema de lodos activados. Al final de la Parte 2, se trata sobre el sistema de información operacional, con la información que se considera que debe ser registrada y los formularios para su registro.
- Parte 3: Operación y Mantenimiento de Sistemas Eléctricos.** Se emiten los criterios iniciales de operación y mantenimiento que durante la construcción y puesta en marcha tendrán que ser perfeccionados en función del equipo que se instale.
- Parte 4: Costos de Operación y Mantenimiento de la PTAR.** En esta sección se han estimado los costos de operación y mantenimiento de la planta Guangarcucho, en tanto que, los costos de la puesta en marcha, han sido analizados y considerados como parte del presupuesto de construcción de la obra.

3. ANTECEDENTES

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Cuenca es de tipo combinado, existiendo un sistema de interceptores, localizados en ambas márgenes de las quebradas y de los ríos Tomebamba, Yanuncay, Tarqui, Machángara y Cuenca, que permiten conducir el agua residual hacia el actual tratamiento Ucubamba compuesto por lagunas de estabilización, que se encuentran en operación continua desde el mes de noviembre de 1999.

La **planificación a largo plazo** en los sistemas de recolección, conducción, depuración y disposición final de agua residual ha caracterizado a la Empresa Pública Municipal de Telecomunicación, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP). Dentro de esta planificación, como parte de los estudios de factibilidad de los Planes Maestros II Fase de Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca, se determinó la necesidad de contar con una nueva planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el año 2015, en razón de que la capacidad hidráulica de la actual PTAR Ucubamba llegaría a su límite alrededor de ese año.

El funcionamiento de la planta de tratamiento Ucubamba es adecuado, sin embargo, su período de diseño, con las mejoras implementadas, finalizará en un par de años, lo cual unido al elevado crecimiento de nuevas áreas residenciales y al desarrollo de nuevos sectores de carácter residencial aguas abajo del sistema de depuración actual, la necesidad de recuperar los ecosistemas de agua de las zonas afectadas y ampliar el área de servicio con el tratamiento de aguas residuales a nuevos sectores de la ciudad, han determinado la necesidad de construir a un corto plazo un nuevo sistema de depuración aguas abajo del existente. Con esta previsión, ETAPA EP, ya en la segunda etapa de los planes maestros, adquirió, en el sector de Guangarcucho, los terrenos para la nueva planta de depuración.

La capacidad de tratamiento de la PTAR Ucubamba es del orden de 1.800 L/s, el caudal máximo horario de tratamiento en época de sequía es de 2.270 L/s y el caudal máximo horario de tratamiento en época de lluvias es 2.500 L/s.

Se ha previsto que la nueva planta recibirá el exceso de caudal que no podrá ser procesado por la actual PTAR Ucubamba, y además los caudales de las zonas de Nulti y Challuabamba y de las descargas industriales aguas abajo de Ucubamba.

Además, durante los primeros años de funcionamiento de la PTAR Guangarcucho, se ha planificado que, a más de los aportes mencionados en el párrafo anterior, trate las aguas de aproximadamente la mitad de caudal de la PTAR Ucubamba, la misma que, durante ese período, entrará en una etapa de mantenimiento general con la evacuación de lodos del primer tren de tratamiento compuesto por: una laguna aireada, una laguna facultativa y una laguna de maduración; posteriormente, ese mantenimiento se lo hará para el otro tren de tratamiento formado por igual número y tipo de lagunas que el primer tren.

4. DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA DE LOS PROCESOS

Esta Sección presenta una descripción general del sistema de tratamiento de aguas residuales en la de Guangarcucho. En la Parte 2 de este manual se incluye una descripción más detallada de este sistema.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Guangarcucho es de lodos activados con alimentación escalonada. La planta, diseñada para un caudal medio de 1.200 L/s, está compuesta por los siguientes componentes principales: Línea de tratamiento de agua; Línea de tratamiento de lodos, natas y espumas; y, otros sistemas y obras complementarias.

LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Para la línea de tratamiento del agua se tienen los siguientes componentes:

- **Pretratamiento:** El sistema de pretratamiento considerado, comprende la llegada del afluente a través del interceptor hacia un cajón de ingreso, un pozo de gruesos, cribas de extracción de sólidos gruesos, cribas de extracción de cribas finas, una estación de bombeo inicial y desarenadores.

El agua que llega desde el interceptor será conducida, hasta la estructura de trampa de sólidos de gran tamaño, luego, el flujo será llevado hacia las cribas de extracción de sólidos gruesos y luego pasará por las cribas finas y enseguida a la estación de bombeo que impulsará el agua hasta los dos desarenadores tipo vórtice.

- **Tratamiento Primario:** El efluente de los desarenadores se reparte a tres sedimentadores primarios para la remoción de sólidos suspendidos del agua residual cruda, materiales flotantes (natas y espumas) y remoción de una fracción de la carga orgánica antes del tratamiento secundario.
- **Tratamiento Secundario:** Conformado por tanques de aireación (Biorreactores), con el correspondiente sistema de sopladores-difusores, seguidos de sedimentadores secundarios con recirculación de lodos biológicos a los tanques de aireación.

Desde los sedimentadores primarios, por medio de tuberías, se transportará el agua hacia los tanques de aireación. El efluente de los tanques de aireación se dirigirá hasta los sedimentadores secundarios. Desde los sedimentadores secundarios, los lodos activados (RAS) serán recirculados hacia los tanques de aireación o desechados (WAS) hacia los espesadores de banda, en tanto que el agua será transportada hacia la desinfección.

Se han diseñado cuatro tanques de aireación y cuatro sedimentadores secundarios.

- **Desinfección:** El sistema de desinfección que tendrá la planta corresponde a la desinfección ultravioleta (UV).

El efluente de la desinfección, será conducido hacia su descarga en el río Cuenca, pasando por un vertedero de medición de caudal y por una cascada para disipar la energía antes de entrar a la corriente del río.

LÍNEA DE TRATAMIENTO DE LODOS

Para la línea de tratamiento de lodos se tienen los siguientes componentes:



- **Espesamiento de lodos primarios:** Comprende el proceso de concentración de los sólidos removidos de los sedimentadores primarios previo al ingreso a los digestores. Los lodos sedimentados son recolectados y bombeados al tanque de espesamiento de lodos a gravedad. Se ha previsto la instalación de dos espesadores de lodos a gravedad. El objetivo es producir una concentración aproximada de sólidos del 4 por ciento.
- **Espesamiento de lodos activos de desecho (WAS por sus siglas en inglés):** Los lodos de desecho de los sedimentadores secundarios serán espesados antes de su digestión para reducir el volumen del tanque requerido para una adecuada estabilización de sólidos. Todos los lodos de desecho serán espesados a través del uso de las bandas espesadoras a gravedad (GBT's por sus siglas en inglés). Se ha considerado la instalación de tres espesadores. El objetivo es producir una concentración de sólidos cercana al 6 por ciento.
- Los lodos y natas de los sedimentadores primario y sedimentadores secundarios serán conducidos hacia un concentrador de natas con un tiempo de concentración del orden de 30 minutos y desde aquí, a los digestores.
- **Digestión Anaerobia:** Los lodos espesados pasarán al proceso de digestión que estabilizará los sólidos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales. El tiempo de retención mínimo requerido por los sólidos es de 15 días a temperaturas de al menos 35° C para cumplir con los estándares de destrucción de patógenos y con una destrucción mínima de 38% de sólidos volátiles para cumplir los requisitos de reducción de atracción de vectores. Como se ha indicado, en el párrafo anterior, los digestores recibirán también el efluente del espesador de natas. Se tendrán tres digestores y un tanque de almacenamiento de los lodos digeridos.
- **Deshidratación de biosólidos:** Luego de la digestión, los lodos serán deshidratados por medio de un sistema de centrifugas, mediante el cual, se podrá obtener una torta de concentración de sólidos alta del orden del 24%, y así, poder ser transportados con mayor facilidad hacia su destino final. En el diseño se han previsto tres centrifugas, una en funcionamiento, una de repuesto y una en reparación.
- Finalmente, los lodos deshidratados serán almacenados, como paso previo a su transporte hacia el relleno sanitario.

Además, como parte de los procesos de tratamiento de agua y lodos, se tendrán cinco sistemas de control de olores que consideran que las instalaciones para el tratamiento no deberán causar emisiones de olores ofensivos de forma persistente más allá de la propiedad de la planta. Los sistemas de control de olores servirán para controlar los olores de: el tratamiento preliminar (rejas, estación de bombeo inicial), los desarenadores, los espesadores de lodos primario, los GBT's y centrifugas y el tanque de Concentración de natas y espumas.

OTROS SISTEMAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

La planta de tratamiento Guangarcucho contará además con los sistemas internos de agua potable y control de incendios, sistema de agua de servicios, de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial y obras complementarias como: cerramiento perimetral, iluminación de áreas internas y de áreas externas, vías internas, áreas verdes, parqueaderos.

Con respecto a los edificios, además de los requeridos para los procesos de agua, lodos y eléctricos, se cuenta con:

- La construcción existente que servirá para la administración de la planta.
- Dos casas de guardián, una para el ingreso superior y la otra para el ingreso inferior.
- Un auditorio ubicado en la plataforma superior, estructura además, en la que se ubicará el Centro de Control SCADA.
- Un laboratorio.
- Un edificio de Bodega-Taller.

5. DEFINICIONES

OPERACIÓN

Es el conjunto de acciones destinadas a lograr que las instalaciones y equipos cumplan las funciones y resultados esperados.

MANTENIMIENTO

Es el conjunto de acciones destinadas a lograr que las instalaciones o equipos conserven la capacidad para cumplir las funciones o resultados esperados. El mantenimiento tiene que ver básicamente con las siguientes clases de actividades:

- Prolongación de la vida útil de los diversos elementos.
- Anticipación de las necesidades de Mantenimiento de acuerdo con un cronograma establecido (Mantenimiento Preventivo). Análisis de la historia de mantenimiento para ajustar las necesidades de mantenimiento (Mantenimiento Predictivo).
- Eliminación de aquello que perjudique al buen funcionamiento de instalaciones y equipos.
- Limpieza y ordenamiento en general.
- Sustitución, arreglo o reposición de elementos o procesos fuera de orden.

Las cuatro primeras clases integran en general lo que se conoce como **mantenimiento preventivo y predictivo**, y la última sería el **mantenimiento correctivo** o reparación de daños.

6. PERSONAL ENCARGADO DE LAS ACTIVIDADES

Para el cumplimiento de las acciones correspondientes a la Operación y Mantenimiento de la PTAR, EMAPA, requerirá implementar una Unidad que cuente con las siguientes áreas de trabajo:

- Jefatura de Operación y Mantenimiento (1 persona).
- Supervisión del área de Operación (2 personas).
- Supervisión del área de Mantenimiento (2 personas).

Cada área tendrá a su cargo el personal de apoyo para el cumplimiento de sus actividades, de acuerdo a la siguiente descripción:

Supervisores del área de Operación:

- Operadores de la PTAR (10 personas)
- Operador del sistema SCADA (5 personas para cubrir las 24 horas del día, los 365 días al año).
- Laboratorista (1 persona)
- Ayudante de Laboratorista (1 persona)
- Operador de Bobcat (1 persona)
- Choferes (4 personas: 2 para transporte de biosólidos, 1 para conducir el camión de transporte de arenas y 1 para camioneta de servicios, supervisión y control).

Supervisores del área de Mantenimiento:

- Tecnólogo eléctrico (1 persona).
- Tecnólogo mecánico (1 persona).
- Plomeros (2 personas).
- Jornaleros (3 personas).

Además de las áreas de operación y mantenimiento será necesaria la contratación de la guardianía de los dos ingresos de la planta durante las 24 horas del día, los 365 días del año (10 personas).

ORGANIGRAMA DE LA JEFATURA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En el organigrama que se muestra a continuación se detalla la jerarquía y rutas de los procesos a considerarse en el diseño del sistema administrativo del personal de operación y mantenimiento de la PTAR Guangarcucho.

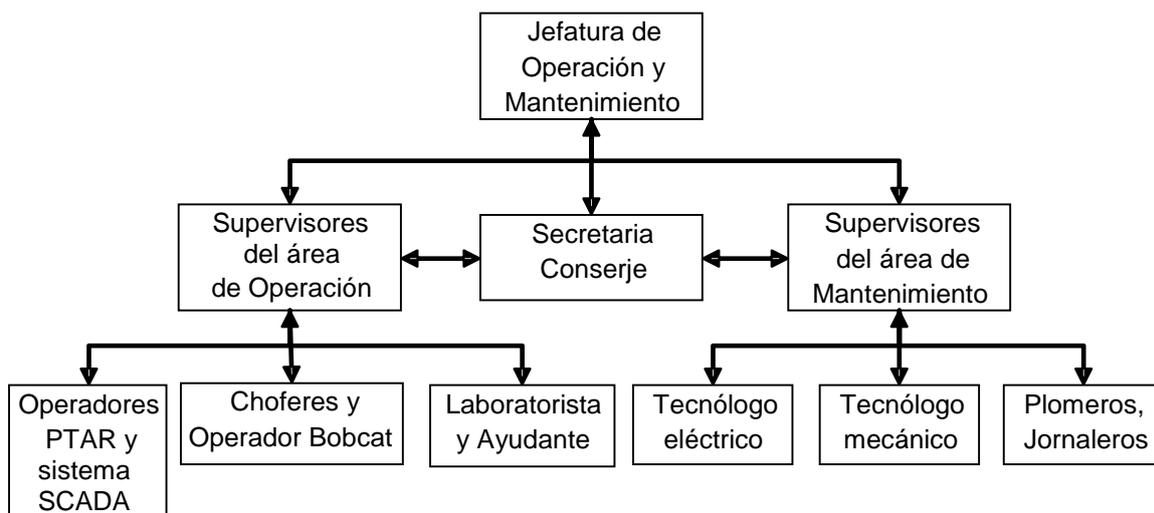


Figura 1.1: Organigrama de personal, propuesto para las actividades de Operación y mantenimiento de la PTAR

FORMACIÓN REQUERIDA DEL PERSONAL

A continuación se presenta la formación requerida para el personal.

Jefe de Planta de tratamiento: Ingeniero Sanitario o Civil, con especialidad en tratamiento de aguas residuales. Experiencia dos años.

Supervisor del área de operación: Ingeniero Civil, con dos años de experiencia en el diseño u operación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Supervisor del área de mantenimiento: Ingeniero Civil, con dos años de experiencia en el diseño u operación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Secretaria: Bachiller en secretariado, 2 años de experiencia con conocimiento de herramientas Office.

Operadores del Sistema SCADA: Analista de sistemas. Experiencia 2 años en sistemas y redes LAN, WAN, bases de datos relacionales SQL y ORACLE, software Visual Basic, programación de software de adquisición de datos y sistemas orientados al control y automatismos, programación de autómatas programables y paneles visualizadores HMI, Office.

Operadores de la PTAR: Bachiller con dos años de experiencia en actividades afines.

Laboratorista: Ingeniero químico. Experiencia 2 años en análisis físicos, químicos y microbiológicos. Conocimiento de Office.

Auxiliar de laboratorio: Bachiller, un año de experiencia en muestreo y actividades de apoyo en laboratorio.

Tecnólogo eléctrico: Con experiencia de 2 años en el mantenimiento Industrial de líneas y equipos en media y baja tensión. Conocimiento de Office, AUTOCAD.

Tecnólogo mecánico: Con experiencia de 2 años en mantenimiento Industrial de equipos mecánicos, hidráulicos y neumáticos, Conocimientos de Office, AUTOCAD.

Choferes: licencia profesional tipo E.

Operador Bobcat: licencia profesional tipo G.

Plomeros, jornaleros y conserje: Instrucción primaria, experiencia de un año en actividades similares.

7. RESPECTO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El Manual de Operación y Mantenimiento estará provisto en forma impresa para usarse fácilmente por los operadores y personal de mantenimiento de la Planta. Se tendrán copias disponibles de este manual en los archivos en el Edificio Administrativo, En el Auditorio (edificio en el que estará el control SCADA), en el edificio de Bodega-Taller y en cada uno de los cuartos de control de las instalaciones de proceso.

Además de las copias impresas, el manual tendrá su respaldo en forma electrónica. El texto ha sido producido usando Word y las figuras se han producido utilizando el AutoCad. Las copias escritas y electrónicas no podrán ser modificadas sin el previo consentimiento del Jefe de Planta. Cuando se requieran realizar cambios al Manual, se aplicará la metodología que se describe a continuación.

8. METODOLOGÍA PARA MODIFICAR EL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El Manual de Operación y Mantenimiento sólo será útil en la medida que se mantenga actualizado. Cada miembro del personal de la Planta tiene la responsabilidad de identificar los cambios que sean necesarios y de reportarlos a los Supervisores de las áreas de Operación y Mantenimiento, quienes a su vez, notificarán al Jefe de Planta como paso previo a la realización de las modificaciones o actualizaciones que sean necesarias y que se tendrán que hacerse efectivas en todas las copias impresas y digitales. En la Tabla 1 se presenta el formato sugerido para el proceso de cambios en el Manual.

Además de los cambios que se pueden sugerir en cualquier momento, es recomendable que, el personal de operadores y supervisores tengan una reunión anual para analizar la necesidad o no de efectuar cambios en el Manual.

**Tabla 1:
Formulario de Modificaciones al Manual de Operación y Mantenimiento**

Sección del Manual a modificarse _____	Fecha _____
Título de la sección del Manual a Modificarse _____	
Páginas del Manual a Modificarse _____	
Razones de las Modificaciones _____	
Modificaciones (Adjunte los documentos pertinentes que sean necesarios)	
Nombre de Persona que Sugiere el Cambio: _____	
Nombre de Persona que Aprueba el Cambio: _____	

ETAPA EP

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GUANGARCUCHO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PARTE 2

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Greeley and Hansen -
ACSAM Consultores

1. OBJETIVO

El objetivo de esta sección es la de suministrar un análisis detallado de los procesos de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Guangarcucho. Es muy importante que cada operador entienda cómo trabaja cada proceso para que así se puedan tomar las decisiones operativas apropiadas cuando ocurran cambios en las características de las aguas residuales o cuando haya influencia de otros factores. Los caudales que entran a la planta pueden aumentar o disminuir a causa de las precipitaciones pluviales, y de esta forma la concentración de las aguas residuales tendrá cambios. También pueden ocurrir cambios dentro de las instalaciones de la Planta debido a los cambios de temperatura, cambios debido a la disponibilidad de equipos y otros cambios que no serán posibles de identificar. Muchos cambios en las condiciones serán automáticamente ajustados por el sistema de control y el operador no tendrá que intervenir pero si vigilar. Para algunos procesos, no se ha considerado prudente suministrar el control automático y el operador tendrá que efectuar los cambios con base en sus conocimientos del proceso. Es cierto que algunos cambios ocurrirán, y el operador, mediante su destreza, debe tomar decisiones con base en información determinada.

Los sistemas biológicos, tal como se contempla en la Planta de Tratamiento de Guangarcucho, son procesos dinámicos. Decisiones mal tomadas para los procesos pueden causar un problema en los procesos biológicos. Las consecuencias de decisiones mal tomadas para los procesos, pueden traer como resultado la reducción de la efectividad en la remoción de contaminantes y en las consideraciones de seguridad. Una vez que se hayan perturbado estos procesos, podría tomar varios días para poder corregir la situación y retornar los procesos a su operación y efectividad adecuadas. Durante el procesamiento de los lodos, se producen gases que deben ser manejados adecuadamente. Los operadores deben entender completamente la dinámica del proceso para prevenir consecuencias no deseables.

2. REFERENCIAS

Además de este manual, existen otras referencias que pueden suministrar una literatura muy útil para aprender sobre el tratamiento de aguas residuales. Estas referencias son las siguientes:

1. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, WEF Manual of Practice No. 8, Water Environment Federation.
2. Operation of Wastewater Treatment Plants, WEF Manual of Practice No. 11, Water Environment Federation.
3. Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy, Inc.
4. Pumping Station Design, Robert L. Sanks y otros.
5. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
6. Chemistry for Sanitary Engineers, Clair N. Sawyer and Perry L. McCarty.
7. Sludge Treatment and Disposal, USEPA.
8. Anaerobic Sludge Digestion, Operations Manual, USEPA.

3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas residuales del influente se definen por varios parámetros. Estos parámetros deben medirse continua o periódicamente para controlar los procesos y para evaluar la efectividad del tratamiento. Algunos de estos parámetros se miden en el campo usando instrumentación en el sitio. La mayoría de los parámetros a ser determinados en laboratorio se lo realizarán en Ucubamba y sólo algunos en el laboratorio de Guanguarcho con base en muestras obtenidas dentro de la Planta. Este numeral describe cada uno de los parámetros importantes para la operación apropiada de la Planta de Tratamiento de Guanguarcho.

3.1 Muestreo

Las muestras de aguas residuales pueden ser del tipo instantáneo o compuesto. Las muestras instantáneas se toman sumergiendo una botella de recolección en las aguas residuales, para suministrar resultados que mostrarán las características de las aguas residuales en el momento en que la muestra es recogida. Las muestras compuestas se recogen usando tomamuestras automáticos que periódicamente sacan una muestra de la corriente del líquido y la colocan en una botella de recolección. Las botellas de recolección se mantienen refrigeradas dentro del tomamuestras para disminuir la velocidad de las reacciones químicas. Se prevé que los tomamuestras para las muestras compuestas estarán disponibles para las aguas residuales del afluente y para el caudal que entra y sale del tratamiento biológico. Las muestras compuestas suministran, principalmente, un promedio de las condiciones durante un día de 24 horas.

Las muestras instantáneas pueden suministrar un indicativo de las características de las aguas residuales en el instante exacto en que se toma la muestra, pero tienen la desventaja de no poder suministrar información acerca de si las condiciones indicadas son representativas de las concentraciones durante el día o solamente a corto plazo. Por ejemplo, si una industria descargó un químico en particular al sistema de alcantarillado, podrá ser medible en la planta durante un período a corto plazo. Si esto ocurre cuando se toma la muestra, los efectos de esta descarga pueden ser exagerados, si se asume una tendencia a largo plazo. Por otro lado, si la muestra instantánea se recoge en un instante diferente a aquel en que este químico esté pasando a través de la Planta, puede pasarse totalmente inadvertido. Las muestras instantáneas son importantes, debido a que es excesivamente costoso tener y operar tomamuestras para las muestras compuestas en todos los puntos en que se deben recoger muestras. Además, es deseable tener con frecuencia, un indicativo instantáneo de las condiciones del proceso, tal como es suministrado por las muestras instantáneas.

Las muestras de lodos serán recogidas generalmente como muestras instantáneas. En la Planta de Tratamiento de Guanguarcho no se han considerado tomamuestras para muestras compuestas de lodos. Sin embargo, en los lodos se acumulan los materiales removidos de las aguas residuales y por lo tanto, las muestras instantáneas para lodos no tienen las mismas desventajas que tienen para las aguas residuales. Por ejemplo, los digestores anaeróbicos tienen un tiempo de retención hidráulico, por diseño, de varios días. Por lo tanto, el cambio en la composición de los sólidos de los digestores ocurrirá muy despacio. El digestor por si solo está convirtiendo la muestra en compuesta. Los parámetros de rendimiento para la

digestión tales como el pH, la alcalinidad y la producción de gas, podrían cambiar más rápidamente, particularmente cuando ocurren problemas.

3.2 Caudal

Los caudales se miden continuamente utilizando medidores de caudal en línea. Los datos son recogidos de una forma electrónica y enviados al Sistema de Control de la Planta para su despliegue en pantalla y su almacenamiento. Es importante para el operador tener acceso continuo a la información del caudal para el control apropiado de los procesos de la Planta. El caudal medio diario de diseño de la planta Guangarcucho es igual a 1.200 L/s.

3.3 Contenido de Sólidos

Los sólidos en las aguas residuales pueden ser divididos entre los suspendidos y los disueltos. Generalmente, son los sólidos suspendidos los que pueden sedimentarse y por lo tanto son los más importantes en el tratamiento de las aguas residuales. En el laboratorio, los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se definen como el peso de sólidos que quedan en un filtro de fibra de vidrio después de una filtración y secado a 103°C. La remoción de los sólidos suspendidos es una medida de la efectividad del proceso de tratamiento de las aguas residuales. De vez en cuando es también importante conocer la fracción volátil de los SST. Los sólidos suspendidos volátiles (SSV) son medidos en el laboratorio por medio de la porción de sólidos que se volatiliza cuando el residuo en el filtro de fibra de vidrio se calienta hasta 550°C. Lo que permanece en el filtro después de calentarlo, se le denomina como la fracción fija o inerte de los sólidos.

Para los diseños de la planta Guangarcucho, los SST medidos y analizados de los registros históricos del agua cruda de la planta Ucubamba, hasta el año 2016, tiene una concentración de 239 mg/L y su proyección al año 2050, un valor de 296 mg/L.

3.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La prueba del DBO₅ es la forma clásica de medir la carga orgánica en la Planta. Los compuestos orgánicos en las aguas residuales sirven como alimento para la actividad biológica. En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la prueba de DBO₅ permite una medida de la efectividad del tratamiento y de la cantidad de oxígeno que debe ser suministrada. Si al río se descargan aguas residuales no tratadas, los compuestos orgánicos, cuya presencia es determinada por la prueba del DBO₅, ejercerán una demanda de oxígeno en el río y rebajarán los niveles de oxígeno a valores por debajo de los aceptables. Uno de los propósitos de la porción biológica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es la de permitir que esta actividad biológica se dé en un ambiente controlado, antes de descargar el agua tratada al río.

La prueba de DBO se ejecuta en el laboratorio donde la demanda de oxígeno se mide después de incubar la muestra, típicamente, durante 5 días a 20°C. Las pruebas de DBO pueden ser hechas para un tiempo de incubación de 20 días, pero el estándar es cinco días y se denomina típicamente como DBO₅.



Cuando la muestra se incuba, se originan dos formas de actividad biológica. Durante los primeros cinco días, se consume la materia orgánica y se ejercerá una demanda de oxígeno llamada demanda carbonácea de oxígeno. Después de varios días, las bacterias capaces de oxidar el amoníaco en nitritos y nitratos empezarán a predominar y consumirán más oxígeno. A esto es lo que se denomina como la demanda nitrificante de oxígeno. Para que sea una medida de la fracción orgánica únicamente, es más importante conocer la porción de la demanda carbonácea del oxígeno de la DBO_5 . Realmente, cuando se toma la prueba con incubación a cinco días, la DBO_5 estará constituida en su mayor parte por la demanda carbonácea. Para asegurarse de que la DBO_5 está reportando solo la demanda carbonácea, se puede adicionar un inhibidor a la muestra para prevenir que vaya a ocurrir la nitrificación. A las muestras utilizadas para la prueba de DBO_5 usando un inhibidor, se les denomina como $DBOC_5$.

Durante los diseños de la planta Guangarcucho, la DBO_5 medida y analizada de los registros históricos del agua cruda de la planta Ucubamba, hasta el año 2016, tiene una concentración de 118 mg/L y su proyección al año 2050, un valor de 220 mg/L.

3.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La desventaja de la prueba de DBO_5 es que se necesitan cinco días para obtener resultados, y cuando se obtienen los resultados, es de importancia histórica pero no pertinente para las decisiones operacionales durante el día. La demanda química de oxígeno (DQO) se elabora en el laboratorio pero los resultados se obtienen en cuestión de horas y no de días. La DQO es generalmente mayor que la DBO_5 , pero la relación entre la DQO y la DBO_5 varía de Planta a Planta. La relación DBO_5 :DQO necesita establecerse para cada Planta y para cada proceso en los que deben determinarse los valores de DQO y DBO_5 . La relación normal de DBO_5 :DQO para las aguas residuales crudas es de 0,5:1,0 y para el efluente secundario de 0,1:1,0. La relación de DBO_5 :DQO medida durante el proceso de diseño de la Planta de Tratamiento de Guangarcucho fue de 0,445:1,0, de acuerdo al análisis del agua cruda de la planta de Ucubamba.

Durante los diseños de la planta Guangarcucho, la DQO medida y analizada de los registros históricos del agua cruda de la planta Ucubamba, hasta el año 2016, tiene una concentración de 298 mg/L y su proyección al año 2050, un valor de 494 mg/L.

3.6 Temperatura

La actividad biológica aumenta cuando se incrementa la temperatura del agua. Las aguas residuales en el sistema de recolección, son generalmente más cálidas que el agua potable que abastece las edificaciones, debido a que las aguas residuales reciben el agua caliente.

La temperatura de las aguas residuales en la Planta de Tratamiento de Guangarcucho es generalmente estable, debido a que la temperatura del aire se mantiene casi estable durante todo el año. Los aumentos en la temperatura de las aguas residuales son un indicativo de una descarga de aguas industriales con alta temperatura. Una disminución de la temperatura puede ser un indicativo de la presencia de aguas lluvias. La temperatura de las aguas residuales se mide en el campo utilizando instrumentos portátiles. Para los diseños de la

Planta, de acuerdo a las mediciones proporcionadas por ETAPA EP, la temperatura del agua residual oscilaba entre 16 y 20 °C.

3.7 pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno y tiene un valor entre 0 y 14. Un pH bajo es un indicativo de una solución ácida. Un pH alto es un indicativo de una solución básica. Un pH de siete es neutro. La actividad biológica es lo suficientemente activa cuando el pH se encuentra entre 6,5 y 8,0. Las descargas industriales aguas arriba de la Planta de Tratamiento de Guangarcucho, pudieran en algún momento, tener el potencial de variar el valor del pH fuera de este rango, hacia los extremos ácido y básico. Es importante que los contribuyentes industriales sean controlados y regulados para que sus vertimientos tengan un pH cerca al valor neutro, y así, los sistemas biológicos de la Planta no se vean amenazados, por lo que, el programa de pretratamiento industrial de ETAPA EP es importante para monitorear y controlar estas descargas industriales. No existen sistemas de ajuste del pH en la Planta de Tratamiento de Guangarcucho y por lo tanto el pH debe controlarse desde la fuente de origen.

3.8 Nutrientes

Los nutrientes primarios de interés en las plantas de tratamiento de aguas residuales son el nitrógeno y el fósforo. Ambos deben estar presentes en cantidades suficientes para que los microorganismos en el proceso biológico puedan crecer saludablemente. Casi siempre los nutrientes están presentes en grandes cantidades. Algunas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales deben remover los nutrientes para proteger los cuerpos receptores de agua donde se descarga el efluente de la Planta. Cuando se descargan muchos nutrientes en cuerpos de agua naturales se propicia el crecimiento de algas. Al presente, la Planta de Tratamiento de Guangarcucho no tiene la necesidad de remover estos nutrientes.

El nitrógeno puede estar presente en el agua en las siguientes formas:

- Nitrógeno Amoniacal (NH_3)
- Nitrógeno Orgánico
- Nitritos (NO_2)
- Nitratos (NO_3)

En el influente de la Planta, el nitrógeno estará presente casi exclusivamente en las formas orgánica y amoniacal. La técnica analítica más común en el laboratorio, el Nitrógeno Total Kjeldahl, es el contenido total del nitrógeno amoniacal y orgánico. El nitrógeno orgánico es un químico esencial para el crecimiento de todos los organismos vivos. Con la presencia de microorganismos específicos, el nitrógeno orgánico es degradado a nitrógeno amoniacal bajo condiciones aerobias (con oxígeno) y anaerobias (sin oxígeno). A medida que las aguas residuales pasan a través del proceso biológico en la Planta de Tratamiento, parte del nitrógeno orgánico se convertirá en nitrógeno amoniacal.

En algunas Plantas, no en el caso de la Planta de Tratamiento de Guangarcucho, el nitrógeno amoniacal se oxida a nitritos y nitratos por medio de microorganismos específicos en un proceso llamado nitrificación. Oxidando el amoníaco en la Planta de Tratamiento, la demanda

de oxígeno del efluente es reducida posteriormente antes de su descarga al cuerpo de agua receptor. Algunas Plantas de Tratamiento también remueven el nitrógeno del efluente en un proceso llamado desnitrificación, que sigue a continuación de la nitrificación. Durante la desnitrificación, los nitritos y los nitratos son reducidos al nitrógeno elemental (N_2) por medio de microorganismos desnitrificantes específicos y una fuente de carbón. El nitrógeno removido es liberado a la atmósfera. Los procesos de nitrificación y desnitrificación no se incluyen en la Planta de Tratamiento de Guangarcucho, pues, la nitrificación, será controlada por medio de la aireación escalonada y el caudal de recirculación de lodos.

El fósforo en las aguas residuales está disponible en las formas de polifosfatos, ortofosfatos y fosfato orgánico. Con frecuencia se miden juntos para informar los fosfatos totales. Las instalaciones para remoción de fósforo no se incluyen en la Planta de Tratamiento de Guangarcucho.

3.9 Otros Contaminantes

Los otros contaminantes consisten de varios compuestos orgánicos e inorgánicos tales como metales pesados, solventes orgánicos, pesticidas, cianuro y otros materiales potencialmente tóxicos. Estos materiales son importantes debido a que ciertos niveles de estos materiales pueden inhibir la actividad biológica en la Planta y causar problemas a los procesos. Estos contaminantes también pueden acumularse en los lodos hasta un nivel en el cual las opciones de disposición de lodos pueden limitarse.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS LODOS

Las características físicas, químicas y biológicas de los lodos se definen por diversos parámetros. Estos parámetros deben ser medidos periódicamente para controlar los procesos de lodos y para evaluar su rendimiento. Estos parámetros se miden con mucha frecuencia en el laboratorio, con base en muestras recogidas. Las muestras instantáneas se usan para todas las muestras de lodos. Esta sección describe cada uno de los parámetros más importantes para la operación apropiada de las instalaciones de tratamiento de lodos en la Planta de Guangarcucho.

4.1 Contenido de Sólidos

Los sólidos en los lodos, como en las aguas residuales, pueden dividirse en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. Generalmente son los sólidos suspendidos los de mayor importancia en el tratamiento de lodos. En el laboratorio, los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se definen como el peso de sólidos que permanecen en un filtro de fibra de vidrio después de filtración y secado a 103°C. Algunas veces también es importante conocer la fracción de sólidos volátiles de los SST, particularmente para evaluar la efectividad del proceso de digestión anaeróbica. Los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) se miden en el laboratorio evaluando la porción de los SST que se volatiliza cuando el residuo en el filtro de fibra de vidrio se calienta hasta 550°C. Lo que permanece en el filtro después del calentamiento se denomina como la fracción inerte o fija de los sólidos. Los sólidos volátiles son reportados generalmente como un porcentaje de los Sólidos Suspendidos Totales.

Durante los diseños de la planta Guangarcucho, los SST medidos y analizados de los registros históricos del agua cruda de la planta Ucubamba, hasta el año 2016, tiene una concentración de 239 mg/L y su proyección al año 2050, un valor de 296 mg/L. Bajo ese mismo análisis, los SSV, al año 2016 tiene una concentración de 127 mg/L y su proyección al año 2050, un valor de 150 mg/L.

4.2 Ácidos Volátiles y Alcalinidad

Los ácidos volátiles (ácidos orgánicos totales) son productos de verdadera importancia, en la digestión intermedia, para el control de los digestores. La alcalinidad suministra una neutralización del contenido del digestor y el proceso de digestión produce bicarbonato amónico. La concentración de los ácidos volátiles debe ser de 50 a 300 mg/L. La alcalinidad debe estar entre 2000 y 5000 mg/L. La relación entre los ácidos volátiles y la alcalinidad puede ser monitoreada para evaluar la salud del proceso de digestión anaeróbica.

4.3 Metales

El único mecanismo de remoción de metales en el proceso de tratamiento, es la acumulación de ellos en los sólidos de los lodos, separándolos así de las aguas residuales. Un método de disposición de lodos es aquel en que los lodos deshidratados se aplican a tierras aptas para la agricultura. Algunos metales han demostrado ser tóxicos para las plantas, los animales y para el hombre a concentraciones elevadas. En la planta de Guangarcucho, se ha considerado que los lodos, luego de los procesos de espesamiento, digestión y deshidratación serán transportados al relleno sanitario; no obstante, si en algún momento se

considera disponer los lodos para la agricultura, será importante conocer la cantidad de metales presentes en los lodos. Las concentraciones elevadas de algunos metales también pueden inhibir la actividad biológica dentro de un digestor anaeróbico.

Como referencia, durante los estudios de la Planta, el agua cruda presentó las siguientes concentraciones de los elementos metálicos:

Arsénico:	0,03 mg/L
Cadmio:	0,02 mg/L
Cromo:	0,04 mg/L
Cobre:	0,07 mg/L
Plomo:	0,10 mg/L
Mercurio:	0,006 mg/L
Níquel:	0,06 mg/L
Zinc:	0,48 mg/L

De acuerdo a la bibliografía especializada, los biosólidos, para que puedan ser aprovechados en la agricultura, se clasifican en función del tipo (según el contenido de metales pesados) y clase (según el contenido de patógenos y parásitos).

Tipos y Clases de Biosólidos

Tipo	Clase	Aprovechamiento
Excelente	A	Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación.
		Los establecidos para clase B y C.
Excelente o Bueno	B	Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación.
		Los establecidos para clase C.
Excelente o Bueno	C	Usos forestales.
		Mejoramiento de suelos.
		Usos agrícolas.

Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

Determinados en forma total	Excelentes	Buenos
	(mg/kg en base seca)	(mg/kg en base seca)
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1.200	3.000
Cobre	1.500	4.300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2.800	7.500

Fuente: Normativa Mexicana, NOM-004-SEMARNAT-2002

Elaboración: Consorcio

Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

Clase	Indicador Bacteriológico de Contaminación	Patógenos	Parásitos
	Coliformes Fecales	Salmonella spp.	Huevos de helmintos
	NMP/g en base seca	NMP/g en base seca	1/g en base seca
A	Menor de 1.000	Menor de 3	Menor de 1
B	Menor de 1.000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2'000.000	Menor de 300	Menor de 35

Fuente: Normativa Mexicana, NOM-004-SEMARNAT-2002

Elaboración: Consorcio

Como referencia adicional, en los EE. UU., los biosólidos deben cumplir los requerimientos especificados en "The Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge" (40 CFR Part 503 Biosolids Rule), antes de ser usados.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA E INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1 Generalidades

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales remueven los contaminantes del agua para que tengan un impacto negativo más reducido en los cuerpos de agua a que se vierte.

Las aguas residuales sin tratamiento afectan negativamente los cuerpos de agua de la siguiente forma:

1. Los sólidos enturbian el agua y le dan una apariencia sucia. También se pueden sedimentar en el fondo del cuerpo de agua.
2. Los compuestos orgánicos se biodegradan y consumen el oxígeno. La falta de oxígeno hace que el cuerpo de agua sea menos adecuado para los organismos acuáticos deseables.
3. Los nutrientes pueden causar un florecimiento excesivo de algas y disminuyen el contenido de oxígeno.
4. Los metales y químicos inorgánicos se pueden acumular en los organismos acuáticos.
5. Se producen olores desagradables.

Los procesos de tratamiento de las aguas residuales pueden ser físicos, químicos o biológicos. Los procesos físicos remueven los contaminantes por sedimentación o filtrado. Los procesos químicos requieren de la introducción de algunos químicos que reaccionen con los contaminantes, y luego se remueven por precipitación. Los procesos biológicos usan microorganismos para convertir a los contaminantes en biomasa y gases que se remueven de las aguas residuales. La Planta de Tratamiento de Guangarcucho usa procesos biológicos y físicos para remover los SST y la DBO₅, además, se reduce la carga de bacterias (ejemplo: coliformes, e-coli) mediante el proceso de desinfección UV.

Este numeral del Manual de Operación y Mantenimiento analiza cada proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Guangarcucho. Las instalaciones de lodos se analizan en un numeral posterior. El análisis enfoca las consideraciones de dimensionamiento y diseño para cada proceso y analiza las consideraciones operacionales y de mantenimiento para cada sistema y para cada tipo de equipo. Los procesos de tratamiento de aguas residuales desde la entrada del influente hasta la salida del efluente son los siguientes:

Pretratamiento: El sistema de pretratamiento considerado, comprende la llegada del afluente a través del interceptor hacia un cajón de ingreso, un pozo de gruesos, cribas de extracción de sólidos gruesos, cribas finas, una estación de bombeo y desarenadores.

El agua que llega desde el interceptor será conducida, hasta la estructura de trampa de sólidos de gran tamaño, luego, el flujo será llevado hacia las cribas de extracción de sólidos gruesos y luego pasará por las cribas finas y enseguida a la estación de bombeo que impulsará el agua hasta los dos desarenadores tipo vórtice.

Tratamiento Primario: El efluente de los desarenadores se reparte a tres sedimentadores primarios para la remoción de sólidos suspendidos del agua residual cruda, materiales flotantes (natas y espumas) y remoción de una fracción de la carga orgánica antes del tratamiento secundario.

- Tratamiento Secundario: Conformado por tanques de aireación, con el correspondiente sistema de sopladores-difusores, seguidos de sedimentadores secundarios con recirculación de lodos biológicos a los tanques de aireación.

Desde los sedimentadores primarios, por medio de tuberías, se transportará el agua hacia los tanques de aireación. El efluente de los tanques de aireación se dirigirá hasta los sedimentadores secundarios. Desde los sedimentadores secundarios, los lodos activados serán recirculados hacia los tanques de aireación, en tanto que el agua será transportada hacia la desinfección.

Se han diseñado de cuatro tanques de aireación y cuatro sedimentadores secundarios.

- Desinfección: El sistema de desinfección que tendrá la planta corresponde a la desinfección ultravioleta (UV).
- Descarga Final: El efluente de la desinfección, será conducido hacia su descarga en el río Cuenca, pasando por un vertedero de medición de caudal y por una cascada para disipar la energía.

Además, como parte de los procesos de tratamiento del agua, se tendrán dos sistemas de control de olores. El primer sistema para el tratamiento de los olores generados en los cuartos de las cribas y estación de bombeo inicial, y el segundo sistema para el control de olores de los desarenadores.

En la Figura 2.1 se presenta el diagrama de flujo del agua, así como el flujo de lodo y el de natas y espumas, habiéndose identificado a cada uno de los componentes con un número, en tanto que, en la Figura 2.2, se muestra el esquema general de la PTAR Guangarcucho, de igual forma identificando a los componentes con la misma numeración que en la Figura 2.1 y que además es la identificación que ha sido utilizada en los planos de diseño del proyecto.

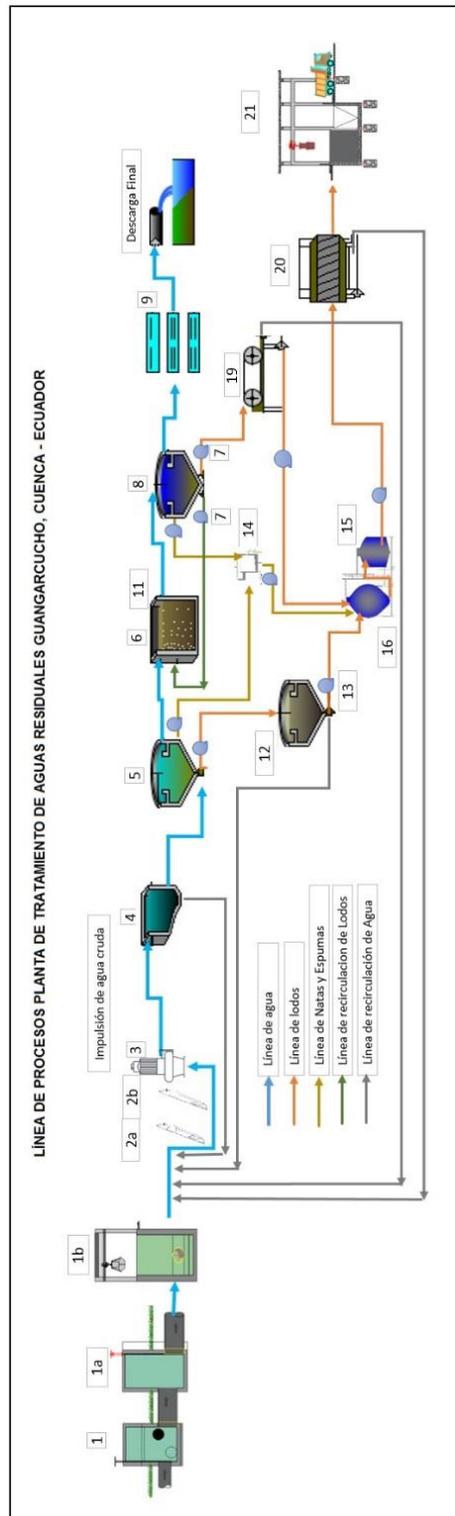


Figura 2.1: Diagrama de flujos de: agua, lodos, natas y espumas y recirculación de agua

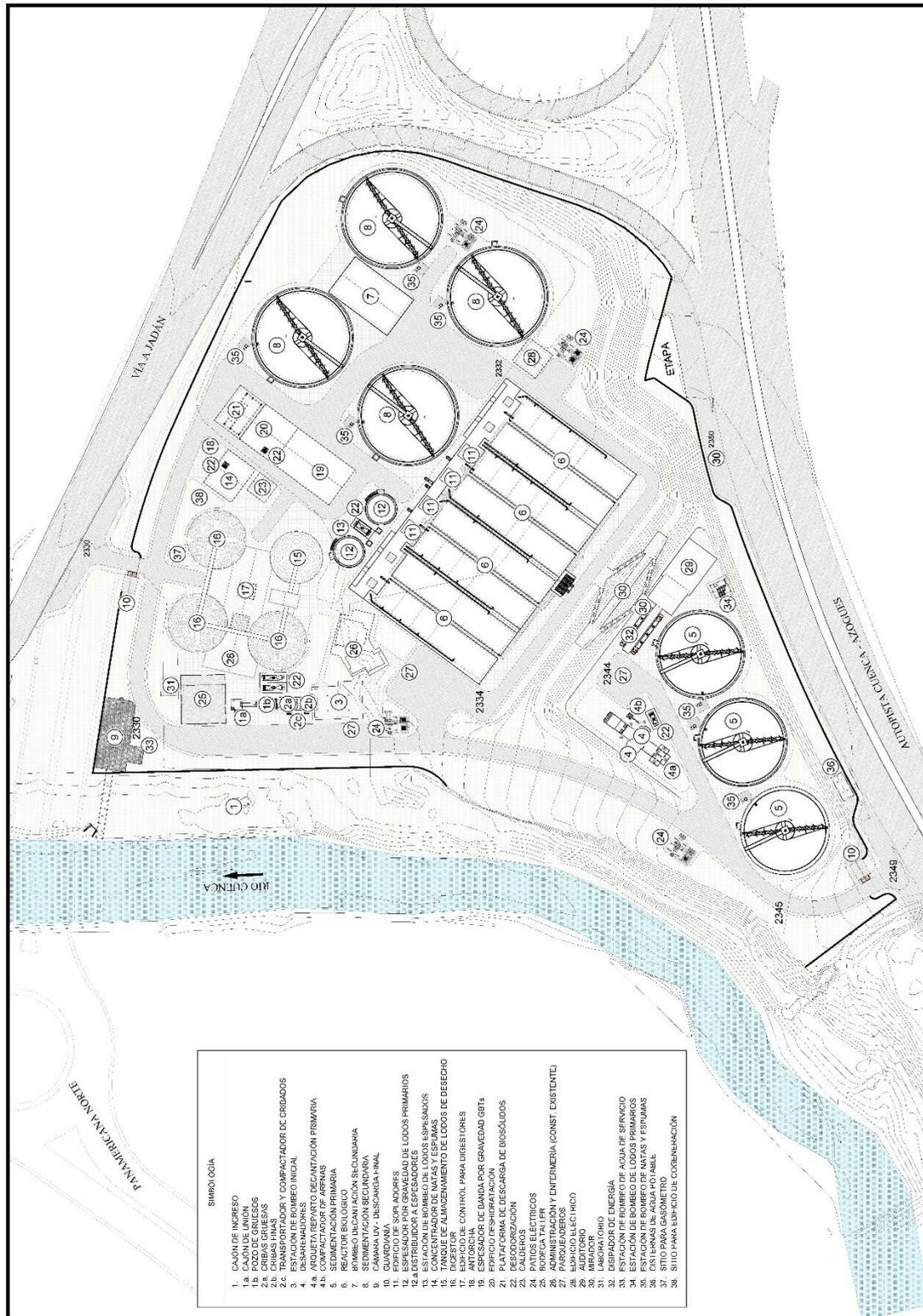


Figura 2.2: Esquema general de la PTAR Guangarcucho

5.2 Caudal de tratamiento

ETAPA EP, para toda la vida útil de la PTAR Guangarcucho, proporcionó información del caudal a ser tratado, comunicando además que, a partir del año 2019 (y aproximadamente hasta el año 2025) la PTAR Ucubamba se someterá a un proceso de retiro masivo de materiales sedimentados, por lo que, la PTAR Guangarcucho, durante ese período funcionará a su máxima capacidad, es decir, para un caudal medio diario igual a 1.200 L/s, con lo cual, los caudales medios diarios previstos a ser procesados en la PTAR Guangarcucho serían los que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 2-1: Caudal Medio Total de Funcionamiento de la PTAR Guangarcucho

Año	PTAR Guangarcucho (L/s)
2018	308
2019 a 2025	1.200
2030	549
2035	561
2040	748
2045	970
2050	1.200

5.3 Peligrosidad de gases que se pueden generar en estructuras confinadas

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar y acumular al interior de estructuras confinadas, previo al ingreso interior de cualquiera de estas, se abrirán todos los cerramientos para permitir el ingreso de aire externo por un lapso de por lo menos 15 minutos para su ventilación.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Además de lo señalado en los párrafos anteriores, en la sección 12 se trata sobre la prevención y las medidas de seguridad en la PTAR, con la identificación de los espacios confinados, sus peligros, las medidas preventivas y las acciones de respuesta a seguir.

5.4 Cajón de ingreso (Componente 1)

El agua de la planta de tratamiento Guangarcucho llegará a través de dos interceptores denominados XII-B y XII-B', respectivamente desde la margen izquierda y margen derecha del río Cuenca. Estos interceptores se juntan en un cajón construido en la margen derecha. A partir de este cajón se inician las obras de la PTAR.

Hasta el final del período de la realización de los diseños de la PTAR, al cajón existente llegan solamente las tuberías de la margen izquierda, es decir, las correspondientes al interceptor XII-B. Este interceptor se conecta en el cajón construido mediante dos tuberías de diámetro 1000 mm, cada una con una compuerta de control. El cajón existente cuenta además con dos tuberías de 900 mm con dirección al río Cuenca que, hasta que se construya la PTAR sirve como descarga final de los interceptores mencionados.

Como parte del proyecto de la PTAR se ha considerado realizar los siguientes ajustes al cajón existente:

- Instalar una tubería de 1.500 mm para dirigir el flujo hacia la PTAR.
- Construir, junto al cajón existente, otro cajón con un vertedero rectangular que permitirá regular el caudal de ingreso a la PTAR, mantener las dos tuberías existentes que se dirigen al río de diámetro 900 mm y colocar una válvula elastomérica unidireccional que evite, durante las crecidas, que el agua del río ingrese al cajón existente y en consecuencia a la PTAR. El vertedero en su borde superior cuenta con una lámina de acero inoxidable, con orificios alargados y pernos de sujeción, de forma que permitan la calibración de su altura a una posición fija. El nivel del vertedero deberá garantizar que ingrese a la PTAR el caudal normal medio y sus variaciones horarias, correspondiente al período seco y al año de operación.

Además a unos 4 m del cajón existente se ha previsto un nuevo cajón que tendrá la función de orientar el flujo hacia los procesos de pretratamiento que además contará con una compuerta que permitirá regular el flujo y además impedir el ingreso del agua a la PTAR en las ocasiones que esta acción sea necesaria.

En el esquema general de la planta, al conjunto de estos tres cajones se les reconoce como unidad 1: cajón existente, cajón en el que se ubica el vertedero y la válvula elastomérica y cajón en el que se ubicará la compuerta.

Fase previa al inicio de operación

Se tendrá que comprobar que todos los elementos estén instalados adecuadamente realizando las pruebas que para cada accesorio, como válvula elastomérica y compuerta, lo señala el proveedor. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén funcionando de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones se recomienda cerrar la compuerta de ingreso a la PTAR y verificar el funcionamiento de la válvula elastomérica y el vertedero de rebose hacia el río.

Labores a ejecutarse en la fase inicial

Al inicio de la operación de la planta el caudal de prueba será regulado por medio de la

compuerta.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Para el caudal medio de diseño de la planta igual a 1.200 L/s se ha considerado que la compuerta se mantendrá completamente abierta, al igual que la o las compuertas del cajón existente y que son la parte final de los interceptores. El que se accione una o dos compuertas de los interceptores dependerá del funcionamiento que se le quiera dar a estos componentes.

El nivel del vertedero deberá garantizar que ingrese a la PTAR el caudal normal medio y sus variaciones horarias, correspondiente al período seco y al año de operación. Por ejemplo, para el caudal medio de 1.200 L/s se ha previsto que el vertedero entrará a funcionar cuando el caudal de ingreso sea mayor a los 1.800 L/s que representa al caudal máximo debido a las variaciones horarias, mientras que los excesos de los 1.800 L/s serán evacuados hacia el río por medio de las dos tuberías de 900 mm.

Plan de contingencia

La principal contingencia que se prevé en esta unidad es la llegada de un caudal diferente al esperado en cada año.

Durante una precipitación ocasional, el nivel se incrementará hasta permitir el desborde a través del vertedero de excesos; sin embargo, se incrementará también el valor del caudal tratado en la PTAR. El control será hidráulico, con el funcionamiento del vertedero de excesos que permitirá que ingrese a la planta un caudal máximo de 2.400 L/s, pues cualquier exceso se dirigirá al río.

En el caso de una estación invernal ya establecida, el personal de operación deberá evaluar la calidad del agua residual afluyente, considerando su concentración de materia orgánica, afectada por la dilución ocurrida en el sistema de alcantarillado; así podrá considerar la derivación parcial de las aguas residuales hacia el río, permitiendo un caudal para mantener las condiciones hidráulicas establecidas en el sistema; o, total, siempre que se considere necesario.

De acuerdo a los diseños, a manera de guía, las características mínimas del agua cruda para el funcionamiento adecuado de la planta serían:

- El requerimiento teórico de nutrientes para un sistema de tratamiento de lodos activados requiere por cada 100 g de DBO_5 , la bacteria requiere 5 g de nitrógeno y un 1 g de fósforo. Esto se refiere comúnmente como la relación $DBO:N:P$ en valores de 100:5:1. Históricamente con los datos de Ucubamba se cumple con esta relación. Normalmente se tienen relaciones de 100:18:4.
- Otra relación importante es la de DBO_5/DQO , típicamente para aguas residuales municipales crudas esta relación está entre 0,3 y 0,8. Cuando la relación es menor a 0,3 se tendría un agua débil muy difícil de tratar por medios biológicos.

- Al ser un sistema de alcantarillado combinado podrían llegar concentraciones de DBO_5 de menos de 60 mg/L. En ese caso también se tiene que mirar el funcionamiento de la planta con estas condiciones. Sin embargo existen registros en otras plantas de tratamiento de concentraciones tan bajas como 20 mg/L.
- El diseño con alimentación escalonada permite controlar períodos de concentraciones bajas. El operador puede optar por algunas estrategias, se puede direccionar el caudal de agua cruda hacia los pases 3 o 4 de manera que en los pases 1 y 2 se acumulen lodos activados de retorno, se incremente la concentración de licor mezclado y la edad del lodo en el reactor biológico. De esta manera se puede lograr un mejor desempeño del sistema durante períodos de concentraciones bajas.

Labores emergentes

Ante cualquier emergencia que pueda afectar el funcionamiento de la PTAR, como por ejemplo, inundaciones o fallo de alguna(s) unidad importante que impida el funcionamiento adecuado de la planta, se dispone de la compuerta de ingreso que puede ser cerrada, enviando el agua residual directamente hacia el río Cuenca.

Labores de mantenimiento

Para las obras civiles se considera que deben ser revisadas al menos dos veces por año, reparando cualquier daño que pueda presentarse. Para los elementos como compuertas y válvula elastomérica, se tendrá que realizar una revisión mensual.

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar al interior de estos cajones, previo al ingreso interior de cualquiera de estos cajones se abrirán todas las tapas superiores que cuentan estos elementos por un lapso de por lo menos 15 minutos para permitir su ventilación.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Si algún momento se requiere hacer un mantenimiento mayor o sustituir la compuerta que controla el ingreso a la PTAR o la válvula elastomérica unidireccional se ha previsto la colocación de unas guías para la colocación de tableros de madera o placas de aluminio (stop log).

5.5 Cajón de unión (Componente 1a)

Este componente ha sido diseñado para direccionar el flujo desde el Cajón de ingreso hacia las unidades de pretratamiento.

Este componente no requiere labores de operación, en tanto que, las labores de mantenimiento son iguales a las de un pozo de alcantarillado común, es decir, realizar una revisión visual y de ser necesario retirar los sólidos que eventualmente pudieran depositarse

en esta unidad.

5.6 Pozo de Gruesos (Componente 1b)

El pozo de gruesos tiene la función de retener los materiales de mayor peso, así como los de arrastre y flotantes más voluminosos para evitar que estos dificulten la llegada del agua residual al resto de la planta.

Los residuos acumulados en esta unidad serán extraídos por medio de una cuchara bivalva, que es un equipo prefabricado en acero, y depositados en un contenedor para luego ser trasladados al relleno sanitario.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos del equipo estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación civil, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones se recomienda probar la unidad, en principio sin agua residual y luego con el ingreso de un caudal pequeño y luego ir incrementando este caudal.

Labores a ejecutarse en la fase inicial

Si la unidad se ha comportado de acuerdo a lo previsto, y ha pasado la fase de arranque inicial, entonces será posible probarla para el caudal normal de funcionamiento de la planta.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Para el retiro de los materiales depositados en el pozo de gruesos se abrirán las tapas superiores, se esperarán alrededor de unos 15 minutos para la ventilación, luego de lo cual se accionará la cuchara bivalva. Los materiales retirados serán depositados por la cuchara en un contenedor que, cuando esté lleno, será transportado por un carro grúa hacia el relleno sanitario.

Generalmente no será necesario ingresar al interior del pozo de gruesos, sin embargo, de ser preciso su acceso, previamente se usará un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de esta instalación es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

De producirse un daño en la cuchara bivalva tendrá que ser reparada. De la experiencia en la PTAR de Ucubamba, la reparación de este equipo se lo puede realizar en un mismo día, lo cual permite el funcionamiento normal de este componente; no obstante, para algún daño

mayor, se recomienda tener una cuchara bivalva de repuesto.

Labores emergentes

La principal emergencia del equipo (cuchara bivalva) será su sustitución, para lo cual se recomienda disponer de una cuchara adicional.

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar al interior del pozo de gruesos, si por alguna razón se requiere reparar la obra civil se tendrán que tomar las precauciones de tener la suficiente ventilación como un requisito obligado previo al ingreso a su interior, además de, entrar con equipo de oxígeno. Si el daño es grande, se analizará la posibilidad de impedir el agua hacia la planta por medio del cierre de la compuerta del cajón de ingreso.

Labores de mantenimiento

Cada mes se registrará el estado de la cuchara bivalva y sus accesorios, en caso de requerir mantenimiento, el operador, informará de inmediato para proceder con la reparación del daño. Se recomienda que siempre se disponga una cuchara de repuesto, que será utilizada cuando se repare la que se encuentre instalada.

5.7 Rejas Gruesas (Componente 2a)

En total hay tres canales del cribado grueso para el afluente. Cada canal incluye una criba con rastrillo mecánico de 38 mm de apertura con una capacidad nominal de 1.200 L/s. Normalmente funcionará una o dos cribas, disponiéndose de una tercera criba como una unidad de reserva.

El Cuarto de Rejas es confinado y ventilado para poder efectuar el control de olores. El aire evacuado del Cuarto de Rejas se lleva a las Instalaciones para Control de Olores, ubicadas junto al cuarto de rejas. El cuarto de Rejas es considerado como un lugar peligroso debido a que el aire está directamente en contacto con las aguas residuales crudas.

No se puede permitir el ingreso al interior del cuarto de rejas sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos del equipo estén instalados y lubricados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada una de las rejas de acuerdo a las instrucciones suministradas del fabricante y a su

experiencia.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Normalmente, una de las cribas gruesas estará en servicio, entrando a funcionar una segunda solamente si el caudal de ingreso es mayor a los 1.200 L/s.

Si una criba necesita mantenimiento, compuertas de aislamiento del canal, ubicadas aguas arriba y aguas abajo de cada reja, permitirán que la criba sea sacada de servicio. De acuerdo al tipo de cribas del diseño, la limpieza operará de manera continua, con ciclos entre 5 a 10 segundos, ajustable.

En el canal del afluente aguas arriba de cada criba, una alarma con un nivel alto (nivel que será ajustado de acuerdo al equipo y que normalmente es cercano a los 10 cm), indicará una posible obstrucción del equipo, debiendo el operador abrir las compuertas del segundo o tercer cribado y cerrar las compuertas de la primera criba mientras se le da la limpieza o mantenimiento respectivo. Para conocer la altura de agua en el afluente y efluente de las cribas se ha previsto de medidores de nivel, que emitirán una señal al sistema SCADA.

Cada rejilla dispone de su propio sistema automático de limpieza, extracción de residuos y de transporte mediante una banda, la cual descarga en un contenedor, para su almacenamiento temporal, y posterior transporte hasta el relleno sanitario de la ciudad.

Como se ha indicado, el automatismo del sistema de limpieza es continuo con intervalos de accionamiento comprendidos entre 5 y 10 segundos debiéndose este valor programarse en el respectivo tablero de control, considerando las recomendaciones del fabricante del equipo.

La banda transportadora de desechos sólidos, funcionará continuamente, recibiendo los desechos que provienen de la bandeja de limpieza de los peines de las rejillas.

No se puede permitir el ingreso al interior de estas estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

Como se ha señalado, se ha considerado el diseño de tres rejas automáticas, cada una, con capacidad para un caudal de 1.200 L/s, por lo que, para el caudal de diseño medio de la planta (1.200 L/s) y sus variaciones horarias, generalmente estarán funcionando dos rejas automáticas y solamente cuando falle una de ellas, entrará a trabajar la tercera rejilla.

Para caudales menores a 800 L/s funcionará una sola rejilla para evitar que las velocidades de flujo pequeñas produzcan sedimentaciones.

Labores emergentes

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar al interior de cuarto de rejas, si por alguna razón se requiere reparar la obra civil se tendrán que tomar las

precauciones de tener la suficiente ventilación como un requisito obligado previo al ingreso a su interior, además de, entrar con equipo de oxígeno. Si el daño es grande, se analizará la posibilidad de impedir el agua hacia la planta por medio del cierre de la compuerta del cajón de ingreso.

Labores de mantenimiento

Los equipos de las rejillas automáticas, por lo general, tienen sus mecanismos que pueden ser mantenidos o sustituidos desde la parte superior de su instalación, es decir, sin necesidad de ingresar al pozo interior en el que se generan gases peligrosos y tóxicos.

El principal trabajo de mantenimiento de las rejillas de limpieza mecánica consiste en lubricar, a diario, las partes móviles, para lo cual, siempre se debe desconectar el equipo. De cualquier manera, las labores de mantenimiento seguirán las recomendaciones dadas por el fabricante de las rejillas.

5.8 Rejas Finas (Componente 2b)

En total hay tres canales del cribado fino para el afluente. Cada canal incluye una criba con rastrillo mecánico de 6 mm de apertura con una capacidad nominal de 1.200 L/s. Normalmente funcionará una o dos cribas, disponiéndose de una tercera criba como una unidad de reserva.

El Cuarto de Rejas es confinado y ventilado para poder efectuar el control de olores. El aire evacuado del Cuarto de Rejas se lleva a las Instalaciones para Control de Olores, ubicadas junto al cuarto de rejas. El cuarto de Rejas es considerado como un lugar peligroso debido a que el aire está directamente en contacto con las aguas residuales crudas.

No se puede permitir el ingreso al interior del cuarto de rejas sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y que todos los elementos del equipo estén contruidos, instalados y lubricados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada una de las rejillas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Normalmente, una de las cribas finas estará en servicio, entrando a funcionar una segunda solamente si el caudal de ingreso es mayor a los 1.200 L/s.

Si una criba necesita mantenimiento, compuertas de aislamiento del canal, ubicadas aguas arriba y aguas abajo de cada reja, permitirán que la criba sea sacada de servicio. De acuerdo al tipo de cribas del diseño, la limpieza operará de manera continua, con ciclos entre 5 a 10 segundos, ajustable.

En el canal del afluente aguas arriba de cada criba, una alarma con un nivel alto (nivel que será ajustado de acuerdo al equipo y que normalmente es cercano a los 20 cm), indicará una posible obstrucción del equipo, debiendo el operador abrir las compuertas del segundo o tercer cribado y cerrar las compuertas de la primera criba mientras se le da la limpieza o mantenimiento respectivo. Para conocer la altura de agua en el afluente y efluente de las cribas se ha previsto de medidores de nivel, que emitirán una señal al sistema SCADA.

Cada rejilla dispone de su propio sistema automático de limpieza, extracción de residuos y de transporte mediante una banda, la cual descarga en un contenedor, para su almacenamiento temporal, y posterior transporte hasta el relleno sanitario de la ciudad.

Como se ha indicado, el automatismo del sistema de limpieza es continuo con intervalos de accionamiento comprendidos entre 5 y 10 segundos debiéndose este valor programarse en el respectivo tablero de control, considerando las recomendaciones del fabricante del equipo.

La banda transportadora de desechos sólidos, funcionará continuamente, recibiendo los desechos que provienen de la bandeja de limpieza de los peines de las rejillas.

No se puede permitir el ingreso al interior de estas estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

Como se ha señalado, se ha considerado el diseño de tres rejas automáticas, cada una, con capacidad para un caudal de 1.200 L/s, por lo que, para el caudal de diseño medio de la planta (1.200 L/s) y sus variaciones horarias, generalmente estarán funcionando dos rejas automáticas y solamente cuando falle una de ellas, entrará a trabajar la tercera rejilla.

Para caudales menores a 800 L/s funcionará una sola rejilla para evitar que las velocidades de flujo pequeñas produzcan sedimentaciones.

Labores emergentes

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar al interior de cuarto de rejas, si por alguna razón se requiere reparar la obra civil se tendrán que tomar las precauciones de tener la suficiente ventilación como un requisito obligado previo al ingreso a su interior, además de, entrar con equipo de oxígeno. Si el daño es grande, se analizará la

posibilidad de impedir el agua hacia la planta por medio del cierre de la compuerta del cajón de ingreso.

Labores de mantenimiento

Los equipos de las rejillas automáticas, por lo general, tienen sus mecanismos que pueden ser mantenidos o sustituidos desde la parte superior de su instalación, es decir, sin necesidad de ingresar al pozo interior en el que se generan gases peligrosos y tóxicos.

El principal trabajo de mantenimiento de las rejillas de limpieza mecánica consiste en lubricar, a diario, las partes móviles, para lo cual, siempre se debe desconectar el equipo. De cualquier manera, las labores de mantenimiento seguirán las recomendaciones dadas por el fabricante de las rejillas.

5.9 Estación de Bombeo Inicial (Componente 3)

El agua residual que ha sido filtrada fluirá hacia las bombas de la Estación de Bombeo del Inicial compuesta por cuatro bombas sumergibles del mismo tamaño, de las cuales tres bombas estarán activas y trabajando y una en espera. El pozo húmedo ha sido dividido en dos, lo que facilitará el mantenimiento. Compuertas deslizantes a la entrada permitirán separar cada mitad del pozo húmedo para asuntos de limpieza o mantenimiento. Cada bomba está diseñada para un caudal de 800 L/s.

El pozo húmedo es confinado y ventilado para poder efectuar el control de olores. El aire evacuado del Cuarto de Rejas se lleva a las Instalaciones para Control de Olores, ubicadas junto al cuarto de rejillas.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos del equipo estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Es necesario efectuar una serie de controles preliminares que dependen del tipo de bombas instaladas; los controles principales son:

- Verificar que en el pozo húmedo no estén presentes residuos acumulados durante la construcción.
- Lubricar cuidadosamente los equipos según las instrucciones de la casa proveedora.
- Controlar que las conexiones eléctricas sean efectuadas correctamente, de acuerdo con los esquemas de montaje; controlar que el eje de las bombas roten libremente, se lo comprueba haciéndolo rotar manualmente.
- Controlar la alineación de los órganos de transmisión entre el motor y bomba, en el caso de transmisión a correa, verificar la tensión.
- Verificar que las válvulas ubicadas sobre el circuito estén correctamente posicionadas y particularmente, controlar que ellas estén abiertas sobre la aspiración y la descarga.

- Verificar el correcto funcionamiento de los equipos de parada y de puesta en marcha automática.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada una de las bombas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

La puesta en marcha de las bombas sumergibles consiste en las siguientes operaciones:

- Entregar corriente durante breves períodos, ya sea para verificar el sentido de rotación como para controlar que el eje gire libremente.
- Antes de la puesta en marcha la bomba debe ser encendida, al menos que sea del tipo auto cebada, es decir, debe estar llena de agua; esto puede ser efectuado si la bomba está bajo batiente abriendo completamente las válvulas de respiradero hasta que se llene de agua. En el caso de grandes instalaciones, si la bomba no se encuentra por debajo del nivel del líquido, se puede recurrir a un eyector a vapor, a agua o a aire comprimido.

Las bombas son puestas en marcha con la válvula de impulsión abierta, exceptuando cuando se pueden verificar golpes de aire o cuando el motor tiene pequeños márgenes de potencia, en este caso la válvula de impulsión se abre de a poco, luego de la puesta en marcha. Este procedimiento se adopta también cuando la descarga ocurre bajo batiente hidráulico.

Después de la puesta en marcha es necesario controlar los cierres de la bomba y de las tuberías, el grado de calentamiento de los cojinetes y el ruido de los equipos.

Los aceites y los sólidos que se acumulan en el pozo de la bomba, causan inconvenientes que no son solo la emisión de malos olores. Los reguladores de nivel pueden ensuciarse, reduciendo la eficiencia y la vida de la bomba, además, pueden causar el desborde de las aguas del alcantarillado. La limpieza del pozo es siempre esencial.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

El inicio y terminación de los ciclos de bombeo en la estación de bombeo están determinados por los niveles del agua en el pozo húmedo según se indica a continuación.

- El sistema entra en operación cuando el nivel de agua en el pozo húmedo alcanza el mínimo preestablecido con el encendido de una bomba.
- Si el nivel se sigue incrementando hasta un segundo nivel predeterminado se encenderá la segunda bomba.
- En el caso de que el nivel continúe incrementándose hasta un tercer nivel predeterminado, se encenderá la tercera bomba. La capacidad de las tres bombas

Con frecuencia mensual:

- Registrar y procesar datos de ingreso de agua, de energía eléctrica, y de trabajos correspondientes a mantenimiento.
- Intercambiar la operación de las bombas, poniendo en funcionamiento el (los) equipos que han permanecido en reserva el período anterior.

Con frecuencia semestral/anual:

- Calibrar los niveles de encendido y apagado de las bombas de determinarse necesario

Con frecuencia ocasional:

- Abrir o cerrar válvulas, encender o apagar equipos para suspensión o restitución del servicio según se requiera en situaciones especiales.

Plan de contingencia

Como se ha descrito, inclusive para el caudal máximo instantáneo, será suficiente la operación de tres bombas, quedando una cuarta bomba para entrar en funcionamiento cuando una de las bombas presente daños. Cuando esto ocurra, se debe reparar de inmediato la bomba averiada de tal forma de mantener la seguridad en la operación.

Labores emergentes

Dentro de estas actividades se prevé:

- La sustitución emergente de las partes o equipos completos que resultaren averiados, para lo cual deberá contarse con un adecuado lote repuestos.
- Rehabilitación o reconstrucción de obras civiles. Si esto ocurre en el pozo húmedo, considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar al interior se tendrán que tomar las precauciones de tener la suficiente ventilación como un requisito obligado previo al ingreso a su interior, además de, entrar con equipo de oxígeno. Si el daño es grande, se analizará la posibilidad de impedir el agua hacia la planta por medio del cierre de la compuerta del cajón de ingreso.

Mantenimiento preventivo

Conceptualizado como actividades periódicas que deben llevarse a cabo para asegurar la adecuada conservación física de las obras y equipos, y minimizar los riesgos de daños de difícil y costosa reparación que incluso pudieran conllevar a la suspensión del servicio.

A continuación se resumen las actividades básicas de este nivel de mantenimiento:

Con frecuencia semanal:

- Inspección visual general de las tuberías, accesorios y equipos de las cámaras de válvulas para identificar:
 - Potenciales puntos de fuga de agua (goteos), que requieran ajuste de pernos de juntas mecánicas o bridas, alineación de tramos que han sufrido ligeros desplazamientos por vibraciones, cambio de empaques.
 - Equipos y accesorios sujetos a vibraciones (especialmente bombas y accesorios de las líneas de impulsión), que requieran alineación o reparación.
 - Sobrecalentamiento de motores o accesorios del sistema eléctrico de comando que requieran revisión de la operación del sistema de bombeo.
- Verificación de los niveles de lubricantes de los equipos de bombeo; ajuste del nivel de ser necesario.

Con frecuencia mensual:

- Ajustar los pernos de las distintas partes de la instalación y de los anclajes al piso.
- Inspeccionar y ajustar los tornillos y contactos de los cables eléctricos.
- Verificar el adecuado funcionamiento de cada accesorio del sistema de bombeo, observando la existencia de fugas.
- Reparar pequeños rasguños a la pintura o recubrimiento de los accesorios y tramos de tuberías.

Con frecuencia anual:

Pintura de las obras civiles, tramos de tuberías y otros elementos que requieran esta protección.

Con frecuencia ocasional:

Sustitución de partes de los equipos y accesorios con la periodicidad requerida, según lo definido en los manuales de los fabricantes.

5.10 Línea de Impulsión: Bombeo Inicial – Desarenadores

La estación de bombeo de agua cruda impulsa el agua hacia los desarenadores mediante dos tuberías de hierro dúctil, la una de diámetro 900 mm y la otra de 1.200 mm, cada una de una longitud de unos 96 m. La tubería de 900 mm tiene capacidad para conducir 800 L/s y la de 1.200 mm 1.600 L/s, lo que da en total los 2.400 L/s que es el caudal máximo instantáneo.

Para medir el caudal que circula por cada tubería se ha previsto la instalación de un medidor ultrasónico en cada tubería, que estarán ubicados en una caja cerca de la cámara del múltiple de la estación de bombeo.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que todas las tuberías estén instaladas adecuadamente, comprobando la hermeticidad de la instalación, corrigiendo los errores en caso de que se los detecte y realizando las pruebas de presión correspondientes.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén funcionando de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada una de las tuberías de acuerdo a las especificaciones técnicas y a su experiencia.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Los caudales que circulan por cada tubería serán registradas permanentemente todos los días.

Cada mes se sugiere realizar un recorrido por la ruta de las tuberías, para identificar visualmente potenciales puntos de fuga de agua. De ser el caso, notificar al departamento de mantenimiento de redes y/o control de fugas de ETAPA EP para que realice la detección y se efectúe la reparación.

Labores emergentes

Dentro de estas actividades se prevé, la sustitución emergente de una parte de la conducción, para lo cual deberá contarse con tuberías de repuesto. De producirse esta situación, cada conducción tiene una válvula al inicio y una compuerta al final que permiten su aislamiento, debiendo permitirse que a la PTAR ingrese solamente el caudal que puede circular por la tubería que se encuentra en buen estado.

5.11 Desarenadores tipo vórtice (Componente 4)

Para la planta de Guangarcucho se ha previsto dos tanques desarenadores tipo vórtice (en inglés: vortex). Cada desarenador tendrá una capacidad de 1.305 L/s.

Los tanques desarenadores están diseñados para inducir un vórtice que mejorará la separación y remoción de arenas y proveerá aproximadamente entre 3 a 5 minutos de tiempo de retención bajo un flujo promedio anual igual a 1.200 L/s. Este tiempo de retención será lo suficientemente largo para sedimentar la arena del agua residual cruda filtrada. Los tanques desarenadores tipo vórtice son diseñados con un fondo de la tolva cónico para la remoción de arenas a través del sistema combinado de bombeo y tuberías. Natas y espumas superficiales pasarán a través de los tanques desarenadores para recolectarse en los sedimentadores primarios.

Para retirar las arenas de los desarenadores se tendrá un sistema de bombeo compuesto por dos bombas para cada desarenador, de las cuales, una estará en funcionamiento y otra bomba estará en reserva. Se debe mantener una bomba de reserva debido a las condiciones abrasivas que se presentan al bombear la mezcla de arena y agua, que hacen esperar que

el mantenimiento se presente con gran frecuencia. Las bombas de arenas transportan la mezcla de arena y agua recogida de cada tanque, hacia el equipo de lavado de arenas. Las arenas de esta unidad serán enviadas al relleno sanitario.

Una vez que las arenas se separan de las aguas residuales, se utilizan los otros procesos para rebajar la DBO₅ y los SST.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que toda la obra civil y todos los elementos de los equipos de los desarenadores, retiro de arenas y almacenamiento hasta el relleno sanitario estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los desarenadores de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Los tanques desarenadores inducen a vórtice, que ayuda en la separación de partículas de arena del flujo de agua. La arena se depositará en un sumidero central de fondo para ser retirado. El número de tanques desarenadores de tipo vórtice será controlado por el personal de operaciones para lograr una remoción óptima de la arena.

Las bombas de arena exclusivas para cada sumidero cónico del desarenador operan ya sea de manera intermitente con tiempos controlados o de manera completa. Intervalos de trabajo pueden ser puestos hasta un mínimo de una hora, o hasta un máximo de un día. El equipo dispone de un sistema automático de fluidización que permite que las arenas permanezcan permanentemente en estado fluido, lo que facilita el bombeo.

El ciclón hidráulico y el sistema de clasificación que están puestos al final de la descarga de la bomba del desarenador correrán cuando alguna bomba asociada este trabajando. Ciclones hidráulicos separarán la arena del lodo líquido concentrado retirado del sumidero junto con una pequeña cantidad de material orgánico y agua. La clasificadora de arena lavará el material orgánico y deshidratará la arena antes de que se descargue a la tolva de recolección de arenas.

Una bomba de arenas debe operar continuamente cuando uno de los Tanques Desarenadores Tipo Vórtice esté en servicio. Si se les permite acumularse, las arenas se pueden compactar hasta casi un estado sólido que taponará el sumidero y la tubería de succión de la bomba de arenas. Cada bomba tiene un interruptor de presión y una válvula de retención de tapón accionada neumáticamente, ubicados en la línea de descarga. La válvula de tapón se abre automáticamente cuando la presión de la bomba excede la presión del cabezal de descarga, cuyo valor depende del fabricante del equipo a instalar.

Debido a las variaciones diurnas del caudal de aguas residuales que ingresa a la Planta de Tratamiento, puede ser necesario poner en servicio el otro Tanque Desarenador Tipo Vórtice a medida que aumenta el caudal, y poner fuera de servicio el tanque cuando empiece a disminuir el caudal. Cuando un tanque se saca de servicio, la bomba de arenas asociada continuará operando hasta que el tanque se desagüe lo suficiente para evitar la acumulación de sólidos en el piso del tanque y en el sumidero de la bomba. Si el tanque desarenador se saca del servicio para mantenimiento durante más de un día, debe desaguar completamente. El procedimiento para desaguar un tanque desarenador requiere aproximadamente tres horas.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

Se ha considerado dos tanques desarenadores, cada uno, diseñado para un caudal de 1.305 L/s, lo que significa que por lo general será suficiente el empleo de un desarenador, en tanto que el otro funcionará solamente en los momentos en que se supere este caudal. En caso de requerirse alguna reparación o sustitución de elementos principales o del propio desarenador, se controlará el caudal de ingreso a tal punto que el máximo instantáneo no sobrepase el caudal de diseño de cada desarenador (1.305 L/s).

Como se ha mencionado, para el retiro de las arenas se tiene previsto, para cada desarenador, una bomba de reserva.

Labores emergentes

Dentro de estas actividades se prevé:

- La sustitución emergente de las partes o equipos completos que resultaren averiados, para lo cual deberá contarse con un adecuado lote repuestos.
- Si la sustitución es de todo el desarenador, se controlará el caudal de tratamiento según lo señalado en el plan de contingencia.

5.12 Sedimentadores primarios (Componente 5)

El agua residual cruda después de la remoción de las cribas y la remoción de arena entra en los sedimentadores primarios desde un sistema de distribución de flujo ubicada luego de los desarenadores tipo vórtice. Los sedimentadores primarios remueven los sólidos suspendidos del agua residual cruda, materiales flotantes, y una fracción de la carga orgánica antes del tratamiento secundario.

La sedimentación primaria es un proceso físico que puede remover del 20 - 35% de DBO₅ y del 40 - 60% de los SST. En la planta de Guangarcucho, se espera una remoción de DBO₅ del 30% y de SST del 50%.

La PTAR contará con tres sedimentadores primarios circulares de diámetro igual a 35 m. La PTAR contará con tres sedimentadores primarios circulares de diámetro igual a 35 m y un nivel de agua de 4 m, que incluyen un sistema colector central de lodos. Cada sedimentador está equipado con vertederos de rebose y canaleta del efluente, y bombeo del sistema lodos primarios para remover el lodo del fondo de la tolva del sedimentador. Cada sedimentador primario es alimentado y controlado por una tubería independiente.

Las aguas residuales entran al tanque y la velocidad del líquido se reduce enormemente. Esto permite que los sólidos se sedimenten y se acumulen en el fondo del tanque. Las aguas residuales salen del tanque fluyendo sobre un vertedero. Los mecanismos barrelodos, en el fondo del tanque, mueven los lodos que se acumulan en la parte inferior, hacia un sumidero para poderlos bombear como una mezcla pastosa. De acuerdo a los diseños, para el caudal de 1.200 L/s, la velocidad de sedimentación es igual a 0,04 cm/s.

Los tanques se dimensionan con base en el área superficial. La Carga Hidráulica Superficial (CHS) se define por la siguiente ecuación:

$$CHS = 86.400 Q/A$$

Donde:

CHS = Carga Hidráulica Superficial, (m³/día)/m²

Q = Caudal que entra al tanque, m³/s

A = Área superficial del tanque, m²

La Carga Hidráulica Superficial es por lo tanto una medida de la velocidad, y la velocidad del líquido necesita disminuir hasta el punto en que los sólidos puedan sedimentarse. Por lo tanto, mientras mayor sea el tanque, la velocidad será más pequeña y mayor cantidad de sólidos se sedimentarán. La CHS se expresa generalmente en términos de (m³/día)/m². El valor de diseño de la CHS, para el caudal de 1.200 L/s, de la Planta de Tratamiento de Guangarcucho es de 35,9 (m³/día)/m².

El tanque debe ser lo suficientemente profundo para permitir que los sólidos sedimentados se acumulen y se espesen en el fondo del tanque sin ser perturbados por las aguas residuales que ingresan. La profundidad de los tanques es de 4 m.

Los sedimentadores están configurados con alimentación central y sistema central de recolección de lodos. El agua que ha pasado por el sedimentador, o efluente primario, fluirá sobre el vertedero periférico hacia una canaleta interior. La canaleta inclinada direccionará el flujo hacia la caja de salida donde el efluente será llevado mediante tuberías hacia los canales de distribución de los biorreactores.

Remoción de natas y espumas

Durante el proceso de sedimentación, las natas y espumas flotan hacia la superficie. Las natas y espumas son movidas por brazos desnataadores que se agarran a brazos barredores de lodos. Las espumas y natas son removidas de la superficie del agua del tanque

sedimentador mediante el brazo recolector que las conduce hacia la cámara de recolección de espumas, para posteriormente ser bombeadas hacia el tanque Concentrador de natas y espumas.

El bombeo de natas y espumas de cada sedimentador está compuesto por dos bombas, una en funcionamiento y una en reserva. El funcionamiento de estas bombas será programada en el sistema SCADA para operación alternada.

Remoción de lodos primarios

De la sección inferior de la tolva de la sedimentación primaria, el lodo será retirado por medio de un sistema de tubería hacia una estación de bombeo. La estación de bombeo de lodo primario, de los tres sedimentadores, está compuesto por tres bombas en funcionamiento y una de repuesto. El funcionamiento de estas bombas será programada en el sistema SCADA para operación alternada. Mediante la estación de bombeo se transportarán los lodos hacia los tanques espesadores de lodos primarios.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de los sedimentadores estén contruidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Previo a la puesta en marcha, es necesario efectuar una serie de controles preliminares; particularmente es necesario:

- Limpiar el tanque y las tuberías de todos los residuos que pueden acumularse durante la construcción o en el período de parada.
- Verificar el grado de lubricación, las alineaciones y los juegos del mecanismo raspador de lodos; también en la lubricación se controla la alineación del motor, los juegos y los dispositivos de seguridad.
- Controlar la nivelación y el grado de limpieza de los vertederos de las canaletas de recolección.
- Verificar el adecuado funcionamiento del stop logs que permite el ingreso del agua desde la arqueta de reparto a cada sedimentador primario.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los sedimentadores de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

La puesta en marcha considera las siguientes operaciones principales:

- Antes de llenar el tanque, hacer funcionar el mecanismo raspador de lodos durante algunas horas, en esta fase controlar los juegos de los raspadores, posibles

recalentamientos, ruidos y vibraciones anormales del motor o de la estructura de recolección de los lodos, y medir la absorción de corriente.

- Llenar el tanque con agua, manteniendo el mecanismo raspador de lodos en función, e iniciar la eliminación del lodo, cuando la consistencia alcanzada sea la deseada. Esta consistencia, para el caudal de diseño promedio de 1.200 L/s, se estima en 4.000 mg/L de SST. Para efectuar esta verificación se determina la fracción ponderada de los sólidos en una muestra tomada en la cabeza de la bomba de extracción de los lodos.
- Regular la posible temporización de la extracción del lodo que debe detenerse cuando el porcentaje de sólidos contenido en la corriente de carga, descienda por debajo de los 2.500 mg/L de SST.
- Controlar la muestra de lodo tomada y la cantidad de arena; en el caso que esta cantidad sea excesiva es necesario controlar el funcionamiento del desarenador. De acuerdo a la bibliografía técnica, en un desarenador tipo vórtice se espera una retención del 95% de las partículas mayores a 0,30 mm. Si en el lodo primario se tienen más del 5 % de estas partículas es cuando se debe revisar el funcionamiento del desarenador.
- Durante el ejercicio, verificar el correcto funcionamiento de todo el sistema de recolección y extracción del material flotante.
- Si los intervalos de tiempo entre una extracción de lodo y la siguiente no se seleccionan correctamente, se puede tener un lodo muy denso (SST mayores a 5.000 mg/L) o muy diluido (SST menores a 2.500 mg/L). En el primer caso es necesario aumentar la frecuencia de las extracciones y en el segundo, disminuirla.
- Si los lodos acumulados en el fondo del sedimentador demuestran la tendencia de transformarse en sépticos, es necesario aumentar la frecuencia de extracción, con el objeto de abreviar el tiempo de permanencia de los lodos en el tanque de sedimentación. Una rápida verificación de las condiciones de septicidad puede ser efectuada mediante una medida del pH del lodo tomado en el fondo del sedimentador; en efecto, el aumento de las condiciones de septicidad corresponde a una disminución del pH.
- Durante la puesta en marcha, controlar también que el agua se mueva entre la sección de ingreso y la de salida sin crear zonas de velocidad elevada que puedan levantar el lodo sedimentado.
- Al mismo tiempo se deben verificar los juegos, las distancias y el estado de lubricación de las partes en movimiento, sobre todo engranajes, cadenas, patines y ejes rotatorios.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

El caudal influente debe ser repartido uniformemente entre los tres Tanques de Sedimentación Primaria. Esto se logra en la estructura "Arqueta de Reparto Decantación

Primaria” la cual además permite, por medio de stop logs, impedir el paso del agua hacia cualquier sedimentador.

La evacuación de los lodos de los tanques de sedimentación primaria será también un proceso continuo. A medida que los lodos se van sedimentando en el fondo y son conducidos hacia el centro del tanque, se formará un manto de lodos. Los lodos más espesos se encuentran en la parte inferior del manto y son conducidos hacia la tolva. Los operadores deben revisar periódicamente la profundidad del manto de lodos para asegurarse de su consistencia. Si se permite que el manto de lodos permanezca por mucho tiempo en el fondo del tanque, empezará a descomponerse anaeróticamente. Los lodos descompuestos se denominan "sépticos". La actividad anaeróbica forma gases que se adhieren a las partículas de los lodos. Si se acumula mucho gas, todo el manto de lodos puede flotar hasta la superficie del tanque, y por lo tanto debe evitarse que ocurra esta situación. La aparición de burbujas de gas o de porciones de lodos flotando en la superficie de los Tanques de Sedimentación Primaria, son signos de que ha comenzado una descomposición anaeróbica. La solución a este problema es aumentar la evacuación de lodos. Los lodos deben ser evacuados a una tasa tal que no se conviertan en sépticos y lo suficientemente lento para permitir que se espesen.

Plan de contingencia

El diseño considera el funcionamiento de los tres tanques sedimentadores, no obstante, si por cualquier motivo es necesario que uno de los sedimentadores deje de funcionar, se ha comprobado que, con dos tanques el tratamiento estaría dentro de los límites admisibles, esto, para para el caudal máximo diario (1.800 L/s).

Con respecto a los bombeos se ha mencionado que el correspondiente a los lodos que se dirigen a los espesadores, tendrá tres bombas y una de reserva. El momento que se tenga problemas con una de las bombas entrará a funcionar la de reserva. En cuanto a las espumas y natas, se cuenta para cada sedimentador de dos bombas, una en funcionamiento y la segunda en reserva. En realidad es conveniente que cada cierto tiempo (una o dos semanas) se les haga funcionar a las bombas de reserva con el fin de que no permanezca completamente inactiva. La ventaja de este esquema de funcionamiento de las bombas, es que en cada grupo de bombas no habrá la misma tasa de desgaste para todas. Para el caso de las bombas de retiro de lodos, tres de las bombas se utilizan y la cuarta permanece relativamente inactiva; mientras que, en el caso de las bombas de retiro de natas y espumas, para cada sedimentador, una está en funcionamiento y la otra está prácticamente inactiva.

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes, se ha previsto que la PTAR funcione con sólo dos de los tres sedimentadores. Si la emergencia es mayor que se tenga que trabajar solamente con un sedimentador, entonces se tendrá que controlar el caudal de ingreso a la planta. Para el funcionamiento de un sedimentador, el caudal de ingreso a la planta se debería limitar a 900 L/s y para dos sedimentadores a 1.800 L/s.

Consideraciones de Mantenimiento

El mantenimiento de rutina incluirá la inspección del mecanismo de accionamiento de los barrelodos, de las bombas de lodos y de las bombas de espumas y natas.

En algunas ocasiones, las condiciones de la Planta pueden darle la oportunidad al personal de sacar del servicio un Tanque de Sedimentación Primaria con el fin de inspeccionarlo. Cuando se presente esta situación, se deben hacer los preparativos para desaguar por bombeo el sedimentador, y poder revisar diferentes componentes que normalmente están sumergidos bajo el agua. La inspección de los componentes específicos debe hacerse de la siguiente forma:

- 1) Revisar grietas y desprendimiento por capas del recubrimiento del concreto en la estructura del tanque.
- 2) Revisar que el pozo de recolección de lodos no tenga obstrucciones.
- 3) Revisar la base de soporte para la columna del influente.
- 4) Revisar los brazos barrelodos y su superestructura de soporte.
- 5) Revisar los brazos desnatadores y soportes.
- 6) Revisar las bandejas recolectoras y sus herrajes.
- 7) Revisar la canaleta del vertedero y sus soportes
- 8) Revisar el pozo de quietamiento del influente.

Los procedimientos de mantenimiento específicos de cada componente serán los que consten en los manuales de los fabricantes. Estos procedimientos tendrán una frecuencia anual o menor.

El agua drenada de los tanques es bombeada hacia las obras hidráulicas del influente de la Planta de Tratamiento. Los pasos a seguir cuando se desagua o se drena un Tanque de Sedimentación Primaria son los siguientes:

- En la Arqueta de Reparto de la Decantación Primaria, se colocarían el stop logs correspondiente que impide que el agua ingrese al desarenador.
- Se bombean el agua y lodo del desarenador hacia el Espesador de Lodos Primarios. Otra opción de retirar el agua sería por medio de una bomba portátil hacia el sedimentador contiguo o hacia el pozo de alcantarillado sanitario más cercano.

Mientras el tanque es desaguado, el operador debe lavar el interior del tanque usando el agua de servicio. Si es necesario mantener un Tanque de Sedimentación Primaria fuera de servicio



durante tres o cuatro días, el tanque debe llenarse con agua y la unidad de accionamiento de los barrelodos debe operarse periódicamente.

Con respecto a los barrelodos, están diseñados para operar las 24 horas del día. El operador debe revisar el accionamiento periódicamente durante el turno para asegurarse que está rotando adecuadamente. Cada accionamiento está equipado con un dispositivo sensor de torque que activará una alarma y apagará la unidad si ocurre un atranque. Una condición de atranque indica que algo impide al accionamiento girar libremente, que puede haber caído un objeto al tanque, o algo que se partió debe estar sumergido; el brazo desnatador puede estar atrancado en la bandeja recolectora, o el manto de lodos puede estar muy espeso. La causa del sobre torque debe ser corregida antes de intentar arrancar de nuevo el accionamiento y puede requerir el desaguado del tanque.

Una gran parte del programa de mantenimiento se refiere al sistema de recolección de lodos y de materiales flotantes. Es importante controlar periódicamente todas las partes mecánicas que pueden ser sometidas a deterioro y a fenómenos de corrosión y efectuar las sustituciones que se consideren necesarias.

Es necesario hacer verificaciones frecuentes para controlar el estado de las paletas raspa lodos, las de recolección de los materiales flotantes, los vertederos. Es necesario controlar también la posición y la nivelación; esto debe realizarse particularmente en los vertederos de salida del efluente depurado.

Se deben controlar las condiciones y la tensión de los elementos que mueven el mecanismo de recolección de lodos de cada tanque, además, con el objeto de prevenir un excesivo deterioro o la deformación de las paletas raspadoras.

Se necesita proceder con la limpieza periódica de todas las tuberías de extracción en las cuales existe la posibilidad de que se produzcan atascamientos.

Siguiendo las instrucciones de las empresas proveedoras de los equipos, es necesario realizar un cuidadoso programa de lubricación, especialmente en lo que respecta a motores, reductores y bombas.

Todas las operaciones de lubricación por realizarse con productos adecuados deben ser correctamente indicadas en los folios de marcha o, preferiblemente, en fichas especiales o en registros apropiados para las operaciones de mantenimiento, en los cuales conste el tipo de operación efectuada, el producto usado y la fecha de realización. Cada vez que un equipo se abre para efectuar operaciones de lubricación, conviene controlar el estado de deterioro y proceder con las sustituciones necesarias.

5.13 Reactores biológicos (Componente 6)

El sistema de tratamiento secundario de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Guanguarcho incluye los siguientes seis procesos principales:

- **Reactores biológicos:** usado para contactar la biomasa con el efluente primario. Remueve los componentes solubles tales como DBO₅ y nutrientes.

- **Sedimentadores secundarios:** separa componentes particulados del agua antes de la desinfección.
- **Sopladores:** proveen aire presurizado al sistema de difusión de aire que se encuentra dentro de los biorreactores.
- **Bombas para la recirculación de lodo activado (RAS):** recircula biomasa que se sedimenta de los sedimentadores finales hacia la cabeza del biorreactor.
- **Bombas de Lodos Activados de Desecho (WAS):** retira exceso de biomasa del sistema para mantener óptimas condiciones de operación, tales como la relación de comida - masa (food to mass ratio) y la edad de lodos.
- **Bombas para Natas y Espumas:** bombea los sólidos flotantes de los sedimentadores secundarios para transferirlos al concentrador de Natas y espumas.

Los Sistemas de Lodos Activados utilizan el tratamiento biológico para reducir aún más la cantidad de DBO₅ y de SST. Aquí los microorganismos se utilizan para consumir los contaminantes y formar una masa creciente y activa de nuevos microorganismos. Los microorganismos se separan de las aguas residuales por sedimentación mientras que una parte se recicla como lodos activados de retorno.

En los Tanques de Aireación o Reactores Biológicos es donde se cultivan los microorganismos. Existen cuatro tanques de aireación. La materia orgánica del influente al proceso sirve de alimento para los organismos. Se suministra aire por medio de los sopladores para que los organismos puedan respirar. A la mezcla de microorganismos y lodos en los Tanques de Aireación se le denomina licor mezclado. El licor mezclado pasa a los Tanques de Sedimentación Secundaria donde a los organismos se les permite sedimentarse en tanques circulares. Mecanismos de raspadores mueven los lodos sedimentados a un sumidero central donde se retiran de los tanques por medio de las Bombas de Lodos de Retorno ubicadas en el edificio denominado "Bombeo de Decantación Secundaria". Una parte de los lodos se devuelve a los Tanques de Aireación para que hagan contacto con las aguas residuales que entran (estos son los lodos activados de retorno o RAS), pero debido a que durante el proceso se cultivan más microorganismos, algunos deben ser evacuados. Los lodos evacuados se denominan Lodos Activados de Desecho (WAS).

El proceso de aireación en los tanques es configurado como un sistema de alimentación escalonada al reactor con cuatro diferentes puntos de alimentación o pases dentro de cada tanque de aireación.

El primer pase incluye la introducción de un flujo del licor mezclado que proviene de los sedimentadores secundarios. El segundo pase consiste de un efluente primario y flujo del primer pasaje. El tercer y cuarto pase, incluye una alimentación del efluente primario y flujo del segundo y tercer pase respectivamente.

El diseño del sistema aeróbico escalonado es primordialmente basado sobre el concepto de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (DBOC). La función de alimentación escalonada incrementa concentraciones del licor mezclado en el biorreactor y reduce las cargas en los sedimentadores para mejorar la capacidad y control de la sedimentación. Una de las causas más importantes en los problemas de sedimentación es una inadecuada cantidad de oxígeno en la primera zona aeróbica, lo que ocasiona micro-

ambientes con bajo oxígeno. La aeración en los tanques está diseñada para crear rápidamente condiciones aeróbicas que minimicen este problema. Adicionalmente, si es necesario, un sistema de cloración del lodo activado de recirculación puede ser incluido con el propósito de mejorar aún más el control de la sedimentación. Aguas abajo de la primera zona aeróbica, los niveles de oxígeno disuelto pueden llegar a reducirse alcanzando valores hasta de 0,5 mg/L para conservar la energía en el soplador.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos y tuberías de los reactores biológicos estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los reactores biológicos de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Dentro de los elementos a controlar en los reactores biológicos están: los canales, vertederos, stop logs que permiten el ingreso de agua o aislamiento de cada reactor. Además se verificará la instalación de cada uno de los sopladores y del sistema de difusores de membrana de burbuja fina. También se revisarán las conexiones de las tuberías de llegada y salida de agua, así como las de retorno de lodo desde los sedimentadores secundarios (RAS) y las tuberías instaladas al fondo de los tanques que permiten el vaciado de los reactores.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

El caudal influente proveniente de los sedimentadores primarios será repartido uniformemente por medio de canales, vertederos y compuertas. Para aislar cualquiera de los tanques, se dispondrá además de stop logs (ranuras para tabloncillos de cierre).

Las compuertas de los tanques de aireación están diseñadas para estar en la posición completamente abierta o completamente cerrada. Abriendo estas compuertas se permite el paso de las aguas residuales influentes al interior de los tanques.

Cuando se llena un tanque vacío, estas compuertas deben permanecer abiertas parcialmente, para evitar que las aguas residuales entren raudas y descarguen rápidamente encima de los difusores montados en el piso del tanque. Las compuertas se pueden abrir completamente cuando el agua esté por encima del nivel de los difusores.

El diseño del proceso de Sistema secundario está basado en la operación del tiempo de retención de sólidos (SRT) y características esperadas de la sedimentación del lodo usando un mínimo de 5 días SRT, que es un factor de seguridad de 2,0 en los reactores, y un Índice Volumétrico de Lodos (Sludge Volume Index, SVI) de 120.

Se asumió un valor mínimo total SRT de 5 días. Sin embargo, operaciones reales de la planta puede mostrar que valores más bajos de SRT no afectan negativamente la planta, y por lo la operación puede decidir si desea operar con valores más bajos de SRT usando una lógica con mayor fundamentación real.

El diseño de los sedimentadores secundarios se basa en las características de sedimentación del efluente de los reactores biológicos. En el diseño se considera un SVI de 120 y características de sedimentación predichas por correlaciones estándar como las que se muestran a continuación: Carga hidráulica superficial promedio entre 16 y 28 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \times \text{día})$; Carga hidráulica superficial pico entre 40 y 64 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \times \text{día})$; La carga de sólidos superficial promedio entre 4 y 6 $\text{kg}/(\text{m}^2 \times \text{hora})$; La carga de sólidos superficial pico igual a 8 $\text{kg}/(\text{m}^2 \times \text{hora})$; Profundidad para tanques circulares entre 3,5 y 6 m.

El aire requerido para mantener el oxígeno disuelto será suministrado a la biomasa a través del uso de difusores de membrana de burbuja fina que está localizado dentro de cada zona aeróbica. El diseño está basado en el mantenimiento de los niveles de oxígeno disuelto de diseño dentro de las diferentes zonas. El oxígeno disuelto podrá reducirse bajo cargas altas, debido a que condiciones bajas de oxígeno disuelto por cortos instantes de tiempo no afectara negativamente los requerimientos del efluente que se necesitan. Un valor constante de factor de obstrucción de 0.9 se usó para todas las condiciones. Valores de las Eficiencias Estándar de Transferencia de Oxígeno (Standard Oxygen Transfer Efficiency, SOTE) están basados en recomendaciones específicas del fabricante del difusor que se ha usado en el diseño.

Cada rejilla de difusores de burbuja fina en cada reactor tendrá una válvula de control de flujo, un medidor de flujo y un medidor de oxígeno disuelto.

El aire que es suplido por el sistema de sopladores estará muy caliente para ser puesto directamente dentro de las tuberías de distribución de PVC en los reactores. El aire suministrado por el soplador será enfriado pasándolo a través del licor mezclado con tuberías de distribución de acero inoxidable.

El reactor está compuesto de cuatro tanques de aireación independientes. La aeración en cada uno de estos compartimientos es configurada en un esquema de alimentación escalonada en cuatro puntos. Las fracciones aeróbicas del biorreactor son aireadas a través de un sistema de difusión de aire que consiste en difusores de burbuja de membrana fina.

Normalmente, cada reactor está en pareja con un desarenador secundario. Las tuberías están localizadas de tal manera que permita una operación con trenes de servicio independientes. Si un biorreactor o sedimentador está fuera de servicio, los flujos pueden modificarse para operar con una unidad fuera de servicio. El sistema puede también ser operado con un flujo combinado de licor mezclado y reciclaje de lodos activados para operar los cuatro reactores como un único sistema de lodos activados.

El control de flujo en el efluente primario mantendrá las relaciones deseadas de alimentación escalonada necesarias para cumplir los objetivos de rendimiento, mientras que el sistema de control de oxígeno disuelto descrito anteriormente ofrecerá un control más detallado de aireación. La relación de flujo para cada ubicación de alimentación escalonada será

determinada por el personal de operaciones y será registrado manualmente. Adicionalmente, los límites de Oxígeno Disuelto serán usados como indicadores de cuando se deberán ajustar manualmente las tasas de la alimentación escalonada.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras de la galería de los biorreactores sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

El Sistema del biorreactor está diseñado con la habilidad de mantenerse en ejecución cuando uno de los biorreactores está fuera de servicio, para condiciones de flujo y carga promedios, es decir, para un caudal de 1.200 L/s y concentraciones de DBO₅ de 220 L/s y de SST de 296 L/s. Adicionalmente, el sistema de alimentación escalonada da al personal de operación otra herramienta para optimizar la operación del sistema durante condiciones inusuales de operación. Esto puede llevarse a cabo por medio de una diversión de la alimentación a varios lugares dentro del tanque biorreactor.

Por ejemplo, durante un evento con un caudal alto, el flujo puede ser desviado hacia el último pase para prevenir una sobrecarga de sólidos en el sistema de sedimentación. Por último, el diseño SRT de 5 días es conservativo para las temperaturas del agua esperada, y es probable que el sistema pueda ser operado a menores SRT durante la mayor parte del año, lo que le dará más capacidad al sistema.

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes, se ha previsto que la PTAR funcione con tres de los cuatro reactores biológicos. Si la emergencia es mayor que se tenga que trabajar solamente con dos o un reactor, entonces se tendrá que controlar el caudal de ingreso a la planta.

Consideraciones de Mantenimiento

Los Reactores Biológicos, deben desaguarse periódicamente para llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado a los difusores de burbuja fina. Los difusores de burbuja fina pudieran taponarse debido a la formación de un cultivo de microorganismos sobre los poros, y por lo tanto, deben mantenerse limpios. Se debe referir a los manuales de mantenimiento del fabricante para los métodos de limpieza de cada tipo de difusor.

El desaguado de los tanques se logra abriendo las compuertas que controlan las tuberías que se han dispuesto en el fondo de los tanques, en la galería de tuberías. El agua proveniente del desaguado se dirigirá directamente hacia la estación de bombeo inicial para ser tratada nuevamente. La apertura de estas válvulas será controlada, habiéndose previsto que un tanque puede ser desaguado en unas 8 horas o más. A medida que baja el nivel del líquido, se deben lavar las paredes del tanque utilizando el agua de servicio instalado.

Durante el desaguado se observará que las obras civiles se encuentren en buen estado, así como se verificará el estado del sistema de aireación, realizando las correcciones que sean necesarias.

Realizar el mantenimiento del sistema de filtración del aire, de los compresores, de las líneas de aducción y de los difusores, según las prescripciones de los fabricantes.

5.14 Sedimentadores Secundarios (Componente 8)

El diseño del tratamiento secundario incluye cuatro sedimentadores secundarios de diámetro igual a 40 m. Cada sedimentador, tendrá un nivel de agua de 5 m, un suelo inclinado del 12%, y deflectores para prevenir una corriente ascendente de sólidos sedimentados. Durante una operación normal, cada sedimentador está directamente conectado a un único tanque de aeración dedicado, y los lodos activados de recirculación serán retornados del sedimentador a ese mismo tanque. Los sedimentadores serán configurados con un sistema central de recolección de lodos. El agua que pasa por los sedimentadores, o efluente secundario, fluirá sobre el vertedero perimetral hacia una canaleta interior. La canaleta inclinada direccionará el flujo hacia la cámara del efluente desde el cual el efluente podrá ser llevado a gravedad hacia el sistema de desinfección UV.

Los Tanques de Sedimentación Secundario remueven los lodos por asentamiento gravitacional. Las condiciones que permiten el asentamiento gravitacional también permiten que las natas y espumas se acumulen en la superficie. Los sólidos que se asientan en el fondo de los Tanques de Sedimentación Secundaria son transportados por el sistema de recolección de lodos hacia una tolva en el fondo de cada tanque. Las tolvas de cada tanque están unidas por medio de una red de tuberías, bombas y accesorios que se concentran en el edificio Bombeo de Decantación Secundaria que permitirá la recirculación de lodos hacia los rectores biológicos (RAS) y el lodo restante o de desecho (WAS) transportarlo hacia los Espesadores de Banda por Gravedad.

Remoción de natas y espumas

Durante el proceso de sedimentación, las natas y espumas flotan hacia la superficie. Las natas y espumas son movidas por brazos desnatadores que se agarran a brazos barredores de lodos. La espuma y las natas son removidas de la superficie del agua antes del deflector, y son colocadas en la superficie en frente de los vertederos del efluente, y depositadas dentro de una cámara de recolección de espumas, para posteriormente ser bombeadas hacia el tanque Concentrador de natas y espumas.

El bombeo de natas y espumas de cada sedimentador está compuesto por dos bombas, una en funcionamiento y una en reserva.

Remoción de lodos

De la sección inferior de la tolva de los sedimentadores secundarios, el lodo será retirado por medio de un sistema de tuberías hacia el Bombeo de Decantación Secundaria que se describe en el numeral siguiente.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de los sedimentadores estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los sedimentadores de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Para la puesta en marcha, considerar además lo expresado en la sección correspondiente a los sedimentadores primarios.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Se ha previsto que, el agua de un reactor biológico sea transportado hacia un determinado sedimentador secundario, operación que ocurrirá mediante la apertura de una compuerta ubicada en la tubería de interconexión entre estas estructuras.

También se ha dispuesto de stop logs (ranuras para tabloncillos de cierre) para que, en conjunto con las compuertas señaladas, poder orientar el flujo de un reactor hacia cualquiera de los sedimentadores secundarios.

El operador de la planta seleccionará manualmente que sedimentadores son operacionales. Normalmente todos los sedimentadores están en operación. Cuando estén en operación, los mecanismos centrales correrán continuamente. Habrá una estación local en cada sedimentador con un switch con la selección LOCAL/REMOTA, un botón START y un botón de LOCKOUT-STOP. La instrumentación para los sedimentadores está limitada a dos switches de torque alto y nivel bajo y un pasador de seguridad para el mecanismo central. La selección REMOTA, permite la operación de los mecanismos centrales de los barrelos desde el PLC correspondiente del sistema SCADA.

Plan de contingencia

El diseño considera el funcionamiento de los cuatro tanques sedimentadores, no obstante, si por cualquier motivo es necesario que uno de los sedimentadores deje de funcionar, se ha comprobado que, con tres tanques el tratamiento estaría dentro de los límites admisibles, esto, para para el caudal máximo diario (1.800 L/s).

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes, se ha previsto que la PTAR funcione con tres de los cuatro sedimentadores. Si la emergencia es mayor que se tenga que trabajar solamente con dos o un sedimentador, entonces se tendrá que controlar el caudal de ingreso a la planta. Al

respecto, de acuerdo a los diseños, para un funcionamiento adecuado, el caudal promedio máximo de ingreso a la planta es igual a 1.800 L/s, con lo cual, con un sedimentador secundario en funcionamiento, el caudal máximo de ingreso a la planta resulta igual a 450 L/s; con dos sedimentadores 900 L/s, con tres sedimentadores 1.350 L/s y con cuatro sedimentadores los 1.800 L/s.

Consideraciones de Mantenimiento

En cuanto se refiere al mantenimiento de los equipos, se debe considerar lo expresado en la sección correspondiente a los sedimentadores primarios.

Con relación a la necesidad ocasional de desaguarse un tanque de sedimentación secundaria, se tendrá que interrumpir el caudal al tanque por medio de la compuerta correspondiente ubicada en los reactores biológicos. El drenaje del tanque se realizará bombeando el agua hacia el biorreactor (Bombas RAS). Otra opción de retirar el agua sería por medio de una bomba portátil hacia el sedimentador contiguo o hacia el pozo de alcantarillado sanitario más cercano. Para el caso del bombeo por medio de las bombas RAS, para cada sedimentador se pueden accionar hasta tres bombas, con lo cual el tiempo de vaciado del sedimentador sería de aproximadamente unas 3 horas.

5.15 Bombeo de Decantación Secundaria (Componente 7)

Se ha denominado como Bombeo de Decantación Secundaria a la estructura ubicada entre los sedimentadores secundarios, en la que se encuentra el bombeo de extracción de lodos desde los sedimentadores secundarios. En esta estructura se diferencian las bombas que permitirán la recirculación de los lodos hacia los reactores biológicos (RAS) y los lodos sobrantes o de desechos (WAS) que se conducirán hacia los espesadores de banda por gravedad (GBT's).

Para la recirculación de lodos habrá seis bombas, de las cuales, cuatro estarán trabajando y dos serán de repuesto. Cada sedimentador tendrá una bomba propia con velocidad ajustable y compartirá una bomba de repuesto con un sedimentador adyacente. Las bombas de recirculación de lodos descargarán normalmente en el primer pase del tanque biorreactor, permitiendo cuatro sistemas independientes de lodos activados. Cada una de las líneas de descarga del lodo de recirculación de los sedimentadores estará equipado con un medidor de flujo.

Para los lodos de desecho (WAS) se cuenta con cuatro bombas, con la instalación de dos bombas para cada par de sedimentadores, una funcionando y una en espera.

El caudal de diseño de cada bomba de recirculación es igual a 180 L/s y el de cada bomba de desecho es igual a 28 L/s.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil, las tuberías, bombas y accesorios estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Es necesario efectuar una serie de controles preliminares que dependen del tipo de bombas instaladas; los controles principales son:

- Lubricar cuidadosamente los equipos según las instrucciones de la casa proveedora.
- Controlar que las conexiones eléctricas sean efectuadas correctamente, de acuerdo con los esquemas de montaje; controlar que el eje de las bombas roten libremente, se lo comprueba haciéndolo rotar manualmente.
- Controlar la alineación de los órganos de transmisión entre el motor y bomba, en el caso de transmisión a correa, verificar la tensión.
- Verificar que las válvulas ubicadas sobre el circuito estén correctamente posicionadas y particularmente, controlar que ellas estén abiertas sobre la aspiración y la descarga.
- Verificar el correcto funcionamiento de los equipos de parada y de puesta en marcha automática.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada una de las bombas instaladas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Algunas de las instrucciones para la puesta en marcha de las bombas centrífugas para manejo de lodos son:

- Comprobar que la tensión de alimentación al sistema bomba motor es la adecuada.
- Comprobar que la posición del pulsador de paro de la bomba es clara.
- Comprobar que todas las tuberías se han limpiado de partículas sólidas.
- Verificar que la bomba y el motor están correctamente lubricados.
- Verificar el correcto sentido de giro del motor, comprobando que el motor y la bomba giran libremente, es decir, que exista un buen acoplamiento bomba-motor.
- Verificar que todas las válvulas de las tuberías están en la posición correcta.
- Antes de la puesta en marcha la bomba debe ser encendida, es decir, debe estar llena de agua.

Las bombas son puestas en marcha con la válvula de impulsión abierta, exceptuando cuando se pueden verificar golpes de aire o cuando el motor tiene pequeños márgenes de potencia, en este caso la válvula de impulsión se abre de a poco, luego de la puesta en marcha. Este procedimiento se adopta también cuando la descarga ocurre bajo batiente hidráulico.

Después de la puesta en marcha es necesario controlar los cierres de la bomba y de las tuberías, el grado de calentamiento de los cojinetes y el ruido de los equipos.



Labores a ejecutarse en la fase de rutina

El objetivo de la operación del sistema de bombeo de Lodos Activados de Retorno es el de conducir los lodos fuera de los Tanques de Sedimentación Final y regresarlos a los Tanques de Aireación. El operador es el responsable de que esta función se lleve a cabo, con el caudal apropiado, y que los niveles de los mantos de lodos permanezcan relativamente iguales en los cuatro Tanques de Sedimentación Secundaria. El valor preliminar o inicial será considerar la tasa de recirculación igual al 50% del flujo en el afluente.

El desecho de lodos es necesario para purgar el sistema de lodos activados de un exceso de biomasa que es producida en los Tanques de Aireación. El factor de control para la cantidad de lodos de desecho es el Tiempo de Retención de Sólidos (TRS). La ecuación para calcular el TRS usada para determinar los caudales de desecho es la siguiente:

$$TRS = \frac{SSLM * V}{(Q_w X_w) + (Q_e X_e)}$$

Donde:

SSLM= Concentración promedio de sólidos en los Tanques de Aireación (mg/L)

V = Volumen Total de los Tanques de Aireación = (m³)

Q_w = Caudal de los lodos de desecho (m³/día)

Q_e = Caudal Total del Efluente de los Tanques de Sedimentación Secundaria (m³/día)

X_w = Concentración de los lodos de desecho (mg/L)

X_e = Concentración de sólidos en el efluente de los Tanques de Sedimentación Secundaria (mg/L)

TRS = Tiempo de Retención de Sólidos (días)

Q_w es la cantidad de lodos que deben desecharse del sistema diariamente y que son bombeados hacia los espesadores de banda por gravedad. Es responsabilidad del operador determinar esta cantidad. Despejando Q_w de la ecuación anterior:

$$Q_w = \frac{SSLM * V}{TRS * X_w} - \frac{Q_e X_e}{X_w}$$

De acuerdo a los diseños el TRS para el caudal medio de operación igual a 1.200 L/s es de cinco días, sin embargo, la selección apropiada del TRS operativo, será cuestión de experiencia. Seleccionando un TRS relativamente bajo, dará como resultado una carga de sólidos más baja en los Tanques de Sedimentación Secundaria y un mayor rendimiento, pues

el factor de seguridad del clarificador se incrementa con valores más bajos del TRS. Valores más altos del TRS tienden a mejorar el rendimiento en términos de la remoción de la materia orgánica, pues existen más microorganismos disponibles para consumir la materia orgánica como alimento.

Como referencia, para el sistema de Lodos Activados con aireación escalonada se tiene que el TRS puede variar entre 3 y 15 días.

Durante la operación de la planta se recomienda obtener datos que permitan elaborar gráficos del TRS vs Carga de DBO_5 del efluente y, del TRS vs Eficiencia de remoción de materia orgánica.

Plan de contingencia y emergencia

Como se ha señalado, para la recirculación de lodos se tendrán dos bombas redundantes, una por pareja de sedimentadores. El funcionamiento de las tres bombas será alternado con cambios diarios de manera manual o automático; así, el primer día funcionarán las bombas 1 y 2, el segundo día la 2 y la 3, el tercer día la 3 y la 1, el cuarto día la 1 y la 2 y así sucesivamente. En caso de que se requiera modificar el período de funcionamiento de cada bomba, se lo podrá realizar mediante los temporizadores colocados para estos accesorios en los paneles de control SCADA.

Para los lodos de desecho, se contarán con cuatro bombas, dos en funcionamiento y dos en reserva. El funcionamiento de las cuatro bombas será alternado con cambios diarios de manera manual o automática; así, el primer día funcionarán las bombas 1 y 2, el segundo día la 3 y la 4, el tercer día nuevamente la 1 y la 2 y así sucesivamente. En caso de que se requiera modificar el período de funcionamiento de cada bomba, se lo podrá realizar mediante los temporizadores colocados para estos accesorios en los paneles de control SCADA.

5.16 Desinfección UV (Componente 9)

Con el objeto de cumplir con los requerimientos de desinfección, el sistema se ha diseñado para tratar el efluente de los sedimentadores secundarios y cumplir un estándar de menos de 1.000 NMP de coliformes por 100 mililitros de muestra. Para Guangarcucho se ha considerado que el sistema más adecuado para este proceso es por medio de la Desinfección UV.

Para obtener una buena desinfección es necesaria una buena sedimentación de sólidos en los sedimentadores secundarios. El objetivo es mantener los sólidos suspendidos bajo 20 mg/L.

Las lámparas ultravioleta están colocadas en tres canales, dos en servicio activo y una en modo de emergencia. Los tres canales estarán en modo activo y funcionarán alternados, con cambios automáticos con una frecuencia diaria, pudiendo modificarse esa frecuencia mediante los temporizadores colocados para el efecto en los paneles de control SCADA. Las lámparas estarán inclinadas y escalonadas para una buena distribución de luz en la lámina de agua y están colocadas entre dos y cuatro bancos en serie para conseguir la muerte de patógenos. Lámparas ultravioleta adicionales son puestas en servicio cuando el flujo

incrementa y las mismas se apagan cuando el flujo se reduce para ahorrar energía. Para las condiciones de diseño, las lámparas trabajarán con dos canales y un caudal medio de 1.200 L/s. Cuando el caudal se incremente de este valor, se encenderán las lámparas adicionales. Durante todo el tiempo el número de lámparas en las unidades es suficiente para conseguir la muerte de patógenos. Las lámparas ultravioletas estarán equipadas con sensores de intensidad, y funciones in-situ de limpieza química y mecánica para mantener una operación eficiente.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil, las lámparas, accesorios, las conexiones eléctricas estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

En general, es siempre necesario verificar que la instalación de las lámparas sea realizada sobre la base de las normativas de seguridad, según lo que indique el fabricante y que generalmente se refiere a la protección de la vista por medio del uso de gafas con protección a los rayos UV y a evitar la exposición prolongada o crónica a estos rayos.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los tres canales, las lámparas y el equipamiento instalado, siguiendo las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Como medidas de protección específica del personal que trabaje en la instalación de las lámparas UV se recomienda el uso de gafas apropiadas para este fin y evitar la exposición crónica que produce envejecimiento de la piel. No se deben tocar las lámparas con los dedos, se deben sostenerlas con una toalla de papel.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Para el funcionamiento o aislamiento de cada uno de los canales de desinfección se han instalado compuertas y guías para ubicación de tablonces (stop logs).

Las actividades apropiadas de operación y mantenimiento de un sistema de desinfección con luz UV, aseguran que una suficiente radiación sea transmitida a los organismos para volverlos estériles.

Todas las superficies entre la radiación UV y los organismos por desactivarse deben estar limpias y, los balastros, las lámparas y el reactor deben estar funcionando a su máxima eficiencia.

La limpieza inadecuada es una de las causas más comunes de la ineficiencia de los sistemas de desinfección con luz UV. Las mangas o camisas de cuarzo requieren ser limpiados regularmente.

La frecuencia de limpieza es individual y muy específica para cada caso. Esta información debe ser proporcionada por el proveedor en sus manuales de operación y mantenimiento; no obstante, enseguida se indican las frecuencias típicas de estos elementos:

- Limpieza de lámparas: manual cada 4 meses.
- Limpieza de mangas o camisas de cuarzo: cada 4 horas (esta limpieza es automática).

La vida promedio útil de las lámparas fluctúa entre 9.000 a 15.000 horas de funcionamiento y generalmente las lámparas se reemplazan después de 12.000 horas de uso. La sustitución de una lámpara es una tarea sencilla en consideración de que sus conectores se ubican sobre la superficie de agua y de fácil acceso.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, se espera que las lámparas tengan una vida útil entre 13.000 y 15.000 horas. Lámparas con vida útil menor a las 9.000 horas deben ser reemplazadas a cuenta del proveedor.

Los procedimientos operacionales deben ser establecidos de tal modo que reduzcan los ciclos de encendido y apagado de las lámparas, puesto que su eficacia se reduce con la repetición de los ciclos. De acuerdo a recomendaciones de fabricantes, se espera un máximo de 4 ciclos de encendido y apagado por cada 24 horas de operación. El balastro será compatible con las lámparas y debe ventilarse para protegerlo del calor excesivo, ello puede reducir su vida útil. Aunque el ciclo de vida de los balastos es de aproximadamente 10 a 15 años, normalmente los balastos se reemplazan cada 10 años.

Las mangas de cuarzo duran aproximadamente de 5 a 8 años pero se sustituyen generalmente cada 5 años.

Plan de contingencia

El diseño considera el funcionamiento de dos de los tres canales quedando el tercero para poder realizar reparaciones o enfrentar alguna contingencia en cualquiera de los que se encuentran en uso.

Labores emergentes

Para las emergencias que se puedan presentar en uno de los dos canales en funcionamiento se cuenta con el tercer tanque. Si la emergencia es mayor que obligue a utilizar un solo tanque o ningún tanque, entonces se puede controlar el caudal de ingreso a la planta o parte del agua desviarla sin el proceso de desinfección, hasta que se produzcan las reparaciones correspondientes.

Consideraciones de Mantenimiento

Las indicaciones específicas de mantenimiento serán proporcionadas por el fabricante, no obstante, el procedimiento sugerido para realizar el mantenimiento periódico es el siguiente:

- Desconectar el sistema de la red eléctrica.

- Efectuar el bypass de la red hídrica y descargar la presión (vaciar el canal). Para esta acción se disponen, para cada canal, de stop logs y compuertas.
- Desconectar y sacar las lámparas.
- Controlar el display del medidor automático.
- Efectuar las varias operaciones de mantenimiento / sustitución.
- Montar otra vez el sistema.
- Instaurar la presión (llenado de canal) en el sistema, verificando que la altura de agua sobre el fondo del canal sea igual o mayor a dos metros.

5.17 Descarga final

Luego de que el agua pase por el proceso de desinfección, se tendrá la descarga final hacia el río Cuenca, mediante un canal rectangular abierto con un vertedero rectangular ajustable que permitirá conocer el caudal del efluente de la planta y finalmente una caída en cascada para que el agua llegue hasta los niveles bajos del río evitando la erosión de su orilla.

De acuerdo a los estudios hidrológicos del río Cuenca, proporcionados por ETAPA EP, en el punto de descarga de la PTAR, se ha estimado que el río tendrá un nivel igual a 2327,75 msnm para un período de retorno de 100 años. En el tanque de desinfección UV la altura de agua tendrá un nivel mayor al mencionado del río con lo que la descarga de la PTAR se producirá aún en estas condiciones de crecida del río.

Labores de mantenimiento

Una vez por día el personal de mantenimiento realizará una revisión visual de la obra de descarga, observando que la estructura se encuentre en buen estado y limpia. De existir algún daño se programará de inmediato su reparación.

La limpieza se lo realizará utilizando simplemente escobas de palo largo. Se prevé que las labores de limpieza se tendrán que realizar principalmente en los días de lluvia, cuando los niveles en el río Cuenca se incrementen, pudiendo ingresar algún desecho, sobre todo a los niveles más bajos de la descarga.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL LODO E INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los componentes para el tratamiento de los lodos generados en la PTAR Guangarcucho, desde las primeras unidades hasta su disposición final son los siguientes:

- **Espesamiento de lodos primarios:** Comprende el proceso de concentración de los sólidos removidos de los sedimentadores primarios previo al ingreso a los digestores. El objetivo es producir una concentración de sólidos de 4,5 al 6 por ciento. Los lodos sedimentados son recolectados y bombeados al tanque de espesamiento de lodos a gravedad. Se ha previsto la instalación de dos espesadores de lodos a gravedad.
- **Espesamiento de lodos activos de desecho:** Los lodos de desecho de los sedimentadores secundarios serán espesados antes de su digestión para reducir el volumen del tanque requerido para una adecuada estabilización de sólidos. Todos los lodos de desecho serán espesados a través del uso de las bandas espesadoras a gravedad (GBT's). Se ha considerado la instalación de tres espesadores.
- Los lodos y natas de los sedimentadores primario y sedimentadores secundarios serán conducidos hacia un concentrador de natas y desde aquí, a los digestores.
- **Digestión Anaerobia:** Los lodos espesados pasarán al proceso de digestión que estabilizará los sólidos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales. El tiempo de retención mínimo requerido por los sólidos es de 15 días a temperaturas de al menos 35° C para cumplir con los estándares de destrucción de patógenos y con una destrucción mínima de 38% de sólidos volátiles para cumplir los requisitos de reducción de atracción de vectores. Como se ha indicado, en el párrafo anterior, los digestores recibirán también el efluente del espesador de natas. Se tendrán tres digestores y un tanque de almacenamiento de los lodos digeridos.
- **Deshidratación de biosólidos:** Luego de la digestión, los lodos serán deshidratados por medio de un sistema de centrifugas, mediante el cual, se podrá obtener una torta de concentración de sólidos alta, y así, poder ser transportados con mayor facilidad hacia su destino final. En el diseño se han previsto tres centrifugas, una en funcionamiento, una de repuesto y una en reparación.
- Finalmente, los lodos deshidratados serán almacenados, como paso previo a su transporte hacia el relleno sanitario.

Además, como parte de los procesos de tratamiento de lodos, se tendrá un sistema de control de olores para el tratamiento de los olores generados en los espesadores de lodos primarios, otro sistema para los olores de las bandas espesadoras a gravedad y de las centrifugas de deshidratación y un tercer sistema para los olores del tanque Concentrador de Natas.

características de esta estación de bombeo fueron descritas en el numeral 5.12 al tratar sobre la remoción de lodos primarios.

Después de ingresar a los espesadores a gravedad los sólidos se acumularán en la zona de sedimentación y luego serán comprimidos por la presión de los sólidos más superficiales de la zona de espesamiento. El agua desplazada fluye a través de los canales intersticiales de la matriz de sólidos hacia una zona de líquido clarificado en la superficie. El agua clarificada es recogida por la canaleta y enviada a gravedad al sistema de alcantarillado sanitario de la planta que tiene su descarga al inicio de la planta, concretamente en el Cajón de unión (Componente 1a). Los sólidos concentrados son recolectados y removidos del fondo de los tanques espesadores y bombeados a los digestores.

Los lodos primarios llegarán a los espesadores con una concentración de aproximadamente 1 por ciento de sólidos secos y saldrán de los espesadores con una concentración de aproximadamente 4,5 por ciento de sólidos secos (De acuerdo a la bibliografía consultada, US EPA, este porcentaje varía entre 4 y 6 %). Este espesamiento reduce significativamente el volumen del digestor. Para conducir los lodos desde los espesadores hasta los digestores se cuenta con una estación de bombeo que se encuentra ubicada en medio de los dos concentradores de sedimentadores primarios. Durante los períodos de lluvia, cuando el agua del ingreso a la planta contenga un porcentaje menor de sólidos que el promedio, el control de la efectividad del Concentrador se lo realizará desde los sedimentadores primarios o directamente desde los concentradores, en ambos casos, dejando que el lodo permanezca por más tiempo que el promedio para estas unidades.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de los espesadores estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Antes de la puesta en marcha de un espesador de gravedad es necesario realizar los controles y las operaciones siguientes:

- Liberar el tanque y las tuberías de todos los residuos acumulados durante la construcción.
- Verificar el sentido y la libre rotación del mecanismo, la alineación, los juegos, los ruidos y las vibraciones anómalas.
- Controlar que se encuentre lubricado en las partes que lo requieran.
- Verificar el nivel de los vertederos.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los espesadores de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Realizadas las actividades de la fase previa al inicio de la operación, se empieza a enviar el lodo en la unidad y se pone en marcha el mecanismo espesador. Una vez que comienza a formarse el lecho de lodo, se determina la concentración de sólidos espesados; dicho parámetro es un índice de la eficiencia de la operación.

El período de puesta en marcha finaliza cuando el lodo espesado sale regularmente con la concentración deseada. La alimentación del lodo por espesarse puede ser continua o discontinua en función de las condiciones de trabajo preestablecidas para las unidades operadoras aguas arriba. La alimentación hacia los concentradores será de manera continua cuando el caudal total desde los sedimentadores primarios es igual a 39,3 L/s. Para caudales menores el funcionamiento será discontinuo.

También la extracción del lodo espesado puede ser continua o discontinua. La operación frecuente será de manera continua con un caudal total máximo de lodos espesados igual a 19 L/s. Para caudales menores el funcionamiento será discontinuo.

El lodo debe ser extraído con la concentración proyectada; si se obtienen concentraciones mayores o menores, se debe intervenir aumentando o reduciendo la frecuencia de extracción del caudal del lodo espesado.

Los parámetros que son controlados con frecuencia son:

- La concentración de sólidos del lodo en la entrada y en la salida y, del agua clarificada.
- El caudal del lodo en la entrada.
- Velocidad del agua clarificada (por medio del caudal que pasa sobre el vertedero) y, de la velocidad de extracción de lodos (de acuerdo al caudal de bombeo hacia los digestores).

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Para que los lodos lleguen desde los sedimentadores primarios hasta los espesadores se activarán las bombas de la estación de bombeo localizada junto al auditorio y además estarán abiertas las válvulas de ingreso de los espesadores.

El sistema está diseñado de tal manera que, los lodos de cualquiera de los tres sedimentadores puedan ser transportados a cualquiera de los dos espesadores. Esta operación es posible dado que en la Estación de bombeo de lodos primarios se dispone de una bomba para cada sedimentador luego se tiene un múltiple con una tubería de impulsión hacia los espesadores que se bifurca en dos tuberías con válvulas de control, cada una de ellas, para alimentar a un Espesador.

El agua clarificada de los concentradores, recogida desde la parte superior de cada unidad, se dirigirá automáticamente al alcantarillado sanitario. Mientras que, para la evacuación de los lodos hacia los digestores se encenderán las bombas de la cámara ubicada entre los concentradores.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

Plan de contingencia

El sistema considera el funcionamiento de los dos tanques espesadores para un caudal total de 39,3 L/s, no obstante, cada tanque puede recibir este caudal. De esta manera, si un tanque requiere mantenimiento, la unidad podrá ser desconectada y la planta podrá operar con una unidad a un caudal medio igual a los 39,3 L/s. Si no es posible programar el mantenimiento durante periodos de flujo bajo, los lodos pueden ser almacenados en los sedimentadores primarios por un periodo de tiempo suficiente para que se dé el mantenimiento y la inspección del espesador a gravedad.

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes, se ha previsto que la PTAR funcione con uno de los dos espesadores para un caudal promedio de 1.200 L/s. Además, los picos instantáneos que ocurren durante el día serán absorbidos en los sedimentadores primarios. Si la emergencia es mayor, entonces se tendrá que controlar el caudal de ingreso a la planta.

Consideraciones de Mantenimiento

En los Espesadores de lodos primarios se recomienda realizar las siguientes labores de mantenimiento.

Semanales:

- Chequear niveles de aceite del motor del equipo barrelodos.
- Examinar los interruptores de control del eje motor.
- Examinar visualmente el barrelodos.
- Examinar visualmente la instrumentación y limpiar las sondas de los equipos de instrumentación.

Mensuales:

- Revisar los brazos barrelodos y su superestructura de soporte, inspeccionando si existe desgaste en el barrelodos.
- Ajustar cadenas y bandas del sistema motor-barrelodos.
- Revisar grietas y desprendimiento por capas del recubrimiento del concreto en la estructura del tanque.
- Revisar que el pozo de recolección de lodos no tenga obstrucciones.
- Revisar la canaleta del vertedero y sus soportes.



Anuales:

- Desmontar el accionamiento del sistema motor-barrelos y examinar todos los engranajes, sellos de aceite y cojinetes.
- Chequear la presencia de metales en el aceite, lo cual puede ser un signo de advertencia de problemas futuros.
- Reemplazar las partes defectuosa de cualquier elemento del mecanismo.

Con relación a la necesidad ocasional de desaguarse un tanque espesador, se tendrá que interrumpir el caudal al tanque por medio de su válvula de ingreso. El drenaje del lodo se realizará bombeándolo hacia los digestores, mientras que el agua podrá ser evacuada por medio de una bomba portátil hacia el espesador contiguo o hacia el pozo de alcantarillado sanitario más cercano.

6.3 Espesamiento de lodos activos de desecho (Componente 19)

Los lodos de los sedimentadores secundarios serán espesados antes de su digestión y así reducir el volumen, de los digestores, requerido para una adecuada estabilización de sólidos. Todos los lodos de desecho serán espesados a través del uso de las bandas espesadoras a gravedad.

Desde la estructura reconocida como Bombeo de Decantación Secundaria, las bombas de lodos sobrantes o de desechos (WAS) transportarán los lodos hacia las Bandas Espesadoras a Gravedad (GBT's).

En el diseño se ha previsto la implementación de tres equipos de bandas espesadoras a gravedad.

El sistema de bandas espesadoras a gravedad incluirá un sistema de polímeros para promover una buena separación de sólidos y agua en las bandas. Tres sistemas de polímeros serán instalados en el edificio en el que se localizan las Bandas Espesadoras a Gravedad y las Centrífugas utilizadas para la deshidratación de los lodos. De estos tres sistemas de polímeros, el primero servirá específicamente para las Bandas Espesadoras a Gravedad, el segundo para las Centrífugas y el tercero, de reserva para cualquiera de los dos procesos.

El traslado de la solución de polímero a los tanques de alimentación será mediante bombas. La solución de polímero será alimentada individualmente a cada banda espesadora a gravedad mediante una bomba alimentadora.

Cuando se utiliza acondicionamiento con polímeros, estos espesadores son muy efectivos para el espesamiento de lodos activados residuales, y típicamente se logra un 95% de captura de sólidos y concentraciones de sólidos espesados mayores al 5%.

En cada equipo de Banda Espesadora a Gravedad se tiene una cobertura para evitar que los olores se disipen en el edificio en el que están instaladas. El aire maloliente será recolectado



para su tratamiento.

Los lodos espesados por las bandas serán trasladados mediante bombeo hacia los digestores.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de las Bandas Espesadoras y Sistema de Polímeros estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte. Es importante controlar los niveles de instalación de la cimentación de los equipos.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil, en los equipos y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de las Bandas Espesadoras y Sistema de Polímeros de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

A continuación se indican las operaciones a seguir para el inicio de funcionamiento de las Bandas Espesadoras:

- Abrir la válvula de ingreso a la banda espesadora en operación y cerrar las válvulas de ingreso de las bandas que no estarán operando.
- Iniciar el bombeo desde la estación de bombeo de desecho WAS hacia las bandas espesadoras.
- Accionar el sistema de bombeo desde las bandas deshidratadoras hacia los digestores.
- Prender en operación local la banda espesadora a operar.
- Revisar que el sistema funciona adecuadamente, caso contrario hacer los ajustes correspondientes.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

Se contará con tres equipos de bandas espesadoras a gravedad. Dos de las bandas estarán funcionando alternadamente por un período de 12 horas cada una. La tasa de alimentación será determinada por el Operador en base a la cantidad de lodos de desecho a ser procesados. La solución de polímeros se preparará por tandas y alimentará de forma continua a la banda espesadora a gravedad, de acuerdo lo determine el operador. La tercera banda espesadora a gravedad es un sistema independiente de emergencia.

Las bandas secadoras a gravedad selladas estarán ubicadas dentro de un edificio para reducir la tasa de ventilación de aire maloliente. Mediante ventilación del edificio de

espesadores a presión negativa y tratando los gases de escape por separado, se reducirá el tamaño del sistema de control de olores del edificio.

Cada banda espesadora a gravedad estará soportada por un anclaje de hormigón a una altura suficiente para permitir la ubicación de la bomba de transporte de los lodos espesados. Las bombas descargarán los lodos espesados al sistema de tuberías de distribución que alimentan a los digestores. Una plataforma elevada proporcionará acceso a la parte más alta de las bandas espesadoras a gravedad.

El líquido (filtrado) extraído por las bandas espesadoras a gravedad descargará al sistema de alcantarillado sanitario que desagua en la estación de bombeo inicial de la PTAR.

Una bomba elevadora de presión de lavado estará ubicada en el área de la banda espesadora a gravedad para proveer de presión alta requerida por las boquillas de lavado de la banda. Adicionalmente, el área alrededor de la banda espesadora a gravedad incluirá válvulas de lavado.

El sistema de bandas espesadoras a gravedad incluirá un sistema de polímeros para promover una buena separación de sólidos y agua en las bandas. Un sistema de polímeros secos será instalado específicamente para las bandas espesadoras de gravedad y se tendrá un segundo equipo de dosificación de polímeros que servirá de emergencia para ser usado ya sea para las bandas espesadoras de gravedad o para las centrífugas.

El traslado de la solución de polímero a los tanques de alimentación será mediante bombas. La solución de polímero será alimentada individualmente a cada banda espesadora a gravedad mediante una bomba alimentadora.

El sistema de polímeros será un sistema de prueba -operación -prueba - salida. La solución del polímero se mezclará y luego se dará dilución de agua secundaria para mejorar la mezcla en alimentador de la banda espesadora a gravedad. El típico rango de la dosis de polímero es de 0,25 a 2,0 mg/L.

Plan de contingencia

Dos bandas espesadoras a gravedad son adecuadas para manejar las cantidades de lodos máximos mensuales. Una banda adicional servirá en casos de emergencia y será usada durante periodos de mantenimiento y reparación.

Un equipo de dosificación de polímero servirá exclusivamente para las bandas espesadoras a gravedad, y un equipo adicional será compartido con las centrífugas de deshidratación cuando sea requerido.

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes, cuando una de las bandas presente algún daño, se dispone de una tercera banda para el manejo de lodos con un caudal promedio de 1.200 L/s. Además, los picos instantáneos que ocurren durante el día serán absorbidos en los sedimentadores

secundarios. Si la emergencia es mayor, por ejemplo, el daño de dos bandas, entonces la tercera banda puede trabajar en forma continua.

6.4 Concentrador de Natas (Componente 14)

La concentración de Natas y Espumas se realizará en dos unidades. En este proceso se concentran las Natas y Espumas removidas de los sedimentadores primarios y secundarios previo a la descarga a los digestores.

Dos tanques operarán como concentradores donde las natas y Espumas flotan a la superficie, tras un tiempo de retención de aproximadamente 30 minutos.

Los tanques serán cubiertos para control de olores. El aire maloliente será recolectado para su tratamiento.

Las natas y espumas de los sedimentadores primarios y secundarios serán removidas y transportadas hacia los Concentradores por medio de siete estaciones de bombeo, cada una, ubicada cerca de un sedimentador primario o secundario. Cada estación de bombeo estará formada por dos bombas, una en funcionamiento y la otra en espera.

Después de ingresar a los concentradores, las natas y espumas flotan a la superficie y se acumularán para luego ser recogidas y bombeadas a los digestores. El agua desplazada fluye a gravedad al sistema de alcantarillado sanitario de la planta que tiene su descarga al inicio de la planta.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de los concentradores estén construidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Antes de la puesta en marcha de un concentrador es necesario realizar los controles y las operaciones siguientes:

- Liberar el tanque y las tuberías de todos los residuos acumulados durante la construcción.
- Verificar el sentido y la libre rotación de bombas, la alineación, los juegos, los ruidos y las vibraciones anómalas.
- Controlar que se encuentre lubricado en las partes que lo requieran.
- Verificar el nivel de los vertederos.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén construidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de los concentradores de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

Considerar las recomendaciones del numeral 6.1 y las de la sección 12.

6.5 Digestión anaerobia y almacenamiento de lodos digeridos (Componentes 16 y 15)

La digestión anaerobia servirá para digerir los lodos primarios crudos y los lodos activados de desecho, ambos, previamente espesados. La digestión es utilizada para la estabilización biológica de los lodos, reduciendo la masa de sólidos para disposición. Este proceso produce metano que será utilizado, una parte para los calderos y lo restante para la quema. En la digestión se aumenta la concentración de la torta deshidratada de lodos y disminuye el olor de esta, reduciendo de esta manera, la atracción de los vectores y los niveles de patógenos en los biosólidos.

Existen tres corrientes que alimentan a los digestores anaerobios: los lodos primarios (de los tanques espesadores a gravedad), los lodos activados de desecho (de las Bandas Espesadoras a Gravedad), ambos previamente espesados y las natas y espumas (de los Concentradores de Natas y Espumas).

El proceso de digestión anaeróbica mesofílica incluye tres digestores y un edificio de control en donde se instalarán los equipos de calefacción, bombeo y gas.

El lodo es calentado por un sistema re-circulatorio de bombeo que incluye intercambiadores de calor tubular para cada digestor. Agua caliente generada por calderos provee calor mediante los intercambiadores de calor para mantener una temperatura constante en los digestores.

Los digestores tendrán una temperatura de operación de 35°C con un tiempo de retención de sólidos de por lo menos 15 días para la producción de lodos a una tasa máxima mensual con un digestor fuera de servicio para mantenimiento.

El tanque de almacenamiento de lodos digeridos recibirá los lodos provenientes de los digestores.

El tanque de almacenamiento de lodos digeridos da un espacio amplio entre los digestores y las centrifugas. Esto permite que las centrifugas sean operadas en turnos de ocho horas.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos componentes de cada tanque digestor estén debidamente construidos, instalados adecuadamente y probados de acuerdo a las especificaciones particulares de cada elemento, corrigiendo errores en caso de que se los detecte. Es importante controlar los niveles de instalación de las tuberías de cada sistema de bombeo que se encuentran fuera y dentro de los digestores. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte.

Antes de la puesta en marcha de cada digestor es necesario realizar los controles y las operaciones siguientes:

- Liberar el tanque y las tuberías de todos los residuos acumulados durante la construcción.
- Verificar el sentido y la libre rotación de los mecanismos de los sistemas de bombeo, la alineación, los juegos, los ruidos y las vibraciones anómalas.
- Controlar que se encuentre lubricado en las partes que lo requieran.
- Verificar el nivel de las instalaciones.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil, en los equipos y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará la hermeticidad de los tanques digestores en sí y de cada uno de los sistemas de bombeo que lo componen.

A continuación se indican las operaciones a seguir para el inicio de funcionamiento de los digestores y tanque de almacenamiento de lodos.

- Abrir las válvulas de alimentación de cada tanque digestor.
- Prender las bombas de: los lodos espesados primarios, lodos activados espesados secundarios y de natas y espumas.
- Llenar cada uno de los tanques digestores.
- Encender el sistema de recirculación e intercambio de calor que incluye a los calderos, intercambiadores de calor y bombas de recirculación.
- Encender el sistema de recirculación interno de cada tanque digestor.
- Para el caudal máximo mensual total de lodos igual a 984 m³/día, el lodo permanecerá dentro de los tanques de digestión por un período entre 15 y 23 días; 15 días para el caso de utilizar sólo dos tanques y 23 días cuando los tres tanques digestores se encuentren en funcionamiento.
- Para el caudal promedio diario igual a 681 m³/día, el lodo permanecerá dentro de los tanques de digestión por un período entre 22 y 33 días; 22 días para el caso de utilizar sólo dos tanques y 33 días cuando los tres tanques digestores se encuentren en funcionamiento.
- Iniciar el bombeo hacia el tanque de almacenamiento de lodos de desecho (biosólidos).
- Llenar el tanque de almacenamiento de biosólidos.
- El lodo permanecerá, dentro del tanque de almacenamiento, por un período entre 5 y 7 días, respectivamente, para los caudales de lodos de 9.000 m³/día y 681 m³/día.
- Prender las bombas que transportan el lodo desde el tanque de almacenamiento hasta la deshidratación.

Labores de operación a ejecutarse en la fase de rutina

La alimentación a los digestores estará dada de acuerdo a los caudales y tiempos de bombeo de: los espesadores de lodos primarios, de la bandas espesadoras a gravedad y del concentrador de natas y espumas. Cada tanque se irá alimentando con un período de una hora; así, en la hora cero se alimentará al tanque 1, en la hora uno al tanque 2, en la hora dos al tanque 3, en la hora 4 al tanque 1 y así sucesivamente.

La descarga de los digestores hacia el tanque de almacenamiento de biosólidos será similar a la alimentación; es decir, en la hora cero se descargará de tanque 1, en la hora uno del tanque 2, en la hora dos del tanque 3, en la hora 4 del tanque 1 y así sucesivamente.

Como labores diarias de operación se recomiendan además:

- Observar a diario si existen fugas, ajuste de los sellos, sonidos inusuales, temperatura de los cojinetes y presiones de descarga.
- Monitorear el tiempo de operación de las bombas.
- Registrar la temperatura de recirculación del lodo.
- Para una correcta operación, chequear las temperaturas en los calderos y quemadores.
- Chequear la presión de gas en los digestores.
- Drenar las trampas de condensados y trampas de sedimentos.
- Accionar a diario el quemador a gas.
- Registrar las presiones y los caudales de gas.
- Chequear las fugas de las líneas de gas mediante una solución de agua jabonosa.

Plan de contingencia

Los digestores proveerán un tiempo de retención de sólidos de 15 días para la producción de lodos máxima mensual con un digestor fuera de servicio para mantenimiento. En general, cada sistema de bombeo tendrá redundancia. Se proveerá de tuberías y válvulas para el funcionamiento de cualquiera de los calentadores que se utilizarán para calentar un digestor.

Labores emergentes

Para las situaciones emergentes en uno de los dos digestores en funcionamiento, se ha previsto un tercer digestor, que estará equipado para que entre a funcionar inmediatamente cuando sea requerido.

Labores de mantenimiento

Para los digestores se sugiere realizar las siguientes labores de operación preventiva:

Labores semanales:

- Probar los variadores de frecuencia de las bombas de lodos de alimentación y de las bombas de descarga.
- Inspeccionar las bombas de lodos y de recirculación de agua caliente.
- Inspeccionar el domo de cubierta de los tanques y mirar si existen fugas de gas.
- Inspeccionar el kit de primeros auxilios.

Labores mensuales:

- Inspeccionar y limpiar los motores de las bombas de lodos: de alimentación, recirculación y descarga.
- Inspeccionar y lubricar las bombas de lodos (pistón y ejes): de alimentación, recirculación y descarga.
- Inspeccionar las tuberías y probar el funcionamiento adecuado de las válvulas.
- Inspeccionar y limpiar el motor del compresor de gas.
- Verificar el funcionamiento de los medidores magnéticos de caudal.

Labores trimestrales:

- Lubricar los acoples de la bomba-motor de los sistemas de: recirculación de agua caliente, recirculación de lodos y bombeo de lodos.

Labores semestrales:

- Limpiar los medidores de presión.
- Inspeccionar compresores de gas.
- Desarmar y limpiar las trampas de agua de condensados del sistema de gas.
- Desarmar y limpiar las arrestadores de flama.
- Chequear los anclajes y si existen fugas en el sistema de gas.
- Limpiar los intercambiadores de calor.
- Desarmar y limpiar las válvulas de alivio y vacío de los digestores.
- Chequear el equipo de control de incendios.

6.6 Deshidratación de biosólidos (Componente 20)

La deshidratación de los lodos espesados se lleva a cabo con el fin de hacer posible la evacuación al relleno sanitario. La deshidratación se obtiene después de la etapa de digestión, por medios mecánicos.

Para la PTAR Guangarcucho, se ha considerado el uso de tres centrífugas para la deshidratación. Las centrífugas son máquinas complejas que funcionan a altas velocidades de rotación.

Las centrífugas de deshidratación son la tecnología líder disponible para producir tortas deshidratadas de alto contenido de sólidos, alrededor de un 24%. Esto es una ventaja de costos significativa sobre las tecnologías de deshidratación de menor contenido de sólidos tales como los filtros prensa, y es la razón por la que se aplican ampliamente las centrífugas para la deshidratación de biosólidos. Las desventajas de centrifugar la deshidratación incluyen mayores requisitos de energía y mayores demandas de polímeros que otras tecnologías.

Cada centrífuga tiene una bomba centrífuga de alimentación. Estas bombas toman los lodos digeridos del tanque de almacenamiento de lodos digeridos. La configuración de las tuberías permite que cualquier centrífuga sea alimentada por cualquier bomba alimentadora.

Tres sistemas de polímeros serán instalados en el edificio en el que se localizan las Bandas Espesadoras a Gravedad y las Centrífugas utilizadas para la deshidratación de los lodos. De estos tres sistemas de polímeros, el primero servirá específicamente para las Bandas Espesadoras a Gravedad, el segundo para las Centrífugas y el tercero, de reserva para cualquiera de los dos procesos. De acuerdo a los diseños, la dosificación de polímeros para las Bandas Espesadoras a Gravedad está en el rango de 1,4 a 4,5 kg/ton de sólidos secos y, para las Centrífugas en el rango de 4,5 a 11 kg/ton de sólidos secos.

En cada equipo de centrífuga se tiene una cobertura para evitar que los olores se disipen en el edificio en el que están instaladas. El aire maloliente del concentrado será recolectado para su tratamiento.

El conducto de descarga de lodos deshidratados estará alineado con la orientación del transportador de tornillo. El concentrado fluirá a gravedad a través de un drenaje de la planta hacia la estación de bombeo del afluente. El sistema de polímero preparará la solución de polímero a ser adicionada al lodo digerido previo a la deshidratación.

Fase previa al inicio de operación

El Contratista comprobará que la obra civil y todos los elementos de los equipos de las Centrífugas y Sistema de Polímeros estén contruidos e instalados adecuadamente. Además se debe comprobar la hermeticidad de la instalación, corrigiendo errores en caso de que se los detecte. Es importante controlar los niveles de instalación de la cimentación de los equipos.

Arranque e inicio de operación y labores en la fase inicial

Una vez que se aseguren que todos los elementos estén contruidos e instalados de acuerdo a lo previsto y que no existan fugas ni problemas en la obra civil, en los equipos y en las instalaciones, el Contratista, bajo su responsabilidad, probará cada uno de las Centrífugas y Sistema de Polímeros de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a su experiencia.

A continuación se indican las operaciones a seguir para el inicio de funcionamiento de las centrífugas de deshidratación:

- Abrir la válvula de ingreso a la centrífuga en operación y cerrar las válvulas de ingreso de las centrífugas que no estarán operando.
- Iniciar el bombeo desde el tanque de almacenamiento de biosólidos hacia las centrífugas.
- Prender en operación local la centrífuga.
- Prender el tornillo transportador de lodos deshidratados.
- Revisar que el sistema funciona adecuadamente, caso contrario hacer los ajustes correspondientes.
- Tomar muestras para determinar la concentración del lodo deshidratado.

Labores a ejecutarse en la fase de rutina

En la PTAR Guangarcucho se instalarán un total de tres centrifugas, cada una con una capacidad para manejar el flujo mensual máximo al año 2050. El diseño contempla el funcionamiento de una unidad, otra unidad en espera y otra en mantenimiento o reparación. Las centrifugas están diseñadas para drenar los lodos digeridos.

La alimentación de lodos está condicionada por la inyección de polímero en la línea de alimentación de lodos.

Durante la puesta en marcha de las centrifugas, una mezcla de sólidos y líquidos es descargada de la unidad de deshidratación. La compuerta del conducto de descarga de sólidos se mantendrá cerrada, para que la mezcla fluya al sistema de drenaje del concentrado. Boquillas de agua en el conducto de sólidos se activarán para descargar la mezcla de sólidos y líquido en las tuberías del concentrado.

Una vez que se haya producido suficiente torta de lodo deshidratado, la compuerta de la tubería de sólidos se abrirá y la válvula motorizada de la descarga de agua se cerrará. De esta forma se permite que la torta de lodos deshidratados caiga en el sistema de transportador de tornillo de lodos deshidratados.

El concentrado, agua decantada de las centrifugas, es conducido a gravedad al sistema de drenaje de la planta que está conectado con el sistema de alcantarillado sanitario de la planta que a su vez tiene su descarga al inicio del tratamiento, antes del pozo de gruesos.

Una centrífuga es similar a una bomba grande, por lo que, desde el punto de vista de la operación se requiere poca atención.

Los lodos deshidratados serán colocados en una zanja de almacenamiento ubicada junto a las centrifugas, como paso previo a ser transportadas al relleno sanitario.

Acciones de Operación Rutinaria

- Preparar la solución de polielectrolito.
- Mantener un registro de los siguientes parámetros de funcionamiento: volumen de alimentación de biosólidos a la centrífuga, volumen de polielectrolito utilizado, volumen de lodo deshidratado.
- Tomar muestras de lodos de alimentación a la centrífuga y de la torta de descarga para análisis de sólidos totales.
- Antes del apagado del equipo, la centrífuga debe ser vaciada y la velocidad debe reducirse gradualmente.

Acciones de Mantenimiento Rutinario:

- Diaria: Inspección general del funcionamiento del conjunto de equipos correspondiente al proceso de deshidratación.
- Semanal: Complementación de los niveles regulares de aceites y grasas.
- Semestral. Paralización de cada uno de los equipos para limpieza y mantenimiento general, con cambio de piezas que presenten desgaste. La rutina de mantenimiento debe ser complementada con las actividades previstas en el manual de mantenimiento de los fabricantes de los equipos utilizados en la planta.

Plan de contingencia y emergencias

El sistema de deshidratación requiere de sólo una centrífuga en funcionamiento; no obstante, se han considerado tres unidades, la segunda en espera y otra para el caso de mantenimiento o reparación. El funcionamiento de una sola centrífuga considera que el caudal promedio de ingreso a la planta es igual a 1.200 L/s o menos.

Como recurso adicional, en caso de que no se disponga de ninguna de las centrífugas es que los lodos pueden permanecer en el tanque de almacenamiento de lodos digeridos y que, en uno de los digestores también se puede utilizar como almacenamiento de lodos, hasta que se supere la emergencia. En el tanque de almacenamiento los lodos pueden permanecer de 5 a 7 días y en un digestor entre 7 y 10 días.

7. INSTALACIONES, SISTEMAS Y EQUIPOS AUXILIARES

7.1 Sistema de Control SCADA y Auditorio (Componente 29)

El Centro de Control SCADA proyectado estará ubicado en la parte alta del Edificio del Auditorio de la PTAR Guangarcucho, en un local diseñado y adecuado para tal efecto. El Centro de Control incluirá:

- Espacio dedicado para la sala de control apropiadamente iluminado y con un ambiente de reducción de ruido y que pueda ser equipado con todas las ayudas requeridas por los operadores para el control eficiente y el monitoreo de la planta de tratamiento desde su fase de ingreso a la planta hasta el vertido final del efluente tratado y desinfectado.
- Ambientes separados para los Servers y el UPS.
- Espacio para Ingenieros / técnicos del sistema de Monitoreo.

En la parte baja del edificio del Auditorio, se ubicará propiamente el Auditorio con una capacidad para 84 personas.

Acciones de operación y mantenimiento

Para el Centro de Control SCADA seguir las recomendaciones dadas en la Parte 3 del presente Manual de Operación y Mantenimiento.

7.2 Sistema de agua de la planta y combate de incendios de edificios

La planta contará con un sistema de agua potable y combate de incendios para las edificaciones, con los siguientes componentes principales:

- Acometida desde la red pública de ETAPA EP ubicada en la autopista Cuenca-Azogues.
- Cisternas para el abastecimiento de agua para usos del personal y para combate de incendios con sus respectivos equipos de presurización (hidroneumáticos y bomba jockey, respectivamente). Se contará con dos hidroneumáticos de 5 HP para el agua de usos del personal y una bomba de 25 HP más una bomba jockey de 3 HP para la red de combate de incendios y difusores en los edificios: Auditorio y Laboratorio.
- Sistema de tuberías de distribución desde las respectivas cisternas y equipos de presurización, hasta el ingreso a las edificaciones.
- Redes secundarias al interior de las edificaciones, independientes para cada sistema.

- Ramales secundarios de abastecimiento a cada aparato sanitario o gabinete de incendio, según el caso, con la inclusión de rociadores para los edificios del Auditorio y Laboratorio.

Acciones de mantenimiento preventivo

Además de las tareas que generalmente realiza el personal de mantenimiento del sistema de agua de ETAPA EP, se recomienda lo siguiente:

Labores diarias:

Verificar si existe humedad sobre el terreno en donde se instalarán las tuberías principales de agua potable.

Labores semanales:

Visitar a cada uno de los edificios que disponen de agua de agua potable verificando que no existan fugas y que todos los accesorios se encuentran funcionando adecuadamente. De encontrarse algún defecto se lo reparará de manera inmediata.

Instruya a los usuarios de agua de cada edificio para que informe oportunamente, al personal de mantenimiento, los daños o fugas que se presenten.

Verifique el funcionamiento del tanque de almacenamiento y del sistema de bombeo de agua potable y combate de incendios.

Labores semestrales:

Limpieza de las cisternas de abastecimiento de agua.

Labores anuales:

Recargar los extintores.

7.3 Red de agua de servicio

Para el agua requerida para los diferentes procesos como lavado de las diferentes unidades de los procesos de tratamiento, así como, tener disponibilidad de agua para colocación de hidrantes, se ha diseñado la red de agua de servicio que tiene su captación al final del tanque de desinfección UV.

La red estará compuesta por dos ramales, el primero ubicado en la parte baja para la instalación de hidrantes cerca de los Digestores y Tanque de Almacenamiento de Biosólidos. Para esta red se tendrá una bomba de 40 HP más una bomba de 1,5 HP (jockey) que permitirá mantener la presión en la red. El segundo ramal se utilizará para dotar de agua de servicio a los diferentes componentes que lo requieren. Para esta red se dispondrá de dos bombas de 15 HP, una en funcionamiento y la segunda en reserva.

Se ha diseñado una red de agua de servicio extensa que permitirá desarrollar las actividades de operación, limpieza y mantenimiento de los diferentes componentes de la planta; es decir, se dispondrá de agua de servicio en todas las unidades o procesos que lo requieran. Como se indica en los planos, en varios puntos en los que se alimentará con agua de servicio al sistema, también servirán como puntos de muestreo de la línea de lodos.

Acciones de mantenimiento preventivo

Labores diarias:

Verificar si existe humedad sobre el terreno en donde se instalarán las tuberías principales de la red de agua de servicio.

Verificar que no existan fugas y que todos los accesorios de la red se encuentran funcionando adecuadamente. De encontrarse algún defecto se lo reparará de manera inmediata.

Labores semanales:

Revisar el estado de las bombas de alimentación a la red.

Labores mensuales:

Abrir y cerrar las válvulas de los hidrantes, dejar salir el agua por estos aparatos durante un rato.

7.4 Sistema de alcantarillado sanitario

Todos los edificios de la Planta tienen alcantarillado sanitario. Los drenajes de fontanería y drenajes de piso están conectados al sistema de alcantarillado sanitario que tiene su descarga al inicio del tratamiento, específicamente en el Cajón de Unión (Componente 1a).

Acciones de mantenimiento preventivo

Además de las tareas que generalmente realiza el personal de mantenimiento del sistema de alcantarillado de ETAPA EP, se recomienda lo siguiente:

Labores diarias:

Verificar si existe humedad sobre el terreno en donde se instalarán las tuberías principales de alcantarillado sanitario.

Labores semanales:

Visitar a cada uno de los edificios que disponen del sistema de alcantarillado sanitario, verificando que no existan obstrucciones y que todos los accesorios se encuentran

funcionando adecuadamente. De encontrarse algún defecto se lo reparará de manera inmediata.

Instruya a los usuarios del sistema de alcantarillado de cada edificio para que informe oportunamente, al personal de mantenimiento, los daños u obstrucciones que se presenten.

Verifique el funcionamiento de la descarga del sistema de alcantarillado sanitario de la PTAR (Cajón de Unión).

Labores semestrales:

Destapar los pozos de revisión de la red principal de alcantarillado, para lo cual se tendrán que abrir las tapas de los pozos aguas arriba y aguas abajo, por lo menos por 15 minutos, con la finalidad de que se produzca la ventilación. Desde la parte superior, se verificará aspectos como:

- Que exista un flujo normal del agua.
- La presencia o no, de sedimentos u obstrucciones. De existir algún problema se programará su limpieza, para lo cual se tomarán las medidas de seguridad para un espacio confinado de la sección 12 de este manual.
- El estado de la obra civil, incluida la tapa de acceso. De encontrarse algún desperfecto se programará su arreglo.

7.5 Sistema de alcantarillado pluvial

Las aguas lluvias provenientes de los techos, drenajes de patios y de sumideros en las vías, están conectadas al sistema de alcantarillado para aguas lluvias. La descarga de este alcantarillado se lo realizará al río Cuenca.

Acciones de mantenimiento preventivo

Además de las tareas que generalmente realiza el personal de mantenimiento del sistema de alcantarillado de ETAPA EP, se recomienda lo siguiente:

Labores diarias:

Verificar si existe humedad sobre el terreno en donde se instalarán las tuberías principales de alcantarillado pluvial. Esta actividad se lo realizará, con mayor énfasis, luego de la ocurrencia de un evento de lluvia.

Labores semanales:

Visitar a cada uno de los edificios que disponen del sistema de alcantarillado pluvial, verificando que no existan obstrucciones y que todos los elementos que lo conforman se encuentran funcionando adecuadamente. De encontrarse algún defecto se lo reparará de manera inmediata.

8. CRITERIOS DE CONTROL DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

El objetivo del control del proceso de lodos activados está en mantener elevados niveles de rendimiento frente a una gran variedad de condiciones de funcionamiento. Esto se logra mediante las siguientes acciones: (a) manteniendo un nivel de oxígeno disuelto en el tanque de aireación; (b) regulando el caudal de lodo activado recirculado; y, (c) controlando la purga de lodos activados.

8.1 Concentración de oxígeno disuelto

Cada tanque de aireación dispone de su respectivo sensor de oxígeno disuelto, mediante el cual se controlará la aireación. El valor de consigna para el automatismo de encendido de los aireadores será un nivel de oxígeno disuelto en el rango de 0,25 a 2 mg/L O_2 , dependiendo de la zona y pase, tal como muestra la Figura 2.3, en la que se han colocado los valores de diseño que indican que, en los pases 1 al 3 se tendrán 2 mg/L, y en el pase 4 entre 0,25 a 2 mg/L, con una operación inicial de 0,5 mg/L.

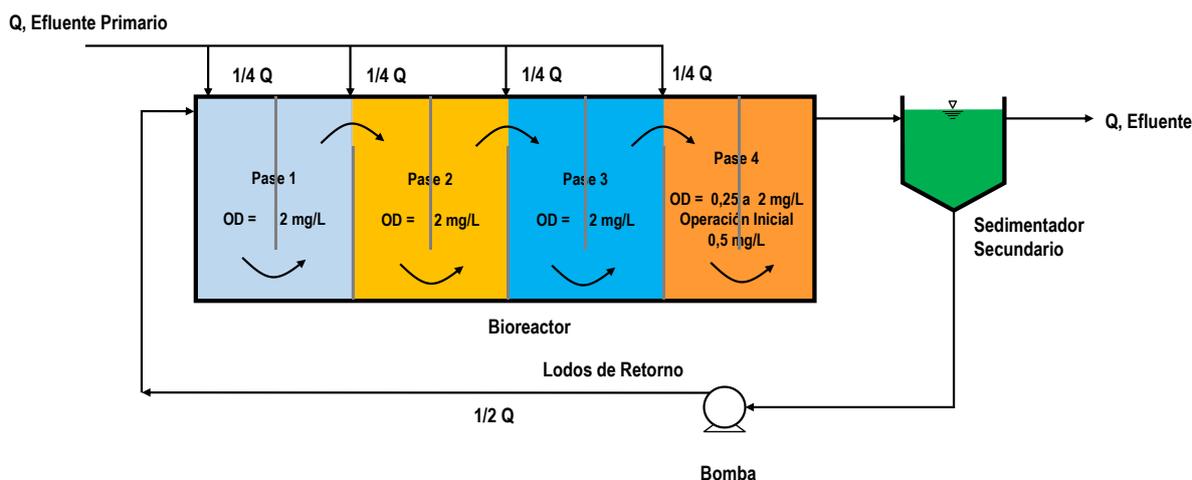


Figura 2.3: Oxígeno disuelto en cada pase del reactor biológico

8.2 Control de recirculación de lodo activado

8.2.1 La fracción de caudal para recirculación podrá determinarse por el personal de operación de la PTAR, mediante el criterio del Índice Volumétrico de Lodos (IVL) y de la concentración de sólidos totales esperado en el tanque de aireación. Estimada la fracción de recirculación se procederá, ya sea manualmente, a ajustar el caudal de recirculación, mediante los variadores de frecuencia de las bombas de recirculación; siendo el caudal controlado mediante un medidor previsto en esta línea. Estas acciones deben estar previstas en el sistema SCADA de la PTAR.

El Índice Volumétrico de Lodos (IVL), se define como “*el volumen (expresado en mili litros) que ocupa un gramo (peso seco) del licor mezcla de lodos activados, después de sedimentar durante 30 minutos en una columna graduada de 1.000 mili litros*”.

De acuerdo con la definición anterior, el IVL vendrá dado por la siguiente expresión:

$$IVL = \frac{1000 \times SS}{SSLM} \quad [1]$$

Donde:

SS Representa los sólidos sedimentados en la columna, expresado en mL

SSLM Representa la concentración de Sólidos Suspendidos del Licor mezcla, expresado en mg/L.

Algunas investigaciones publicadas (Parker et al., 2001) indican que valores de IVL inferiores a 100 resultan flóculos biológicos con buena sedimentación; por el contrario, si el valor de IVL es superior, se relaciona con flóculos con mala sedimentación.

El porcentaje de recirculación necesaria para mantener una concentración de sólidos en el licor mezcla del tanque de aireación, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{100}{\frac{100}{P_w \times IVL} - 1} \quad [2]$$

En donde:

$\frac{Q_r}{Q}$ Representa la relación entre el caudal recirculado y el caudal de tratamiento, expresado en porcentaje;

P_w Representa la concentración esperada de sólidos en el licor mezcla, expresado como porcentaje (De acuerdo a los diseños se tiene un $P_w = 0,5\%$).

8.2.2 El caudal de recirculación puede controlarse en forma automática, mediante los sensores de sólidos suspendidos totales, previsto en la línea de retorno de lodos en la cámara de distribución y/o en el cárcamo de bombeo; y, sensores de sólidos suspendidos totales, instalados en las salidas de los tanques de aireación. Mediante esta información, y el caudal tratamiento de la PTAR, el caudal de recirculación de lodos se determina en base a la siguiente expresión, que se deriva del balance de masa en los tanques de aireación:

$$Q_r = Q \frac{X}{X_r - X} \quad [3]$$

En donde:

- X Representa la concentración de SST en el licor mezcla, expresado en mg/L
- X_r Representa la concentración de SST en la línea de retorno de lodos, expresado en mg/L.
- Q_r Es el caudal a recircular, expresado en m³/s.
- Q Es el caudal medio medido a la entrada de la PTAR, m³/s.

8.2.3 Purga de Lodos: El caudal de lodo purgado del sistema se estimará de manera que se cumpla el tiempo de retención celular establecido en el sistema, empleando la siguiente expresión, en la cual se considera despreciable la concentración de sólidos en el efluente:

$$\theta_c = \frac{V_r X}{Q_w X_r} \quad [4]$$

Donde:

- θ_c Representa el tiempo de retención celular, expresado en días
- V_r Es el volumen total en las cámaras de aireación en operación, en m³
- Q_w Representa el caudal de lodos purgados del sistema, en m³/d

Es importante mencionar que en la planta se podrá medir automáticamente varios parámetros en la línea de agua, como por ejemplo el oxígeno disuelto en los rectores biológicos, además recoger agua mediante toma-muestras en la zona de las cribas y estación de bombeo inicial, y directamente en las unidades como: sedimentadores primarios, reactores biológicos, sedimentadores secundarios y antes y después de la desinfección ultravioleta. En el Anexo 8 del Informe Final: Evaluación del laboratorio de Ucubamba, se indica el detalle de los ensayos que se realizarán en el laboratorio de Guangarcucho, así como, en el laboratorio de Ucubamba que, entre otros, estará la medición de la temperatura, pH, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, Nitrógeno, Coliformes fecales y totales.

Adicionalmente, para el control de los lodos, en la planta se han dejado instalaciones para la toma de muestras, concretamente en: la salida de estación de bombeo de lodos primarios, en la estación de bombeo de decantación secundaria para la medición de los lodos de recirculación (RAS) y los lodos de desecho (WAS), a la salida de los espesadores de lodos primarios y de también de los lodos secundarios (GBT's), en varias líneas de los digestores, en cada una de las estaciones de bombeo de natas y espumas y en la plataforma de descarga de los lodos deshidratados.

9. CRITERIOS DE OPERACIÓN DURANTE EL PERÍODO DE ARRANQUE DE LA PTAR

Se debe considerar inicialmente que todo el personal de operación requerirá una capacitación previa en el proceso biológico a controlar; para lo cual se recomienda la realización de seminarios; y/o, prácticas en plantas de lodos activados, existentes en el país o en el exterior.

El personal de operación deberá dedicarse a tiempo completo a sus funciones asignadas.

Antes de iniciar las actividades de arranque de la PTAR, el equipo de operación deberá estar conformado; de manera que el período de arranque sea una oportunidad para que el personal se entrene en el proceso de tratamiento, con la finalidad de familiarizarse con los equipos, en la forma de modificar sus condiciones operacionales; y, en el pleno conocimiento de sus requerimientos de mantenimiento.

Se debe considerar que el arranque de la PTAR es un período en el cual los microorganismos presentes en la misma agua residual se multiplican, hasta alcanzar una concentración óptima de biomasa activa.

La concentración reducida de microorganismos presentes al inicio del período de arranque, da como resultado que el sistema opere a una carga orgánica (F/M) elevada, lo que permite a la biomasa desarrollarse en una etapa de crecimiento exponencial. Es normal durante esta etapa, observar la presencia de espuma blanca, densa, con un aspecto jabonoso, sobre la superficie de los tanques de aireación; sin embargo, es temporal y no representa problemas durante este período. Los lodos formados y acumulados en los sedimentadores secundarios, deberán recircularse en su totalidad, suspendiéndose el descarte al inicio por algunos días (10 a 15) e iniciándose con un mínimo descarte de lodos, a fin de mantener un lodo maduro (con período de retención celular de alrededor de 15 días). Debido a la baja velocidad de sedimentación de los flóculos formados y ante una eventual pérdida en el efluente de los decantadores, es posible la dosificación de polímero o sulfato de aluminio, en la salida del efluente de los tanques de aireación.

Debido a lo antes indicado, el arranque debe ser gradual hasta lograrse la concentración óptima de la biomasa activa, mientras que la recirculación de lodo debe ser controlada, permitiendo la mayor disponibilidad de biomasa en los tanques de aireación, para lo cual se recomienda que el caudal de recirculación sea del mismo orden de magnitud que el caudal que se encuentre procesando la PTAR ($Q_r = 100\% Q$). El encendido de los equipos de aireación, debe ser tal que garantice el oxígeno suficiente a la incipiente biomasa activa que se forma; puesto que, el exceso de aireación, provocaría una erosión de los flóculos biológicos o la incorporación de un exceso de aire, tornado su densidad similar a la del agua y dificultando su asentamiento en los sedimentadores secundarios.

La duración del período de arranque depende de varios factores: entre ellos, las características variables de la calidad de las aguas residuales, el tipo de microorganismos presentes en las mismas, las condiciones ambientales, etc. Respecto a éstos, se recomienda que el arranque sea programado de manera de no coincidir con una estación lluviosa, lo que ocasionaría, por el tipo de sistema de alcantarillado, la dilución de las aguas residuales, dificultando en extremo las condiciones operacionales durante la etapa de arranque.

Por lo expuesto, este período se estima tenga una duración entre 3 y 6 meses; sin embargo existen factores que coadyuvan a reducir el período de arranque, como:

- El empleo de productos industrializados, presentados en forma de polvo granular y disponibles a nivel nacional ⁽¹⁾, que consisten en cepas bacterianas, seleccionadas por su capacidad de desarrollo en condiciones aerobias y anaerobias, mezclados con nutrientes, los cuales son adicionados en los reactores biológicos durante un período de tiempo (aproximadamente de 10 días), y en dosis de acuerdo con el volumen del tanque de aireación.
- La inoculación de lodo biológico activo, de otros procesos biológicos; sean éstos aerobios o anaerobios (lodos de lagunas de Ucubamba).

En ambos casos anteriores, se deberá tener presente que la introducción de nuevas especies de bacterias a las que en forma natural disponen las agua residuales, constituyen una alteración de las características microbiológicas existentes en el cuerpo receptor; inclusive en el segundo caso; podría introducirse y multiplicarse vectores infecciosos. A esto se suma en el presente caso, el factor económico y la escala del sistema, lo cual podría in viabilizar estas posibilidades.

Como alternativa, para generar la biomasa activa en los tanques de aireación, se recomienda, partir de los propios microorganismos existentes en las aguas residuales.

⁽¹⁾ www.yakupro.com

10. PROBLEMAS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

CAUSAS FRECUENTES

Las principales causas relacionadas con la mala calidad del efluente pueden estar relacionadas con los siguientes factores:

- Variaciones de caudal y concentración de cargas contaminantes en las aguas residuales, que ocurren durante los períodos de lluvias.
- Concentración inadecuada de microorganismos en los tanques de aireación.
- Evacuación excesiva o insuficiente de lodos en exceso.
- Caudal de recirculación de lodos inadecuado.
- Excesivo tiempo de permanencia de lodos en los sedimentadores secundarios.
- Disminución o exceso de oxígeno en los tanques de aireación.

PROBLEMAS FRECUENTES

Formación de espuma en los tanques de aireación

La presencia de espuma en la superficie de los tanques de aireación es normal, cuando implica cerca del 10% a 20% de la superficie, con espesor reducido en torno de los 5 a 8 cm. Más allá de este porcentaje, la espuma podrá interferir con la operación normal del sistema, los tipos de formación de espuma son los siguientes:

- Espumas blancas en el tanque de aireación: es usual al inicio de la entrada en operación, o cuando la PTAR están muy sobrecargadas, siendo un indicador de la concentración baja de SSVLM o una relación F/M muy alta, las medidas correctivas recomendadas incluyen, aumentar la concentración de SSVLM, la recirculación o edad del lodo, reducir o suspender temporalmente el descarte de lodo en exceso, verificar el comportamiento del sistema de recolección del lodo de los decantadores biológicos; y, mantener baja la altura del manto de lodos.
- Espumas de color café claro en exceso en el tanque de aireación, tanto en área superficial, como en espesor, indica probablemente un lodo con elevada edad, o la presencia importante de microorganismos filamentosos. Los aspectos correctivos incluyen disminuir la edad del lodo, la corrección del caudal de descarte de lodos en exceso y disminuir la concentración de SSVLM en el tanque de aireación.
- Espumas de color café oscura, muy espesa o casi negra, puede ser un indicio de insuficiencia de oxígeno disuelto, la presencia de descargas industriales con efecto inhibitorio, o sobrecarga de la PTAR. Las medidas correctivas están directamente relacionadas con estas posibles causas; así, si existe insuficiencia de oxígeno, se debe aumentar el caudal de aireación; las descargas con efecto inhibitorio deben ser identificadas y controlados sus efluentes; para el caso de la sobrecarga, se debe controlar el caudal de ingreso y aumentar el caudal de aireación hasta los límites permitidos por los equipos instalados.

Pérdida de sólidos en el decantador biológico

La superficie del líquido en los sedimentadores secundarios debe tener un aspecto claro y transparente, con baja turbiedad, pudiéndose visualizar la superficie del manto de lodos hasta cerca de un metro de profundidad. Los bordes del canal perimetral de recolección deben estar limpios y permitir una clara visualización del efluente de buena calidad.

Al respecto deben ser realizadas las siguientes observaciones:

- En caso que el manto de lodos se sitúe muy próximo de la superficie líquida, el operador deberá tomar precauciones, en el sentido de efectuar una mayor retirada de lodo sedimentado, mediante el sistema de bombeo de recirculación.
- Los lodos en los sedimentadores secundarios pueden ascender repentinamente hasta la superficie en forma de pequeñas partículas, debido a una formación de gases que tienden a elevarlos a la superficie; este fenómeno, se puede deber a la desnitrificación debido a un excesivo tiempo de retención de los lodos en el sedimentador, agotándose el oxígeno y propiciándose el desarrollo de bacterias que producen nitrógeno gaseoso. Sin embargo, este efecto aunque puede presentarse en los sedimentadores secundarios, es controlado por los deflectores y recolector de flotantes que disponen los sedimentadores secundarios, los cuales impedirán que estos lodos flotantes sean arrastrados por el efluente.

Cambios de caudal y calidad de las aguas residuales

Debido al tipo de sistema de alcantarillado combinado en la ciudad de Cuenca, la PTAR en épocas de lluvia recibirá un caudal superior al habitual lo que representa diversos problemas como son: mayor arrastre de sólidos, aumento de la carga orgánica debido al arrastre de residuos acumulados en la red de alcantarillado; tiempo menor de residencia del agua en los tanques de aireación; e, incremento de las tasas hidráulicas superficiales en los sedimentadores.

Para contrarrestar estos efectos de incremento de sólidos y de caudal en épocas de lluvia, se intentará reajustar los caudales de recirculación y purga de lodos para mantener la máxima concentración de lodos activados en los tanques de aireación. En caso se advierta la pérdida de estabilidad del sistema (pérdida de flóculo biológico a través del efluente de los sedimentadores), se procederá a derivar una fracción de las aguas residuales al río, considerando que el caudal en el mismo se habrá incrementado; y, las estructuras de derivación de caudal del sistema de alcantarillado combinado se encontrarán desbordando el exceso de aguas al río; de manera que el impacto que representa esta medida extrema en la operación de la PTAR, se verá atenuada por la dilución de las cargas contaminantes orgánicas en un mayor caudal del río; y, no implicaría un aporte adicional de contaminación al que representa el desborde de las aguas combinadas a través de los pozos de derivación del sistema de alcantarillado combinado.

11. REGISTRO DE DATOS

Las lecturas de datos y su registro diario, proporcionan información importante al personal de operación de la PTAR para determinar las condiciones de control más adecuadas que conduce a optimizar el rendimiento de la PTAR.

Estos datos aportan importante información para detectar problemas; así como, sus posibles causas. Por lo tanto, es necesario el registro de los siguientes parámetros:

- Temperatura: al ingreso y a la salida de la PTAR, así como en los tanques de aireación, con frecuencia diaria.
- pH: al ingreso y a la salida de la PTAR, así como en los tanques de aireación, con frecuencia diaria.
- Coliformes totales y fecales, con frecuencia mínima de 3 días por semana, en:
 - Entrada a la PTAR.
 - Entrada a la desinfección.
 - Salida de la desinfección.
- Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles, con frecuencia mínima de 3 días por semana en:
 - Licor de mezcla de los tanques de aireación.
 - Lodos recirculados hacia los tanques de aireación.
 - Afluente de la cámara de desinfección UV.
 - Lodos evacuados a los digestores.
- Índice Volumétrico de lodos
 - Licor de mezcla de los tanques de aireación, con frecuencia mínima de 3 días por semana.
- DBO₅, DQO con frecuencia mínima de 3 días por semana en:
 - Afluente a la PTAR.
 - Efluente de la desinfección UV.
- Oxígeno disuelto: mediante sensores instalados en los tanques de aireación, con frecuencia diaria.
- Sólidos Sedimentables con frecuencia mínima de 3 días por semana en:
 - En el licor mezcla de los tanques de aireación.

- En el efluente de salida de la PTAR.

Es recomendable que, en la etapa de puesta en marcha e inicio de operaciones de la PTAR Guangarcucho, la frecuencia de ensayos sea mayor y puedan realizarse pruebas diarias para calibrar la operación de la planta a condiciones típicas de funcionamiento.

Los siguientes son los datos que la PTAR Guangarcucho debe registrar diariamente:

- Caudal de entrada y salida de la planta.
- Caudal de purga de lodos a los espesadores.
- Caudal de recirculación de lodos.
- Caudal de purga de lodos a los filtros banda (GBT's).
- Caudal de flotantes (Natas) enviado desde el concentrador de natas a los digestores.
- Mediciones automáticas de los niveles de agua en los sedimentadores primarios y en los sedimentadores secundarios.
- Kilogramos de DQO de las aguas residuales crudas en la salida de los desarenadores.
- Kilogramos de lodos purgados a los espesadores.
- Kilogramos de sólidos volátiles en los tanques de aireación.
- Kilogramos de lodos en exceso purgados a los filtros banda (GBT's).
- Kilogramos de sólidos de lodos evacuados a los digestores.
- Kilogramos de sólidos de lodos deshidratados.
- Volumen de arenas enviado al relleno sanitario.
- Volumen de sólidos gruesos y flotantes, enviados al relleno sanitario.
- Volumen de lodos deshidratados enviados al relleno sanitario.
- Consumo energético global.

De estas mediciones, varias serán realizadas en el laboratorio Ucubamba, en tanto que, las que se realizarán o registrarán directamente en el Laboratorio de Guangarcucho, con frecuencia recomendada diaria serán:

- Temperatura: al ingreso y a la salida de la PTAR, así como en los tanques de aireación.
- pH: al ingreso y a la salida de la PTAR, así como en los tanques de aireación.
- Oxígeno disuelto: mediante sensores instalados en los tanques de aireación.
- Caudal de entrada y salida de la planta.
- Caudal de purga de lodos a los espesadores.
- Caudal de recirculación de lodos.
- Caudal de purga de lodos a los filtros banda (GBT's).

- Caudal de flotantes (Natas) enviado desde el concentrador de natas a los digestores.
- Mediciones automáticas de los niveles de agua en los sedimentadores primarios y en los sedimentadores secundarios.
- Volumen de arenas enviado al relleno sanitario.
- Volumen de sólidos gruesos y flotantes, enviados al relleno sanitario.
- Volumen de lodos deshidratados enviados al relleno sanitario.
- Consumo energético global.

Los ensayos requeridos en Guangarcucho y que, este momento, de acuerdo a su capacidad, pueden ser analizados en el laboratorio de Ucubamba son los que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Parámetros de la PTAR Guangarcucho que pueden ser analizados en Ucubamba

Item	Parámetro a Medir	Frecuencia Mínima	Comentarios
1	DBO Carbonáceo	3 veces por semana	Afluente a la planta.
2	DBOs	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta.
3	DQO	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta.
4	pH	Diaria	Afluente, efluente a la planta, sedimentadores, biorreactores, UV. Lodos a espesadores, digestores.
5	ST	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta.
6	SST	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta, Licor mezclado en biorreactores, UV. Lodos espesados, digestores.
7	SSV	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta, Licor mezclado en biorreactores. Lodos espesados, digestores.
8	STV	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta, Licor mezclado en biorreactores. Lodos espesados, digestores.
9	S. Sed.	3 veces por semana	Afluente, efluente a la planta.
10	NO ₂	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
11	NO ₃	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
12	NH ₃	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
13	NH ₄	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
14	NTK	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
15	N Total	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
16	PO ₄	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
17	P Total	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
18	Sulfatos	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
19	Sulfuros	3 veces por semana	Afluente y efluente de la planta.
20	SS	3 veces por semana	Licor mezclado en biorreactores y sedimentadores secundarios.
21	SV	3 veces por semana	Licor mezclado en biorreactores y sedimentadores secundarios.
22	ALCALINIDAD	Semanal	Lodos digeridos.
23	SEQUEDAD	3 veces por semana	Lodos deshidratados.
24	% CH ₄	Mensual	Biogás.
25	% H ₂ S	Mensual	Biogás.
26	COLIFORMES TOTALES	3 veces por semana	Afluente, antes de UV y efluente de la planta.
27	COLIFORMES FECALES	3 veces por semana	Afluente, antes de UV y efluente de la planta.
28	PARÁSITOS	Mensual	Afluente y efluente de la planta.
29	METALES	Semanal	Afluente y efluente de la planta.
30	PESTICIDAS	Mensual	Afluente y efluente de la planta.
31	ÁCIDOS VOLÁTILES ORGÁNICOS	Semanal	Afluente y efluente de la planta.

Los ensayos restantes requeridos para la PTAR Guangarcucho que exigen que se incremente la capacidad del laboratorio de Ucubamba son los que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Ensayos adicionales de la PTAR G que exigen que se incremente la capacidad del laboratorio de Ucubamba

Ítem	Parámetros adicionales a medir	Frecuencia Mínima	Método
1	Identificación y Enumeración microbiana	Semanal	SM 9020
2	DBO Carbonácea	Por demanda	SM 5210B (2011)
3	Cianuro en el lodo	Anual	SM 4500-CN G
4	Cianuro total	Trimestral	SM 4500-CN BCE (2011)
5	Gas del lodo	Semanal	SM 2720C
6	Carbón orgánico total	Por demanda	SM 5310 B
7	Ácidos volátiles orgánicos	Semanal	SM 5560 B SM 5560C

De estos parámetros y debido a la frecuencia con la que se recomienda sean determinados, las muestras para las pruebas de: Cianuro en el lodo, Cianuro total y Carbón orgánico total, se podrían enviar a otros laboratorios externos con capacidad de ejecución de estos ensayos.

12. PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA PTAR

12.1 Introducción

La mejor manera de proteger la salud de los trabajadores de la PTAR, en todos los niveles, es poseer el conocimiento de los lugares de trabajo, de los peligros inherentes a las máquinas, a las instalaciones y a los equipos, de las operaciones llevadas a cabo, y ser conscientes de su propia función y responsabilidad dentro de la planta. La "cultura de seguridad" no debe ser un concepto abstracto, sino un camino colectivo, constante y diario para proteger al individuo.

El uso y el cumplimiento de las medidas de prevención y protección son un deber y un derecho de todas las personas, especialmente en los lugares de trabajo donde múltiples factores de riesgo pueden sobreponerse produciendo consecuencias para la población y para los trabajadores. Estos últimos, a todos los niveles, deben ser conscientes de los peligros y los riesgos específicos de la PTAR, de acuerdo a las tareas, obligaciones y responsabilidades de cada uno para la protección de la salud y de la seguridad personal y de todos.

Cada empleado debe haber sido entrenado y capacitado para desempeñar sus funciones con seguridad y hacer frente a las emergencias.

El uso de Equipo de Protección Individual (EPI), muy bien cuidado y controlado, puede contribuir a evitar que los trabajadores de contraigan enfermedades como la pérdida de la audición, alergias, infecciones, enfermedades pulmonares.

Además de lo que se menciona en esta sección, que es específico para una planta de tratamiento de aguas residuales mediante Lodos Activados, considerar lo escrito en el Manual de Seguridad y Salud disponible en ETAPA EP.

12.2 Capacitación

La capacitación es importante y sirve de medida preventiva contra accidentes y enfermedades. Un programa de capacitación incluirá:

- Peligros en las plantas de aguas residuales, concretamente en una planta de Lodos Activados.
- Higiene y salud industrial para el personal.
- Equipos de protección, incluyendo protección respiratoria.
- Manejo y almacenamiento de materiales.
- Uso seguro de herramientas y equipos.
- Protección y control de incendios.
- Primeros auxilios, incluyendo respiración artificial.
- Mantenimiento industrial.
- Reporte de accidentes y enfermedades.

- Investigación de accidentes y enfermedades.
- Seguridad en instalaciones eléctricas.
- Procedimientos de entrada a espacios confinados y rescate.
- Procedimientos para trabajos en altura.
- Planeación de emergencias.

12.3 Medidas de Higiene

Los trabajadores relacionados con el manejo de aguas residuales y lodos generados en los procesos de tratamiento, están expuestos al contacto con microorganismos, por lo que su riesgo de contraer enfermedades infecciosas es alto; las siguientes enfermedades son comunes para quienes trabajan en plantas de tratamiento:

- Hepatitis A infecciosa.
- Infecciones virales.
- Infestación de parásitos.
- Enfermedades gastrointestinales.
- Anormalidades en fosas nasales, oídos y piel por infecciones.

La mejor defensa contra infecciones virales y bacterianas es la observación de prácticas de higiene personal. A continuación se dan algunas recomendaciones para personas que trabajan cerca de aguas residuales o lodos:

- Mantener manos y dedos lejos de la nariz, boca, ojos y oídos.
- Usar guantes de hule cuando se limpian bombas o equipos, se maneje agua residual, rejillas, lodos o arena, u otras tareas que involucren contacto directo con las aguas residuales o lodos.
- Usar guantes siempre que se tenga una lesión en las manos, como quemadura, cortada, raspón, etc., para evitar el contacto directo de microorganismos con el torrente sanguíneo.
- Lavarse las manos con jabón, preferentemente con agua caliente, antes de comer o fumar y después de terminar los trabajos.
- Mantener las uñas cortas y remover los materiales extraños que se introduzcan en las mismas.
- Se recomienda guardar la ropa de calle y limpia en un espacio diferente al de la ropa de trabajo.
- Informar cualquier lesión por pequeña que sea incluyendo raspones para que se apliquen los primeros auxilios.
- Bañarse al finalizar su turno de trabajo.

Para asegurar la máxima protección a la salud, los empleados deben recibir vacunación contra: Hepatitis A; Hepatitis B; Influenza; Sarampión; Paperas; Neumonía; Rubéola; Tétanos y Difteria.

Elementos de protección personal

De manera general, para todas las personas que laboren con agua residual o lodos, es indispensable contar con los siguientes elementos para acceder a la zona de trabajo:

- Botas de suela gruesa antideslizante, limpias y correctamente ajustadas, preferiblemente con punta de acero.
- Guantes de seguridad con material resistente, flexible, antideslizante y de la talla correcta.
- Casco de seguridad, certificado y sólo con adhesivos que usen pegamento inocuo.
- Chaleco o camisa o revestimiento de alta visibilidad.
- Es necesario que los trabajadores usen en todo momento pantalones largos y camisas con mangas largas.

Además, de requerirse protección contra el ruido, el uso de tapones o protectores auriculares y, para el mantenimiento que requieran la protección de ojos, como por ejemplo soldaduras, el uso de gafas, protectores de cara y/o cascos de soldador. En espacios confinados, que se describen a continuación, el uso de equipos de protección respiratoria y de comunicación.

12.4 Espacios Confinados

Un espacio confinado es un área accesible, con cualquiera de las siguientes características: accesos limitados para entrar y salir; ventilación natural desfavorable; espacio escaso para trabajadores. La mayor parte de las muertes, lesiones y enfermedades se presentan en espacios confinados y por exposiciones a gases tóxicos o deficiencias de oxígeno en la atmósfera.

Los peligros que puede tener un trabajador en espacios confinados son:

- Deficiencia de oxígeno en la atmósfera.
- Atmósfera inflamable.
- Atmósfera tóxica.
- Temperaturas extremas.
- Derrumbe de materiales.
- Ruidos amplificadas.
- Resbalones por pisos húmedos.
- Caída de objetos.

Las precauciones que se deben observar en estos espacios incluyen:

- Pruebas y monitoreo de los gases en la atmósfera del espacio confinado.
- Equipos de protección personal, principalmente para respiración.
- Señales y etiquetas de precaución y de peligro.



- Capacitación del personal que trabaja en espacios confinados.
- Revisión médica periódica.
- Autorizaciones para entrar a espacios confinados.
- Aislamiento de espacios confinados.
- Personal capacitado en las diferentes partes de la planta.
- Procedimientos por escrito para trabajar, y poder realizar actividades de rescate.
- Equipos de respiración disponibles.

En la PTAR Guangarcucho los espacios confinados se refieren a los siguientes componentes, a los mismos que, además de su nombre se les identifica con el número asignado en la planta general de las obras: Cajón de Ingreso (1), Cajón de Unión (1a), Pozo de Gruesos (1b); Cribas Gruesas (2a), Cribas Finas (2b), Pozo Húmedo de la estación de bombeo Inicial (3), Desarenadores (4), Arqueta de Reparto a Decantación Primaria (4a); Disipador de Energía (32), Galería de tuberías en los reactores biológicos (6); Digestores (16) (cuando se realice mantenimiento al interior de los tanques) y El tanque de almacenamiento de lodos de desecho (15) (cuando se realice mantenimiento al interior del tanque).

Peligros Respiratorios en Espacios Confinados

a) Falta de Oxígeno

Una atmósfera deficiente de oxígeno (<19.5% O₂) en un espacio confinado es extremadamente peligroso.

Los niveles de oxígeno en un espacio confinado disminuyen debido a reacciones químicas (oxidación), acción bacteriana (fermentación) o por una pérdida drástica de la presión.

El oxígeno puede además ser destituido por otros gases (por ejemplo por CH₄, CO₂, N₂).

Descenso de los niveles de oxígeno y sus efectos en la salud: Asfixia

Nivel de Oxígeno (% vol)	Posibles efectos en la salud	
19,5	Mínimo para un ingreso seguro.	
16	Alteración del juicio y de la respiración.	
14	Falta de juicio y fatiga rápida.	
10	Dificultad para respirar y puede causar un daño al corazón permanente. Este puede estar acompañado de náuseas, vómitos o desmayo.	
< 6%	Pérdida de la conciencia. Convulsiones. Muerte en minutos.	

Fuente: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. NIOSH, Publicación No. 87-113.

b) Metano (CH₄)

Gas incoloro e inodoro, el mayor componente del Biogás producido en la Digestión Anaerobia.

- El metano puede desplazar el oxígeno del aire causando asfixia.
- Puede producir asfixia al disminuir el contenido de aire en un espacio confinado.
- De acuerdo a la normativa (OSHA), el Metano debe encontrarse en valores por debajo

- del 5% del volumen del aire.
- Concentraciones más elevadas producen asfixia rápida.

c) Dióxido de Carbono (CO₂)

Gas incoloro e inodoro. Normalmente está presente en el aire en concentraciones bajas. No es inflamable o combustible pero podría causar asfixia si excede cierto nivel en el aire.

Normas de exposición ocupacional de CO₂ (NIOSH)

Concentración (%)	Tiempo que causa efectos negativos en la salud	
0,5	10 horas al día, 40 horas semanales	
3,0	15 minutos	
4,0	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud	

Concentraciones más elevadas pueden causar: mareos, confusión, dificultad para respirar, sudoración, seguido de vómitos, desorientación, hipertensión y pérdida del conocimiento.

d) Ácido Sulfhídrico (H₂S)

Gas incoloro y con un olor a huevo podrido. Es venenoso, corrosivo y explosivo. Es producido por la descomposición bacteriana de la materia orgánica humana y los desechos animales.

Efectos en la salud del Ácido Sulfhídrico a diferentes concentraciones

Concentración (%)		Posibles efectos en la salud	
0,000001	0,00015	Umbral de olor (olor a huevos podridos).	
0,0002	0,0005	La exposición prolongada puede causar náusea, lagrimeo de ojos, dolor de cabeza o constricción bronquial.	
0,002	0,005	Fatiga, pérdida de apetito, dolor de cabeza, irritabilidad, memoria deficiente, mareos.	
0,005	0,01	Conjuntivitis leve e irritación del tracto respiratorio (> 1 hora)	
0,01	0,015	Fatiga olfativa. Tos, irritación ocular, somnolencia después de 15-30 min. Irritación de la garganta (> 1h). La muerte puede ocurrir después de 48 horas.	
0,02	0,03	Conjuntivitis marcada e irritación del tracto respiratorio (> 1 hora). Una prolongada exposición puede causar edema pulmonar.	
0,05	0,07	Colapso en 5 minutos. Daño a los ojos en 30 minutos. Muerte después de 30 a 60 minutos.	
0,07	0,1	Pérdida de conciencia con 1 a 2 respiraciones, interrupción de la respiración, muerte en minutos.	

e) Amoníaco (NH₃)

El gas amoníaco es incoloro con un olor característico fuerte a "limpiador de ventanas". Es un producto de la descomposición de los componentes nitrogenados de la materia orgánica. Puede ser irritante y reduce la capacidad del cuerpo de asimilar el oxígeno.

Efectos en la salud del Amoníaco a diferentes concentraciones

Concentración (%)	Posibles efectos en la salud	
0,0024	Irritación nasal leve.	
0,004	Irritación moderada de ojos y una mayor irritación del tracto respiratorio.	
0,013	Lacrimación e irritación de nariz y garganta.	
0,05	Exposición por 30 minutos puede causar cambios en la tasa respiratoria.	
0,17	Produce tos en individuos expuestos.	
0,25 – 0,65	Exposición accidental a elevadas concentraciones por más de dos horas ha provocado Neumonitis química, quemaduras de la cara, edema local severo, dificultad para respirar y muerte en minutos.	

Fatiga Olfatoria

- Una persona que pasa largo tiempo con compuestos olorosos se puede volver insensible, perdiendo temporalmente su capacidad para distinguir olores.
- La detección del umbral del olor no es una forma confiable para detectar los peligros.
- Nunca confíe en sus sentidos para determinar si el aire en un espacio confinado es seguro.
- Muchos gases y vapores tóxicos no pueden ser olidos por una persona, ni pueden determinar el nivel de oxígeno presente.

Medidas preventivas

Las siguientes medidas preventivas son aplicables para todos los peligros respiratorios antes mencionados.

- Prueba de aire por una persona calificada para evaluar el contaminante usando un equipo certificado de monitoreo del aire.
- Si el gas está presente, el área debe ser ventilada continuamente para remover el gas.
- Identificar la fuente y mitigar.
- Usar equipos de protección respiratoria y de comunicación.
- Arreglar todas las fugas en el sistema.

Ejemplo de acciones de respuesta

1. Trasládese hacia un lugar con aire fresco y mantenga la calma.
2. Contacte a los servicios médicos de emergencias.
3. Administre oxígeno en caso de que exista dificultad para respirar.
4. Si los ojos se irritan, lavarlos cuidadosamente con abundante agua.
5. Si los síntomas persisten busque atención médica. Un edema pulmonar pudiera aparecer posteriormente.

En la PTAR Guangarcucho se ha considerado la colocación de equipos permanentes de medición de O₂, CH₄, H₂S, CO₂, en los edificios: GBT's-Centrífuga; Estación de Bombeo Inicial y en Edificio de Digestores. Además se tendrán cinco equipos de control de olores para los

siguientes componentes: 1) Cribas-Estación de bombeo inicial; 2) Desarenadores; 3) Edificio GBT's-Centrífuga; 4) Espesadores por Gravedad de Lodos Primarios y 5) Concentrador de Natas y Espumas.

Es muy importante la evaluación de calidad del aire al interior de los espacios confinados usando un medidor especializado para determinar la concentración de oxígeno y confirmar la ausencia de gases tóxicos que el personal experto considere analizar para el sitio.

En caso de detectar una atmósfera que sobrepase las concentraciones máximas permisibles de algún gas nocivo como bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, etc., es necesario el uso de caretas con filtro, y capacitar al personal para su correcto uso.

En caso de encontrar una atmósfera con oxígeno deficiente (menos del 19,5%), se recomienda implementar elementos de ventilación que permitan fluir el aire hasta el fondo del lugar para evitar la muerte por asfixia.

Considerando la peligrosidad de los gases que se pueden generar y acumular al interior de estructuras confinadas, previo al ingreso interior de cualquiera de estas, se abrirán todos los cerramientos para permitir el ingreso de aire externo por un lapso de por lo menos 15 minutos para su ventilación.

No se puede permitir el ingreso a ninguna de las estructuras sin haber previamente usado un medidor de gases y calidad de aire para determinar que el aire dentro de estas es idóneo para la protección de la salud y vida humana.

12.5 Peligros de Explosión/Incendio Asociados con el Biogás

Además de los peligros respiratorios, otros peligros asociados con el biogás son:

- Presencia de gases inflamables y explosivos.
- Fuentes de ignición: chispas, fumar, llamas.

Se requiere de oxígeno para que se produzcan explosiones e incendios.

Gases Inflamables encontrados comúnmente en el Tratamiento de Aguas Residuales

Nombre	Límite Inferior de explosión	Límite superior de explosión	Más Pesado o más Liviano que el aire	Fuente
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	4,0%	44,0%	P	Gas de alcantarilla
Gas Natural (CH ₄)	3,8%	17,0%	L	Fugas de tuberías de gas
Gas de alcantarilla 70% CO ₂ , 5% CH ₄ , 25% otros gases	5,3%	19,3%	P	Sistemas de Alcantarillado
Gas Residual 65% CH ₄ , 30% CO ₂ , 5% otros	5,0%	15,0%	L	Procesos de Digestión de Lodos

Fuente: Protección contra incendios en Tratamiento de aguas residuales e Instalaciones de Recolección NFPA 820.

Bajo el Límite Inferior de explosión la mezcla es muy pobre como para quemar (combustible insuficiente).

Sobre el límite superior de explosión la mezcla es muy rico como para quemar (oxígeno insuficiente).

Medidas Preventivas

- Prueba de aire por una persona calificada para evaluar el contaminante usando un equipo certificado de monitoreo del aire.
- Ventilar el área continuamente para remover el gas, especialmente en áreas cerradas.
- Verificar la ausencia de fuentes de ignición (fumar, chispas, llamas abiertas).
- En caso de que un material combustible extraño ingrese al sistema de alcantarillado, removerlo por aspiración al vacío o cubrirlo con espuma de ser necesario.

Ejemplo de acciones de respuesta

1. Reportar: contactar al organismo competente.
2. Aislar: mantener a las personas lejos, detrás de la línea de seguridad.
3. Contener: bloquear el fuego, cerrar las puertas.
4. Evacuar: ayudar a otras personas si es posible.
5. Extinguir: usar extinguidores para incendios leves y avisar a seguridad sobre la ubicación y tipo de incendio.
6. Solicitar: primeros auxilios si es necesario.
7. Documentar: reportar el incidente al organismo competente.

12.6 Trabajo en Altura

Se entienden por trabajos en altura aquellos trabajos que son realizados a una altura superior a dos metros. Dentro de éstos podemos citar entre otros: trabajos en andamios, escaleras,

cubiertas, postes, plataformas, así como trabajos en profundidad, excavaciones, pozos, tanques, canales, etc. Son numerosas las actuaciones que requieren la realización de trabajos en altura tales como tareas de mantenimiento, reparación y limpiezas especiales.

La realización de estos trabajos con las condiciones de seguridad apropiadas incluye tanto la utilización de equipos de trabajo seguros, como una información y formación teórico-práctica específica de los trabajadores. Es así que, los trabajadores deben recibir información y formación específica en los riesgos inherentes a sus tareas, relacionadas con:

- Las normas sobre el cuidado, mantenimiento y verificación del equipo de trabajo y de seguridad.
- Las técnicas para la progresión mediante cuerdas y sobre estructuras.
- Los sistemas de sujeción.
- Los sistemas anticaídas.
- Las técnicas de salvamento de personas accidentadas en suspensión.
- Las medidas de seguridad ante condiciones meteorológicas que puedan afectar a la seguridad.
- Las técnicas seguras de manipulación de cargas en altura.

El principal riesgo que puede darse en la realización de trabajo en altura es el riesgo de caída en altura; además: golpes por caída de objetos, contactos eléctricos directos o indirectos.

Se deberán observar las siguientes fases previas al trabajo en altura:

- Identificar el riesgo de caída.
- Control del riesgo:
 - Siempre que sea posible se debe eliminar el riesgo de caída evitando el trabajo en altura, por ejemplo, mediante el diseño de las obras de tal forma que permitan realizar los trabajos de mantenimiento desde el nivel del suelo o plataformas permanentes de trabajo.
 - Cuando no pueda eliminarse el riesgo, las medidas a tomar deben ir encaminadas a reducir el riesgo de caída, adoptando medidas de protección colectiva, mediante el uso de andamios, plataformas elevadoras, instalación de barandillas, escaleras, etc.
 - El uso de sistema anticaídas se limitará a aquellas situaciones en las que las medidas indicadas anteriormente no sean posibles o como complemento de las mismas.

Sistema Anticaídas

Al utilizar un sistema anticaídas se debe considerar que los riesgos se presentan por las siguientes causas:

- Rotura de cuerdas por:

- Uso inadecuado de cuerdas.
 - Condiciones climáticas adversas.
 - Mantenimiento inadecuado de cuerdas.
 - Trabajos de soldadura sin protección de las cuerdas.
 - Uso de productos corrosivos sin protección de las cuerdas.
- Uso de herramientas mecánicas/manuales cortantes o punzantes sin protección de las cuerdas:
 - Fallo en la instalación del sistema de sujeción y anticaídas por:
 - Una mala instalación de los puntos de anclaje.
 - Una mala sujeción o anclaje de las cuerdas a los puntos de anclaje.
 - Por la falta de resistencia de los puntos de anclaje.
 - Fallo en los elementos de conexión o en algún otro elemento de cadena de trabajo o de seguridad.
 - Incumplimiento de los procedimientos de trabajo y seguridad específicos para trabajos verticales.
 - Falta de utilización del Equipo de Protección Individual, EPI.
 - Falta de formación e información.

Medidas preventivas al utilizar un sistema anticaídas

- Los trabajadores deben velar por el perfecto estado de conservación y uso del Equipo Vertical Personal (equipo de trabajo y anticaídas), consultando cualquier duda sobre su correcta utilización. Asimismo solicitará uno nuevo en caso de deterioro o ante cualquier duda razonable sobre el correcto funcionamiento o grado de seguridad de alguno de los elementos que lo componen o de su totalidad.
- El sistema constará como mínimo de dos cuerdas con sujeción independiente, una como medio de acceso, de descenso y de apoyo (cuerda de trabajo) y la otra como medio de emergencia (cuerda de seguridad).
- Se facilitará a los trabajadores unos arneses adecuados, que deberán utilizar y conectar a la cuerda de seguridad.
- La cuerda de trabajo estará equipada con un mecanismo seguro de ascenso y descenso y dispondrá de un sistema de bloqueo automático con el fin de impedir la caída en caso de que el usuario pierda el control de su movimiento. La cuerda de

seguridad estará equipada con un dispositivo móvil contra caídas que siga los desplazamientos del trabajador.

- Las herramientas y demás accesorios que deba utilizar el trabajador deberán estar sujetos al arnés o al asiento del trabajador, o sujetos por otros medios adecuados.
- El trabajo deberá planificarse y supervisarse correctamente de manera que, en caso de emergencia, se pueda socorrer inmediatamente al trabajador.
- Cuando se haga uso de herramientas calorífugas, el trabajador se suspenderá de cables de acero (5 mm diámetro) o cadenas metálicas, en los últimos 2 metros por encima del trabajador. Esta medida de protección se llevará a cabo mediante la colocación de un bloqueador en la cuerda de trabajo del cual se sujeta el cable o la cadena, estando el trabajador anclado al final de este elemento.
- En las tareas de instalación del sistema de sujeción y anticaídas se tendrá en cuenta que desde el inicio de estas operaciones hasta el momento del inicio del descenso hasta el lugar de trabajo, el trabajador estará en todo momento protegido contra caídas a distinto nivel, bien mediante el uso de protecciones colectivas o bien utilizando sistemas anticaídas basados en líneas de anclaje.

En la PTAR Guangarcucho los trabajos en altura que pueden requerir de un sistema anticaídas se refieren a los siguientes componentes, a los mismos que, además de su nombre se les identifica con el número asignado en la planta general de las obras: Cajón de Ingreso (1), Cajón de Unión (1a), Pozo de Gruesos (1b); Cribas Gruesas (2a), Cribas Finas (2b), Pozo Húmedo de la estación de bombeo Inicial (3), Desarenadores (4), Arqueta de Reparto a Decantación Primaria (4a); Sedimentadores Primarios (5), Reactores Biológicos (6), Sedimentadores Secundarios (8), Cámara UV (9) (cuando se realice mantenimiento al interior de los canales), Disipador de Energía (32), Digestores (16) (cuando se realice mantenimiento al interior de los tanques) y El tanque de almacenamiento de lodos de desecho (15) (cuando se realice mantenimiento al interior del tanque).

13. FORMATOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN OPERACIONAL

Generalidades

Muchos de los datos utilizados para operar la Planta serán recogidos y archivados automáticamente por el SCADA. Otros datos se recogen manualmente y deben ser registrados en los formatos suministrados en el Anexo 1. Los formatos tienen espacio para los datos que son recogidos utilizando instrumentos portátiles como también los datos recogidos en el laboratorio. Los datos del laboratorio se informan en estos formatos con el fin de que estén disponibles para un registro rápido del operador.

Los formatos que se van a utilizar se incluyen en el Anexo 1. Algunos de los formatos son utilizados diariamente y muestran resultados cada hora. Otros formatos son utilizados

mensualmente y muestran promedios diarios. Este numeral del Manual de Operación y Mantenimiento analiza el uso de cada formato.

Datos Básicos del Influyente - Programa de Registro

Este formato se utiliza para informar la temperatura y el pH en las aguas residuales del influente, cada hora, durante el día. Para obtener esta información se deben utilizar instrumentos portátiles. Se pueden obtener las aguas residuales para el análisis en la estación de muestreo. Esta información no necesita registrarse cada hora, pero varias lecturas deben registrarse cada día. Se espera que la temperatura no variará mucho diariamente, y con el tiempo, sólo una lectura diaria podría ser apropiada. El pH debe revisarse varias veces al día para que sirva como una advertencia cuando aparezcan valores de pH extremadamente altos o extremadamente bajos, con el fin de que se puedan tomar los cambios adecuados en el proceso. Valores extremos de pH, podrían indicar una descarga industrial fuera de los rangos aceptables.

Cantidades de Arenas y Material Cribado - Registro Diario

Este formato se utiliza para mantener un seguimiento de las cantidades de arenas y material cribado producidos y evacuados de la Planta cada día. Las cantidades pueden ser estimadas por el volumen de cada vagoneta y camión, y por una observación visual del contenido de la vagoneta como porcentaje del total.

Datos Básicos de las Aguas Residuales del Influyente

Este formato se utiliza para resumir las condiciones del influente para cada día que se realicen los ensayos. El caudal provendrá del SCADA y se tendrá información diaria, así como la información de la temperatura y el pH; mientras que, los datos analíticos del laboratorio podrán ser dos veces por semana tal como se los obtiene en el tratamiento de Ucubamba. Este formato permanecerá rezagado durante varios días a medida que se van obteniendo datos del laboratorio.

Datos Básicos de la Sedimentación Primaria - Programa de Registro

Este formato se utiliza diariamente para que se convierta en una herramienta para ayudar en el control de evacuación de lodos desde los Tanques de Sedimentación Primaria. Si el operador observa que el manto de lodos aumenta de nivel, debe ajustar el temporizador de la bomba de lodos para que bombee más frecuentemente del sistema. El operador también podrá observar las densidades de lodos correspondientes informadas en el SCADA.

Control de Lodos de Retorno - Programa de Registro

Este formato se utiliza diariamente para que se convierta en una herramienta para ayudar en el control de caudal de lodos de retorno desde los Tanques de Sedimentación Final. Todos estos datos pueden ser obtenidos en línea con el SCADA. Cuando el operador observe que el nivel de manto de lodos en un tanque en particular empieza a aumentar, las aberturas de válvulas deben ser ajustadas para redistribuir las cantidades de lodos evacuados de cada

tanque. Si todos los niveles de manto de lodos en los tanques empiezan a aumentar, se debe ajustar el total de caudal influente para evacuar más lodos de cada tanque.

Cálculo del TRS y de la Cantidad de Lodos Desechados

Los factores más importantes en el control de los sistemas de lodos activados, es poder controlar el TRS (Tiempo de retorno de sólidos). El control del TRS día por día se basa en fijar la tasa de lodos de desecho. Este formato es una hoja de trabajo para calcular la tasa de lodos de desecho requerida para adquirir un valor del TRS en particular. El TRS se escoge con base en la experiencia adquirida en la Planta para lograr metas de rendimiento. Los valores de las columnas tituladas B, C y J están disponibles del SCADA. Los valores bajo las columnas tituladas D, G y K son obtenidos del laboratorio. Todas las otras columnas son calculadas tal como se muestra o se entran a la hoja de trabajo.

Datos Básicos del Efluente

Este formato se usa para resumir las condiciones del efluente durante todos los días en los que se determinen los parámetros. El caudal provendrá del SCADA y proporcionará información diaria, en tanto que para los otros parámetros que son de laboratorio, pueden ser dos veces por semana como ocurre en el tratamiento de Ucubamba, los datos de temperatura, el pH y el oxígeno disuelto, del promedio de las lecturas periódicas de cada día. Este formato se rezagará durante algunos días a medida que se van obteniendo datos del laboratorio.

Hoja de Datos para las Espesadoras de Banda por Gravedad

Este formato se utiliza para mantener un seguimiento de las condiciones de alimentación y de operación de las espesadoras de banda por gravedad. El formato está dividido entre horas, pero solo se necesita entrar los datos a medida que se hacen los cambios.

Hoja de Datos para las Centrífugas Deshidratadoras

Este formato se utiliza de la misma forma que la hoja de datos para las espesadoras de banda por gravedad.

Registro de Transporte de Lodos - Registro Diario

Este formato se utiliza para determinar y mantener un seguimiento del volumen diario de lodos deshidratados producidos y transportados hasta el relleno sanitario. El volumen de almacenamiento al principio del día se compara con el volumen al final del día. También se registra el volumen transportado con base en el número de camiones despachados.

Inventario de Sólidos en los Digestores Anaeróbicos

Este formato se utiliza para mantener un seguimiento del volumen de lodos que llegan y salen de la digestión cada día y del TRH (Tiempo de retención hidráulica) resultante en los digestores. Los datos volumétricos están disponibles por medio del SCADA y el TRH se calcula con base en el volumen de los digestores que están en servicio.

ANEXO 1

Datos Básicos del Influyente - Programa de Registro

Día/Mes/Año: _____

Hora	Temp. (°C)	pH
2:00		
3:00		
4:00		
5:00		
6:00		
7:00		
8:00		
9:00		
10:00		
11:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		
17:00		
18:00		
19:00		
21:00		
22:00		
23:00		
Promedio		

Nota: Recoja los datos periódicamente durante el día e informe a la hora más próxima

Cantidades de Arenas y Material Cribado - Registro Diario

Mes/Año: _____

Fecha	Arenas		Material Cribado	
	No. de Camiones	Cantidad (m ³)	No. de Vagonetas	Cantidad (m ³)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
Total				
Promedio				

Datos Básicos de la Sedimentación Primaria - Programa de Registro

Día/Mes/Año: _____

Hora	Tanque No. 1		Tanque No. 2		Tanque No. 3	
	Nivel del Manto de Lodos (m)	Temporizador de la Bomba (min/hr)	Nivel del Manto de Lodos (m)	Temporizador de la Bomba (min/hr)	Nivel del Manto de Lodos (m)	Temporizador de la Bomba (min/hr)
1:00						
2:00						
3:00						
4:00						
5:00						
6:00						
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
24:00						

Nota: Recoja los datos periódicamente durante el día e informe a la hora más próxima.

Control de Lodos de Retorno - Programa de Registro

Día/Mes/Año: _____

Hora	Caudal de la Planta (m ³ /s)	Caudal de RAS (m ³ /s)	Fijación Porcentaje de Caudal (%)	Tanque No. 1		Tanque No. 2		Tanque No. 3	
				Nivel del Manto de Lodos (m)	Abertura de Válvula	Nivel del Manto de Lodos (m)	Abertura de Válvula	Nivel del Manto de Lodos (m)	Abertura de Válvula
1:00									
2:00									
3:00									
4:00									
5:00									
6:00									
7:00									
8:00									
9:00									
10:00									
11:00									
12:00									
13:00									
14:00									
15:00									
16:00									
17:00									
18:00									
19:00									
20:00									
21:00									
22:00									
23:00									
24:00									

Nota: Recoja los datos durante el día e informe a la hora más próxima

Hoja de Datos para las Espesadoras de Banda por Gravedad

Centrífuga No. _____

Fecha: _____

No. de Bomba de Lodos: _____

No. de Bomba de Polímero: _____

Hora	Lodos que entran (l/s)	Polímero			Velocidad de Motor Auxiliar (rpm)	Contenido de Sólidos de los Lodos Espesados* (%)
		Caudal (l/s)	Contenido de Sólidos (%)	Cantidad (kg/min)		
1:00						
2:00						
3:00						
4:00						
5:00						
6:00						
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00						
20:00						
21:00						
22:00						
23:00						
24:00						

Nota: Recoja los datos durante el día e informe a la hora más próxima.

* Con base en las pruebas de laboratorio para las centrífugas.

Hoja de Datos para las Centrífugas Deshidratadoras

Centrífuga No. _____

Fecha: _____

No. de Bomba de Lodos: _____

No. de Bomba de Polímero: _____

Hora	Lodos que entran (l/s)	Polímero			Velocidad Motor Auxiliar (rpm)
		Caudal (l/s)	Contenido de Sólidos (%)	Cantidad (kg/min)	
1:00					
2:00					
3:00					
4:00					
5:00					
6:00					
7:00					
8:00					
9:00					
10:00					
11:00					
12:00					
13:00					
14:00					
15:00					
16:00					
17:00					
18:00					
19:00					
20:00					
21:00					
22:00					
23:00					
24:00					

Nota: Recoja los datos durante el día e informe a la hora más próxima.

Registro de Transporte de Lodos - Registro Diario

Mes/Año: _____

Fecha	Volumen de Almacenamiento al empezar el día (m ³)	No. de Camiones Despachados	Volumen Cargado (m ³)	Volumen de Almacenamiento al Final del Día (m ³)	Volumen Neto Producido (m ³)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
Totales					
Promedio					

Inventario de Sólidos en los Digestores Anaeróbicos

Mes/Año: _____

Fecha	Volumen de Almacenamiento (m ³)			Volumen hacia Deshidratación (m ³)	Volumen Total hacia Digestión (m ³)	Número de Digestores en Servicio	TRH (Dias)
	Inicio del Día	Final del Día	Cambio Neto				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
Totales							
Promedio							

ETAPA EP

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GUANGARCUCHO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PARTE 3

MANUAL INICIAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE FUERZA, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES

Greeley and Hansen -
ACSAM Consultores

1. DISPOSICIONES GENERALES - SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL ELÉCTRICOS

1.1 Factores de riesgos eléctricos

Los factores principales que pueden desencadenar un accidente eléctrico son los siguientes:

- Existencia de un circuito eléctrico energizado, compuesto por elementos conductores expuestos al contacto.
- Trabajos en los que el circuito en intervención se encuentre cerrado (energizado) o exista la probabilidad de que pueda cerrarse involuntaria o accidentalmente.
- La existencia en un circuito intervenido de una diferencia de potencial mayor que 24 Vac ó 30 Vdc.
- Personal que interviene, cuyo cuerpo se comporte como conductor debido a que no se encuentra debidamente aislado de las partes bajo tensión. Debe recordarse que el cuerpo humano no aislado es conductor debido a sus fluidos internos.
- La formación de un circuito cerrado energizado que comprenda parte del cuerpo del interventor.
- Existencia entre dos puntos de entrada y salida de la corriente en el cuerpo de una diferencia de potencial mayor a 24 Vac ó 30 Vdc.
- La falta de conexión o puesta a tierra en la instalación/circuito/interventor.
- Falta de descarga hacia tierra de partes activas recientemente desenergizadas.
- Baja resistencia eléctrica del cuerpo humano. El sudor, así como los objetos de metal en el cuerpo o la zona de contacto con el conductor son factores vitales en la resistencia ofrecido por el cuerpo.
- Utilización errónea e inadecuada de herramientas, ropa o equipos de maniobra o seguridad.

- Personal interventor de operación o mantenimiento con bajo grado de capacitación en labores relacionadas.

1.2 Tipos de accidentes ocasionados por la electricidad

Las consecuencias más graves se manifiestan cuando la corriente eléctrica pasa a través del sistema nervioso central u otros órganos vitales como el corazón o los pulmones. En la mayoría de los accidentes eléctricos la corriente circula desde las extremidades superiores hacia las inferiores. Debido a que en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son normalmente graves. Los dobles contactos mano derecha- pie izquierdo (o inversamente), mano- mano, mano- cabeza son particularmente peligrosos. Si el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico son menores.

Los accidentes pueden ser discriminados por su naturaleza, contándose en directos e indirectos.

- Accidentes directos:** son aquellos provocados cuando las personas entran en contacto con las partes activas por las que circula la corriente eléctrica tales como cables, enchufes, cajas de conexión, etc. Las consecuencias que se derivan del tránsito, a través del cuerpo humano de una corriente eléctrica pueden ser las siguientes:
 - Percepción de cosquilleo o calentamiento de la parte corporal expuesta al contacto ante la presencia de bajas tensiones de característica alterna o directa respectivamente. No reviste mayor peligro.
 - Calambrazo involuntario, en cuyo caso se producen movimientos reflejos de retirada.
 - Fibrilación ventricular o paro cardíaco. Sumamente grave debido a que la corriente circula a través del corazón.
 - Tetanización muscular, la circulación de corriente provoca contracciones musculares involuntarias del interventor anclándolo a la parte viva del circuito eléctrico. Sumamente grave.
 - Asfixia, cuando la corriente circula a través de los pulmones. Sumamente grave.
 - Paro respiratorio, cuando la corriente atraviesa el cerebro. Sumamente grave.
- Accidentes indirectos:** son aquellos en los que, aun siendo la causa primera un contacto con la corriente eléctrica, desembocan en daños de orden físico, las consecuencias pueden ser las siguientes:
 - Golpes contra objetos, caídas, etc., ocasionados tras el contacto con la corriente, puesto que aunque en ocasiones no pasa de crear una sensación de chispazo desagradable o un simple susto, esta puede ser la causa de una pérdida de equilibrio y una consecuente caída o un golpe contra un determinado objeto. A veces la mala fortuna provoca que este tipo de accidentes se cobren la vida de personas en contacto con tensiones aparentemente seguras.

- Quemaduras debidas al arco eléctrico. La aproximación al arco producido puede producir quemaduras desde el primer al tercer grado, dependiendo de la superficie corporal quemada y de la profundidad de las quemaduras.

1.3 Características seguras de las instalaciones eléctricas

- El tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos (receptores) que vayan a utilizarse. Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores tales como las características conductoras del lugar de trabajo (posible presencia de superficies muy conductoras, agua o humedad), la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico.
- En los lugares de trabajo sólo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos por su fabricante sea compatible con el tipo de instalación eléctrica existente y los factores mencionados en el apartado anterior.
- Las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores, si existen, y a la propia experiencia del explotador.
- En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo, su uso y mantenimiento deberán cumplir lo establecido en la reglamentación electrotécnica, la normativa general de seguridad y salud sobre lugares de trabajo, equipos de trabajo y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa específica que les sea de aplicación.

1.4 Sistemas de protección

A estos efectos, interesa destacar la Normativa Electrotécnica para alta, media y baja tensión vigente en la República del Ecuador (*OSSHA Occupational Security and Safety Health Agency*), que trata de la protección contra sobretensiones, protección contra sobretensiones y protección contra contactos eléctricos directos e indirectos.

- i. Protección contra contactos eléctricos directos:

Las partes activas de un circuito eléctrico tienen que estar recubiertas y aisladas:

- Por medio de barreras o envolventes.
- Por alejamiento de las partes activas con tensiones peligrosas.
- Mediante balizas, señalización y rotulación adecuada que indique el nivel de tensión a la que se encuentra la parte viva de la instalación/circuito.
- Mediante interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

- Por el empleo de tensiones menores a los 50 voltios y ser posible tensiones de seguridad de 24 voltios en los tableros eléctricos de control.
- Se debe emplear conexiones a tierra en las máquinas eléctricas.
- Se debe emplear secciones adecuadas en los cables eléctricos.

ii. Protección contra contactos eléctricos indirectos:

- Usar fusibles térmicos con corte automático de la instalación en caso de cortocircuito o sobrecarga.
- Usar equipos de Clase II.
- Mantener separación eléctrica de circuitos.
- Por conexión equipotencial de puesta a tierra local.

1.5 Uso, control y mantenimiento de los equipos e instalaciones eléctricas

- Todo equipo de trabajo o instalación deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía.
- Todo equipo de trabajo o instalación deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo e indirecto con la electricidad.
- En ambientes especiales tales como locales mojados o de alta conductividad, locales con alto riesgo de incendio, atmósferas explosivas o ambientes corrosivos, no se emplearán equipos de trabajo que en dicho entorno supongan un peligro para la seguridad de los trabajadores.
- Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.

1.6 Trabajos realizados con tensión

Podrán realizarse con la instalación en tensión:

- Las operaciones elementales, tales como por ejemplo conectar y desconectar, en instalaciones de baja tensión con material eléctrico concebido para su utilización inmediata y sin riesgos por parte del público en general. En cualquier caso, estas operaciones deberán realizarse por el procedimiento normal previsto por el fabricante y previa verificación del buen estado del material manipulado (Pruebas estándar no destructivas).

- Los trabajos en instalaciones con tensiones de seguridad, siempre que no exista posibilidad de confusión en la identificación de las mismas y que las intensidades de un posible cortocircuito no supongan riesgos de quemadura. En caso contrario, el procedimiento de trabajo establecido deberá asegurar la correcta identificación de la instalación y evitar los cortocircuitos cuando no sea posible proteger al trabajador frente a los mismos.
- Las maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones cuya naturaleza así lo exija, tales como por ejemplo la apertura y cierre de interruptores o seccionadores, la medición de una intensidad, la realización de ensayos de aislamiento eléctrico, o la comprobación de la concordancia de fases.
- Los trabajos en, o en proximidad de instalaciones cuyas condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran.

La ejecución de estos trabajos debe involucrar un supervisor de seguridad industrial y salud ocupacional especialista en trabajos de índole eléctrica residente durante todo el período de realización de las tareas. El personal de ejecución deberá cumplir con todos los requisitos de cordura, indumentaria y equipamiento exigidos para este tipo de labores previo su ingreso a la zona en intervención.

1.7 Técnicas y procedimientos de trabajo

Las técnicas y procedimientos empleados para trabajar en instalaciones eléctricas, o en sus proximidades, se establecerán teniendo en consideración la evaluación de los riesgos que el trabajo pueda suponer, habida cuenta de las características de las instalaciones, del propio trabajo y del entorno en el que va a realizarse.

2. INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DEL MANUAL DIGITAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES

Generalidades

El Contratista deberá remitir información sobre la operación técnica y de mantenimiento para cada ítem del equipamiento mecánico, electromecánico, eléctrico de fuerza en Media y Baja Tensión, eléctrico de Iluminación interior y exterior, electrónico de control, electrónico de hardware / software en general, electrónico de instrumentación y electrónico de telecomunicaciones de acuerdo a las condiciones mínimas para la presentación del manual de operación y mantenimiento del modo organizado que se indica posteriormente en este numeral.

El documento será presentado en su versión digital final como una aplicación de software interactivo que englobe las indicaciones relacionadas con identificaciones y contenidos que se detallan a continuación.

Definición de términos

El manual debe ser escrito, de tal modo que pueda ser usado y entendido por el personal de operación y mantenimiento de la empresa ETAPA EP.

A continuación se define los términos que se emplean en este documento:

- **Equipo** – Máquina ó máquina herramienta compuesta de elementos eléctricos y/o mecánicos y/o instrumentos.
- **Proceso** – Conjunto de equipos agrupados de manera de obtener un producto o servicio definido, mediante la ejecución secuencial y/o simultanea de rutinas lógicas.

Este manual deberá ser subdividido primero por especificación del número de sección; segundo por el ítem del equipo; y por último por las “partes”. Las “PARTES” deben conformar lo siguiente (como sea pertinente):

2.1 Parte I – Resumen de todos y cada uno de los equipos

- a. Resumen - La tabla resumen debe **codificar** cada equipo conforme el siguiente orden; primero, indicar el nombre del equipo en atención a normalización internacional de instrumentación; segundo, el área geográfica en la que se encuentra instalado; tercero, el proceso particular en el que se encuentra involucrado, en caso de que un instrumento o equipo se involucre en más de un proceso, se codificará en relación a aquel más importante o preponderante; y cuarto, el número de equipo. En caso de ser necesario se incorporará indicación de: Ingreso (I), Desfogue (D), Principal (P), Redundante (R), etc. separado del cuarto sub codificador mediante el caracter “/”. **En todo y último caso, el Contratista deberá atender, adaptar y codificar de acuerdo a lo establecido por la Fiscalización del proyecto en conformidad a lo establecido por el Contratante.**
- b. Formato – El contratista suministrará previamente y para su aprobación por parte de la Fiscalización del proyecto, un Formato Resumen Maestro de levantamiento para cada ítem del equipamiento mecánico, eléctrico y electrónico de la obra. Una vez aceptado y aprobado el Formato Resumen antes mencionado, el Contratista debe llenar la información pertinente en dicho documento e incluirlo en la PARTE I.

2.2 Parte II – Procedimientos operacionales

DE TODOS Y CADA UNO DE LOS EQUIPOS

Los procedimientos recomendados por el Fabricante en los aspectos indicados a continuación, deberán ser incluidos en la PARTE II:

- i. Instalación.
- ii. Ajuste.
- iii. Arranque.
- iv. Ubicación de controles, herramientas especiales u otro equipo requerido o relacionado con la instrumentación necesaria para la operación.
- v. Procedimientos de Operación.

- vi. Cambios de carga.
- vii. Calibración.
- viii. Apagado.
- ix. Reparación de averías.
- x. Desmontaje.
- xi. Ensamblar nuevamente.
- xii. Realineación.
- xiii. Prueba para determinar la eficiencia de funcionamiento del equipo.
- xiv. Tabulación de rangos apropiados para todas las válvulas de alivio de presión, interruptores de presión de baja y alta, interruptores de nivel de baja y alta y otros dispositivos de protección mecánica y eléctrica.

DE TODOS Y CADA UNO DE LOS PROCESOS

Los procedimientos recomendados por el Constructor en los aspectos indicados a continuación, deberán ser incluidos en la PARTE II:

- i. Instalación.
- ii. Ajuste.
- iii. Arranque.
- iv. Ubicación de controles, herramientas especiales u otro equipo requerido o relacionado con la instrumentación necesaria para la operación.
- v. Procedimientos de Operación.
- vi. Cambios de carga.
- vii. Calibración.
- viii. Apagado.
- ix. Diagnóstico, determinación y reparación de daños en el proceso.
- x. Prueba(s) para determinar la eficiencia de funcionamiento del proceso.
- xi. Tabulación de rangos operativos obtenidos para la determinación de la eficiencia de funcionamiento del proceso.

2.3 Parte III – Procedimientos de mantenimiento preventivo de todos y cada uno de los equipos y de todos y cada uno de los procesos

- a. Procedimientos – Los procedimientos de mantenimiento preventivo deben incluir, todos los procedimientos recomendados por el fabricante y por el constructor sobre la base de su experiencia, a ser ejecutados en una base periódica, considerando aspectos de mantenibilidad tales como: disponibilidad inmediata de equipos y repuestos, adquisición inmediata de equipos y repuestos, traslado y reemplazo de los equipos o componentes.
- b. Programas – Deberá incluirse la frecuencia recomendada de procedimientos de mantenimiento preventivo lo siguiente:
 - Programas de Lubricación, incluyendo lubricante de grado y tipo SAE, API.
 - Rangos de temperatura de funcionamiento de equipos que deben ser cubiertos en estados normal y anormal.
 - Inspecciones rutinarias.
 - Rutinas de observación de anomalías.
 - Limpiezas superficiales rutinarias y del tipo “con equipo consignado o parado”.

- Mediciones de parámetros mecánicos y eléctricos para la determinación de tendencias evolutivas del equipo o proceso.
- Inspecciones especiales en las que se emplee equipo especializado.
- Recomendaciones del constructor sobre la base de su experiencia para efectuar pruebas y/o inspecciones que definan rutinas de mantenimiento predictivo y/o proactivo, etc.

2.4 Parte IV – Lista de repuestos de todos y cada uno de los equipos y conjuntos

- a. Lista de repuestos – Deberá suministrarse una lista de repuestos completa, incluyendo una descripción genérica, número de identificación del fabricante para cada repuesto, las direcciones y números telefónicos del proveedor más cercano, así como un almacén sugerido de repuestos a mantener en stock de acceso inmediato, debidamente soportado sobre un análisis de riesgos HAZOP (*Hazard and Operability*) o WHAT IF de la operación.
- b. Planos de despiece del conjunto en formato .DWG – Secciones transversales, vistas, detalles, proyecciones, esquemas, detalles de subconjuntos, etc. de los que deberá referirse la Lista de Repuestos.

2.5 Parte V – Planos

PLANOS DE TENDIDO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO E INSTRUMENTACIÓN

Deberá incluir planos detallados en formato DWG de:

- a. Tableros – Disposición interna de elementos y equipos a escala real con sus identificadores, Disposición externa de elementos y equipos a escala real con sus identificadores, cableados y sus identificadores de origen, llegada y/o borne de frontera, detalle estructural de cubículo o envolvente metálico.
- b. Circuitos externos – Disposición y ubicación de utilizadores eléctricos finales debidamente codificados; rutas de tendido; ductería empleada; composición y calibres de conductores empleados con su respectivo indicador de circuito, incluirá malla del sistema de puesta a tierra; apoyos de luminarias y luminarias debidamente numerados; pozos de revisión intermedios y finales numerados.
- c. Detalles de obra civil efectuada en calidad de infraestructura para los montajes y tendidos eléctricos y electrónicos de instrumentación, comunicación y de control.
- d. Detalles de montajes eléctricos especiales tales como cabinas de transformación, cuartos de grupos generadores de emergencia, cuartos de máquinas, montajes de actuadores eléctricos, actuadores hidráulicos, neumáticos, agitadores, bombas, compuertas, válvulas, etc.

PLANOS DE PROCESOS (P&ID's)

Deberá incluir planos detallados en formato DWG de todos y cada uno de los procesos a desarrollarse (P&ID) empleando simbología estandarizada (ANSI/ISA-S5.1 *Instrumentation Symbols and Identification*) para instrumentación y la nomenclatura desarrollada en conformidad con lo indicado en el punto 2.1.

2.6 Parte VI – Planos de Taller

Previo inicio de los montajes electromecánicos, eléctricos y electrónicos, OBLIGATORIAMENTE se deberá incluir los planos de fabricación o taller aceptados por la Fiscalización de la obra, completos con dimensiones para los casos de los equipos y procesos.

2.7 Parte VII – Seguridad

Se deberá describir las precauciones de seguridad a ser tomadas al momento de la construcción, operación, intervención y mantenimiento del equipo ó grupo de equipos de un proceso cuando se esté trabajando en y/o cerca de ellos, haciendo referencia a normativa de seguridad OSHA, ANSI/NFPA, NEC, IEC y/o IEC/EN en su última versión.

2.8 Parte VIII – Documentación

Todas las garantías del equipo, declaraciones juradas, protocolos y pruebas en fábrica FAT, protocolos y pruebas en campo SAT; y certificaciones requeridas por las especificaciones Técnicas deben ser colocadas en la parte VIII.

2.9 Parte IX – Software y aplicaciones

- a. Deberá incluir planos detallados en formato .DWG de los procesos de Control y automatismos, incluidos los P&ID's según se indica en la Parte V.
- b. Las aplicaciones de software desarrollado en los autómatas PLC, en los HMI y en el SCADA (As Built) en formato digital e impreso, en extensiones de software que dispone la empresa ETAPA EP.

NÚMERO DE MANUALES

El Contratista deberá suministrar a la Fiscalización cuatro (4) Manuales del Contratante idénticos; dos (2) para el Contratante, uno (1) para la Fiscalización y uno (1) para el Contratista. El suministro de cada uno de los ejemplares estará compuesto del manual en medio digital y si es del caso de los instaladores y/o controladores de software necesarios para su instalación e implementación en cualquier ordenador de la empresa ETAPA EP.

Debido a que se trata de una aplicación netamente de consulta no será necesario incluir criterios de autenticación para la operación de la aplicación desarrollada, sin embargo el Contratista deberá implementar en el desarrollo de la aplicación criterios de búsqueda rápida

incluido un acceso directo desde cualquier pantalla en ejecución al índice general dividido en las PARTES antes detalladas, estas PARTES también se encontrarán desagregadas.

PLAZO DE ENTREGA DEL MANUAL

Los Manuales elaborados por la Contratante deben ser remitidos a la Fiscalización en un formato final, dentro del 90 por ciento del plazo de ejecución de la obra. Todas las discrepancias encontradas por el Fiscalizador en los Manuales del Contratante deben ser corregidas por el Contratista dentro de los quince (15) días desde la fecha de notificación escrita por la Fiscalización. Las pruebas y puesta en marcha con energía eléctrica, enlaces de telecomunicaciones por medios guiados e inalámbricos, agua potable, aguas residuales, lodos, aire y gases de toda naturaleza se realizarán una vez realizada la entrega de este Manual, lo que corroborará que el Contratista está en condiciones de iniciarlas.

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES

3.1 Líneas aéreas de media tensión a 13,8 kV trifásicas

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 3 meses	Inspección y retiro de vegetación o flora de acelerado crecimiento en la faja de servidumbre a lo largo de la línea.
Cada 6 meses	Verificación de verticalidad e integridad de postes.
Cada 6 meses	Verificación de la integridad de las estructuras eléctricas incluidos todos sus componentes como herrajería y aisladores. Detección de fogoneo de aisladores y retiro de nidos de insectos.
Cada 6 meses	Verificación de la integridad de las fundaciones de hormigón y desvío de cauces de agua que provoquen socavación de las fundaciones.
Cada 6 meses	Inspección visual de la flecha de la catenaria de los cables y no presencia de construcciones o rellenos bajo la faja de servidumbre de la línea.
Cada 6 meses	Inspección de tensores a tierra, retiro de vegetación trepante y circundante.
Cada 6 meses	Limpieza de la faja de servidumbre y zona de postes. Tala y poda.
Cada 1 año	Verificación y torqueo de los terminales eléctricos de las estructuras de retención y retención doble en frío.
Cada 3 años	Limpieza detallada y reemplazo (de ser el caso de detectar fogoneo) de todos los aisladores en frío
Cada 3 años	Verificación de integridad del galvanizado y presencia de partes oxidadas de la herrajería, trabajos de liberación de óxido y reposición de galvanizado en frío.
Cada 3 años	Inspección mediante termografía infrarroja de las estructuras de retención y retención doble en caliente y durante horario nocturno.

La faja de servidumbre de la línea de media tensión se establece como 6 metros al nivel de piso formando ángulos verticales de 30 grados a los extremos libres de vegetación y flora.

3.2 Instalaciones y equipo primario de transformación, medición, protección y maniobra a nivel de media tensión 22 kV

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 1 día	Toma de lecturas y registro de las corrientes y tensiones de carga así como de la temperatura del aceite en equipos refrigerados en el SCADA.
Cada 1 mes	Verificación de fugas de aceite en el tanque, pasatapas, cambiador de taps y comprobación de cierre de válvula de purga de aceite. Detectar presencia de Lodos.
Cada 1 mes	Verificación de nivel de aceite en el tanque y en los pasatapas (si estos fueren en aceite).
Cada 1 mes	Revisión de los tubos y aletas de refrigeración y ventilación.
Cada 1 mes	Verificación de la presencia de sonidos inusuales.
Cada 6 meses	Inspección visual de los pasatapas/aisladores y pararrayos en busca de cuarteaduras, grado de limpieza, contaminación o existencia de fogoneo.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales de puesta a tierra del equipo
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales eléctricos de fuerza y control del equipo.
Cada 1 año	Limpieza integral de equipo incluidos aisladores, pasatapas, receptáculos, anclajes.
Cada 1 año	Verificación de integridad de la pintura y presencia de partes oxidadas, trabajos de liberación de óxido y reposición de la pintura.
Cada 1 año	Inspección de la válvula de sobrepresión (incluyendo su diafragma)
Cada 3 años	Pruebas NDT del equipo en cables, aisladores, pasatapas, aceite del transformador, devanados del transformador.
Cada 3 años	Tratamiento de eliminación de humedad y residuos sólidos de los aceites aislantes de los equipos.
Cada 5 años	Inspección interna total del equipo. Revisión de las partes mecánicas y eléctricas internas, especialmente los contactos del cambiador de taps del transformador y las conexiones internas a los pasatapas de media y baja tensión.

PRUEBAS NDT (NonDestructiveTesting) DEL ACEITE DIELECTRICO

Rigidez dieléctrica (D877-D1816)

Número de neutralización (D974)

Tensión interfacial (D971-D2285)

Color (D1500)

Contenido de agua (D1533)

Densidad relativa (D1298)

Factor de potencia (D924)

Inspección visual (D1524)

PRUEBAS NDT DEL AISLAMIENTO SÓLIDO

Prueba de resistencia de aislamiento.
Prueba de factor de potencia del aislamiento.

PRUEBAS NDT ADICIONALES PARA TRANSFORMADORES

Prueba de resistencia DC de devanados.
Prueba de relación de transformación TTR.
Prueba de corriente de excitación.
Prueba de núcleo a tierra.
Prueba de termografía infrarroja.

3.3 Instalaciones y equipos de baja tensión eléctricos de fuerza, iluminación, control, instrumentación y telecomunicaciones

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 1 mes	Control del contraste de los contadores de energía comercial de la CENTROSUR de las estaciones principal y remotas para tarificación empleando los registros almacenados mediante la telemetría en el SCADA del centro de control.
Cada 3 meses	Inspección visual de la malla de puesta a tierra, verificación de cables, varillas, sueldas y conectores en varillas y tableros respectivamente.
Cada 3 meses	Comprobación de funcionamiento, fijación y estado de la instrumentación de vigilancia y seguridad mediante ejercicios de intrusión, movimiento e inundación, reparando o reemplazando los equipos o elementos defectuosos.
Cada 3 meses	Contraste y ajuste de termómetros, termohigrómetros, manómetros e indicadores de nivel presión, densidad, interfaz, oxígeno disuelto y caudal.
Cada 3 meses	Contraste y re calibración de transductores de temperatura, humedad, presión, nivel, densidad, Interfaz, oxígeno disuelto y caudal.
Cada 3 meses	Revisión y reglaje de los reguladores de presión alta y baja.
Cada 3 meses	Revisión de la estanqueidad de válvulas de maniobra y corte.
Cada 3 meses	Comprobación de la existencia e integridad de letreros y anunciadores visuales de advertencia y riesgos.
Cada 3 meses o cuando sea necesario	Reemplazo de deshumidificadores de grupos hidráulicos, grupo generador, transformador de potencia, equipo primario, tableros de fuerza, control, telecomunicaciones, etc.
Cada 3 meses	Verificar los terminales y el nivel de tensión de las baterías de respaldo de energía.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales eléctricos de fuerza y control.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales de puesta a tierra de los equipos de baja tensión.

Cada 6 meses o cuando sea necesario	Comprobación de la operación del conjunto de encendido de la iluminación exterior (Relé - Fotocélula). Reemplazo de equipos averiados.
Cada 6 meses	Comprobación de la iluminancia interior mediante luxómetro por personal técnico; limpieza de lámparas y luminarias. Reemplazo de lámparas y equipos de iluminación averiados.
Cada 6 meses	Verificación y ajuste si es del caso de los equipos de medición de parámetros eléctricos de calidad y cantidad.
Cada 6 meses	Verificación de la no presencia de roedores en ductos, tuberías tendidas subterráneamente, canaletas. Aplicación de raticidas.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra de la red equipotencial, deberá procederse de similar forma inmediatamente después de la ocurrencia de una descarga eléctrica directa.
Cada 1 año	Verificación y torqueo de los terminales eléctricos de alimentación de iluminación interior y exterior.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de la iluminancia exterior mediante luxómetro por personal técnico; limpieza de lámparas y luminarias, sin usar detergentes muy alcalinos o muy ácidos para reflectores de aluminio. Reemplazo de lámparas y equipos de iluminación averiados.
Cada 1 año	Comprobación de la fijación del mástil de antena y pararrayos, así como su estado de conservación frente a la corrosión, reparando los defectos encontrados.
Cada 1 año	Comprobación de la torre de vientos de telecomunicaciones, así como su estado de conservación frente a la corrosión, reparando los defectos encontrados.
Cada 1 año	Comprobación de la ganancia de señal en la antena, midiendo la señal a la entrada y a la salida de la misma, ajustando y reparando lo que sea necesario.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de funcionamiento mediante simulacros, contraste, ajuste y reprogramación de ser el caso de equipos de radio para la comunicación inalámbrica.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de funcionamiento mediante simulacros, contraste, ajuste y reprogramación de ser el caso de equipos de comunicación conformantes de las redes LAN Ethernet y Serial del centro de control y de las estaciones remotas.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de funcionamiento mediante simulacros, contraste, ajuste y reprogramación de ser el caso de controladores lógicos programables y paneles de visualización HMI.
Cada 1 año o cuando sea necesario	Comprobación de funcionamiento mediante simulacros, contraste, ajuste y reprogramación de ser el caso de la aplicación del software de supervisión y control SCADA. Modificación de rutinas, configuración de históricos, gestión de alarmas, etc.
Cada 1 año	Comprobación de la fijación, corrosiones y ausencia de humedad en los armarios y tableros de fuerza, transferencia, control, instrumentación, telecomunicaciones, reparando los defectos encontrados.
Cada 1 año	Comprobación de funcionamiento, fijación y estado de los mandos de actuación del interruptor principal con sus fusibles y de los interruptores cortacircuitos de distribución.

Cada 1 año	Comprobación de funcionamiento, fijación y estado de los mandos de actuación de las balizas acústicas y luminosas, reparando o reemplazando los elementos defectuosos.
Cada 1 mes	Verificación y ajuste si es del caso de los interruptores de presión y nivel.
Cada 1 año	Engrase y lubricación de los mecanismos hidráulicos y/o eléctricos de control, maniobra, protección.
Cada 1 año	Comprobación del correcto funcionamiento de los automatismos de protección.
Cada 1 año	Verificación de la densidad del electrolito de las baterías de respaldo de energía.
Cada 1 año	Verificación de ajuste de terminales y los niveles de tensión de entrada y salida de la unidad ininterrumpible de energía.
Cada 2 años	Comprobación de la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones.
Cada 2 años	Detección de partes oxidadas y contactos de los equipos eléctricos de baja tensión maniobra. Reemplazo o limpieza.
Cada 3 años	Verificación del estado de conservación del pararrayos activo, estado de conservación frente a la corrosión y firmeza de la sujeción. Comprobación de la continuidad eléctrica y de la resistencia de la bajante de conexión a tierra en temporada seca.
Cada 3 años	Comprobación de los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores y cargas que protegen.
Cada 3 años	Comprobación del aislamiento de la instalación interior, que entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250 k Ω .
Cada 3 años	Comprobación de la continuidad de las conexiones equipotenciales entre masas y elementos conductores, así como con el conductor de protección. Medición de la resistencia de puesta a tierra.
Cada 5 años	Comprobación de la fijación de las bases de sujeción de los tubos y el estado de los elementos que componen las canalizaciones.
Cada 5 años	Comprobación de la fijación de los soportes de las bases para sujeción de los tubos y el estado de los distintos componentes de las canalizaciones.

3.4 Válvulas

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 3 meses	Verificación de la marcha de la válvula, ejercitación de carrera completa de apertura y cierre en forma manual.
Cada 3 meses	Verificación de la estanqueidad en el cierre.
Cada 3 meses	Verificación y limpieza de sedimentos en las superficies de deslizamiento de la compuerta o veleta de cierre.
Cada 1 año	Verificación de integridad de la pintura y presencia de partes oxidadas, trabajos de liberación de óxido y reposición de la pintura.
Cada 1 año	Verificación de la estanqueidad de las bridas de acople a la tubería.
Cada 1 año	Verificación de la estanqueidad de las conexiones del engranaje en caso de poseer caja reductora.
Cada 1 año	Verificación del estado de los ejes, cardán y manguitos.
Cada 1 año	Lubricación de los ejes, cardán y manguitos.
Cada 3 años	Reemplazo de grasa de la caja reductora en caso de poseerla.

3.5 Actuadores eléctricos motorizados para operación de válvulas

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 3 meses	Prueba de operación correcta de los limitadores de carrera y torque a la apertura y cierre.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales eléctricos de fuerza y control.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de los terminales de puesta a tierra del actuador.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de la pernería actuador - reductor.
Cada 6 meses	Verificación y torqueo de la pernería reductor - válvula.
Cada 6 meses	Verificación, ajuste y comisionado de los limitadores de carrera, torque y visualizador de posición.
Cada 6 meses	Verificación de la temperatura exterior del motor posterior a una operación de apertura o cierre completado. Verificar operación de termoswitch.
Cada 6 meses	Verificación de presencia de humedad en la grasa de las cajas reductoras.
Cada 6 meses	Verificación de volante de operación y clutch de enganche manual.
Cada 1 año	Verificación de integridad de la pintura y presencia de partes oxidadas, trabajos de liberación de óxido y reposición de la pintura.
Cada 3 años	Verificación detallada de los elementos del control mecánico del actuador.
Cada 3 años	Reposición de grasa en los elementos del control mecánico del actuador.
Cada 3 años	Verificación detallada de los elementos de las cajas reductoras.
Cada 3 años	Reemplazo de grasa de las cajas reductoras.

3.6 Obras civiles

PERÍODO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Cada 3 meses	Control de la estanqueidad, limpieza y pintura de los pozos y ductos de cables. Reparación de las novedades encontradas.
Cada 3 meses	Control de la estanqueidad, limpieza y pintura de los pozos u obras civiles efectuadas para medición de nivel y caudal, verificación de funcionamiento adecuado del drenaje. Reparación de las novedades encontradas.
Cada 6 meses	Verificación de la integridad de las fundaciones de hormigón y desvío de cauces de agua que provoquen socavación de las fundaciones.
Cada 6 meses en verano y cada 1 mes en invierno	Podado y limpieza de malezas al interior de los predios de las estaciones.
Cada 1 año	Control de la estanqueidad, limpieza y pintura de los edificios y casetas. Reparación de las novedades encontradas.

PARTE 4: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1 INTRODUCCIÓN

El análisis de los costos de operación y mantenimiento incluyen todos los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Guangarcucho, es decir inicia desde la estación de bombeo inicial, pretratamiento, depuración de aguas residuales, tratamiento de lodos y desechos del tratamiento y finalmente disposición final del agua hacia el río Cuenca.

Se inicia con la estimación de costos inmediatamente después de la puesta en marcha, esto es luego de terminada la fase de construcción. Este análisis se realiza para las obras consideradas en los diseños definitivos, estimando que las obras se ejecutarán en el año 2018 y, el inicio de operación del sistema se realizaría a partir del año 2019.

2 CONSIDERACIONES GENERALES

Los costos de Operación y Mantenimiento corresponden a aquellos que demandará el proyecto para su eficiente funcionamiento, han sido elaborados tomando como base proyectos similares de plantas de tratamiento de aguas servidas con el proceso de lodos activados en los que ha habido la inclusión de estructuras similares, como son estaciones de bombeo, conducciones a gravedad y a presión, y todos los componentes de plantas de tratamiento con lodos activados.

El propósito de la determinación de los costos de Operación y Mantenimiento es tener una herramienta que ayude a determinar las tarifas que deberán ser cobradas a los beneficiarios de la planta, es decir a la ciudad de Cuenca.

El anexo de costos de operación y mantenimiento está organizado de manera que sea fácil su revisión, se inicia con la presentación del cuadro anual de operación y mantenimiento, resumiendo en la parte baja, el VAN correspondiente a costos de Operación y Mantenimiento.

Para que la estimación de costos sea cercana a los valores reales, se parte del dimensionamiento del personal, el número de técnicos, personal de apoyo, auxiliares, tecnólogos, obreros, etc., requerido como mínimo para la ejecución de las actividades. Adicionalmente, se realiza la estimación de los costos de tratamiento, procesos, insumos, determinación del consumo de energía y combustibles, y, todos los requerimientos para la correcta ejecución de las actividades de operación y los materiales básicos para el mantenimiento preventivo de los equipos y componentes de los sistemas.

En resumen, se estiman los costos anuales para:

- Mano de obra calificada y no calificada.

- Prendas de trabajo y protección para el personal (seguridad industrial).
- Materiales y accesorios para mantenimiento básico.
- Herramientas para las cuadrillas.
- Mantenimiento de equipos y componentes.
- Mantenimiento y operación de maquinaria y vehículos
- Energía eléctrica y potencia instalada.
- Productos químicos que se requiere para el tratamiento.
- Reinversiones para reposición de equipos que llegan al final de su vida útil.

Para la estimación de los costos de operación y mantenimiento se han incluido todos los gastos que se requieren para poder ejecutar el programa de mantenimiento preventivo y correctivo de las obras y de los componentes electromecánicos y de control, en el momento que se requiera.

Para tener una visión general de la evaluación financiera del proyecto, se considera individualmente cada uno de los procesos operacionales requeridos para cada componente de los sistemas, de tal manera de discretizar oportunamente los componentes que se vuelven muy onerosos para el sistema en general (flujo de inversiones).

En los Cuadros numerados del 1 al 12, se presenta en detalle la estimación de costos fijos y variables, que finalmente concluyen en los costos anuales para operación y mantenimiento, todos ellos a precios de mercado (Cuadro 13).

3 COSTOS FIJOS

Los costos fijos lo constituyen principalmente los costos directos del personal involucrado en cada una de las tareas de operación y mantenimiento de los componentes de los sistemas, de acuerdo al período de implementación. Adicionalmente se encuentran los costos fijos de materiales y accesorios, previstos para realizar las reparaciones que se requieran realizar en caso de deterioro de las obras e instalaciones.

La estructuración de los costos fijos, permite agrupar los costos de mano de obra calificada (trabajadores y empleados ubicados en la categoría III y superiores), mano de obra no calificada, materiales e insumos nacionales, combustibles, productos químicos y energía eléctrica. La composición de los costos fijos incluye:

a Dimensionamiento del personal y costos de la mano de obra

En el Cuadro No. 1 se presenta una estimación de los requerimientos de personal para la operación y mantenimiento de los diferentes componentes de la planta, es decir, estación de bombeo inicial, unidades de pretratamiento que consiste en retención de sólidos gruesos, cribado y desarenación, sedimentación primaria, aeración, sedimentación secundaria, tratamiento de lodos, y descarga final. Estos procesos son complementados con el tratamiento de olores, sistema de alcantarillado sanitario, vías internas, jardines y oficinas de administración.

El personal, según el manual de operación y mantenimiento, está dividido en cuatro grupos que son, personal directivo, personal del área de operación, personal del área de mantenimiento y personal auxiliar. El dimensionamiento del personal que está detallado en el Cuadro No. 1, está basado en la experiencia de ETAPA EP en la operación de plantas de tratamiento, sobre todo en la operación de la planta de tratamiento de aguas servidas de Ucubamba.

En el Cuadro No. 2 se ha calculado la tabla salarial para el personal de las diferentes áreas de operación y mantenimiento, de tal manera que la mano de obra calificada y no calificada pueda ejercer su trabajo con armonía. Los salarios nominales han sido proporcionados por ETAPA EP según sus tablas salariales, los respectivos factores de mayoración están de acuerdo con los beneficios sociales legales en vigencia.

Con los valores de los Cuadros No.s 1 y 2, se ha preparado el Cuadro No. 3 que contiene los costos de personal para la operación y mantenimiento de la PTAR Guantarcucho dividido por grupos según lo indicado en el Cuadro No. 1 y finalmente se ha clasificado en mano de obra Calificada y No Calificada.

b- Materiales y suministros

Los costos que incluyen estos componentes, se calcularon bajo los siguientes criterios:

- **Prendas de vestir y protección**, según las normas de seguridad industrial se debe dotar de uniformes y accesorios adecuados para la protección del personal de operación y mantenimiento con una dotación anual por cada obrero asignado a tareas específicas, de tal manera de obtener costos unitarios por persona y por año, estos costos están indicados en el Cuadro No. 4.
- **Costo de dotación de herramientas**, calculado en función de los requerimientos reales para el uso de cuadrillas en general y particulares para trabajos específicos (adicionales),

En el Cuadro 5 se ha estimado los costos de las herramientas que se requieren para cada una de las cuadrillas de trabajo, todas estas necesarias para que el personal pueda llevar adelante los programas de mantenimiento y actividades de operación de acuerdo a la tecnología y tamaño de cada sistema, esta propuesta implica que el personal tenga las mejores cualidades y habilidades en el desempeño de sus funciones.

- **Costo para mantenimiento de las instalaciones**, son costos estimados para el mantenimiento y limpieza de las instalaciones exteriores, interiores y de las oficinas, estos costos están constando en el Cuadro No. 6.

c. Materiales y accesorios de reposición de equipos

En este componente se incluyen los materiales y accesorios necesarios para

reparaciones de los diferentes componentes y equipos (considerando equipos toda pieza que requiere energía externa o combustible para su funcionamiento), están incluidos los equipos menores, el equipamiento del laboratorio y sobre todo los equipos instalados para los procesos de tratamiento, no se incluyen la reposición de equipos. Los costos para este tipo de trabajos y su alcance, se presentan desglosados en el Cuadro No. 7, en los que se considera la durabilidad específica y el porcentaje requerido para cubrir dichos costos; se incluyen como costos de mantenimiento, los costos de reposición de reactivos y vidriería del laboratorio y logística para pruebas de campo (costos fungibles), de igual manera, se incluye el mantenimiento de los equipos electromecánicos que se encuentra en operación en cada sistema.

Para el cálculo se ha estimado el período de vida útil de los equipos, con lo cual se ha estimado el costo del mantenimiento anual, para el caso de equipos menores se ha estimado un período de vida de 5 años, para los equipos del laboratorio, un período de vida de 10 años y para los equipos empleados en los procesos de tratamiento el período de vida estimado es de 15 años, con estos costos se ha calculado el valor anual de la inversión en los equipos y asumiendo la fórmula del MOP, se ha calculado los costos de las reparaciones a que hubieran lugar.

d. Mantenimiento y reparación de vehículos y maquinaria

Incluye los costos de mantenimiento y reposiciones de partes y piezas de los maquinaria y vehículos a ser utilizados, para lo cual se ha dimensionado de acuerdo a las necesidades de retirar los materiales de desecho resultante del tratamiento de las aguas servidas, así como para labores de movilización de los equipos que requieran mantenimiento o para apoyo logístico al servicio del personal de operación y mantenimiento. El criterio recomendado por los organismos financieros establece que:

- El costo anual para mantenimiento = costo del equipo para la vida útil del mismo (10 años).
- Repuestos para el mantenimiento = 26% del costo del mantenimiento.
- Combustibles = 8% del costo del mantenimiento.
- Gastos mecánicos = 11% del costo del mantenimiento.
- Gastos varios = 3% del mantenimiento.
- Todos estos costos deben ser afectados por los factores de composición de costo de los equipos.

En el Cuadro No. 8, se presenta el análisis de requerimiento de mantenimiento y reparación de maquinaria y vehículos, se presentan los costos de operación y mantenimiento de vehículos, la cantidad, tipo y utilización están definidos de acuerdo al grado de ocupación y tamaño.

e. Costos de insumos nacionales e importados

Como resultado del procesamiento de los costos indicados en los literales b, c y d, se ha preparado el Cuadro No. 10, donde se presentan los costos fijos para la operación y mantenimiento en lo que respecta a insumos nacionales o importados, para el efecto se

ha considerado insumo nacional a los costos de materiales requeridos para la provisión de materiales para seguridad industrial, herramientas de trabajo, y materiales para el mantenimiento de las instalaciones. Como insumos importados se ha considerado a los repuestos para el mantenimiento de los equipos para el sistema de tratamiento, así como para el mantenimiento de maquinaria y vehículos.

En el Cuadro No. 5 se ha calculado el costo de mantenimiento de herramientas y equipo menor, del equipamiento del laboratorio y de los equipos requeridos para el tratamiento de las aguas servidas.

En el Cuadro No. 8 se ha calculado el costo de mantenimiento y el consumo de combustibles tanto para maquinaria y vehículos.

En el Cuadro No. 7, se ha hecho una estimación de los costos de mantenimiento y reparación de equipos según el tiempo de vida útil estimado para cada equipo y que fuera expuesto a ETAPA en el informe de factibilidad.

Como resultado de todos estos cálculos se ha preparado el Cuadro No. 9, donde se resumen los valores anteriormente indicados, llegando a estimar los gastos anuales de materiales importados y nacionales.

f. Electricidad

En el Cuadro No. 10, se presenta el costo de energía eléctrica por potencia instalada y por demanda, está basado en la potencia operacional total que se ha previsto en la demanda eléctrica, y que será solicitada a la empresa eléctrica que aplicará de la tarifa que se estima estará en vigencia cuando entre en operación la PTAR de Guagarcucho.

4 COSTOS VARIABLES

Los costos variables vienen dados por la necesidad de tratamiento de las aguas servidas, se ha calculado con base en la estimación del caudal que varía anualmente en según las estimaciones de la demanda de operación. El cálculo de este componente se lo realiza para cada litro de agua tratada, en consideración del consumo de energía y de la demanda de productos químicos, estos valores son variables, depende del caudal tratado y procesado cada año.

También se ha incluido en este rubro, a los costos de reposición de los equipos por terminación de su período de vida útil estimada para cada equipo instalado. De esta forma los costos variables que se han analizado son:

a. Energía eléctrica

La demanda de energía eléctrica está directamente relacionada con el caudal medio tratado anualmente, estos valores están indicados en el Cuadro No. 10.

b. Productos químicos

Para la determinación del costo del tratamiento del agua se ha estimado que la utilización de los productos químicos se realizará únicamente tratamiento, en este caso se refiere únicamente a los polímeros requeridos para el tratamiento de los lodos, se aclara que los químicos que se requieran para ensayos y análisis de laboratorio (ácidos, agares, caldos de cultivo, reactivos, etc.), no se ha considerado por ser muy pequeño se lo incluyó como costo fijo entre los costos de mantenimiento de laboratorio. Ver Cuadro No. 11.

c. Reinversiones por reemplazo de equipos

Un rubro importante para la operación y mantenimiento es la reinversión por reposición de equipos debido a la terminación de la vida útil estimada para cada equipo, estos costos están indicado en el Cuadro No. 12, el período de reemplazo ha sido estimado por experiencia del personal de Greeley and Hansen en muchos proyectos realizados en Estados Unidos.

5 RESUMEN DE FLUJO DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES

Como conclusión de lo indicado en los numerales 3 y 4 de esta memoria, se ha preparado el Cuadro No. 13 en donde se resumen los costos fijos y variables estimados para la operación y mantenimiento de la PTAR Guangarcucho, el cuadro en la primera columna indica un numeral que representa los años de operación de la planta, en la segunda columna, se indica el año calendario, a continuación se han separado los costos fijos de los costos variables para cada caso se han diferenciado los componentes respectivos.

Entre los costos fijos tenemos una columna anual para los componentes de: mano de obra calificada, no calificada, insumos nacionales, importados, combustibles, y energía eléctrica como potencia instalada.

Entre los costos variable tenemos la demanda de energía eléctrica, la demanda de productos químicos y los costos de reinversión por reposición de equipos.

Los costos así estructurados, son totalizados en la columna penúltima de la tabla y representa el flujo de gastos anuales, de acuerdo al año en que se produce la variación, en la parte baja de esta columna se ha calculado valor actual neto a la tasa de descuento del 12%. Finalmente se ha estimado del costo del tratamiento por metro cúbico de agua tratada a precios de mercado.

6 CONCLUSIONES

El Valor Actual Neto (VAN), resultante para una tasa de retorno del 12% anual, resulta un valor de 41'802.191,00 dólares de Estados Unidos.

- El costo de tratamiento por metro cúbico varía desde los 14 centavos de dólar hasta los 29 centavos de dólar, esto depende del caudal medio anual tratado, siendo más bajo cuando más caudal se trata. Existe una excepción para el año 2038, con un valor de 65 centavos de dólar, cuando se cumplan 20 años de funcionamiento de la planta y se espera que se tenga que realizar la reposición de los equipos electromecánicos. Esta situación deberá analizar en el futuro, conforme se vaya dando el comportamiento real de la vida útil de cada uno de los equipos.

En las siguientes páginas se presentan los cuadros numerados del 1 al 13 con el contenido según se ha indicado en esta memoria, se inicia con el cuadro No. 13 que contiene el resumen de los costos de operación y mantenimiento.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Sistemas de Operación y Mantenimiento de lagunas de estabilización- ETAPA Cuenca-Ecuador.
- Tratamiento de Esgotos Domesticos – Eduardo Pacheco Jordao.
- Tratamiento biológico de aguas residuarias – Lagoas de Estabilización - Salomao Anselmo Silva.
- Cost-Effective Wastewater Treatment Systems- US Environmental Protection Agency” (USEPA).
- Estudios tarifarios para Sistemas de agua Potable y Alcantarillado para varias ciudades del Ecuador- ACSAM Cía. Ltda.

Costos de Operación y Mantenimiento

Cuadro 1: Dimensionamiento de personal	
Puesto	Cantidad
PERSONAL TÉCNICO PRINCIPAL	
Jefe de O&M	1
Supervisor del área de operación	2
Supervisor del área de mantenimiento	2
Personal técnico principal	5
PERSONAL ÁREA DE OPERACIÓN	
Operadores de la PTAR	10
Operador del sistema SCADA	5
Laboratorista	1
Ayudante de laboratorio	1
Operador de Bobcat	1
Chofer	4
Total área de operación	22
PERSONAL ÁREA DE MANTENIMIENTO	
Tecnólogo eléctrico	1
Tecnólogo mecánico	1
Plomeros	2
Jornalero	3
Total área de mantenimiento	7
PERSONAL AUXILIAR	
Secretaria	1
Conserje	1
Guardián	10
Total personal auxiliar	12
Total Personal	46.0
Técnicos principales	5
Mano de obra calificada	22
Mano de obra No Calificada	7
Personal Auxiliar	12

Cuadro No. 2: TABLA SALARIAL PARA PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO									
Puesto	Sueldo Unificado	Décimo Tercer	Décimo Cuarto	Aporte Patronal	Fondo de Reserva	Vacaciones	Total Anual	Costo Mensual	Factor de Mayorac.
PERSONAL TÉCNICO PRINCIPAL									
Jefe de O&M	2185.00	2185.00	375.00	3185.73	2185.00	2185.00	36335.73	3027.98	1.39
Supervisor del área de operación	1557.00	1557.00	375.00	2270.11	1557.00	1557.00	26000.11	2166.68	1.39
Supervisor del área de mantenimiento	1557.00	1557.00	375.00	2270.11	1557.00	1557.00	26000.11	2166.68	1.39
PERSONAL ÁREA DE OPERACIÓN									
Operadores de la PTAR	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Operador del sistema SCADA	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Laboratorista	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Ayudante de laboratorio	910.00	910.00	375.00	1326.78	910.00	910.00	15351.78	1279.32	1.41
Operador de Bobcat	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Chofer	910.00	910.00	375.00	1326.78	910.00	910.00	15351.78	1279.32	1.41
PERSONAL ÁREA DE MANTENIMIENTO									
Tecnólogo eléctrico	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Tecnólogo mecánico	1074.00	1074.00	375.00	1565.89	1074.00	1074.00	18050.89	1504.24	1.40
Plomeros	910.00	910.00	375.00	1326.78	910.00	910.00	15351.78	1279.32	1.41
Jornalero	810.00	810.00	375.00	1180.98	810.00	810.00	13705.98	1142.17	1.41
PERSONAL AUXILIAR									
Secretaria	910.00	910.00	375.00	1326.78	910.00	910.00	15351.78	1279.32	1.41
Conserje	810.00	810.00	375.00	1180.98	810.00	810.00	13705.98	1142.17	1.41
Guardián	810.00	810.00	375.00	1180.98	810.00	810.00	13705.98	1142.17	1.41

Costos de Operación y Mantenimiento

CUADRO No. 3: COSTOS DE MANO DE OBRA -USD por año- (ver dimensionamiento en Cuadro 1)						
Puesto	Calif.	Disp.	S. Base \$/mes	S. Real (Ver tabla salarial)	Cantidad	Costo Anual (\$ EU)
PERSONAL TÉCNICO PRINCIPAL						
Jefe de O&M	P	100%	2,185.00	3,027.98	1	36,335.76
Supervisor de Plantas	P	100%	1,557.00	2,166.68	2	52,000.32
Jefe de Producción	P	100%	1,557.00	2,166.68	2	52,000.32
SUPERVISION DEL ÁREA DE OPERACIÓN						
Operadores de la PTAR	C	100%	1,074.00	1,504.24	10	180,508.80
Operador del sistema SCADA	C	100%	1,074.00	1,504.24	5	90,254.40
Laboratorista	C	100%	1,074.00	1,504.24	1	18,050.88
Ayudante de laboratorio	C	100%	910.00	1,279.32	1	15,351.84
Operador Bobcat	C	100%	1,074.00	1,504.24	1	18,050.88
Chofer	C	100%	910.00	1,279.32	4	61,407.36
SUPEVISIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Tecnólogo eléctrico	C	100%	1,074.00	1,504.24	1	18,050.88
Tecnólogo mecánico	C	100%	1,074.00	1,504.24	1	18,050.88
Plomeros	C	100%	910.00	1,279.32	2	30,703.68
Jornalero	NC	100%	810.00	1,142.17	3	41,118.12
PERSONAL AUXILIAR						
Secretaria	A C	100%	910.00	1,279.32	1	15,351.84
Conserje	A NC	100%	810.00	1,142.17	1	13,706.04
Guardián	A NC	100%	810.00	1,142.17	10	137,060.4
MECÁNICOS PARA MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS						
Mecánicos	C					4,010.03
Total Personal			\$/año			802,012.43
Mano de obra calificada	C		\$/año			610,127.87
Mano de obra No Calificada	NC		\$/año			191,884.56
Simbología						
	P =	Principal				
	C =	Calificado				
	NC =	No calificado				
	A C =	Auxiliar Calificado				
	A NC =	Auxiliar No Calificado				
Nota:						
1. La clasificación de personal Principal, Calificado, No Calificado y Auxiliar se utiliza para el cálculo de costos de insumos nacionales y de seguridad industrial						
2. Para efectos del cálculo del costo de personal calificado y no calificado, se incluirá en la categoría de calificado al personal técnico principal						

Costos de Operación y Mantenimiento

Cuadro 4: SEGURIDAD INDUSTRIAL (Por persona)

Descripción	Distribución	P.U.	Cant.	P. Total
a.- Técnicos principales				
Casco con suspensión normal	Uno semestral	7.02	2	14.04
Chaleco tipo periodista, tela Gabardina, cinta reflectiva	Uno anual	73.15	1	73.15
Chaleco de malla, cinta reflectiva	Uno trimestral	4.50	4	18.00
Botín de cuero, punta acero, antideslizante, CAT, Nacional	Un par anual	41.62	1	41.62
Otros no especificados			5%	7.34
Total por año				154.15
b.- Calificados				
Casco con suspensión normal	Uno semestral	7.02	2	14.04
Gafa de protección, visor claro	Uno trimestral	2.88	4	11.52
Orejera tipo diadema, 25 DB, PELTOR, USA	Uno semestral	27.61	2	55.22
Guantes de cuero, tipo operador	Un par trimestral	17.10	4	68.40
Chaleco tipo periodista, tela Gabardina, cinta reflectiva	Uno anual	73.15	1	73.15
Chaleco de malla, cinta reflectiva	Uno trimestral	4.50	4	18.00
Botas de caucho S/punta acero, Goliat	Un par semestral	12.15	2	24.30
Botín de cuero, punta acero, antideslizante, CAT, Nacional	Un par anual	41.62	1	41.62
Otros no especificados			5%	15.31
Total por año				321.56
c.- No Calificados				
Casco con suspensión normal	Uno semestral	7.02	2	14.04
Gafa de protección, visor claro	Uno trimestral	2.88	4	11.52
Orejera tipo diadema, 24 DB, ARSEG Colombia	Uno semestral	16.63	2	33.26
Guantes de cuero, largo reforzado, tipo ind.	Un par trimestral	4.05	4	16.20
Terno de trabajo (overol en gabardina, Torino)	Uno anual	27.00	1	27.00
Chaleco tipo periodista, tela TASLAN, impermeable, con polar	Uno anual	64.12	1	64.12
Chaleco de malla, cinta reflectiva	Uno trimestral	4.50	4	18.00
Botas de caucho S/punta acero, Goliat	Un par semestral	12.15	2	24.30
Botín de cuero, punta acero, antideslizante, CAT, Nacional	Un par anual	41.62	1	41.62
Mochila para herramientas	Uno anual	32.40	1	32.40
Funda herramientas	Uno anual	39.60	1	39.60
Otros no especificados			5%	16.10
Total por año				338.16
c.- Personal Auxiliar				
Uniforme de trabajo	tres anual	100.00	3	300.00
Otros no especificados			5%	15.00
Total por año				315.00

Cuadro 5: HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO (Por Cuadrilla)

DESCRIPCION	DISTRIB.	P.U.	Cant.	P. Total
a.- Básicas				
Baldes plásticos 20l.	Un trimestral	4.57	4.00	18.29
Pala puntana	Un semestral	18.68	2.00	37.37
Carretilla 220 kg reforzada	Uno anual	116.51	1.00	116.51
Barretas de 12 Lbs	Una bianual	26.51	0.50	13.26
SapaPico, 5 lbs	Un semestral	20.93	2.00	41.87
Teclé de 5 t.	Uno bianual	156.04	0.00	0.00
Teclé de 2 t.	Una bianual	100.80	0.50	50.40
Combo de 10 Lbs, cabo madera	Un semestral	32.80	2.00	65.59
Cinzel de acero, punta 16x300 mm	Un trimestral	8.95	4.00	35.78
Linterna de mano, 2 pilas, tipo LED	Uno anual	7.40	1.00	7.40
Extensión eléctrica blindado (cable 2x16, 20 m)	Uno anual	45.00	1.00	45.00
Juego Llaves boca-corona 7 a 17 mm	Uno anual	55.89	1.00	55.89
Arco de sierra 21 "	Uno anual	13.86	1.00	13.86
Juego destornilladores plano #.....	Uno anual	10.66	1.00	10.66
Manómetro glicerina 0-100 PSI	Uno anual	4.50	1.00	4.50
Tarrajá (incluido banco) para 1/2", 3/4", y 1"	Una bianual	216.00	0.50	108.00
Manguera hidráulica 3/8", 10 m	Uno anual	18.00	1.00	18.00
Cono de seguridad 28", caucho, cinta reflectiva	Un par anual	27.65	2.00	55.30
Bomba de achique	Una cada 5 años	2160.00	0.20	432.00
Generador de portátil, 110-220 V, 60 Hz, 3 a 5 kw	Un cada 5 años	2430.00	0.20	486.00
Subtotal				1615.67
Costos no especificados			5%	80.78
Total por año				1696.45

Costos de Operación y Mantenimiento

Cuadro 6: MATERIALES PARA MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES				
Código	Actividad	Costo \$/u	Cant. anual	Costo medio \$/año
Materiales para mantenimiento				
10	Limpieza			1,000.00
11	Mantenimiento de espacios exteriores			1,500.00
12	Reparación de obra civil			10,000.00
13	Mantenimiento de oficinas			3,000.00
14	Mantenimiento de laboratorio			2,000.00
15	Instalaciones hidrosanitarias			2,000.00
	Total materiales			19,500.00

Cuadro 7: MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE EQUIPOS			
Descripción	P.U.	Cant	P. Total
a.- Equipo menor			
Motobomba 3", 6.5 HP, 30 m (de achique de agua)	2,160.00	2.00	4,320.00
Bomba de fangos, 10 HP	3,330.00	2.00	6,660.00
Bomba de presión (1.5 a 3.5 Mpa, 1.5 a 3.5 HP, Prueba hidráulica)	5,760.00	2.00	11,520.00
Hidrolavadora a presión, 150 bar, 450 l/h	1,530.00	1.00	1,530.00
Generador de portátil, 110-220 V, 60 Hz, 3 a 5 kw	2,430.00	1.00	2,430.00
Medidor ultrasónico de caudal, 900 a 1200 mm	8,100.00	1.00	8,100.00
Mascarilla tipo industrial para gas, amés estilo pecho, placa frontal,	630.00	4.00	2,520.00
	Subtotal		37,080.00
Costos no especificados		0.05	1,854.00
Costo Total			38,934.00
Costo anual (Vida útil 5 años)			7,786.80
Mantenimiento anual (48% del costo anual)			3,737.66
b.- Laboratorio de agua			
Costo de equipos de laboratorio	65,000.00	1.00	65,000.00
Costo de vidriería para laboratorios	5,000.00	1.00	5,000.00
Costo Total			70,000.00
Costo anual (Vida útil 10 años)			7,000.00
Mantenimiento anual			3,360.00
Mantenimiento anual (48% del costo anual)			3,360.00
c.- Equipos electromecánicos			
Costo de equipos para aguas servidas	15,000,000.00	1.00	15,000,000.00
Costo Total			15,000,000.00
Costo anual (Vida útil 15 años)			2,142,857.14
Mantenimiento anual			1,028,571.43

Costos de Operación y Mantenimiento

Cuadro 8: MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS			
a.- Maquinaria			
DESCRIPCION	P.U.	Baja	
		Cant	P. Total
Mini cargadora (Bob Cat), >70 HP, cucharón de 0.40 m3 + martillo +fresadora + retro excav)	65000	1	65.000,00
	Subtotal		65.000,00
Costos no especificados		2%	1.300,00
Costo Total			66.300,00
Costo anual (Vida útil 10 años)			6.630,00
Mantenimiento anual maquinaria			3.182,40
Repuestos			1.723,80
Mecánicos			729,30
Combustibles Vehículos			530,40
Materiales Nacionales			198,90
b.- Vehículos			
DESCRIPCION	P.U.	3	
		Tub. 185 (km)	
		Cant	P. Total
		3	
Camión para transporte de contenedores	91000	1	91.000,00
Camión Logística (4 a 4.5 t.)	32000	1	32.000,00
Volqueta de 8 m3	100000	3	300.000,00
Pick-Up supervisión y control, 1.5 a 2 t.,2x4	35000	1	35.000,00
	Subtotal		458.000,00
Costos no especificados		5%	22.900,00
Costo Total			480.900,00
Costo anual (Vida útil 10 años)			48.090,00
Mantenimiento anual			23.083,20
Repuestos			12.503,40
Mecánicos			5.289,90
Combustibles Vehículos			3.847,20
Materiales Nacionales			1.442,70
COSTOS TOTALES			
Costo Anual para Mantenimiento de Maquinaria y Equipos			26.265,60
Repuestos			14.227,20
Mecánicos (mano de obra calificada)			6.019,20
Combustibles			4.377,60
Manteriales nacionales varios			1.641,60

Cuadro No. 9: GASTO ANUAL: MATERIALES NACIONALES E IMPORTADOS		
Componente	C. per cápita	Costo anual (\$ EU)
1.- Insumos Nacionales		
1.1 Para Seguridad Industrial - Personal (Ver Cuadro 4)		
Técnicos principales	154.15	770.74
Mano de obra calificada	321.56	7,074.42
Mano de obra No Calificada	338.16	2,367.11
Personal auxiliar	315.00	3,780.00
Total Seguridad Industrial		10,212.27
1.2 Materiales para mantenimiento (Ver Cuadro 6)		
Materiales para mantenimiento de instalaciones		19,500.00
Total Materiales y Accesorios		19,500.00
1.3 Herramientas (Ver Cuadro 5)		
Costo anual herramientas	2	3,392.91
Imprevistos	5.00%	169.65
1.4 Materiales para mantenimiento de maquinaria y vehículos		
		1,093.64
Total Herramientas		3,562.55
TOTAL INSUMOS NACIONALES		33,274.83
2.- Insumos Importados		
2.1 Mantenimiento y reparación de equipos (Ver Cuadro 7)		
Equipo menor		3,737.66
Laboratorio de agua		3,360.00
Equipos electromecánicos para el tratamiento		1,028,571.43
Imprevistos	5.00%	51,783.45
Total mantto y reparac. equipos		1,087,452.55
2.2 Mantenimiento y reparación de vehículos (Ver Cuadro 8)		
Mantenimiento maquinaria		1,723.80
Mantenimiento vehículos		7,754.45
Total mantto y reparación		9,478.25
TOTAL INSUMOS IMPORTADOS		1,096,930.80

Costos de Operación y Mantenimiento

CUADRO No. 10: COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA							
COSTO POR UTILIZACIÓN DE ENERGÍA					COSTO POR CAPACIDAD INSTALADA		
Nº	Año	Qb (l/s)	Consumo (kw-h)	Total \$/año	Pot.inst. kw	Costo USD-kw/ mes	Total \$/año
0	2018	308					
1	2019	337	820.48	305,464.61	2923	6.00	210,450.96
2	2020	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
3	2021	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
4	2022	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
5	2023	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
6	2024	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
7	2025	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
8	2026	539	1313.55	489,033.50	2923	6.00	210,450.96
9	2027	542	1319.39	491,209.40	2923	6.00	210,450.96
10	2028	544	1325.24	493,385.30	2923	6.00	210,450.96
11	2029	547	1331.08	495,561.20	2923	6.00	210,450.96
12	2030	549	1336.92	497,737.10	2923	6.00	210,450.96
13	2031	551	1342.77	499,913.00	2923	6.00	210,450.96
14	2032	554	1348.61	502,088.90	2923	6.00	210,450.96
15	2033	556	1354.46	504,264.80	2923	6.00	210,450.96
16	2034	559	1360.30	506,440.70	2923	6.00	210,450.96
17	2035	561	1366.15	508,616.60	2923	6.00	210,450.96
18	2036	598	1457.22	542,524.38	2923	6.00	210,450.96
19	2037	636	1548.30	576,432.15	2923	6.00	210,450.96
20	2038	673	1639.38	610,339.92	2923	6.00	210,450.96
21	2039	711	1730.45	644,247.70	2923	6.00	210,450.96
22	2040	748	1821.53	678,155.47	2923	6.00	210,450.96
23	2041	792	1929.65	718,409.62	2923	6.00	210,450.96
24	2042	837	2037.78	758,663.77	2923	6.00	210,450.96
25	2043	881	2145.90	798,917.91	2923	6.00	210,450.96
26	2044	926	2254.02	839,172.06	2923	6.00	210,450.96
27	2045	970	2362.14	879,426.21	2923	6.00	210,450.96
28	2046	1016	2474.16	921,130.96	2923	6.00	210,450.96
29	2047	1062	2586.18	962,835.71	2923	6.00	210,450.96
30	2048	1108	2698.20	1,004,540.46	2923	6.00	210,450.96
31	2049	1154	2810.22	1,046,245.20	2923	6.00	210,450.96
32	2050	1200	2922.24	1,087,949.95	2923	6.00	210,450.96
33							
Tarifa por consumo				0.06			

Costos de Operación y Mantenimiento

Cuadro No. 11 COSTOS VARIABLES PRODUCTOS QUÍMICOS				
Polímero Aniónico				
Costo			8.00 \$/kg	
Pureza			50%	
Costo neto real			16.00 \$/kg	
Nº	Año	Q (l/s)	Polímero Aniónico	
			kg/año	\$/Año
0	2,018			
1	2,019	337	33,277	532,438
2	2,020	1,200	118,522	1,896,345
3	2,021	1,200	118,522	1,896,345
4	2,022	1,200	118,522	1,896,345
5	2,023	1,200	118,522	1,896,345
6	2,024	1,200	118,522	1,896,345
7	2,025	1,200	118,522	1,896,345
8	2,026	539	53,275	852,407
9	2,027	542	53,512	856,200
10	2,028	544	53,750	859,992
11	2,029	547	53,987	863,785
12	2,030	549	54,224	867,578
13	2,031	551	54,461	871,370
14	2,032	554	54,698	875,163
15	2,033	556	54,935	878,956
16	2,034	559	55,172	882,748
17	2,035	561	55,409	886,541
18	2,036	598	59,103	945,644
19	2,037	636	62,797	1,004,747
20	2,038	673	66,491	1,063,849
21	2,039	711	70,185	1,122,952
22	2,040	748	73,878	1,182,055
23	2,041	792	78,264	1,252,220
24	2,042	837	82,649	1,322,384
25	2,043	881	87,034	1,392,549
26	2,044	926	91,420	1,462,714
27	2,045	970	95,805	1,532,879
28	2,046	1,016	100,348	1,605,572
29	2,047	1,062	104,892	1,678,265
30	2,048	1,108	109,435	1,750,958
31	2,049	1,154	113,978	1,823,651
32	2,050	1,200	118,522	1,896,345

CUADRO No. 12: TIEMPOS Y COSTOS DE REINVERSIÓN POR REPOSICIÓN DE EQUIPOS						
Proceso y/o equipo	Tiempo de reposición	Año de reinversión	Año primera reinversión	Año segunda reinversión	Año tercera reinversión	Valor Reinversión US\$
	Años					
Sopladores	20	2018	2038			2,421,360.76
Bombas de estación de bombeo inicial	25	2018	2043			569,490.00
Cribas gruesas	25	2018	2043			650,668.11
Cribas finas	25	2018	2043			711,323.94
Sum. e Inst. Transportador y compactador de cribados, sin eje 6 m3/h, acero inox	25	2018	2043			185,962.46
Desarenadores	25	2018	2043			472,592.36
Sedimentadores primarios	20	2018	2038			1,194,262.98
Bombas de lodos primarios	25	2018	2043			57,529.28
Espesadores de lodos primarios a gravedad	20	2018	2038			189,092.06
Difusores de aire de burbuja fina	10	2018	2028	2038	2048	679,658.24
Sistema de recirculación de digestores	20	2018	2038			671,155.08
Sistema de intercambio de calor	20	2018	2038			282,058.21
Calderos	20	2018	2038			123,441.96
Bombas de lodos	20	2018	2038			17,845.56
Sistema de uso de biogas	20	2018	2038			600,000.00
Sedimentadores secundarios	20	2018	2038			1,776,114.52
Bombas RAS / WAS	25	2018	2043			354,874.96
Espesadores banda a gravedad	20	2018	2038			878,510.01
Bombas de espesadores a digestores	20	2018	2038			10,414.02
Lámparas UV	2	2018	2020	Reinversión cada dos años		946,741.98
Centrífugas	15	2018	2033	2048		1,539,195.15
Sum. e Inst. Tornillo Transportador sin eje, 0.4 m de diametro	25	2018	2043			144,824.10
Bombas de digestores a centrifugas	20	2018	2038			199,795.20

Costos de Operación y Mantenimiento

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GUANGARCUCHO
CUADRO No. 13: RESUMEN DE COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Precios de mercado)

No.	Años	Caudal l./s	COSTOS FIJOS				COSTOS VARIABLES				Total Fijos + Variables	Costo USD / m ³			
			Mano Obra Calif.	Mano Obra No Calif.	Combust.	Insumos Nac.	Insumos Import.	Energ. Y Pot Instalada	Total Fijos	Consumo Energía			Insm. Quím.	Reinversion	Total Variables
0	2018	308	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	305.465	532.438	0	837.903	3.001.557	0,28
1	2019	336.925	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	946.742	3.931.037	6.094.691	0,16
2	2020	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	0	2.984.295	5.147.949	0,14
3	2021	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	946.742	3.931.037	6.094.691	0,16
4	2022	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	0	2.984.295	5.147.949	0,14
5	2023	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	946.742	3.931.037	6.094.691	0,16
6	2024	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	0	2.984.295	5.147.949	0,14
7	2025	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	946.742	3.931.037	6.094.691	0,16
8	2026	539,4	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	489.034	852.407	0	2.288.182	4.451.837	0,26
9	2027	541,8	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	491.209	856.200	0	1.347.409	3.511.063	0,21
10	2028	544,2	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	493.385	859.992	1.626.400	2.979.778	5.143.432	0,30
11	2029	546,6	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	495.561	863.785	0	1.359.346	3.523.001	0,20
12	2030	549	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	497.737	867.578	946.742	2.312.057	4.475.711	0,26
13	2031	551,4	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	499.913	871.370	0	1.371.283	3.534.938	0,20
14	2032	553,8	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	502.089	875.163	946.742	2.323.994	4.487.648	0,26
15	2033	556,2	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	504.265	878.956	1.539.195	2.922.416	5.086.070	0,29
16	2034	558,6	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	506.441	882.748	946.742	2.335.931	4.499.585	0,26
17	2035	561	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	508.617	886.541	0	1.395.158	3.558.812	0,20
18	2036	598,4	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	542.524	945.644	946.742	2.434.910	4.598.565	0,24
19	2037	635,8	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	576.432	1.004.747	0	1.581.179	3.744.833	0,19
20	2038	673,2	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	610.340	1.063.849	9.990.451	11.664.640	13.828.294	0,65
21	2039	710,6	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	644.248	1.122.952	0	1.767.200	3.930.854	0,18
22	2040	748	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	678.155	1.182.055	946.742	2.806.952	4.970.607	0,21
23	2041	792,4	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	718.410	1.252.220	0	1.970.629	4.134.284	0,17
24	2042	836,8	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	758.664	1.322.384	946.742	3.027.790	5.191.444	0,20
25	2043	881,2	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	798.918	1.392.549	2.674.673	4.866.140	7.029.794	0,25
26	2044	925,6	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	839.172	1.462.714	946.742	3.248.628	5.412.282	0,19
27	2045	970	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	879.426	1.532.879	0	2.412.305	4.575.959	0,15
28	2046	1016	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	921.131	1.605.572	946.742	3.473.445	5.637.099	0,18
29	2047	1062	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	962.836	1.678.265	0	2.641.101	4.804.755	0,14
30	2048	1108	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.004.540	1.750.958	3.165.595	5.921.094	8.084.748	0,23
31	2049	1154	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.046.245	1.823.651	0	2.869.897	5.033.551	0,14
32	2050	1200	612.137	191.885	14.227	33.275	1.101.680	210.451	2.163.654	1.087.950	1.896.345	946.742	3.931.037	6.094.691	0,16
TOTAL == >											\$ 166.073.335				
VALOR ACTUAL NETO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO == >											\$ 41.802.191				