

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



Propuesta de un manual de operaciones de una PTAR con proceso Bardenpho de la Paz, BCS.

Por:

**VIANNEY EUGENIA GONZÁLEZ LÓPEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Propuesta de un manual de operaciones de una PTAR con proceso Bardenpho  
de la Paz, BCS.

Por:

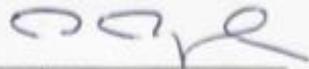
**VIANNEY EUGENIA GONZÁLEZ LÓPEZ**

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

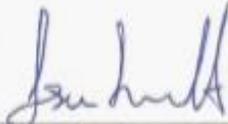
Aprobada por:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO  
Presidente



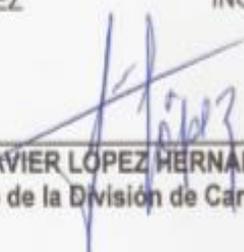
ING. JOEL LIMONES AVITIA  
Vocal



DR. ISAIAS LÓPEZ HERNÁNDEZ  
Vocal



ING. ARMANDO RUIZ PÉREZ  
Vocal Externo



M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
DICIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Propuesta de un manual de operaciones de una PTAR con proceso Bardenpho  
de la Paz, BCS.

Por:

**VIANNEY EUGENIA GONZÁLEZ LÓPEZ**

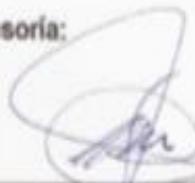
TESIS

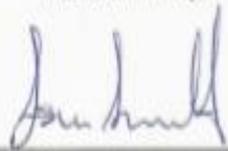
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO  
Asesor Principal

  
ING. JOEL LIMONES AVITIA  
Coasesor

  
DR. ISAÍAS LÓPEZ HERNÁNDEZ  
Coasesor

  
ING. ARMANDO RUÍZ PÉREZ  
Coasesor Externo

  
M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
DICIEMBRE 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi Alma Terra Mater.**

Por brindarme los conocimientos necesarios para desenvolverme como profesionista.

### **A mi Comité de Asesores.**

M.I Beatriz Peña Loera, Ing. Armando Ruiz Pérez, Dr. José Luis Reyes Carrillo, Ing. Joel Limones Avitia, Dr. Isaías López Hernández.

Por su apoyo y paciencia brindada aparte de trasmitirme su conocimiento científico y su excelente dirección para realizar esta investigación, pero sobre todo agradezco las atenciones y la amistad formada.

### **A mis Profesores.**

A todos ellos por haber contribuido en mi formación profesional.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis Padres.**

Eugenio González González, Beatriz López Ramírez Sosa

Por apoyarme incondicionalmente durante toda la carrera y demostrarme siempre su cariño como también por darme la vida y apoyarme en cualquier decisión que tome.

### **A mis Hermanos.**

Beatriz Eugenia, Eugenio, Carlo Eugenio

Por su apoyo incondicional, enseñanzas, convivencias, aprendizajes y por todo el cariño que siempre recibo de ustedes.

### **A mis amigos.**

Principalmente María Loreto Cabrera Gutiérrez y Wendy Yesenia Esquivel Rodríguez así como también a mis compañeros de clase.

Por tenerme paciencia y apoyo así como cada experiencia vivida con ellas que me hizo crecer como persona.

## **RESUMEN**

Este proyecto trata de la implementación de un manual de mantenimiento preventivo para el correcto funcionamiento de los equipos e infraestructura que comprenden una planta de tratamiento de aguas residuales. En el cual se incorporan fundamentos técnicos.

Dicho manual contendrá los elementos necesarios para que el personal operativo calificado pueda realizar las rutinas de mantenimientos preventivos, inspecciones y operación de los equipos, con la confianza de que se llevaran a cabo dichas acciones basándose en el manual.

**Palabras clave:** Tratamiento de aguas, Proceso, Bardenpho, Bombas, Sedimentación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	4
<b>2.2 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias</b> .....	5
<b>2.3 Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos</b> .....	7
<b>2.4 Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual domestica bruta</b> .....	8
<b>2.5 Indicadores visuales más comunes</b> .....	10
<b>2.6 Pretratamiento</b> .....	12
2.6.1 Cárcamo de llegada.....	12
2.6.2 Pozo de gruesos y cuchara Bivalva.....	12
2.6.3 Desbaste.....	13
2.6.4 Desarenación.....	13
2.6.5 Vertedero tipo Sutro.....	14
2.6.6 Cárcamo de bombeo.....	15
<b>2.7 Sedimentación primaria</b> .....	15
2.7.1 Sedimentador.....	16
<b>2.8 Tratamiento secundario</b> .....	16
2.8.1 Tratamiento biológico.....	16
2.8.2 Sedimentación secundaria.....	20
<b>2.9 Desinfección UV</b> .....	20
2.9.1 Canal Parshall.....	20
<b>2.10 Espesamiento de lodos</b> .....	21

2.10.1 Lodos primarios.....	21
2.10.2 Lodos secundarios.....	21
2.10.3 Mesas de espesado.....	21
2.10.4 Polímeros.....	22
<b>2.11 Mezcla de lodos de purga.....</b>	<b>22</b>
<b>2.10 Digestión anaerobia de lodos.....</b>	<b>22</b>
<b>2.12 Desaguado del lodo digerido.....</b>	<b>23</b>
2.12.1 Centrifugas.....	24
2.12.2 Disposición de lodos.....	24
<b>2.13 Generación de biogás.....</b>	<b>24</b>
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Localización geográfica.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Localización del experimento.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Sistema sugerido para el tratamiento del agua proveniente de La Paz, BCS.</b> .....	<b>26</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>134</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 CÁRCAMO DELLEGADA DEL AGUA CRUDA (DER. ANTIGUO, IZQ. ACTUAL).....	30
FIG. 2 BOTONERA LOCAL DE LA CUCHARA BIVALBA.....	32
FIG. 3 CUCHARA BIVALVA.....	32
FIG. 4 UBICACIÓN DE LAS COMPUERTAS DE ENTRADA DE AGUA A LAS REJILLAS.....	34
FIG. 5 EJEMPLO DE POLIPASTO MANUAL.....	35
FIG. 6 REJILLA PARA GRUESOS A NIVEL DE PISO.....	36
FIG. 7 PANEL DE CONTROL DE REJILLAS FINAS Y COMPACTADOR DE BASURA.....	39
FIG. 8 UBICACIÓN DE LA BOTONERA LOCAL DE REJILLAS FINAS Y COMPACTADOR DE BASURA.....	40
FIG. 9 FUNCIONES DE LA BOTONERA LOCAL.....	41
FIG. 10 EJEMPLO DE MENÚ PRINCIPAL CON FALLO EN EL SISTEMA.....	42
FIG. 11 EJEMPLO DE FALLA SELECCIONADA EN EL SISTEMA.....	43
FIG. 12 REJILLA MECÁNICA.....	45
FIG. 13 UBICACIÓN DE LAS COMPUERTAS QUE VAN A DESARENADORES.....	47
FIG. 14 BOTONERA LOCAL DE LOS DESARENADORES TIPO VORTEX.....	50
FIG. 15 MONITOR GENERAL DE DESARENADORES TIPO VORTEX.....	51
FIG. 16 DESARENADORES.....	52
FIG. 17 MEDICIÓN MANUAL DE CAUDAL POR VERTEDERO SUTRO.....	53
FIG. 18 VERTEDEROS TIPO SUTRO EN LA ETAPA DE PRE-TRATAMIENTO.....	54
FIG. 19 BOMBAS DEL CÁRCAMO DE BOMBEO.....	56
FIG. 20 UBICACIÓN DE NÚMERO DE CADA BOMBA DEL CÁRCAMO.....	57
FIG. 21 FUNCIONES DE LA BOTONERA LOCAL DE BOMBAS.....	58
FIG. 22 BOTONERA DEL CCM POR FUERA.....	58
FIG. 23 BOTONERA DE BOMBAS EN EL CCM POR DENTRO.....	59
FIG. 24 CAJA DERIVADORA EN LA ENTRADA AL TRATAMIENTO PRIMARIO.....	62
FIG. 25 EJEMPLO DE BOTONERA EN EL CCM PARA RASTRAS.....	65
FIG. 26 EJEMPLO DE PRUEBA DE COLCHÓN DE LODOS.....	67
FIG. 27 SEDIMENTADOR PRIMARIO.....	67
FIG. 28 BOTONERAS DE LAS BOMBAS MOYNO.....	70
FIG. 29 VÁLVULAS DE CUCHILLA ROJAS DE LAS BOMBAS MOYNO.....	70
FIG. 30 BOTONERA LOCAL DE BOMBAS KSB SUMERGIBLES.....	72
FIG. 31 VÁLVULAS Y MANÓMETROS DE LAS BOMBAS KSB SUMERGIBLES DE 1.5 HP.....	72
FIG. 32 EJEMPLO DEL CCM DE RASTRAS Y BOMBAS.....	74
FIG. 33 REACTOR BIOLÓGICO.....	75
FIG. 34 BOTONERA LOCAL DE MEZ CLADOR.....	77
FIG. 35 EJEMPLO DE DIFERENCIALES EN LA PRIMERA ETAPA.....	78
FIG. 36 DIFUSORES INSTALADOS EN LA SECCIÓN AEROBIA.....	79
FIG. 37 VÁLVULA DE REGULACIÓN DEL TANQUE AEROBIO.....	80
FIG. 38 BOTONERA LOCAL DE RECIRCULACIÓN INTERNA.....	81
FIG. 39 BOTONERA LOCAL DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN DE AGUA CRUDA.....	83
FIG. 40 VÁLVULAS DE PURGA Y DE FLUJO.....	85
FIG. 41 MONITOR DEL SOPLADOR.....	90
FIG. 42 GRÁFICA DE EFICIENCIA DEL SOPLADOR.....	91

FIG. 43 MONITOR DEL SOPLADOR. ....	93
FIG. 44 CUARTO DE SOPLADORES.....	94
FIG. 45 SEDIMENTADO SECUNDARIO .....	95
FIG. 46 BOTONERA DE RASTRAS EN EL CCM. ....	97
FIG. 47 BOTONERA LOCAL DE RASTRAS.....	98
FIG. 48 EJEMPLO DE PRUEBA DE COLCHÓN DE LODOS. ....	99
FIG. 49 CÁRCAMO DE LODOS SECUNDARIOS .....	100
FIG. 50 VÁLVULA PARA REGULACIÓN DE FLUJO. ....	101
FIG. 51 VÁLVULA DE CUCHILLA. ....	102
FIG. 52 BOTONERA DE LAS VÁLVULAS EN EL CCM.....	103
FIG. 53 BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE LODO EN EL CCM.....	104
FIG. 54 54 BOTONERA LOCAL DE BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DE LODOS.....	105
FIG. 55 BOMBA DE LODOS SECUNDARIOS EN EL CCM. ....	106
FIG. 56 VÁLVULAS TIPO CUCHILLA PARA REGULACIÓN DE FLUJO DE LODOS. ....	107
FIG. 57 BOMBA DE NATAS SECUNDARIAS EN EL CCM .....	108
FIG. 58 BOMBA ENERGIZADA Y FUNCIONANDO. ....	109
FIG. 59 BOTONERA LOCAL DE BOMBAS SUMERGIBLES CHICAS DEL CÁRCAMO DE NATAS.....	109
FIG. 60 COMPUERTAS REGULADORAS DE FLUJO EN DESINFECCIÓN. ....	112
FIG. 61 VÁLVULAS MARIPOSA DE SEDIMENTADORES A DESINFECCIÓN. ....	113
FIG. 62 BOMBAS DE LAVADO DE ESPUMA .....	113
FIG. 63 PANTALLA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN UV. ....	115
FIG. 64 BOTONERAS DE DESINFECCIÓN.....	115
FIG. 65BOTONERA LOCAL DE BOMBAS PICSA .....	116
FIG. 66 CANAL PARSHALL. ....	117
FIG. 67EJEMPLO DE TABLA DE MEDICIÓN DE FLUJO CON CANAL PARSHALL. ....	118
FIG. 68 MESAS DE ESPESADO .....	121
FIG. 70 UNIDAD DE POLÍMEROS MESAS DE ESPESADO. ....	122
FIG. 71 DIGESTORES ANAEROBIOS .....	123
FIG. 72 FUNCIONAMIENTO DE UN DIGESTOR.....	123
FIG. 73 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GAS.....	124
FIG. 74 QUEMADOR DE BIOGÁS.....	126
FIG. 75 CUARTO DE CALENTAMIENTO DE LODOS. ....	129
FIG. 76 TANQUE DE LODO DIGERIDO.....	130
FIG. 77CENTRÍFUGA.....	131
FIG. 78 UNIDAD DE PREPARACIÓN DE POLÍMEROS.....	132
FIG. 79 SITIO DE DISPOSICIÓN TEMPORAL DE LODOS. ....	133

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL Y SUS PROCEDENCIAS .....	5
TABLA 2 COMPONENTES QUÍMICOS TÍPICOS QUE PUEDEN ENCONTRARSE EN EL AGUA RESIDUAL Y SUS EFECTOS .....	7
TABLA 3 FUNCIONES DEL PANEL DE CONTROL DE LAS REJILLAS FINAS UBICADAS EN EL PRE-TRATAMIENTO. ....	39
TABLA 4 NÚMERO Y NOMBRE DE LAS REJILLAS FINAS Y EL COMPACTADOR DE BASURA .....	41
TABLA 5 FUNCIONES DE LA BOTONERA .....	58
TABLA 6 FUNCIONES DEL SOPLADOR AERZEN SD 700 .....	86

## 1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento (Romero, 2011).

El trabajo de operación y mantenimiento en un sistema de tratamiento de aguas servidas, es necesario que se ejecute de manera adecuada para lograr una buena eficiencia en la remoción del material contaminante de acuerdo con lo esperado y considerando los parámetros de diseño empleados. Las labores de mantenimiento pueden ser ocasionales (preventivo) o rutinarias de operación dependiendo de la periodicidad con que se ejecuten. Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descuidos imprevisibles (Guerra & Daza, 2014).

Las características de las aguas residuales se determinan por sus composiciones: física, química y biológica; entre sus características físicas se puede mencionar el olor, color y temperatura; si se habla de sus constituyentes químicos, se puede mencionar dos categorías: Orgánicos (carbohidratos, pesticidas, proteínas etc.) e inorgánicos (metales pesados, nitrógeno, fósforo etc.); y finalmente, como componentes biológicos podemos mencionar a la microvegetación, virus y bacterias. Las aguas residuales pueden ser aguas desechadas de procesos industriales y domésticos.(Uc & Cortés, 2008 )

La presencia de aceites y grasas en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento (Wakelin & Forster, 1998).

Para el caso de las aguas residuales municipales, el principal objetivo es el reducir su contenido orgánico y en algunos casos de nutrientes, tales como el nitrógeno y el fósforo (Moller & Tomasini, 2015). Las aguas residuales del sistema municipal incluyen aguas residuales humanas y de viviendas, provenientes de inodoros, sumideros de baños y otros drenajes. Las industrias, escuelas y negocios aportan químicos y otros desperdicios de los procesos de las fábricas, operaciones de servicios de comida, aeropuertos, centros comerciales, etc. El agua de tormenta, la más variable de estas tres fuentes, incluye agua de los drenajes de las calles, así como agua del subsuelo que ingresa a través de grietas hacia los drenajes.(Hebert, 2010)

Se dice que una planta de tratamiento de aguas residuales es tan eficiente como lo son sus operadores. Una planta bien diseñada pero mal operada ofrecerá malos resultados, una planta con problemas de diseño pero bien operada puede ofrecer resultados satisfactorios, una planta bien diseñada y bien operada logra efluentes de buena calidad (Calderon, 2010).

El presente Manual de Operación tiene como propósito contar con una guía clara y específica que garantice la óptima operación y desarrollo de las diferentes actividades que se llevan a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Paz, BCS incluyendo la descripción particular del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Comprende en forma ordenada, secuencial y detallada las operaciones de los procedimientos a seguir para cada una de las actividades laborales, promoviendo el buen desarrollo administrativo y operativo.

Los procedimientos de operación que se mencionan en este manual están sujetos a cambios y/o actualizaciones en la medida que se presenten variaciones en la ejecución de los procedimientos, en la normatividad establecida, en la estructura de la empresa, o bien en algún otro aspecto que influya en la operatividad del mismo, con el fin de cuidar su vigencia operativa.

Mencionado lo anterior se recomienda hacer una revisión completa de este documento de forma anual, cuando sucedan algunas de las condiciones antes mencionadas o cuando así se requiera.

A continuación, se mencionan las etapas del proceso de tratamiento del agua y como se divide este manual:

- Pre-tratamiento
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Biológico
- Tratamiento Secundario
- Sistema de Desinfección UV
- Digestión Anaerobia de Lodos
- Deshidratado de Lodos
- Disposición Temporal de Lodos

El presente manual está dirigido a todo el personal que está involucrado en la operación de la planta en conjunto con el personal de mantenimiento.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1 Antecedentes

Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría. Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores.(Innovagua, 2015)

A mediados de la década de 1850 se inicia un período de investigación y estudio, que se continúa en los sesenta, en el que se profundiza sobre el conocimiento de los procesos biológicos, se establecen principios básicos de funcionamiento y los primeros modelos de los mismos, permitiendo la adopción de criterios de diseño basados en consideraciones de tipo científico y no de los puramente empíricos utilizados hasta la fecha. A partir de este momento se desarrollan los primeros sistemas de depuración, inicialmente dirigidos a la eliminación de materias sólidas y posteriormente complementadas con la de la materia orgánica soluble mediante los tratamientos biológicos, primero los filtros percoladores (1897) y posteriormente, los lodos activados (1914) (CIDTA, 2011).

A primeros del siglo presente, las aguas residuales de la mayoría de las comunidades se vertían directamente a ríos y corrientes mediante alcantarillado unitario. La acumulación de lodos y el desarrollo de olores y condiciones desagradables surgieron como consecuencia de esta práctica. Para solventar estos problemas se introdujo la evacuación separada de las aguas residuales y de las aguas pluviales, y el tratamiento de las aguas residuales.(Tchobanoglo us & Burton, 1996 )

## 2.2 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias

Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias

<b>Característica</b>	<b>Procedencia</b>
<b><u>Propiedades físicas:</u></b>	
Color:	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor:	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos:	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura:	Aguas residuales domésticas e industriales.
<b><u>Constituyentes químicos:</u></b>	
<b><u>Orgánicos:</u></b>	
Carbohidratos:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas:	Residuos agrícolas.
Fenoles:	Vertidos industriales.
Proteínas:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.

Compuestos orgánicos volátiles:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<b><u>Inorgánicos:</u></b>	
Alcalinidad:	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros:	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados:	Vertidos industriales.
Nitrógeno:	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas. Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
PH:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
Fósforo:	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios:	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Azufre:	
<b><u>Gases:</u></b>	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
<b><u>Constituyentes biológicos:</u></b>	
Animales:	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas:	Cursos de agua y plantas de tratamiento.

<u>Protistas:</u>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.  Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.  Aguas residuales domésticas.
Eubacterias:	
Arqueobacterias:	
<u>Virus:</u>	

(Tchobanoglous & Burton, 1979).

### 2.3 Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos

Tabla 2 Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos

Componentes	Efecto	Concentración crítica, mg/L
Sólidos suspendidos	Pueden provocar deposiciones de sólidos o empeorar la transparencia de las aguas receptoras.	Variable
Materia orgánica biodegradable	Pueden agotar las reservas de oxígeno disponible.	Variable
Contaminantes prioritarios	Tóxico para el hombre; carcinógenos.  Tóxicos para el entorno acuático.	Varía en función del constituyente.  Varía en función de la presencia en la columna de agua, masa biológica, o sedimento.
Compuestos orgánicos volátiles	Tóxicos para el hombre; carcinógenos; forman oxidantes fotoquímicos (smog).	Varía en función del constituyente.

Amoníaco	Aumenta la demanda de cloro; puede convertirse a nitratos y agotar los recursos de oxígeno; con el fósforo puede llevar al desarrollo de crecimientos de algas.	Cualquier cantidad.  Variable
Nitrato	Tóxico para los peces. Estimula el crecimiento acuático y de las algas; Puede causar metagemoglobinemia en los niños (niños azules).	0,3 (para lagos con aguas tranquilas)  45°C
Fosfato	Estimula el crecimiento acuático y de las algas. Interfiere con la coagulación. Interfiere con el ablandamiento cal-sosa	0,015 (para lagos con aguas tranquilas). 0,2-0,4  0,3
Otros compuestos inorgánicos		
Calcio y magnesio	Aumenta la dureza y los sólidos totales disueltos.	
Cloruro	Imparte sabor salado Interfiere en los usos agrícolas e industriales	250 75-200
Sulfato	Acción catártica	600-1.000
Otros compuestos orgánicos	Provocan espumas y pueden interferir con la coagulación	1,0-3,0
Agentes tensoactivos		

(EPA, 2011).

#### 2.4 Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual domestica bruta

Organismos	Enfermedad	Comentario
<b>Bacteria</b> <i>Escherichia coli(enteropatogenica)</i>	Gastroenteritis	Diarrea
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionelosis	Enfermedades respiratorias agudas

<i>Leptospira</i>	Leptospirosis	Leptospirosis, fiebre (enfermedad de weil)
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea ulceras en el intestino delgado
<i>Salmonella</i>	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos
<i>Shigella</i>	Shigelosis	Disenteria bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Diarreas extremadamente fuertes, deshidratación
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersinosis	Diarrea
<b>Virus</b>	Enfermedades respiratorias	
Adenovirus (31 tipos)		
Enterovirus (67 tipos, p.e polio, eco y virus Cocksakie)	Gastroenteritis, anomalías cardiacas, meningitis	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosa	Leptospirosis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	Vómitos
Rcovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
<b>Protozoos</b>	Balantidiasis	Diarrea, disentería
<i>Balantidium coli</i>		
<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiosis	Diarrea
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis (Disenteria amebica)	Diarreas prolongadas con sangre, abscesos en el hígado y el intestino delgado
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Diarrea, náuseas, indigestión.
<b>Helmintos</b>	Ascariasis	Infestación de gusanos
<i>Ascaris lumbricoides</i>		
<i>Enterobius vericularis</i>	Enterobiasis	Gusanos
<i>Fasciola hepática</i>	Fascioliasis	Gusanos (tercera)
<i>Hymenolepis nana</i>	Hymenlepiasis	Tenia enana
<i>Taenia saginata</i>	Teniasis	Tenia (buey)
<i>T. solium</i>	Teniasis	Tenia (cerdo)
<i>Trichuris trichitara</i>	Trichuriasis	Gusanos

(Wheelis & Painter, 1986).

## **2.5 Indicadores visuales más comunes**

### **Color**

Puede indicar la edad de los lodos, un lodo activado en buen estado presenta un color café claro, un lodo oscuro o negro podrá indicar que hay condiciones de septicidad dentro del reactor ya sea por mala distribución del oxígeno disuelto (fallas en el equipo de aeración, condiciones de mezcla inadecuadas).

### **Espuma**

Indica que los niveles de sólidos no están en el intervalo recomendado o bien que los lodos son jóvenes o viejos. La formación de espuma blanca en el efluente de la planta indica altas concentraciones de sólidos.

### **Algas**

La proliferación de algas en las paredes, canaletas y vertedores significa que el agua contiene muchos nutrientes (nitrógeno y fósforo). Para controlar el exceso de nutrientes es necesario identificar la fuente de nutrientes.

### **Material flotante**

El material flotante en el sedimentador secundario es indicador de niveles altos de grasas y aceites en el influente de la planta; esto interfiere con la sedimentación secundaria y puede causar bajas eficiencias de remoción de DBO.

### **Burbujeo**

El burbujeo en el sedimentador indica que el manto de lodos es demasiado profundo y el lodo permanece ahí mucho tiempo y entra en condiciones de anaerobiosis con la consecuente producción de metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico (formadores de las burbujas).

### **Acumulación de sólidos**

La acumulación de sólidos, especialmente en las esquinas y en los espacios entre los difusores, indica un mezclado deficiente en el tanque de aireación.

### **Turbulencia**

La turbulencia en el tanque de aireación debe ser uniforme, si se observan zonas con baja turbulencia puede deberse a difusores obstruidos o a la colocación desigual de aireadores superficiales.

### **Trayectoria de flujo**

La observación de la trayectoria del flujo puede ayudar a detectar cortos circuitos; el movimiento que describe la espuma, la materia flotante o los sólidos suspendidos son una indicación del patrón de flujo y puede verse de este modo un corto circuito, por ejemplo si el movimiento es demasiado rápido.

### **Claridad del efluente**

La claridad del efluente es un indicador del estado del proceso, si el efluente es claro el proceso está trabajando bien, que el efluente sea turbio es una señal de un mal funcionamiento de la planta.

### **Aspecto del lodo**

El aspecto del lodo es otro indicador. Normalmente los flóculos tienen una apariencia esponjosa, pero sedimentan bien, si el lodo presenta un aspecto poco compacto es probable que existan microorganismos filamentosos.

### **Olor**

El olor de los lodos activados, cuando el sistema opera bien, es como de humedad; si la planta genera malos olores es un indicio de problemas operativos, ya sea que no se esté aireando suficientemente el reactor, que se esté

acumulando demasiado tiempo el lodo en el sedimentador, que el sistema esté en un choque orgánico (IMTA, 2015).

## **2.6 Pretratamiento**

El pretratamiento de las aguas residuales tiene por objeto remover, reducir o modificar sólidos gruesos, medios y finos, arenas de cierto tamaño y peso específico, y en ocasiones grasas y aceites presentes en el agua residual, que pueden causar problemas operacionales o incrementar la frecuencia del mantenimiento de los equipos por desgaste o atascamiento. El pretratamiento se logra separando del agua, por medio de operaciones físicas o mecánicas, la mayor cantidad posible de materias que por su naturaleza o tamaño ocasionarían problemas en tratamientos posteriores (CONAGUA, 2015).

Consta de un cárcamo de llegada, pozo de gruesos, cuchara bivalva, compuertas de cuchilla para regular el flujo, rejilla de gruesos de operación manual, rejilla mecánica fina y compactador de basura, desarenadores tipo Vortex, vertederos tipo Sutro, cárcamo de bombeo y válvula de recirculación, siguiendo el mismo fin de eliminar los materiales gruesos, las arenas y gravilla.

### **2.6.1 Cárcamo de llegada**

Una vez se haya estimado el caudal medio diario “ $Q = \text{med}$ ” con la suma de los aportes de aguas a la red de alcantarillado, deben estimarse el caudal mínimo y el caudal punta que puede llegar, en un momento determinado, al sistema de depuración (Lozano, 2012).

### **2.6.2 Pozo de gruesos y cuchara Bivalva**

Los pozos de gruesos se fundamentan en la elevada diferencia de densidad entre el sólido a separar y el agua, lo que conlleva que caigan al fondo del mismo en un tiempo mínimo. Los sólidos retenidos en el pozo de gruesos se retiran mediante una cuchara bivalva hidráulica. Esta cuchara pende de una viga

con un polipasto eléctrico o puente grúa. Los parámetros de diseño de un pozo de gruesos son el Tiempo de Retención (TR) y la Carga Hidráulica (CH) (Fernández, 2016).

### **2.6.3 Desbaste**

La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es la operación de desbaste. Una rejilla es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos existentes en el agua residual (Metcalf & Eddy, 2003b).

En las plantas de tratamiento las rejas gruesas se utilizan para impedir que sólidos de gran tamaño como piedras, troncos, pedazos de madera, trapos, botellas de plástico y en general toda clase de basura voluminosa acarreada por el sistema de alcantarillado, entre al sistema de tratamiento y dañe las rejillas subsecuentes. Las rejillas utilizadas en el cribado pueden ser de limpieza manual o automática. Su selección depende del caudal a tratar en la planta y de la cantidad de basura esperada. Si la limpieza no se realiza con frecuencia, la remoción de los sólidos atrapados puede provocar turbulencia cuando la velocidad de flujo es alta (CONAGUA, 2015).

### **2.6.4 Desarenación**

Remover la arena reduce su acumulación en tanques, causes y tuberías agua abajo, así como elimina el excesivo desgaste que la arena causa en el equipo mecánico de una planta. La arena que es inorgánica, no puede consumirse biológicamente en sistemas aguas abajo. Al sedimentarse, la arena afecta seriamente el proceso del tratamiento reduciendo volúmenes en tanques y los periodos de retención. Equipo adversamente afectado por partículas de arena abrasivas pueden incluir las bombas, válvulas, trituradores, trampas mecánicas, mecanismos para deshidratar lodos, procesos de digestión de lodos, e instrumentos medidores de flujo. Una cámara de arena previa a estos

dispositivos puede disminuir el costo total de operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas (Smith&loveless, 2018).

#### **2.6.4.1 Desarenador tipo Vortex**

Trabaja con un flujo tipo vórtice y aprovecha las fuerzas centrífuga y gravitacional. Dada la magnitud de la fuerza centrífuga cerca del punto de descarga, algunas de las partículas de acuerdo con su tamaño, densidad y fuerza de arrastre, son retenidas dentro del vórtice; mientras que otras son arrastradas fuera de la unidad.

En resumen, la arena se queda en la unidad y las partículas orgánicas salen con el efluente. La arena se extrae por la abertura del fondo de las unidades o bien se succiona mediante una bomba de aire (CONAGUA, 2015).

#### **2.6.4.2 Disposición de la arena**

Los métodos para la disposición final de la arena incluyen rellenos sanitarios, lagunas, suelos extensos e incineración. Debido a que la arena es estructuralmente estable, esta no causa problemas al disponerse en el suelo. Por otro lado, la incineración es en ocasiones mejor que enterrar y cubrir la arena proveniente de una planta de tratamiento, siempre y cuando, no se dañe al medio ambiente. Ocasionalmente la arena extraída y lavada se utiliza para la construcción.

#### **2.6.5 Vertedero tipo Sutro**

Los vertederos son unidades que pueden servir para medir caudales y también para derivar los mismos. Se deben construir de material resistente a la corrosión de las aguas residuales. El vertedero proporcional ó tipo SUTRO, se

compone de una sección rectangular adherida a una sección curva que provee proporcionalidad (Vega, 2015).

### **2.6.6 Cárcamo de bombeo**

La cámara de succión o pozo de bombeo sirve para almacenar el agua residual antes de su bombeo. Su volumen depende del tipo de bombas que se emplean, ya sean de velocidad constante o variable.

Otras funciones de la cámara de succión son conseguir la suficiente sumergencia de los ductos de la succión de las bombas para evitar la formación de vórtices así como amortiguar la transición del caudal desde la llegada del agua a las tuberías de succión de las bombas (CONAGUA, 2007).

## **2.7 Sedimentación primaria**

En un tratamiento primario, una porción de los sólidos suspendidos y la materia orgánica es eliminada del agua residual. Esta remoción es generalmente realizada mediante procesos físicos (Moller & Tomasini, 2015).

Los tanques de sedimentación primaria pueden proporcionar el principal grado de tratamiento del agua residual, o se pueden emplear como paso previo al tratamiento posterior (Metcalf & Eddy, 2003d).

Cuando se reduce la velocidad, los sólidos que son más densos (más pesados) que el agua, se depositan en el fondo. La gravedad es la fuerza de trabajo. El gasto y la velocidad de flujo son los factores que influyen en la eficiencia de los tanques primarios.(CONAGUA, 2015) Remoción de partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,5 mm (OMS, 2005b).

### 2.7.1 Sedimentador

Dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua (OMS, 2005a).

## 2.8 Tratamiento secundario

### 2.8.1 Tratamiento biológico

Los objetivos principales del tratamiento biológico del agua residual doméstica son: oxidar la materia orgánica disuelta, remover los sólidos suspendidos y eliminar nutrientes para las bacterias heterotróficas, los donadores de electrones son las sustancias orgánicas que pueden ser degradadas; para las bacterias autotróficas nitrificantes es el amoníaco, el nitrito u otro compuesto inorgánico reducido (DeBarbadillo, 1995).

Los microorganismos utilizan la materia orgánica coloidal y disuelta como alimento para llevar a cabo todas sus funciones metabólicas, como crecimiento y reproducción, generando como productos finales, varios tipos de gases y materia inorgánica y más células (biomasa). Ya que la gravedad específica de la biomasa es ligeramente mayor que la del agua, éstas pueden removerse por sedimentación (Moller & Tomasini, 2015).

La remoción de nitrógeno básicamente implica la conversión aerobia de amonio a nitrato (nitrificación) y la conversión anóxica de nitrato en gas nitrógeno (desnitrificación). La nitrificación se realiza por bacterias nitrificantes autotróficas, que son aerobias obligadas (*nitrosomonas* y *nitrobacter*)

La desnitrificación es un proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitrato es reducido a nitrógeno gas (N<sub>2</sub>) que se libera a la atmósfera, por intermedio de bacterias heterótroficas aerobias facultativas que en condiciones anóxicas son capaces de utilizar los nitratos como aceptores de electrones, en lugar del oxígeno disuelto (Singh, 2011).

### **2.8.1.1 Proceso Bardenpho**

Existen varios tipos de configuraciones de reactores biológicos, tanto para la eliminación de materia orgánica como de eliminación conjunta de materia orgánica y nutrientes (Barcamp, 2014).

El proceso Phoredox se consiguen altas tasas de desnitrificación y eliminación de fosforo, a la vez que se recirculan muy pocos nitratos a la zona anaerobia mediante la recirculación de lodos del decantador.

Por razones de nombre comercial, el Phoredox se llama a veces Bardenpho modificado ó Bardenpho de 5-etapas. Se compone de los 4 reactores de un sistema Bardenpho (anoxia-aerobia-anoxia-aerobia), a los cuales se les añade un quinto reactor anaerobio y además la recirculación principal, en lugar de enviarse al primer reactor anóxico, se conduce a la entrada del reactor anaerobio (Antonio Ros, 2011).

### **2.8.1.2 Sistema anaerobio**

Dentro del metabolismo para la descomposición de macromoléculas, estos microorganismos realizan varios procesos: hidrólisis, acetogénesis y metanogénesis, entre otros, cubre reacciones que se realizan dependiendo de las características particulares de la bacteria y de las funciones que cumplen dentro del ciclo degradativo, para la obtención de nuevos productos dependiendo de las rutas bioquímicas o procesos fermentativos que allí se desarrollan (Constanza & Antolinez, 2015).

### 2.8.1.3 Sistema anóxico

El término anóxico se utiliza para distinguir la utilización de nitritos y nitratos como aceptores de electrones en condiciones anaerobias (Metcalf & Eddy, 2003e).

La eliminación del nitrógeno en forma de nitrato por conversión en nitrógeno gas se puede conseguir biológicamente bajo condiciones «anóxicas» (sin oxígeno). El proceso se conoce con el nombre de desnitrificación. En el pasado, el proceso de conversión se solía identificar como la desnitrificación anaerobia. Sin embargo, las principales vías bioquímicas no son anaerobias, sino modificaciones de las vías aerobias; es por esta razón por la que se ha creído conveniente emplear el término anóxico en lugar de anaerobio. La conversión del nitrógeno, en forma de nitratos, a formas más rápidamente eliminables se puede llevar a cabo gracias a la acción de diversos géneros de bacterias. De entre todas ellas, se pueden destacar: *Achromobacter*, *Acrobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas* y *Spirillum*. Estas bacterias son heterótrofas capaces de la reducción disimilatoria del nitrato, que es un proceso de dos etapas. El primer paso consiste en la conversión de nitrato en nitrito, y a continuación se producen óxido nítrico, óxido nitroso y nitrógeno gas (Antonio Ros, 2010).

### 2.8.1.4 Sistema de aireación

El proceso de lodos activados es sistema de tratamiento biológico más habitual en el tratamiento de las aguas residuales. Fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Arden y Lockett, quienes realizaron experimentos con un cultivo biológico en suspensión en un tanque aireado e introdujeron la idea de recircular la biomasa suspendida formada durante la aireación. Esta suspensión fue llamada lodos activados y correspondía a la biomasa activa responsable del proceso de depuración (Alleman & Prakasam, 1983).

El ambiente aerobio en el reactor, se consigue mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos que también sirven para mantener el líquido completamente mezclado (Metcalf & Eddy, 1991b). El proceso de lodos activados es un proceso biológico donde el “lodo activado” no es más que una mezcla de microorganismos” (Moller & Tomasini, 2015). IVL cuantifica el volumen de estos lodos expresado en unidades de ml/g.

Se mide como la altura, expresada en “ml” de la interfase de los sólidos después de sedimentar el licor mezclado del biorreactor durante 30 minutos, en un cilindro graduado de 1.000 ml, dividido por la masa de sólidos expresada en gramos. Esta masa es el conocido parámetro SSLM característico de los reactores de cualquiera de las variantes de lodos activados. El resultado representa el volumen ocupado por un gramo de sólidos suspendidos en el licor mezclado, conocido como el Índice Volumétrico de los Lodos (Metcalf & Eddy, 2003f).

#### **2.8.1.5 Sistema post-anóxico**

El líquido mezcla nitrificado del primer tanque de aireación pasa a una segunda zona anóxica, en la que tiene lugar una segunda desnitrificación en la que se consume el carbono endógeno (Barcamp, 2014).

#### **2.8.1.6 Sistema post-aireación**

La segunda zona aerobia es relativamente pequeña, y se emplea para eliminar por desorción el nitrógeno gas antes de pasar a la clarificación. El amoníaco liberado del lodo en la zona anóxica también se nitrifica en la última zona aerobia (Barcamp, 2014). Habitualmente, para cumplir los objetivos de la postaireación, tres son los métodos más comúnmente empleados: aireación en cascadas, aireación mecánica, difusores de aire.(Metcalf & Eddy, 2003c)

## **2.8.2 Sedimentación secundaria**

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación (Maskew, Geyer, & Okun, 1966).

Dado que en el reactor aeróbico se tiene un nivel de agitación que determina la biomasa esté en un régimen de mezcla completa, será necesario separar los sólidos suspendidos del licor mezclado mediante una operación de sedimentación. La sedimentación de lodos de aguas residuales es un proceso que depende del tiempo (Uc & Cortés, 2008).

## **2.9 Desinfección UV**

Se ha podido comprobar que una correcta dosificación de rayos ultravioleta es eficaz bactericida y virucida, además de no contribuir a la formación de compuestos tóxicos.

La radiación con longitud de onda de alrededor de 254 nm penetra la pared celular de los organismos y es absorbida por los materiales celulares, incluidos el ADN y el ARN, lo cual pueden impedir la reproducción o producir directamente la muerte de la célula. Debido a que sólo son efectivos los rayos ultravioletas que alcanzan a las bacterias, es conveniente que el agua esté libre de turbiedad, que podría absorber la radiación ultravioleta no constituye un desinfectante efectivo para aguas residuales que presentan altas concentraciones de sólidos (Metcalf, Eddy, & Tchobanoglous, 2003).

### **2.9.1 Canal Parshall**

El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Es un medidor de régimen crítico, siendo idealizado por Ralph L. Parshall, ingeniero del servicio de irrigación del Departamento de

Agricultura de los Estados Unidos (Villón, 1995).

## **2.10 Espesamiento de lodos**

### **2.10.1 Lodos primarios**

Es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Esto ocurre después del desarenado y consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. La composición del lodo depende de las características del área de recolección de las aguas residuales, generalmente contiene una gran cantidad de material orgánica, vegetales, frutas, papel, etc. en un estado inicial de descomposición. La consistencia se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre 92 % y 96% (Winkler, 1994).

Este lodo, por su naturaleza, se enviará a un tanque de mezcla para homogeneizarse con el lodo secundario previamente espesado.

### **2.10.2 Lodos secundarios**

En el proceso de tratamiento, es conveniente alcanzar una vida del lodo constante; para lograrlo, la biomasa en exceso debe de eliminarse de la planta biológica de tratamiento de lodo. El lodo secundario es rico en lodo activo (Winkler, 1994).

### **2.10.3 Mesas de espesado**

Una de las primeras etapas en su tratamiento es el espesamiento, cuya finalidad es reducir el volumen de los lodos a tratar, mediante la remoción de una parte de su fracción líquida. Supongamos que se tienen unos lodos cuya concentración de sólidos es del 2%, y los espesamos hasta lograr un contenido de sólidos del 4%; a simple vista, pudiéramos pensar que el aumento en la concentración de sólidos es muy pequeño, ya que los lodos espesados todavía contienen una cantidad considerable de agua (96%).

Las ventajas de la reducción en el volumen de los lodos mediante el proceso de espesamiento pueden observarse durante las etapas posteriores de su tratamiento, tales como digestión, desaguado, secado y combustión (Metcalf & Eddy, 1991a).

#### **2.10.4 Polímeros**

Son polímeros orgánicos con carga eléctrica. Inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Hoy se usan una gran variedad de polielectrolitos sintéticos. Pueden actuar solos o como coadyuvantes para floculación.

Los polielectrolitos pueden clasificarse en:

- Catiónicos: Cargados positivamente.
- Aniónicos: Cargados negativamente.
- No iónicos: No son polielectrolitos en sentido estricto aunque exhiben en Disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores ("Tema 5. Coagulación-Floculación," 2015).

#### **2.11 Mezcla de lodos de purga**

Todas las corrientes de lodos de purga, primarios y secundarios espesadas estas últimas, así como los sobrenadantes recolectados en los sedimentadores, llegarán a un tanque de mezcla de lodos, con el fin de enviar lodo mezclado lo más homogéneo posible al digestor para propiciarle una mejor operación.

#### **2.10 Digestión anaerobia de lodos**

En este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular. Sus principales aplicaciones han sido, y siguen siendo hoy en día, la estabilización de lodos concentrados producidos en el tratamiento de agua residual y de determinados residuos industriales. Sin embargo se pueden tratar anaeróbicamente.

En el proceso de digestión anaerobia, la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El proceso lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los lodos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente, y permanecen en su interior durante periodos de tiempo variables. El lodo estabilizado, que se extrae del proceso continua o intermitentemente, tiene un bajo contenido en materia orgánica y patógena, y no es putrescible.

Los dos tipos de digestores anaerobios más empleados son los de alta y baja carga. En el proceso de digestión de baja carga, no se suelen calentar ni mezclar el contenido del digestor, y los tiempos de retención oscilan entre 30 y 60 días. En los procesos de digestión de alta carga, el contenido del digestor se calienta y mezcla completamente. El tiempo de detención necesario suelen ser de 15 días o menos. La combinación de estos dos procesos se suele conocer con el nombre de proceso de doble etapa. La función básica de la segunda etapa consiste en separar los sólidos digeridos del líquido sobrenadante, aunque puede tener lugar una digestión adicional y una cierta producción de gases (Metcalf & Eddy, 2003a).

El primer paso del proceso importa la transformación por vía enzimática (hidrólisis) de los compuestos de alto peso molecular en compuestos que puedan servir como fuentes de energía y de carbono celular. El segundo paso (acidogénesis), implica la conversión bacteriana de los compuestos producidos en la primera etapa en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular. El tercer paso (metanogénesis), supone la conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples, principalmente metano y dióxido de carbono (Holland, 2015).

## **2.12 Desaguado del lodo digerido**

El lodo estabilizado efluente de la digestión anaeróbica, será purgado y almacenado de forma temporal en un tanque de lodos digeridos, el cual funcionará igualmente como estructura de regulación tanque de almacenamiento temporal, y cárcamo de bombeo de alimentación al equipamiento de desaguado (Santana, 2016).

### **2.12.1 Centrifugas**

La centrifuga es el equipo que nos proporciona la técnica de separación basada en el movimiento de partículas por rotación y aceleración centrífuga de modo que, sometidas a altas velocidades durante cortos periodos de tiempo, permiten la sedimentación de los componentes de una solución homogénea según sus diferentes densidades (Jamin, 2014).

### **2.12.2 Disposición de lodos**

Es un proceso de transformación física, química o biológica de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos de los residuos sólidos al hombre y al medio ambiente (SEMARNAT, 2010). Se puede disponer como desecho sólido.

### **2.13 Generación de biogás**

Los principales productos del proceso de digestión anaerobia, en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa, son el biogás y un bioabono que consiste en un efluente estabilizado (Santana, 2016).

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso (FAO, 2011).

### **3. MATERIALES Y METODOS.**

#### **3.1 Localización geográfica.**

Este trabajo se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de La Paz, BCS que se encuentra en las coordenadas geográficas Latitud: 24°08'32" y longitud: 110°18'39"

#### **3.2 Localización del experimento.**

La operación comenzó durante el periodo Julio –Octubre 2018, en la planta de tratamiento de aguas residuales de La Paz, BCS. Localizada en Col. Predio Zacatal, Calle Pinopayas, La Paz, Baja California Sur, México.

El modo operativo de la planta fue llevado en marcha por el personal de FYPASA, CONSTRUCCIONES S.A DE C.V. El cual fue capacitado por ingenieros provenientes de las diferentes empresas proveedoras de los equipos suministrados (rejillas mecánicas, bombas, desarenadores, sopladores, lámparas ultravioleta, etc) que se encuentran ubicados en la planta de tratamiento de aguas de La Paz, BCS. Dentro de las empresas destacadas de los diferentes equipos se encuentran:

HAWI, HUBER, Smith & Loveless, KSB, MOYNO, AERZEN, TROJAN UV, PICSA, SIEMENS, Andritz, S.I.M.M.M., Power Master.

Cada ingeniero proveniente de cada empresa, cuenta con un conocimiento amplio sobre cada equipo y certificación sobre el tema.

Al momento de capacitar al personal de FYPASA CONSTRUCCIONES S.A DE C.V se realizaron preguntas o dudas referentes a la operación de cada equipo para evitar una mala operación, cada ingeniero entregó hojas técnicas, algunas capacitaciones duraron más de 1 día para su mayor entendimiento y con la explicación del equipo sin dejar alguna duda sin resolver.

Los datos presentes en el manual como: Hp, LPS, V, Q= med, TRH, velocidad máxima, eficiencia entre otros datos fueron extraídos de la memoria de cálculo, memoria descriptiva y manuales de los diferentes equipos instalados en la PTAR.

En caso de no poder resolver algún problema referente a un equipo el personal de operación de la planta puede comunicárselo al ingeniero que emitió la capacitación

Como resultado de estas enseñanzas el personal de FYPASA CONTRUCCIONES S.A DE C.V se encuentra completamente capacitado para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de La Paz, BCS.

### **3.3 Sistema sugerido para el tratamiento del agua proveniente de La Paz, BCS.**

El sistema sugerido para el agua es el Bardenpho de 5 etapas ya que no es de uso industrial es de uso municipal con alto contenido de nitrógeno y fosforo.

El agua a tratar es de Q= med 700 lps, Q= min 350 lps, Q= max 1260 lps. La descarga del efluente será destinada para riego agrícola de los tanques de los ejidos de Chametla, Centenario, el Sector # 8 como también riego de camellones de La Paz, BCS. Actualmente no se tiene una garganta repartidora y se está tirando al mar. Este efluente cumple con los requisitos necesarios para el cumplimiento de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

El siguiente Manual de Operación da como resultado los pasos a seguir para operar una PTAR con un sistema Bardenpho de 5 etapas. En el cual se

describen los pasos a seguir para operar correctamente cada uno de los equipos, el mantenimiento que se debe de realizar en cada área para obtener resultados satisfactorios y cumplir con el objetivo que es el cumplimiento de la NOM-003-SEMARNAT-1997. El manual está dirigido al personal de la planta que se encarga de la operación y administración de la misma, así como al personal de nuevo ingreso, sirve como guía detallada para llevar a cabo la operación cotidiana de la planta alcanzando un nivel de desempeño eficiente y seguro.

El manual se encuentra sujeto a cambios y actualizaciones ya que la PTAR esta inconclusa por el equipamiento e instrumentación en el área de tratamiento de digestión de lodos.

Es importante la revisión parcial de este documento para mejores resultados.

### **Condiciones normales**

Se entiende por condiciones normales una operación continua al aceptar agua con las características físicas deseadas cómo son: olor, color; un funcionamiento óptimo del equipo, un paro programado que sea por rutina de mantenimiento y flujo dentro de lo diseñado.

### **Paro programado**

1. Se entiende por paro programado cuando sea necesario llevar a cabo mantenimiento planeado a equipos dentro de la planta y resulte indispensable el cierre de las compuertas, siendo esto del conocimiento del personal de operación, así como de laboratorio de la PTAR.
2. Si es necesario llevar a cabo mantenimiento en las compuertas, dependiendo de las condiciones de trabajo que se requieran se procede a cerrar o mantenerlas abiertas.

## **Condiciones anormales**

Se entiende por condiciones anormales a la presencia de situaciones extraordinarias como la llegada de agua con características no deseadas, flujo mayor al de diseño y fallas en el suministro de energía eléctrica o de construcción.

- **Fallas por suministro de energía eléctrica**

Las fallas en el suministro de energía eléctrica pueden tener su causa de manera interna o externa. En ambos casos se reporta al jefe de mantenimiento de esta anomalía, resaltando que, si la falla se presenta en la PTAR, el supervisor de turno en operación debe elaborar una orden de trabajo bajo el formato establecido.

- **Falla interna**

Si la falla ocurre en la planta se lleva a cabo el arranque desde el CCM correspondiente y si no se tiene una respuesta favorable desde dicho centro de control, el supervisor de turno debe comunicárselo al jefe de mantenimiento con previa elaboración de una orden de trabajo.

NOTA: Por seguridad se debe des-energizar dicho equipo si este no se opera. En este caso se procede a operar de manera manual si el equipo se presta para dicha operación.

- **Falla externa**

En caso de que el suministro de energía eléctrica afecte a toda la PTAR, se procede inmediatamente a cerrar las compuertas de forma manual, y estar atento al momento que se restablezca el suministro de energía eléctrica.

- **Situaciones extraordinarias**

En épocas de lluvias puede presentarse el caso de que el gasto sea mayor al que pueda tratarse, por lo que se debe estar atento a estas situaciones. El supervisor de turno debe tomar la decisión pertinente para controlar el gasto por medio de las compuertas y equipo de bombeo y recirculación.

1. Si el cárcamo de bombeo se azolva frecuentemente es necesario cerrar las compuertas. Se procede a desazolvar el área para que la arena no produzca un daño en los equipos, y tanto el proceso de digestión de lodos como de aguas no se vea afectado.
2. Si algún dispositivo automático se daña, debe reportarse al departamento de mantenimiento de esta anomalía, previa elaboración de una orden de trabajo

## **PRETRATAMIENTO**

### **CÁRCAMO DE LLEGADA**

#### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Botas de hule
- Guantes de neopreno
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Chaleco salvavidas
- Mascarilla con filtros de carbono



Fig. 1 Cárcamo de llegada del agua cruda (Der. Antiguo, Izq. Actual).

## **POZO DE GRUESOS Y CUCHARA BIVALVA**

### **Descripción**

Los caudales del pozo de gruesos corresponden a un caudal medio de 700 l/seg con un tiempo de retención de 45 seg y un caudal máximo de 1,260 l/seg con un tiempo de retención de 25 seg. Es un canal rectangular con un área superficial de diseño de 48 m<sup>2</sup> y un volumen de diseño de 31.20 m<sup>3</sup>.

Es de la marca HAWI, modelo HC-55-FC, número de serie 3080, 440 V, una velocidad del gancho de 4 mts/min. Cuenta con un izaje de 9.9 mts y una capacidad máxima de 3,000 kg. Cuenta con un motor de 3 fases y de 4.02 HP con una eficiencia del 85%.

Capacidad de carga de la cuchara Bivalva son 3 000 kg.

La arena extraída se lleva a disposición final.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad

- Casco de seguridad
- Chaleco de seguridad
- Mascarilla con filtros de carbono

### **Operación**

1. Verificar que esté energizada desde el CCM de pretratamiento
2. Identificar el movimiento que se requiere en ese momento se moverá el polipasto arriba, abajo, izquierda, derecha y la cuchara Bivalva se abrirá o cerrará. Los movimientos se encuentran en símbolos desde la botonera local.

### **Mantenimiento**

- Revisar niveles de aceite (ISO 68) cada 6 meses.
- Se requiere desarenar el pozo de grueso 1 vez al día o cuando se tenga exceso de arena.

### **Mala operación**

- Cuando se tiene exceso de peso se protege y hay que revisarla desde el CCM de pretratamiento esto puede generar un corto circuito en la botonera o en el motor de la cuchara.
- Problema de arrastre en los equipos posteriores lo cual desgasta las piezas de dichos equipos.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación de la cuchara bivalva está en función de la necesidad de extracción de sólidos de grandes tamaños. El operador de turno tomará la decisión correspondiente en caso de ser necesaria su utilización sin sobrepasar su tiempo de operación y sobrecarga.



Fig. 2 Botonera local de la cuchara Bivalba



Fig. 3 Cuchara Bivalva

## **COMPUERTAS DE CUCHILLA**

### **Descripción**

Se requiere regular el flujo de agua a tratar que entre a la planta por los tres canales en los que se divide la misma.

Las compuertas de cada uno de los canales deberán cerrarse completamente cuando sea necesario el mantenimiento o arreglo de alguna de las rejillas que se encuentran en dicho canal.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad (Botas de hule)
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- chaleco de seguridad
- Mascarilla con filtros de carbono
- chaleco salvavidas

### **Operación**

1. Ubicar la compuerta a cerrar o abrir.
2. Para regular el flujo la compuerta se abre hacia la izquierda y se cierra hacia la derecha.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación de las compuertas está en función de la necesidad de regulación de caudal que se presente o del mantenimiento que se deba dar a alguna de las rejillas gruesas, finas y/o compactadores de basura. El supervisor de turno tomará la decisión correspondiente.



Fig. 4 Ubicación de las compuertas de entrada de agua a las rejillas

## REJILLAS GRUESAS DE OPERACIÓN MANUAL

### Descripción

El tercer módulo en el área de pre-tratamiento cuenta con 6 rejillas tipo manual de construcción estándar (inclinación = 90 °) de solera y charola de escurrimiento de acero inoxidable tipo 304 con marco perimetral del cuerpo de la rejilla PTR con polipasto manual de izaje de la rejilla, distribuidas en tres canales.

El polipasto manual para la operación de las rejillas puede desplazarse para bajar o subir las rejillas. El espacio entre barra y barra es de 5 cm, ancho de rejilla 97 cm y altura de la misma de 165 cm, con lo que logra retener todo tipo de sólidos de tamaño mayor al espacio entre las barras, por ejemplo: animales muertos, polines, ramas, llantas, botes, etc. Se cuenta con una altura total del fondo al piso de operación de 5.4 mts.

Las rejillas se encuentran divididas en tres secciones, cada sección cuenta con dos rejillas que en conjunto reciben un flujo en promedio por unidad de 350 lps y un flujo máximo de 630 lps.

### Mantenimiento

- Limpieza una vez por turno o de acuerdo a la necesidad del proceso.

### **Mala operación**

- Si no se limpia cuando se requiere ocasiona retención de sólidos y obstruye el paso del flujo.

### **SEGURIDAD**

- Uniforme de trabajo
- Botas de hule
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Respirador con filtro (mascarilla)
- chaleco de seguridad

### **Operación de las rejillas gruesas**

1. Ubicar el polipasto en la rejilla que se limpiará, en la siguiente imagen se puede observar el polipasto manual de cadena:



Fig. 5 Ejemplo de polipasto manual.

2. Enganchar la cadena del polipasto a la rejilla y levantarla hasta nivel de piso, como se observa en la siguiente figura:



Fig. 6 Rejilla para gruesos a nivel de piso.

3. Una vez arriba, limpiar manualmente la rejilla y depositar la basura recolectada en los depósitos correspondientes.
4. Una vez terminada la limpieza, colocar la rejilla en posición de operación, esto se realiza para las 6 rejillas gruesas.

**NOTA:** Asegurarse de no limpiar las dos rejillas de un canal al mismo tiempo, siempre debe estar en operación una rejilla por canal.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación de las rejillas está en función de la cantidad de residuos presentes en el agua. Es importante limpiar la rejilla cada vez que se observe que el agua pasa con dificultad a través de éstas.

## **REJILLA MECÁNICA FINA Y COMPACTADOR DE BASURA**

### **Descripción**

Una vez que las rejillas gruesas han retenido sólidos de 5 cm o más, el agua fluye a través de unas rejillas más finas para retener sólidos más pequeños que van hasta 1 cm.

Para un flujo medio de unidad de 350 lps y un flujo máximo de 630 lps. La separación entre barras es de 1 cm, el ancho del canal es de 77 cm y la altura del mismo es de 198 cm. La altura de agua en el canal de rejillas es 126 cm, la altura total del fondo al piso de operación es 553 cm y la altura de descarga sobre el piso de operación es 120 cm. Las barras de rejilla, peine de limpieza de basura, cuerpo de la rejilla, la caja cubierta de la rejilla y la caja de tablero de control NEMA 4X son de acero inoxidable tipo 304 y el fabricante es Huber EMO.

### **Mantenimiento**

- Revisión de niveles de aceite en los motores, tensión de la cadena
- Alineación de la cadena
- Cambio de Nylamid de acuerdo al desgaste
- Limpieza de tolva cada 15 días o dependiendo del almacenamiento de sólidos.
- Las rejillas están programadas para su limpieza automática cada media hora 45s (ese parámetro se puede ajustar a las necesidades de operación)

### **Mala operación**

- Si pasan sólidos de mayor tamaño pueden generar atascamiento en las rejillas

## **Compactador de basura**

Una vez que el agua a tratar ha pasado por las rejillas finas, la basura recolectada por las mismas es enviada a un compactador de basura a través de un lamedor para su respectiva disposición final. Se cuenta con seis compactadores, divididos en tres secciones contando con dos compactadores por sección. Siempre habrá dos en funcionamiento (que coincidirán con las compuertas abiertas) y se reservará uno de ellos para casos de emergencia o mantenimiento de los otros dos.

Todo el proceso de transporte de material se lleva a cabo dentro de un tubo cerrado. El movimiento suave en la tubería cerrada evita molestias por el olor y el desarrollo de polvo. El transportador cuenta con un mecanismo de empuje con tolvas de descarga.

El compactador de basura es de tipo tornillo helicoidal de acero laminado con cepillo en borde exterior, transportador y compactador para servicio de transporte de material retenido en las rejillas finas de control manual, es el modelo HUBER Screw conveyor Ro8 T y está hecho con acero inoxidable tipo EN 1.4697, cuenta con una longitud de 5900 mm y un motorreductor tipo BF40-74W y un voltaje de 460 y V / 60 Hz, la capacidad requerida de transporte ( FS = 1.5 ) 153 Kg/hora, diámetro del tornillo transportador 203.20 mm con longitud de 5.40 m, altura de descarga 1.20 m, la potencia del motor es de 3 HP, con eficiencia del 85 %, velocidad de salida del motor 1750 rpm y cuenta con 4 polos. La clase de protección del equipo corresponde a IP65 que nos indica protección del mismo contra polvo y chorros de agua y como accesorio tiene sistema de lavado del tornillo, tablero de control, bogue de basura y una vida útil de operación de 10 años.

Se opera por medio de una botonera local que se encuentra en el sitio de la rejilla con estructura de soporte.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo

- Botas de hule
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Respirador con filtro (mascarilla)
- Chaleco de seguridad

### Operación

Las funciones del panel de control se muestran en la siguiente imagen:

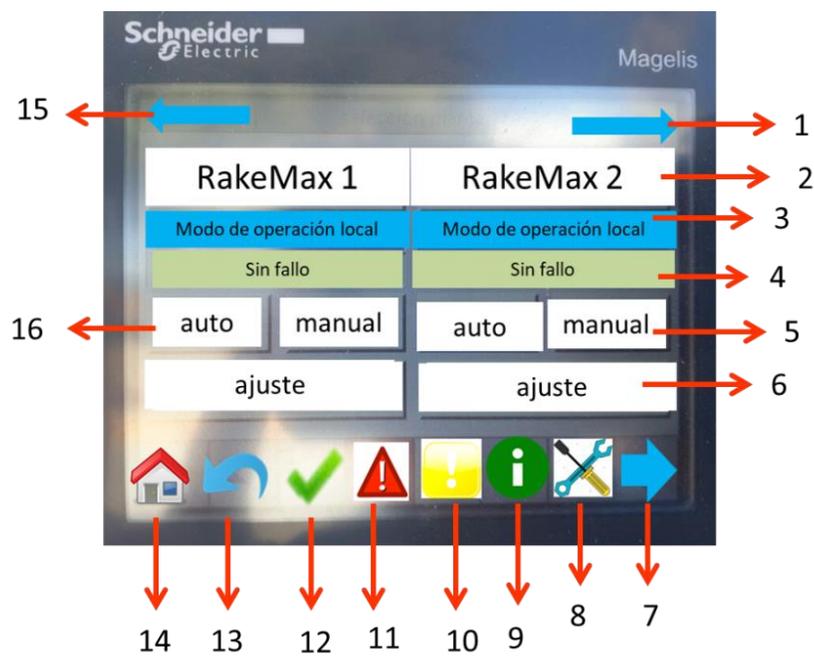


Fig. 7 Panel de control de rejillas finas y compactador de basura.

Tabla 3 Funciones del panel de control de las rejillas finas ubicadas en el pre-tratamiento.

NÚMERO	FUNCIÓN	NÚMERO	FUNCIÓN
1	Siguiente página	9	Información

2	Nombre del equipo	10	Alerta
3	Modo de operación	11	Falla
4	Marcador de fallo	12	Solucionar Problema
5	Tipo de manejo manual	13	Anterior (regresar)
6	Ajustes del equipo	14	Menú de Inicio
7	Siguiente página	15	Anterior (regresar)
8	Herramientas	16	Tipo de manejo automático

La botonera local se ilustra en la siguiente imagen:

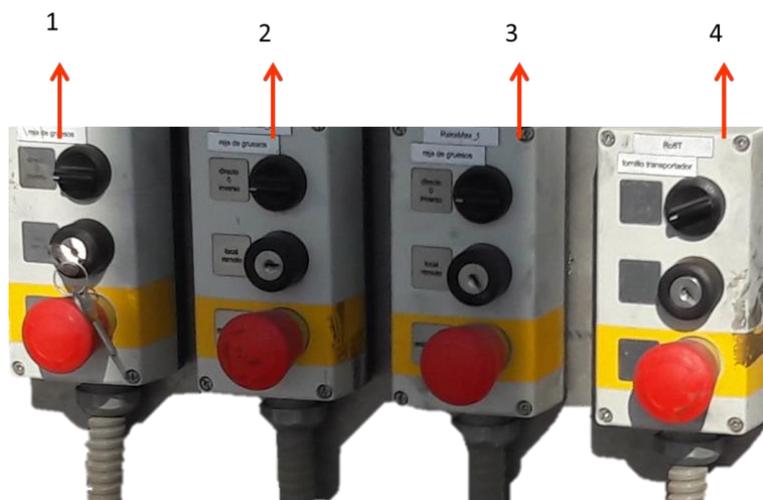


Fig. 8 Ubicación de la botonera local de rejillas finas y compactador de basura.

Tabla 4 Número y nombre de las rejillas finas y el compactador de basura

NÚMERO	NOMBRE DE LA REJILLA
1	RakeMax_1: Rejilla 1
2	RakeMax_2: Rejilla 2
3	RakeMax_3: Rejilla 3
4	RoBT: Compactador de tornillo

Las funciones la botonera local se muestra en la siguiente imagen:



Fig. 9 Funciones de la botonera local.

### Instrucciones

1. Ubicar la botonera local de la rejilla a utilizar.
2. Para prender la rejilla introducir la llave correspondiente a la botonera local y girarla a la derecha.

3. A continuación el interruptor de encendido/apagado se coloca en la posición “directo”.
4. Para apagarla se poner el interruptor en modo horizontal y se cerrar la llave girándola hacia la izquierda.
5. En caso de sobrecarga, el motor se irá a falla y aparecerá en el menú principal un fallo de la siguiente manera (parpadea en color rojo):

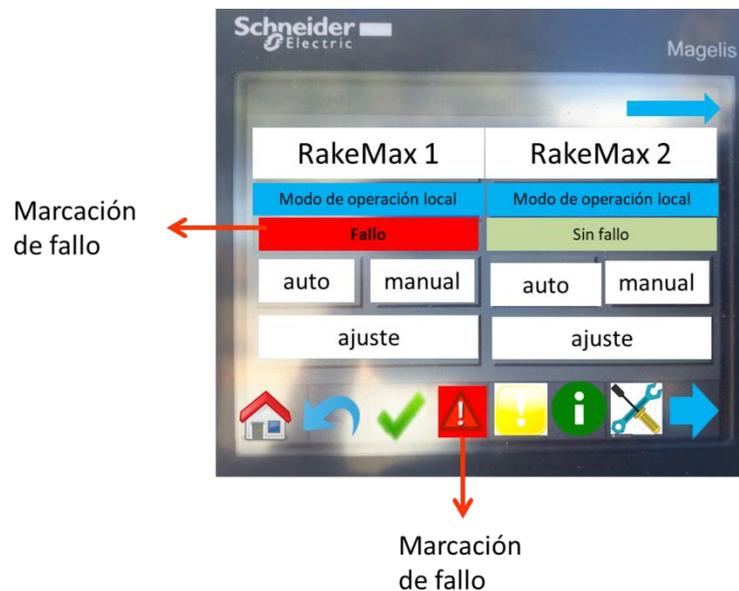


Fig. 10 Ejemplo de menú principal con fallo en el sistema.

6. Ir al menú principal que tiene el siguiente símbolo en el panel de control ubicado en la botonera local para restablecerla y seguir los siguientes pasos:



7. Identificar el equipo en la pantalla:
  - RakeMax 1: Rejilla 1
  - RakeMax 2: Rejilla 2
  - RakeMax 3: Rejilla 3
  - RoBT: Compactador de tornillo

7.1. Dar clic en el siguiente símbolo (parpadea en color rojo):



7.2. A continuación aparecerá en la pantalla la lista de fallas en el sistema

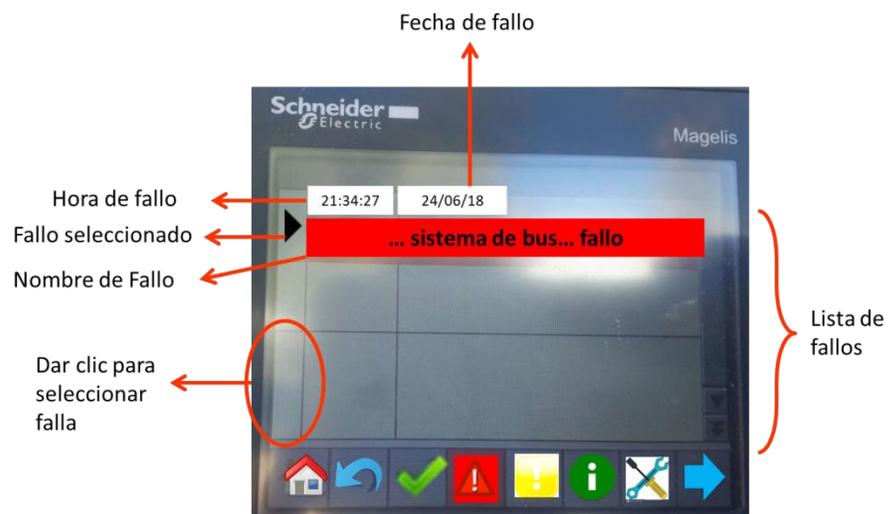


Fig. 11 Ejemplo de falla seleccionada en el sistema.

7.3. Seleccionar una falla (donde muestra la imagen anterior) y observar como el siguiente símbolo parpadea en color rojo, esto significa que el sistema está intentando resolver el problema:



- 7.4. Dar clic en el siguiente símbolo para regresar al menú principal. Se deberán resolver todos los errores siguiendo los pasos mencionados anteriormente.



- 7.5. Una vez en el menú principal, deberá poder leerse “sin fallo” en el equipo donde anteriormente se leía “fallo”.
- 7.6. Una vez en el menú principal se puede volver a operar el equipo.
8. En caso de atoramiento de algún compuesto en la rejilla, retirar el mismo y resolver la falla en el monitor de la manera que se mencionó en el punto siete.
9. Registrar en la bitácora la cantidad de residuos que se extraen del agua y cada una de las fallas registradas en el sistema.
10. **En caso de emergencia** el botón STOP se debe presionar para detener el funcionamiento de la rejilla mecánica fina.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación de las rejillas está en función de la cantidad de residuos presentes en el agua.



Fig. 12 Rejilla mecánica

**NOTA:** Siempre deben estar dos secciones en operación y se mantiene una de reserva para mantenimiento de equipo. Si la falla persiste realizar por segunda vez el procedimiento del punto 7, si sigue mostrándose la falla en el recuadro de inicio deberá llamar al encargado de turno y reportarlo en la bitácora.

## **COMPUERTAS DE CUCHILLA**

(Antes de los desarenadores)

### **Descripción**

En este caso se requiere regular el flujo de agua que se dirige a los desarenadores. Opera con un flujo medio de 700 lps y máximo de 1,260 lps.

Las compuertas de cada uno de los canales deberán cerrarse completamente cuando sea necesario el mantenimiento o arreglo de alguno de los desarenadores que se encuentran en dicho canal.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad (Botas de hule)
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Chaleco de seguridad
- Mascarilla con filtros de carbono
- Chaleco salvavidas

### **Operación**

1. Ubicar la compuerta a cerrar o abrir.
2. Para regular el flujo la compuerta se abre hacia la izquierda y se cierra hacia la derecha.

**NOTA:** En caso de no contar con medidor de flujo tomar la medida de cada uno de los canales en la sección de vertederos tipo SUTRO que se encuentran antes del cárcamo de bombeo.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación depende del caudal de agua que se tenga y de posibles mantenimientos en los desarenadores.

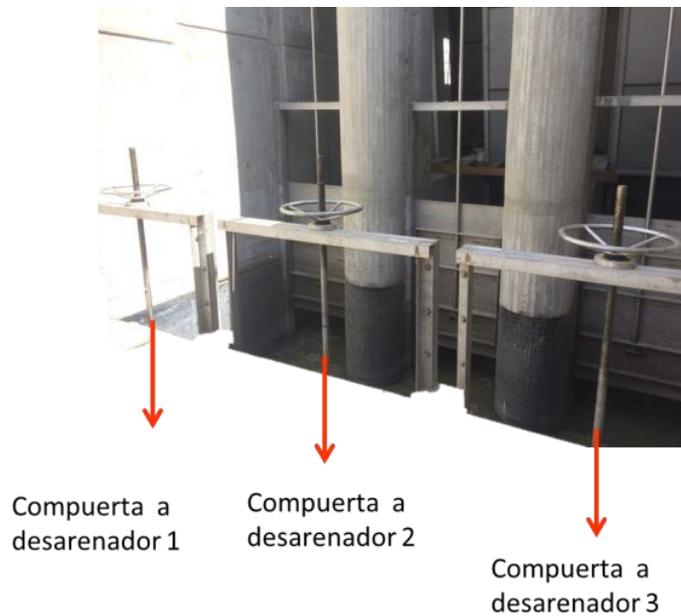


Fig. 13 Ubicación de las compuertas que van a Desarenadores

## DESARENADORES TIPO VORTEX

### Descripción

Una vez que el agua completa su recorrido en la cámara, saldrá hacia los canales que la dirigirán al cárcamo de bombeo a través de los vertederos tipo SUTRO. La arena separada del agua residual se extrae para su posterior disposición mediante una bomba centrífuga con un sistema tipo tornillo.

El control hidráulico se lleva a cabo por un vertedor tipo ventana. Se tiene una botonera local para encender y apagar los equipos, también se cuenta con un monitor de control de los equipos.

El flujo promedio por tanque es de 350 lps, el máximo es de 630 lps. Cuenta con un área superficial de agua de 18.72 m<sup>2</sup> por tanque y un volumen total de tanque de 30.41 m<sup>3</sup>.

Se cuenta con tres desarenadores, dos en operación y uno de reserva.

El tablero de control de los desarenadores, la bomba de arena y su separador de arenas, cuentan con vida útil de 15 años, fabricante Smith & Loveless.

### **Motor del desarenador**

Es de marca Baldor-Reliance, de categoría número 7L23025B-3CA002N0, con una potencia de 1.5 HP y voltaje de 208-230/260 V, con 4.6-4.4/2.2 AMP y 1750 RPM, de tres fases, clase F y con una eficiencia de 86.5%.

### **Bomba del desarenador (tipo centrífuga vertical)**

El objetivo de estas bombas es la extracción de partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones. Este equipo sirve para proteger las bombas y otros equipos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento.

Es tipo centrífuga vertical para manejo de arenas abrasivas con 5 y 10 % de concentración. El control es por nivel en tanque y su ubicación es la parte superior del mecanismo del Vortex del desarenador, son tres uno por cada Vortex, con un flujo de 15.80 lps, la carcasa de bomba e impulsor y codo de descarga son de material resistente a la abrasión de arenas con flecha bomba/motor de acero inoxidable AICI tipo 420 con sello mecánico con sistema de cebado (cerámico-carbón), carga hidráulica de 11 m, con potencia hidráulica de 6.53 hp, eficiencia de motor de 85% y eficiencia de bomba 35%. Velocidad del motor 1760 RPM, 460 VCA, 60 Hertz, 3 fases altura estática de total de bombeo 7.10 m nivel de terreno donde se ubica el separador de arena.

### **Tornillo desarenador**

El agua con los sólidos suspendidos entra en la unidad tangencialmente induciendo una acción centrífuga. El agua sin sólidos es expulsada hacia afuera a través de la acción del vórtice separador. La acción centrífuga mueve las partículas más pesadas hacia las paredes del separador. Los sólidos caen dentro de la cámara de recolección y son purgados cuando se requiera.

Es de tipo tornillo y está ubicado junto a tanques desarenadores del fabricante Smith & Loveless. En acero inoxidable tipo 304, modelo 152, número de serie 03-02766 del año 2017. Tiene una corriente eléctrica de 0.37 KW y un motor de 0.5 HP de tres fases, 60 ciclos, voltaje de 460. Son dos con capacidad de 275.20 kg/hora, con tina de recepción de entrada y salida y media caña del tornillo transportador en acero inoxidable tipo 304, la capacidad del motor es de 1 HP con eficiencia del 81%, su velocidad es de 1750 RPM, 460 volts, 3 fases, 60 Hertz.

Todo el equipo que corresponde al desarenador, como sus motores, bombas y sistema de extracción de arena tipo tornillo se operarán en una sola botonera local.

### **Mantenimiento**

- Revisar que no se obstruya nada en los motores y compresores.
- Cuidar el nivel del flujo.

### **Mala operación**

- Cuidar el nivel que no sobre pase el límite máximo de operación del agua porque puede llegar a los motores y ocasionar daños en las líneas eléctricas.
- No se deben de apagar porque ya están programados, tienen una secuencia.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Botas de hule
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Mascarilla con filtros de carbón
- chaleco salvavidas

## Operación

1. Abrir las compuertas correspondientes a los desarenadores que se van a utilizar y dejar uno en reserva en caso de falla o mantenimiento.
2. Se programa a las necesidades de operación los parámetros son ajustables ( programado cada 2 horas o se puede ajustar el tiempo)
3. Revisar la pantalla del monitor para asegurarnos que no exista ninguna falla. (solo el jefe de operación tiene acceso a la pantalla)

Cada uno de los desarenadores cuenta con sus botones de operación, como se puede observar en la siguiente imagen todos tienen el número del desarenador al que pertenecen y su función:



Fig. 14 Botonera local de los desarenadores tipo Vortex.

La pantalla general del monitor del sistema se muestra en la siguiente imagen:



Fig. 15 Monitor general de desarenadores tipo Vortex.

**NOTA:** Mantener siempre dos en funcionamiento y uno de reserva.

### Responsabilidad

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### Frecuencia

La frecuencia de operación depende del caudal de agua que se tenga y de posibles mantenimientos en los desarenadores.



Fig. 16 Desarenadores

## **VERTEDERO TIPO SUTRO**

### **Descripción**

Una vez que el agua ha pasado por los desarenadores llegará a los canales para salir a través de los vertederos tipo SUTRO.

Se cuenta con tres vertederos tipo SUTRO hechos en acero inoxidable, el flujo promedio de los tres vertederos es de 350 lps y el máximo de 630 lps con dimensiones de ancho total del canal de 1.2 m y ancho de la salida del flujo es de 0.90m, la altura total del canal es de 1.3 m con una altura mínima de 0.055m, la altura de salida de flujo es de 1.055 m

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Guantes.

- Lentes de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Señalamientos de seguridad
- Salvavidas.

### Operación

1. En caso de no contar con medidor de flujo, tomar la altura sobre la cresta colocando la varilla de medición (se puede meter una varilla común y medir hasta dónde se haya mojado con una cinta métrica). Hacer la medición en la parte más laminar o de menos turbulencia, aproximadamente 20 cms detrás de la cresta y cercano a la salida del agua tal y como se muestra en la imagen:



Fig. 17 medición manual de caudal por vertedero SUTRO.

2. Una vez tomada la altura del agua con la varilla se aplicará la siguiente fórmula para obtener el caudal:

Cálculo de gasto con vertedor SUTRO

**Dónde:**Q= Gasto en m<sup>3</sup>

$$Q = 2.74 \sqrt{ab} \left[ H - \frac{a}{3} \right]$$

a= altura mínima (m)

b= ancho de la base (m)

H= altura del agua (m)

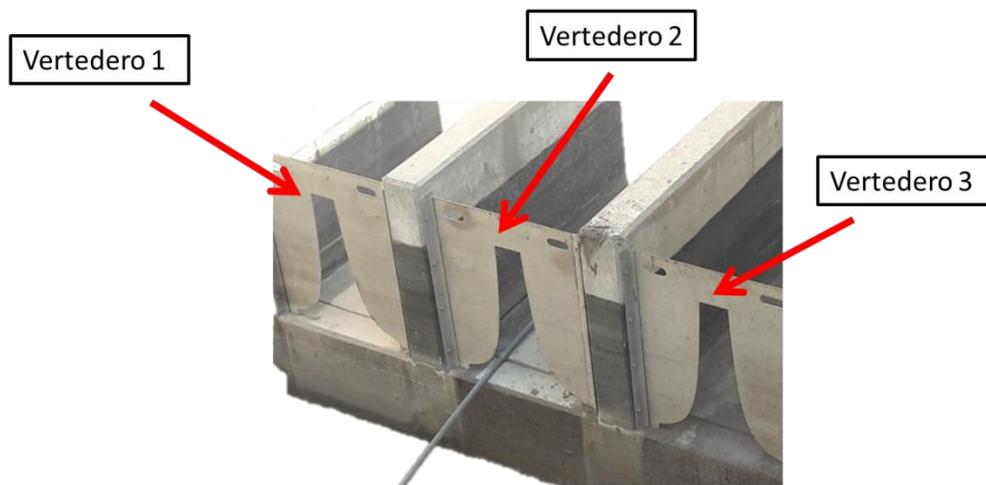
**Medidas del vertedor SUTRO:**

Fig. 18 Vertederos tipo SUTRO en la etapa de Pre-Tratamiento

3. Observar la tabla de conversiones del canal tipo SUTRO y buscar la medida obtenida en la varilla restando un cm por cuestiones de margen de error.
4. Reportar en la bitácora de formato de campo.

**NOTA:** Se cuenta con tres canales dos en operación y uno de reserva, los datos de flujo del vertedero tipo SUTRO se realizan una vez cada hora.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación depende del caudal de agua que se tenga y de posibles mantenimientos, la medida del caudal se hace una vez cada hora.

## **CÁRCAMO DE BOMBEO**

### **Descripción**

Una vez que el agua ha pasado por los desarenadores y ha atravesado los vertederos (tipo SUTRO) llegará al cárcamo de bombeo, el cual cuenta con cuatro bombas:

2 bombas con capacidad de 315 lps

2 bombas con capacidad de 630 lps

Las bombas cuentan con válvulas de expulsión de aire para evitar el golpe de ariete.

Para mantener un nivel constante de agua en el cárcamo y evitar daños en las bombas se cuenta con una línea de recirculación de la misma.

Las bombas con las que se cuenta son especiales para el manejo de aguas residuales no tratadas que contienen fibras largas y sustancias sólidas, líquidos que contienen aire / gas y lodo crudo, lodo activado y lodo digerido.

*Bombas 1 y 2 (capacidad de 315 lps)*

Pertenecen a la marca KSB y son del año 2017, de tipo KRTK 300-400/806UNG-S y serie J2J004. La capacidad máxima de la bomba es de 315 lps, el motor es de 3 fases y de 460 V, cuenta 1180 RPM, es de 107 HP y la temperatura del líquido no debe rebasar los 20°C.

*Bombas 3 y 4 (capacidad de 630 lps)*

Pertenecen a la marca KSB y son del año 2017, de tipo KRTK 350-500/1656UNG-S y serie J2J001. La capacidad máxima de la bomba es de 630 lps, el motor es de 3 fases y de 460 V, cuenta con 1185 RPM, es de 221 HP y la temperatura del líquido no debe rebasar los 20°C.



Fig. 19 Bombas del cárcamo de bombeo

**Mantenimiento**

- Se utiliza una bomba chica o una bomba grande dependiendo del flujo.
- Rotar bombas
- Supervisar el flujo

### **Mala operación**

- Si no se rotan las bombas se les puede dar mayor carga lo que ocasiona mayor desgaste en el impulsor de la bomba
- Si no se cuida el nivel del flujo puede regresarse a los procesos anteriores.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Botas de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Respirador con filtro
- Chaleco de seguridad

### **Operación**

La botonera local de las bombas se encuentra a un lado de las mismas y se identifican de la siguiente manera:



Fig. 20 Ubicación de número de cada bomba del cárcamo.

La botonera local cuenta con diferentes funciones como las mencionadas en la siguiente imagen:

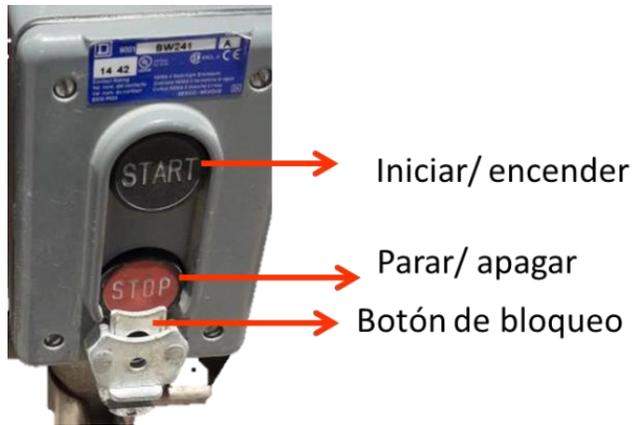


Fig. 21 Funciones de la botonera local de bombas.

A continuación, se muestran los botones de la puerta de la botonera que se encuentra en el CCM (Centro de Control Motores) y su utilización:

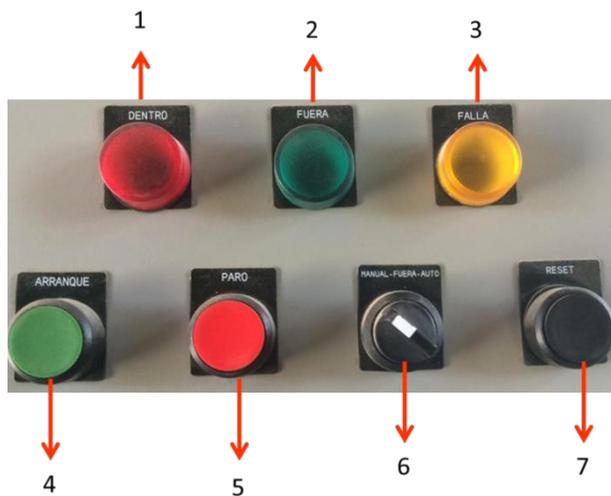


Fig. 22 Botonera del CCM por fuera.

Tabla 5 Funciones de la botonera

Número de botón	Función
1	Luz que indica que el equipo está funcionando

2	Luz que indica que el equipo no está funcionando, pero está energizado
3	Luz que indica alguna falla en el equipo
4	Botón de arranque del equipo
5	Botón de Paro de emergencia
6	Modo manual/fuera/automático
7	Reiniciar equipo

A continuación se muestran las botoneras del CCM de las bombas por dentro:

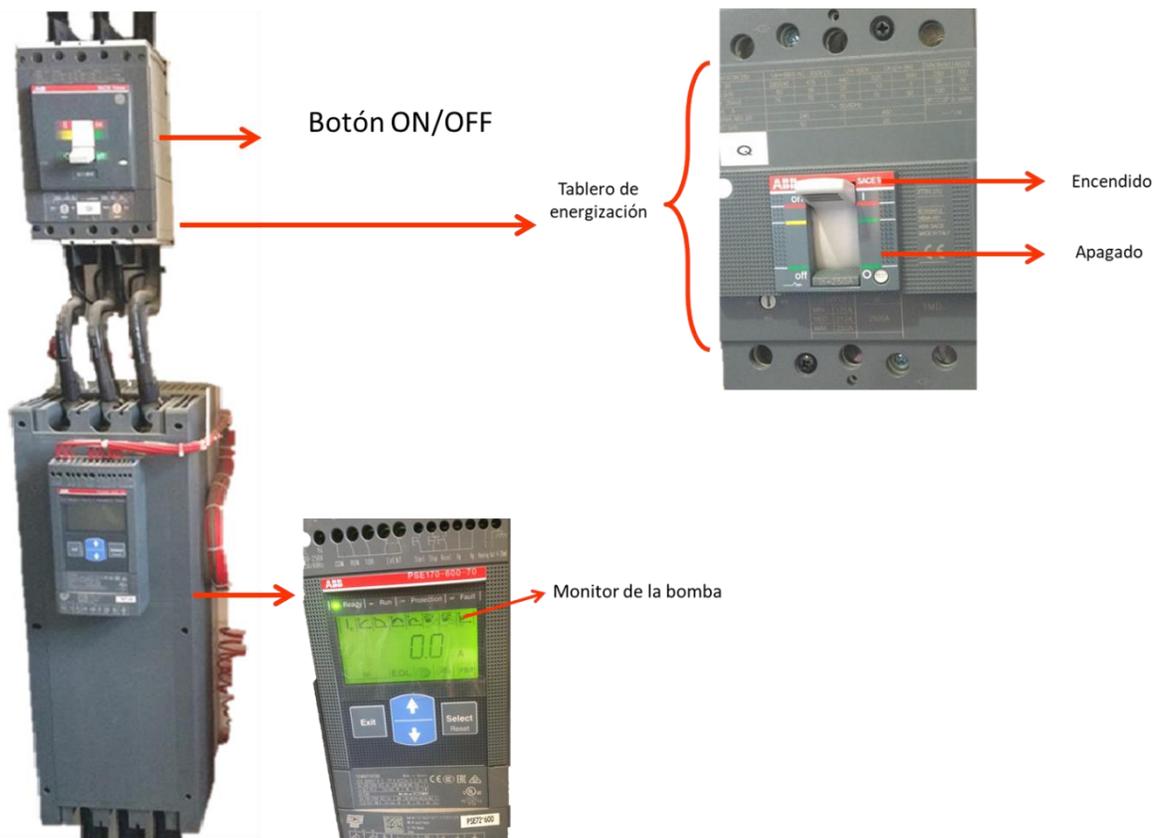


Fig. 23 Botonera de bombas en el CCM por dentro

## Instrucciones

1. Verificar que el sistema esté energizado, el tablero de control se ubica en el CCM y se muestra en los siguientes pasos:
  - 1.1 Identificar la puerta correspondiente al equipo.
  - 1.2 Colocar el botón número 6 en la posición manual para encender el equipo, enseguida se abre la puerta y el tablero de energización se pone en la posición ON.
2. Ahora se debe ubicar la botonera local de la bomba a utilizar.
3. Para proceder a encender la bomba se deberá quitar el seguro de bloqueo, para lo que es necesario presionar el botón de “STOP” y mientras éste se mantiene presionado se libera el seguro corriéndolo hacia abajo.
4. A continuación se presiona el botón de “START” y la bomba comenzará a funcionar.
5. Presionar el botón de “STOP” para apagarla y mientras se presiona se corre nuevamente el seguro, esta vez hacia arriba.
6. Reportar en el formato correspondiente cuándo se prende una bomba y cuándo se apaga.
7. Reportar en la bitácora cualquier sonido anormal o problema con alguna de las bombas y reportarlo al encargado de turno.

## NOTA:

- En caso de atoramiento de algún compuesto en la bomba, se deberá apagar inmediatamente
- Si el motor no se enfría lo suficiente, un dispositivo de monitoreo de temperatura interno desconectará el conjunto de la bomba y lo reiniciará automáticamente después de que el motor se haya enfriado.
- Se mantienen en operación las bombas necesarias según el flujo, poner atención en la recirculación para evitar daño a las mismas. Nunca opere el conjunto de bomba sin el fluido que se va a manipular, deben estar

totalmente sumergidas. Observe las tasas de flujo mínimas y las tasas de flujo máximas.

- Use su equipo de seguridad todo el tiempo.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación depende del caudal de agua que se tenga y de posibles mantenimientos. Las bombas operaran tomando en cuenta su flujo de operación y cuánta agua está llegando al cárcamo de bombeo (según los cálculos obtenidos con el vertedero tipo SUTRO).

## **TRATAMIENTO PRIMARIO**

### **CAJA DERIVADORA**

#### **Descripción**

El flujo proveniente de las bombas de pre-tratamiento llega a la caja derivadora en donde se divide en dos tuberías, cada tubería cuenta con dos compuertas de cuchilla que permite el paso del flujo, cuando se presenta algún problema en el sedimentador se deberán cerrar las compuertas del mismo para evitar el paso del flujo y poder dar una solución más eficaz al problema. El flujo recibido cae por gravedad al centro de cada sedimentador.



Fig. 24 Caja derivadora en la entrada al tratamiento primario.

## **SEDIMENTADOR PRIMARIO**

### **Descripción**

Cada uno de los dos sedimentadores cuenta con una tubería la cual tiene su válvula de cuchilla roja para permitir regular el paso del flujo al cárcamo de lodos primarios para posteriormente ser purgados mediante 2 bombas MOYNOS de 2 HP (Son 3, 2 operando y una en reserva) hacia el tanque de mezcla de lodos. Mientras que las natas que se encuentran en la parte superior del sedimentador son retiradas por rastras superiores las cuales caen por gravedad a la charola desnatadora y de ahí por medio de 2 tuberías cada una en un sedimentador caen por gravedad al cárcamo de natas primarios este cárcamo cuenta con 2 bombas sumergibles KSB de 1.5 HP. El cárcamo de natas primarios cuenta con 2 válvulas tipo cuchilla para la regulación de salida del flujo al tanque de mezcla de lodos y el tanque de lodos primarios el cual es llenado por la zona inferior de las rastras las cuales tienen la función de hacer que el lodo caiga mediante el efecto de gravedad, una vez estando en el tanque son bombeados al tanque de mezcla de lodos mediante 3 bombas MOYNO de tipo SK90LP14CUSTW (2 en funcionamiento y 1 en reserva) de 2 HP.

El agua resultante de esta parte del proceso es dirigida a la canaleta del sedimentador a través de vertedores tipo triangulo para su transporte a la caja derivadora donde posteriormente son dirigidos al tanque anaerobio mediante gravedad.

Cada sedimentador cuenta con un  $Q_{med} = 361.79$  lps con un volumen de trabajo  $= 3,215.36$  m<sup>3</sup>/mod, a un  $Q_{med}$  el TRH (tiempo de retención hidráulica) = 2.47 horas, 1.39 horas, una carga hidráulica superficial ( $q_{med}$ )= 39.00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-d y una carga hidráulica superficial max ( $q_{max}$ )=69.18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-d.

### **Mantenimiento**

- Retirar los sobrenadantes del sedimentador
- Mantener la charola desnatadora limpia y dejar libre la entrada del agua.
- Retirar natas del cárcamo de natas primarias por lo menos 1 por día
- Se deben de retirar los materiales de mantenimiento (escobas, cepillos, cubetas)
- Es importante que al terminar la purga del cárcamo mantener el seguro de las bombas.
- Limpieza de áreas.
- Cepillado de las canaletas de los sedimentadores.
- Es importante verificar que las bombas no trabajen en vacío.

### **Mala operación**

- Si se taponea la charola desnatadora no permitirá el paso de los sobrenadantes lo que generar exceso de natas en el sedimentador esto genera malos olores y no se cumple con el objetivo de clarificar el caudal.
- Si no se retiran las natas se pueden dañar las bombas debido al exceso de natas puede crearse un tapón y la bomba trabajar en vacío.
- La presencia del equipo de mantenimiento genera una mala presentación de la PTAR.
- Si no se mantienen las bombas con su seguro estas pueden botarse y funcionar por si solas.

- Si la purga no se realiza correctamente el colchón de lodos será mayor a 2 ft lo que generara malos olores y puede generar problemas posteriores.
- Si las bombas trabajan en vacío puede quemarse.

## **RASTRAS**

### **Descripción**

El motor de las rastras es de 1 hp, las rastras o brazos desnatadoras se encargan de dirigir los flotantes a la charola desnatadora que está conectada con el tanque de natas, el cual es llenado mediante el efecto de gravedad.

Las rastras inferiores se encargan de hacer que el lodo caiga de la tolva al cárcamo de lodos primarios por la acción de la gravedad, las natas deberán ser purgadas al tanque de mezcla de lodos mediante 2 bombas sumergibles KSB de tipo AMA- PORTER 500 ND (1 en funcionamiento y otra en reserva), esta purga se tiene que realizar por 2 horas usando dos bombas durante los tres turnos para cumplir con el tiempo de operación de la purga.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas
- Cubre bocas

### **Operación**

1. Energizar en el CCM (Ejemplo en ilustración 21)
  - 1.1 Colocar en modo manual.
  - 1.2 Posicionar la perilla en ON (se encenderá foco verde).



Fig. 25 Ejemplo de botonera en el CCM para rastras.

2. Oprimir el botón de START de la botonera local (El foco rojo se encenderá en el CCM) esto indica que ya está operando.

#### **NOTAS:**

- En caso de que no se use la rastra, colocar el seguro de la botonera local.
- En caso de que se detenga la rastra, consultar con el jefe en turno.
- Si hay falla en el CCM presionar el botón de RESET para restablecer. En caso de que no se restablezca, hacerlo saber al jefe de turno.
- Registrar en la bitácora cualquier anomalía.
- En caso de hacer mediciones que el laboratorista pida para la bitácora. El colchón de lodos se debe determinar cada 2 o 4 horas (Los tiempos de medición dependen de lo que el laboratorista pida, es recomendable el rango de 2 a 4 horas o cada cambio de turno.

#### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

#### **Frecuencia**

Son de operación continua.

## **COLCHÓN DE LODOS**

### **Descripción**

El lodo que se acumula en los sedimentadores debe ser extraído de los mismos mediante purgas que se hacen diariamente. A pesar de eso en el fondo de los sedimentadores es común que exista una capa de lodo que puede producir malos olores. Lo que se busca con la medida de dicho colchón es saber cuánto tiempo debe mantenerse prendida dicha purga para mantenerlo en una altura mínima y disminuir la generación de olores. Por lo que, la medida de lodo en el piezómetro debe ser menor a 2 ft.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas

### **Determinación**

1. Se ubica la marca localizada en el centro del radio del sedimentador.
2. Se sumerge el juez de lodos o también conocido como piezómetro.
3. Se retira el juez de lodos.
4. Se anota en la bitácora la marca obtenida en el juez (esta marca no debe superar los 2 pies si es así hablar al jefe de turno para purgar el sedimentador).
5. Se retira el contenido del juez de lodos presionando la parte inferior del tubo.
6. Esto se anota diario en la bitácora de parámetros de campo del control de operación.



Fig. 26 Ejemplo de prueba de Colchón de Lodos.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

### **Frecuencia**

Se debe llevar a cabo una vez por turno todos los días.



Fig. 27 Sedimentador primario

## **CÁRCAMO DE LODOS PRIMARIOS.**

### **Descripción**

La entrada de las natas y lodos tienen cada una su propia entrada esta es por gravedad, estas van hacia el depósito de natas y al depósito de lodos (Es el de mayor volumen). El depósito de lodos cuenta con sus propias válvulas de

cuchilla más sus 3 bombas MOYNO y el depósito de natas cuenta con sus propias válvulas más sus 2 bombas KSB sumergibles.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas
- Cubre bocas

### **Operación**

#### **Proceso para energizar todas las bombas desde el CCM**

1. Energizar en el CCM
2. Colocar en modo manual.
3. Posicionar la perilla en ON (se encenderá foco verde)



Fig.28 Ejemplo de botonera de bomba en el CCM.

## **BOMBAS DE LODOS MOYNO DE 2HP**

### **Descripción:**

Luego de que las partículas se sedimenten por gravedad pasa al depósito de lodos. El depósito de lodos cuenta con 3 bombas MOYNO tipo SK90LP/4CUSTW estas tienen 2 HP, una EFF= 87%, RPM=1730, un flujo= 5.5 l/s. Estas bombas también cuentan con su botonera local y sus válvulas de cuchilla rojas.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas
- Cubre bocas

### **Operación**

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM.
2. Quitar el seguro de "STOP" ubicado en la botonera local.
3. Oprimir el botón de "START" de la botonera local.
4. Para realizar la purga es necesario purgar con una válvula abierta y una cerrada luego de terminar la primera purga se continúa con el siguiente sedimentador abriendo la siguiente válvula y cerrando la pasada.



Fig. 28 Botoneras de las bombas MOYNO

### Válvulas

La entrada de lodos de los sedimentadores primarios al cárcamo de lodos primario se proporciona mediante gravedad y se regula con las válvulas de cuchillas color rojas.



Fig. 29 Válvulas de cuchilla roja de las bombas MOYNO.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

### **Frecuencia**

Son las bombas de purga de lodos y se prenden un tiempo estimado de dos horas por turno, se realiza todos los días.

## **BOMBAS KSB SUMERGIBLES**

### **Descripción**

Luego de que la rastra recolecte toda la nata en la charola desnatadora, las natas entran por gravedad al cárcamo primario de natas. Este cárcamo tiene a su disposición una bomba KSB sumergible de 1.5 HP, V= 460, RPM= 3,500, 3 fases, un flujo= 5,397 l/s.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas
- Cubre bocas

### **Operación**

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM.
2. Oprimir el botón de START de la botonera local.
3. Se debe de dar mantenimiento al cárcamo de natas primarias. Las natas son retiradas por medio de raquetas de rejillas este mantenimiento se realiza una vez por día.



Fig. 30 Botonera local de Bombas KSB sumergibles.

### Válvulas



Fig. 31 Válvulas y manómetros de las bombas KSB sumergibles de 1.5 HP

### Responsabilidad

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

## **Frecuencia**

Son las bombas que corresponden a la purga de natas, no es necesario prenderlas todo el tiempo pues basta con abrir las válvulas para drenar el cárcamo de dichas natas. Encender bomba en caso de que sea necesario eliminar el flujo de natas de manera más rápida.

## **Observaciones Generales**

- La bomba de motor sumergible no puede ponerse en servicio sin líquido de bombeo, considerando como un nivel de uso de la bomba el caudal medio de la misma.
- Si se va a dejar fuera de servicio durante un tiempo prolongado, la bomba se deberá activar y dejar en marcha durante un minuto aproximadamente mensual o trimestral.
- Anotar en la bitácora el registro diario y por turno del número de bomba que se utilizó.
- El grupo de motobomba no puede ponerse en servicio sin líquido de bombeo.
- Registrar en la bitácora cualquier anomalía, por ejemplo: que se prenda el indicador de fallas, atascamiento, que no prenda.
- En caso de que se prenda diario, estar intercambiando entre cada bomba, para no ponerle tanta carga a una sola.
- Purga de lodos por bombeo. (Dependerá del volumen de lodos acumulados, esto para mantener un volumen bajo de lodos en el sedimentador).



Fig. 32 Ejemplo del CCM de rastras y bombas

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

### **Frecuencia**

Es de operación continua y se hace la purga una vez por turno, durante un tiempo aproximado de 2 horas.

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO



Fig. 33 Reactor biológico

### Mantenimiento

- Retirar natas en caso de que se presenten en los diferentes reactores (anaerobio, anóxicos.)
- Revisar que los mezcladores estén en uso.
- En el sistema de aireación es importante monitorear los sopladores desde el cuarto de sopladores es importante anotar en la bitácora si alguno se fue a fallo las horas de trabajo RPM para llevar un control.

### Mal operación

- El exceso de natas en los reactores puede generar problemas en los sedimentadores secundarios exceso de natas creara algas que se adhieren a los vertederos y canales del sedimentador secundario dejando una agua verdosa.
- El no mezclar el líquido en los reactores crea capas de lodos
- Si no se monitorea el sistema de aireación en el recorrido diario y se presenta alguna falla el quipo automáticamente se va a fallo y deja de operar es importante que no ocurra esto ya que el equipo puede dañarse por eso es importante verificar que funcionen en el recorrido diario por la PTAR.

## **CAJA DISTRIBUIDORA**

### **Descripción**

La caja distribuidora recibe el agua cruda proveniente de los sedimentadores primarios por acción de la gravedad y la recirculación de los sedimentadores secundarios, ya que se requiere mantener el cultivo biológico en la concentración adecuada.

### **Operación del sistema anaerobio (1° etapa)**

La primera etapa (anaerobia) se compone de dos reactores en paralelo, cada uno compuesto de tres secciones, donde el agua ingresa a los tanques siguiendo un flujo pistón.

Cada una de las tres secciones de cada reactor anaerobio tiene instalados dos mezcladores mecánicos tipo turbina, que se operan desde una botonera local.

### **Instrucciones**

1. Verificar que el sistema esté energizado desde el CCM.
2. Para accionar los mezcladores el operador debe quitar el seguro al botón rojo (STOP) y presionar el botón negro (START), y verificar que se vea movimiento de mezcla en la zona respectiva.
3. En caso de que no arranque del equipo se da aviso al departamento de mantenimiento.
4. Presionar el botón STOP para parar el mezclador y poner el seguro.
5. El operador debe reportar al supervisor en turno cualquier ruido anormal o vibración que escuche durante su operación. Los mezcladores deben estar en operación continua.



Fig. 34 Botonera local de mezclador.

Los diferenciales se encuentran en la etapa anaerobia, anóxica y post-anóxica. Estos son un soporte para los mezcladores.



Fig. 35 Ejemplo de diferenciales en la primera etapa

### **Operación del sistema anóxico (2° etapa)**

La segunda etapa (anóxica) se compone de dos reactores en paralelo, cada uno compuesto de tres secciones, donde el agua ingresa a los tanques siguiendo un flujo pistón.

Cada una de las tres secciones de cada reactor anóxico tiene instalados dos mezcladores mecánicos tipo turbina, que se operan desde una botonera local.

### **Instrucciones**

1. Verificar que el sistema esté energizado desde el CCM.
2. Para accionar los mezcladores el operador debe quitar el seguro al botón rojo (STOP) y presionar el botón negro (START), y verificar que se vea movimiento de mezcla en la zona respectiva.
3. En caso de que no arranque el equipo dar aviso al departamento de mantenimiento.

4. Para parar el mezclador, presionar el botón STOP y se pone el seguro.

**NOTA:** El operador debe reportar al supervisor en turno cualquier ruido anormal o vibración que escuche durante su operación. Los mezcladores deben estar en operación continua.

### **Operación del sistema aerobio (3° etapa)**

La tercera etapa (aerobia) se compone de dos reactores en paralelo de lodos activados, completamente mezclados.

Cada reactor aerobio tiene instalados tres redes de difusores de disco de 12" de burbuja fina Flex Air ISM Disc, de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, el material de la membrana es EPDM, silicona, uretano, PTFE MATRIX, con válvula de triple retención que minimiza la entrada de líquidos/sólidos en la tubería. Montado sobre tubería de PVC de 3". Con una llegada en 12" de acero inoxidable y reducido a 4" de PVC antes de la conexión al arreglo de redes de difusores. Cada sección aerobia cuenta con 4828 difusores instalados como los que se muestran en la siguiente imagen:



Fig. 36 Difusores instalados en la sección aerobia

Cada tanque aerobio cuenta con una bomba sumergible KSB Amacan PA4 900-540/60 IOUTGI de 75 Hp con un caudal de 1294.13 L/S Y 710 RPM, la cual se encarga de retornar el licor mezclado para que las bacterias regresen al proceso y así evitar que salgan del proceso tan rápido.



Fig. 37 Válvula de regulación del tanque aerobio.

### **Determinación del IVL**

Determinar IVL (Índice volumétrico de lodos) cada 4 horas (1 vez por turno).

Este muestreo se realiza con la finalidad de determinar la concentración de organismos

### **Instrucciones**

Realizar el IVL de la siguiente forma:

1. Con la ayuda de un recipiente grande (4 litros) y una cuerda, tomar una muestra de licor mezclado del tanque de aireación.
2. Vaciar la muestra recolectada en un cono de sedimentación Imhoff hasta la marca de 1 litro.
3. Dejar la muestra sedimentar en el cono durante un tiempo de 30 minutos.
4. Medir la altura de sólidos sedimentados y anotarlo en la bitácora de campo.

**Nota:** En caso de que los sólidos floten será necesario anotar las características visuales del lodo (tamaño, forma, color, olor). El operador debe revisar que la

aireación sea uniforme en toda la superficie del reactor, si observa turbulencia o zonas muertas debe reportar al supervisor en turno.

### **Operación de la bomba de recirculación interna. (Del tanque aerobio al tanque anóxico)**

#### **Instrucciones**

1. Energizar la bomba desde el CCM.
2. Retirar el seguro de la botonera local.
3. Presionar el botón negro para iniciar con el arranque de la bomba.
4. Se deberá escuchar la bomba encenderse en caso de no ser así, revisar que los pasos anteriores se realizaron correctamente, de lo contrario reportar al supervisor de turno para que éste lo reporte a mantenimiento para encontrar una posible solución.



Fig. 38 Botonera local de recirculación interna

### **Operación del sistema post-anóxico (4° etapa)**

La cuarta etapa (post-anóxica) se compone de dos reactores en paralelo, cada uno compuesto de tres secciones, donde el agua ingresa a los tanques siguiendo un flujo pistón.

Cada una de las tres secciones de cada reactor post anóxico tiene instalados dos mezcladores mecánicos tipo turbina, que se operan desde una botonera local.

### **Instrucciones**

1. Verificar que el sistema esté energizado desde el CCM.
2. Para accionar los mezcladores el operador debe quitar el seguro al botón rojo (STOP) y presionar el botón negro (STAR), y verificar que se vea movimiento de mezcla en la zona respectiva.
3. En caso de que no arranque del equipo se da aviso al departamento de mantenimiento.
4. Para parar el mezclador, se presiona el botón STOP y se pone el seguro.

El operador debe reportar al supervisor en turno cualquier ruido anormal o vibración que escuche durante su operación.

Los mezcladores deben estar en operación continua.

### **Sistema de Inyección de Agua cruda a tanque post-anóxico para desnitrificación (de la caja derivadora al post-anóxico)**

Se cuenta con tres bombas tipo KSB sumergibles que inyectarán agua proveniente de los sedimentadores primarios a la 4° etapa (sistema post-anóxico), esto a través de un tubo de 6" que conecta la caja de llegada de agua de los sedimentadores primarios a la etapa de post-anóxico. Las bombas trabajan tiempo continuo (24 horas) teniendo una de reserva para mantenimiento o posible falla en las otras dos.

Las bombas son de marca KSB sumergible, modelo SEWATIC K152-3150, serie G3J003, cuentan con un flujo de 30 lps y 863 RPM. Es del año 2017y tiene una potencia de

**Instrucciones:**

1. Verificar la apertura de válvulas del cabezal y de la descarga, que coincidan las que se encuentran abiertas y las que están cerradas.
2. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM.
3. Quitar el seguro de “STOP” ubicado en la botonera local.
4. Oprimir el botón de “START” de la botonera local.

A continuación se muestra la botonera local de las bombas tipo KSB sumergibles para el sistema de inyección de agua cruda a tanque post-anóxico para la desnitrificación.



Fig. 39 Botonera local de las bombas de inyección de agua cruda.

**Operación del sistema post-aireación (5° etapa)**

La quinta etapa (post-aireación) se compone de dos reactores en paralelo completamente mezclados. Cada reactor aerobio tiene instalados tres redes de difusores de disco de 12” de burbuja fina Flex Air.

ISM Disc, de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, el material de la membrana es EPDM, silicona, uretano, PTFE MATRIX, con válvula de triple

retención que minimiza la entrada de líquidos/sólidos en la tubería. Montado sobre tubería de PVC de 3". Con una llegada en 12" de acero inoxidable y reducida a 4" de PVC antes de la conexión al arreglo de redes de difusores. Cada sección aerobia cuenta con 625 difusores instalados.

Una vez que el agua paso por el proceso de post aireación vierte sobre un canal para posteriormente ser transportados mediante gravedad hacia el centro de los sedimentadores secundarios.

**Nota:** El operador debe revisar que la aireación sea uniforme en toda la superficie del reactor, si observa turbulencia o zonas muertas debe reportar al supervisor en turno.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Botas de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- chaleco salvavidas



Fig. 40 Válvulas de purga y de flujo.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación es continua, el tanque secundario está siempre en funcionamiento y se debe cuidar que los equipos siempre estén encendidos (cuidando que se alternen los equipos tomando en cuenta las horas que se han utilizado).

## SISTEMA DE AIREACION

### Descripción de Sopladores

El motor sincrónico de imanes permanentes (PMSM) patentado por Aerzen se utiliza exclusivamente para su línea de turboventiladores de alta velocidad. El diseño de alta eficiencia de este motor permite un enfriamiento de aire muy efectivo. Los impulsores del motor y del ventilador se montan sobre cojinetes de aluminio para una operación de alta velocidad, aceleración rápida y durabilidad excepcional. Los rotores Samarium Cobalt (SmCo) se utilizan ya que producen muy buenas características de alta temperatura y estabilidad magnética a largo plazo. La baja corriente de arranque de nuestro motor minimiza la generación de calor residual y maximiza la eficiencia.

Fig.37 Sopladores en la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Nota:** El operador debe revisar que la aireación sea uniforme.

Tabla 6 Funciones del SOPLADOR AERZEN SD 700

Numero	Designación	Explicación
1	AT	Display de la maquina en uso
2	Mode	<p>Modo de operación en el display, criterios básicos de operación usados como base para controlar la operación de la máquina.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriente (pwrn) constante de corriente</li> <li>• Volumen de flujo (m<sup>3</sup>) Volumen de flujo constante</li> <li>• (kPa) constante presurizado de la máquina.</li> <li>• DO (ppm) Constante de oxigeno contenido</li> </ul>

		El botón seleccionador permite el modo de operación
3	$\Delta$ P Filter	Display del diferencial presurizado de consumo de los filtros
4	P	Display de descarga de flujo de aire presurizado al lado de la descarga.
5	Q	Display de la tasa de flujo de aire.
6	Run Time ON/OFF	Display de las horas de operación de la máquina.
7	DC LINK	Display de voltaje de corriente directa de potencia de la máquina.  Este botón puede ser usado como display adicional de parámetros de operación.
8	Menú	El botón de acceso al submenú para seleccionar el display de parámetros de operación. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setup: para seleccionar el modo de operación de parámetros de control, la tarjeta de valores operando y el tipo de máquina.</li> <li>• Characteristic diagram: Del display del punto de operación como un gráfico.</li> <li>• Memory: Del display, historial de datos de operación.</li> <li>• Result: Del display de inicio</li> <li>• Help: Del display de manufactura.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trend: Display de datos de operación como gráficos.</li> </ul> <p>Importante: este botón está disponible en toda la pantalla.</p>
9	Stop	Este botón es usado para parar la máquina. El start abre el servicio de descarga y la maquina entra en modo paro por un cierto periodo, después cuando descienda la temperatura la maquina se detiene.
10	UNLOAD	Este botón es usado como interruptor de la máquina como modo paro durante descansos en operación.  Importante: Este botón está disponible en toda la pantalla
11	LOAD	Este botón es usado como interruptor de la máquina para cargar el modo de funcionamiento.
12	Set Value	Este botón es usado para la operación de la tarjeta de valores del equipo. El tipo de valores del equipo depende de la selección en el modo de operación.

13	ERROR CODE	Muestra un código de falla por un mal funcionamiento.  Este botón puede ser usado para desplegar información detallada.
14	POWER	Despliega la corriente de poder consumida. Este botón puede ser usado para desplegar parámetros de operación adicionales.
15	N	Despliega la velocidad de corriente
16	T2	Despliega la temperatura del flujo de aire en el lado de la descarga.
17	T1	Despliega la temperatura del flujo de aire el lado de entrada
18	Date/Time	Muestra los datos de año/mes/día
19	Status	Despliega el estado de la corriente de operación.
20	Control	Despliega la selección de operación preparada. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control local: En-sitio usando la operación LCD del panel de control. Este botón puede ser usado para seleccionar la preparación de operación.</li> </ul>

### Operación del sistema de aireación

#### **Instrucciones de arranque del SOPLADOR AERZEN SD 700**

- 1) Verificar que el equipo este energizado en el tablero del CCM **ON/OFF**

- 2) Verificar las válvulas de tipo mariposa de descarga ubicadas detrás del edificio del cuarto de sopladores (válvulas azules) de acuerdo a la cantidad de sopladores a operar.
- 3) Presionar botón **UNLOAD (10)**, esperar a que el equipo se revolucione a 13000 rpm para continuar con el arranque del soplador sin dañarlo.
- 4) Continuar con el botón **LOAD (11)** para cargar el soplador y esperar 5 minutos para que rompa la columna de agua.
- 5) Purgar las 6 líneas de condensados, ubicados en la tubería de 12" en la descarga de la línea de aire que conduce a cada reactor, cerrar hasta que drene el total.
- 6) Operar los sopladores con una eficiencia igual a las demás, ninguna debe estar desfasada.
- 7) El fabricante de los sopladores Aerzen, tiene establecido el rango de eficiencia de operación de 65 % a 95 %, el equipo no permite bajar o subir este rango.

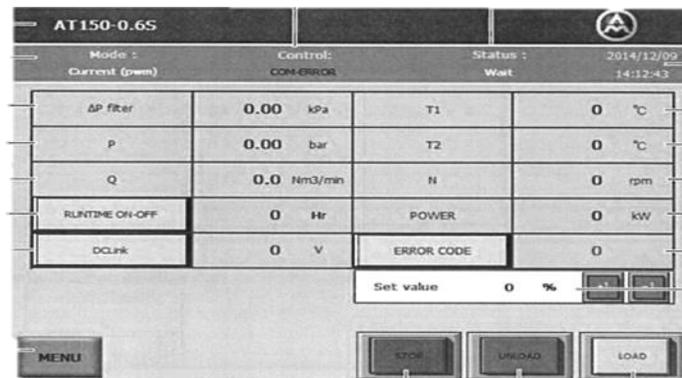


Fig. 31: LCD control panel main screen



Fig. 32: Operating parameters submenu

The 'Menu' button opens a submenu with six additional buttons

Fig. 41 Monitor del soplador.

### Instrucciones de paro del SOPLADOR AERZEN SD 700

1. Ir a la pantalla y oprimir la opción de stop
  2. Esperar a que descienda la rampa a 1300 RPM
  3. Verificar el descenso de temperatura en la pantalla, diferencia de 20°C de rango
  4. Girar la perilla gris a la izquierda hasta quedar en modo off.
- (Aplica el mismo procedimiento para los 4 equipos)

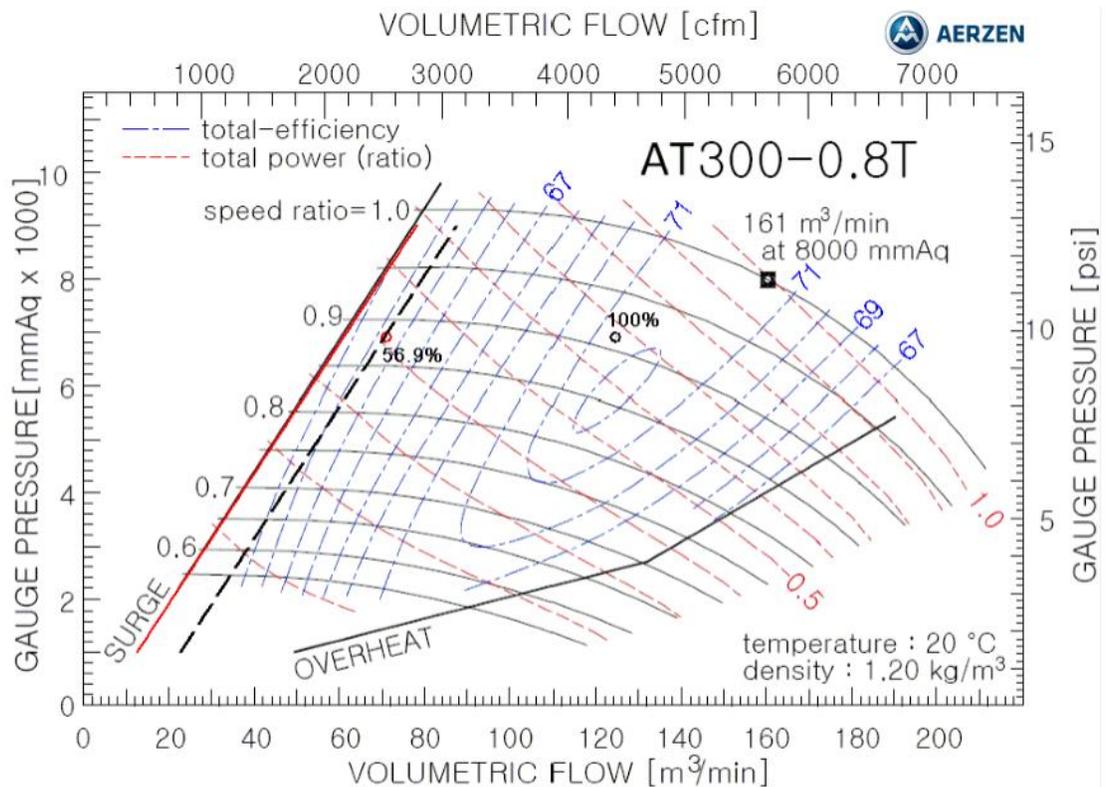


Fig. 42 Gráfica de eficiencia del soplador.

Volumetric Flow: Una gráfica de eficiencia relativa donde se muestra una relación entre presión medida en mm Aq x 1000 y psi. Volumetric flow medido en m<sup>3</sup>/min y cfm.

Una burbuja azul aparecerá en el tablero y se posicionara en la parte inferior izquierda esperando a que el soplador alcance los valores óptimos (1300 RPM) para que el operador pueda proseguir a oprimir el botón de LOAD y dependiendo del porcentaje de eficiencia otorgado por el operador y de esta manera se podrán determinar factores como presión y flujo volumétrico.

#### ARRANQUE DEL SOPLADOR AERZEN SD 700

- 1) Verificar que el equipo este energizado en el tablero. **ON/OFF**
- 2) Verificar las válvulas de tipo mariposa de descarga ubicadas detrás del edificio del cuarto de sopladores (válvulas azules) de acuerdo a la cantidad de sopladores a operar.
- 3) Presionar botón **UNLOAD (10)**, esperar a que el equipo se revolucione a 13000 rpm para continuar con el arranque del soplador sin dañarlo.
- 4) Continuar con el botón **LOAD (11)** para cargar el soplador y esperar 5 minutos para que rompa la columna de agua.
- 5) Purgar las 6 líneas de condensados, ubicados en la tubería de 12" en la descarga de la línea de aire que conduce a cada reactor, cerrar hasta que drene el total.

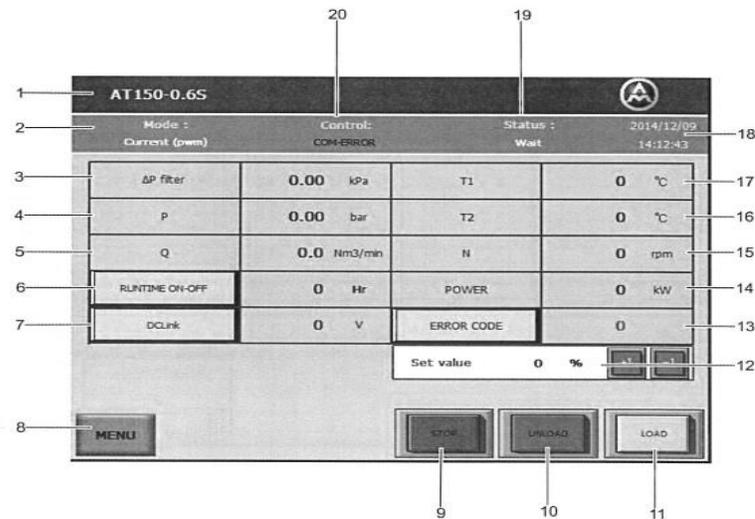


Fig. 31: LCD control panel main screen

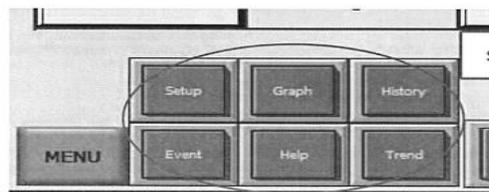


Fig. 32: Operating parameters submenu

The 'Menu' button opens a submenu with six additional buttons.

Fig. 43 Monitor del soplador.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

La frecuencia de operación depende de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que se necesite y de posibles mantenimientos. Todo el tiempo debe encontrarse prendido como mínimo un soplador grande (para aireación) y uno chico (para post-aireación).

### **Seguridad**

1. Calzado de seguridad.
2. Guantes.

3. Lentes de seguridad.
4. Uniforme de trabajo.
5. Casco de seguridad.
6. Cubre bocas.



Fig. 44 Cuarto de sopladores

## Sedimentador secundario



Fig. 45 Sedimentado secundario

Cada sedimentador cuentan con una rastra de potencia en el fondo para arrastrar los lodos hacia la canaleta de drenado y en la superficie la rastra desnatadora.

El sedimentador cuenta con un  $Q_{\min} = 373.54$  l/s,  $Q_{\text{med}} = 720$  l/s,  $Q_{\max} = 1,283.59$  l/s, un volumen de trabajo de  $= 5,938.13$  m<sup>3</sup>/unidad y un TRH (tiempo de retención hidráulica) = 2.75 hrs.

### Mantenimiento

- Retirar los sobrenadantes del sedimentador
- Mantener la charola desnatadora limpia y dejar libre la entrada del agua.
- Se deben de retirar los materiales de mantenimiento (escobas, cepillos, cubetas)
- Limpieza de áreas.
- Cepillado de las canaletas de los sedimentadores.
- Es importante verificar que las bombas no trabajen en vacío.

- El operador debe retirar natas manualmente con una maya o con un bote perforado para drenar el exceso de agua, de manera diaria, 1 vez por turno o cada 4 horas.
- Limpieza de áreas.
- Cepillado de las canaletas de los sedimentadores.
- Si hay falla en alguno de los equipos (por ejemplo, si la rastra o alguna de las bombas no funciona) presionar el botón de RESET para restablecer. En caso de que no se restablezca, hacerlo saber al jefe de turno

### **Mala operación**

- Si se taponea la charola desnatadora no permitirá el paso de los sobrenadantes lo que genera exceso de sobrenadantes en el sedimentador esto genera malos olores y no se cumple con el objetivo de clarificar el agua.
- Si no se retiran las natas se pueden dañar las bombas debido al exceso de natas puede crearse un tapón y la bomba trabajar en vacío.
- La presencia del equipo de mantenimiento (escobas, cepillos, cubetas, malla desnatadora) genera una mala presentación de la PTAR.
- Si no se mantienen las bombas con su seguro estas pueden botarse y funcionar por si solas.
- Si la purga no se realiza correctamente el colchón de lodos será mayor a 2 ft lo que generara malos olores y puede generar problemas posteriores como exceso de nutrientes en el sedimentador secundario, sobrepoblación de lodos, flotación de natas en el sedimentador secundario.
- Si las bombas trabajan en vacío puede quemarse.
- Se deben de retirar los sobrenadantes debido a que se pueden adherir a los vertederos y canales. El exceso de natas puede generar problemas en los procesos posteriores como bloquear el paso de radiación de las lámparas UV

## RASTRAS

### Descripción

El motor de las rastras es de 1 hp, dirigen los flotantes a la charola desnatadora que está conectada con el tanque de natas el cual es llenado mediante el efecto de gravedad, estas son bombeadas al depósito de natas mediante 2 bombas KSB sumergibles.

### Operación

1. Energizar en el CCM
  - 1.1 Colocar en modo manual.
  - 1.2 Posicionar la perilla en ON (se encenderá foco verde).



Fig. 46 Botonera de rastras en el CCM.

2. Oprimir el botón de START de la botonera local (El foco rojo se encenderá en el CCM) esto indicara que ya está operando.

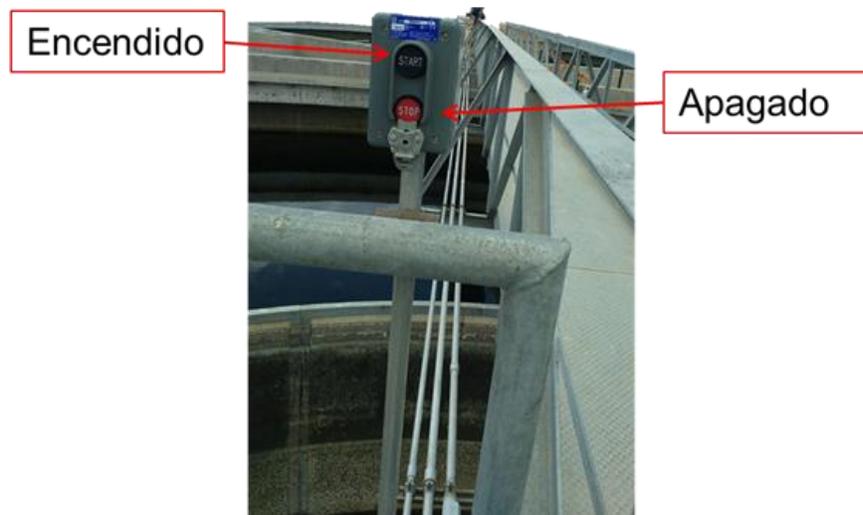


Fig. 47 Botonera local de rastras.

#### NOTAS:

- En caso de que no se use la rastra, colocar el seguro de la botonera local.
- En caso de que se detenga la rastra, consultar con el jefe en turno.
- En caso de que se requiera muestra de colchón de lodos esta se realizara en el centro del puente del sedimentador.
- Registrar en la bitácora cualquier anomalía.
- En caso de hacer mediciones que el laboratorista pida para la bitácora. El colchón de lodos se debe determinar cada 2 o 4 horas (Los tiempos de medición dependen de lo que el laboratorista pida, es recomendable el rango de 2 a 4 horas o cada cambio de turno.

### COLCHÓN DE LODOS

#### Descripción

El lodo que se acumula en los sedimentadores debe ser extraído de los mismos mediante purgas que se hacen diariamente. A pesar de eso en el fondo de los sedimentadores es común que exista una capa de lodo que puede producir malos olores. Lo que se busca con la medida de dicho colchón es saber cuánto tiempo debe mantenerse prendida dicha purga para llevar un control de olores. Para

llevar a cabo dicho control, la medida de lodo en el piezómetro debe ser menor a 2 ft.

### **Determinación**

1. Se ubica la marca localizada en el centro del radio del sedimentador.
2. Se sumerge el juez de lodos (también conocido como piezómetro) hasta tocar el fondo en el punto de medición.
3. Se retira el juez de lodos.
4. Se anota en la bitácora la marca obtenida en el juez (ésta marca no debe superar los 2 pies si es así hablar al jefe de turno para purgar el sedimentador).
5. Se retira el contenido del juez de lodos presionando la parte inferior del tubo.
6. Esto se anotan diario en la bitácora de parámetros de campo del control de operación.



Fig. 48 Ejemplo de prueba de colchón de lodos.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

### **Frecuencia**

Se debe llevar a cabo una vez por turno todos los días.

## **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Salvavidas
- Cubre bocas

## **CÁRCAMO DE LODOS SECUNDARIOS.**



Fig. 49 Cárcamo de lodos secundarios

La entrada de las natas y lodos tienen cada una su propia entrada esta es por gravedad, estas van hacia el depósito de natas y al depósito de lodos (el de mayor volumen). El depósito de lodos cuenta con sus propias válvulas de cuchilla más sus 3 bombas grandes y 3 bombas chicas.

El cárcamo de lodos secundarios opera con  $Q_{med} = 1,541.88 \text{ m}^3/\text{día}$ , volúmenes de trabajo=  $102.96\text{m}^3$  y un TRH= 1.6 hrs.

## VÁLVULAS

### Descripción

La entrada de lodos de los sedimentadores secundarios al cárcamo de lodos secundarios se proporciona mediante gravedad y se regula con las válvulas de cuchillas color rojas las cuales se ubican en los costados del cárcamo de lodos secundarios.

### Operación

Regular la salida del flujo de lodos girando la válvula de tipo cuchilla, se abre en sentido de las manecillas del reloj y se cierra en sentido contrario.

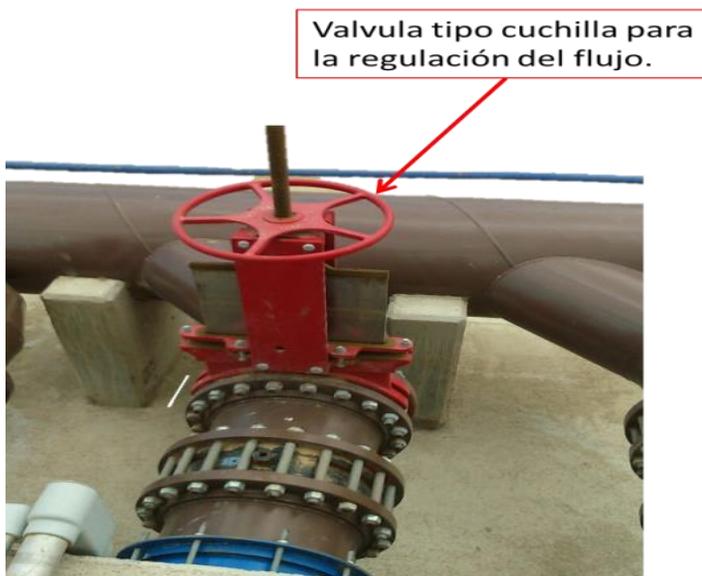


Fig. 50 Válvula para regulación de flujo.

### Responsabilidad

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

Las válvulas deben estar abiertas todo el tiempo, excepto cuando no se requiere el paso del flujo o cuando se hacen algunas reparaciones/mantenimiento de equipos que así lo requieran.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Guantes.
- Lentes de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Salvavidas.
- Cubre bocas



Fig. 51 Válvula de cuchilla.

## **PROCESO PARA ENERGIZAR TODAS LAS BOMBAS DESDE EL CCM**

7. Energizar en el CCM
  - a. Colocar en modo manual.

b. Posicionar la perilla en ON ( se encenderá foco verde)



Fig. 52 Botonera de las válvulas en el CCM.

#### NOTAS:

- ✓ Registrar en la bitácora cualquier anomalía como: Que se prenda el indicador de fallas, atascamiento, que no prendan.
- ✓ En caso de que se utilice diariamente, se debe estar intercalando entre cada bomba, para no sobrecargar sólo una.
- ✓ Se registra en la bitácora a qué hora se prendió y a qué hora se apagó. En caso de que este continuo se pone en la bitácora (se operó todo el día)
- ✓ Se debe de anotar cuales bombas se utilizaron en el día ( si son 2 se anotan las 2)
- ✓ Purga de lodos por bombeo. ( Dependerá del cultivo biológico para obtener la concentración adecuada)

## BOMBAS GRANDES SUMERGIBLES DE RECIRCULACION DE LODOS

### Descripción

Luego de que las partículas se sedimenten por gravedad pasa al cárcamo de lodos. El depósito de lodos cuenta con 3 bombas sumergibles KSB de tipo KRT K 350-500/4010 UNG-3 de 50 HP, 460 V, 3 fases y un flujo 384.00 l/s. Estas son de acero inoxidable. La bomba está diseñada con una entrada de fluido axial y una salida radial. El sistema hidráulico se apoya en el eje extendido del motor. El eje funciona con cojinetes comunes.

Los lodos sedimentados se recirculan al tanque anaerobio en la primera etapa del tanque multiceldas.

Operación:

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM:



Fig. 53 Bomba de recirculación de lodo en el CCM

2. Oprimir el botón de START de la botonera local

Botonera local de las bombas de recirculación de lodos



Fig. 54 54 Botonera local de bombas de recirculación de lodos

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

Las bombas grandes del cárcamo de lodos se encenderán cuando el operador lo considere necesario, tomando en cuenta la cantidad de flujo que sale por el canal Parshall, ya que es la referencia de que está entrando flujo de alimentación de agua cruda al tratamiento biológico. Al ser un flujo bajo se cierra la recirculación.

### **Seguridad**

1. Uniforme de trabajo.
2. Calzado de seguridad.
3. Guantes.
4. Lentes de seguridad.
5. Casco de seguridad.
6. Salvavidas.
7. Cubre bocas

## BOMBAS SUMERGIBLES CHICAS DEL CÁRCAMO DE LODOS SECUNDARIOS

### Descripción

El cárcamo de lodos también cuenta con 3 bombas KSB sumergibles con tipo de serie Amarex NF 80-220/044 ULG cada bomba tiene 4.96 hp, 460 V, y 16.568 l/s de flujo. Estas son de acero inoxidable. Cada una de ellas, está equipada con una entrada de corriente axial y con una salida de corriente radial. El sistema hidráulico está fijado al eje prolongado del motor. El eje está dotado de un cojinete común.

Los lodos se van por bombeo a la mesa de Espesadores mecánicos en donde se extrae el agua y los lodos son dirigidos al tanque de mezcla de lodos.

### Operación

4. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM



Fig. 55 Bomba de lodos secundarios en el CCM.

5. Oprimir el botón de START de la botonera local



Fig. 56 válvulas tipo cuchilla para regulación de flujo de lodos.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha área.

### **Frecuencia**

Las bombas chicas del depósito de lodos se encenderán cuando el laboratorio así se lo indique al operador (al haber alcanzado la concentración óptima de lodos en el tanque de aireación).

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Guantes.
- Lentes de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Salvavidas.
- Cubre bocas

## BOMBAS SUMERGIBLES CHICAS DEL CÁRCAMO DE NATAS SECUNDARIAS

### Descripción

El cárcamo de natas cuenta con 2 bombas KSB sumergibles con tipo de modelo AMA- PORTER 501 ND cada bomba contiene 2 hp, 460 V, 3 fases y con un flujo de 7,151 l/s. Cada una de ellas está equipada con una entrada de corriente axial y con una salida de corriente radial. El sistema hidráulico está fijado al eje prolongado del motor. El eje está dotado de un cojinete común. Las natas se purgan al mezclador de lodos.

### Operación

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM:



Fig. 57 Bomba de natas secundarias en el CCM



Fig. 58 Bomba energizada y funcionando.

2. Oprimir el botón de START de la botonera local



Fig. 59 Botonera local de Bombas sumergibles chicas del cárcamo de natas.

**NOTAS:**

- Es necesario purgar el lodo biológico secundario excedente del tratamiento de agua desde los sedimentadores secundarios, para enviarlo por bombeo a una operación unitaria de espesamiento mecánico. Debido a la naturaleza de este lodo se ha puesto un espesamiento mecánico, por lo que será necesaria la dosificación de polímeros catiónicos como coadyuvantes de floculación, con el fin de reducir la cantidad de agua en el lodo antes de enviarlo al tanque de mezcla de lodos para mezclarlos con los lodos purgados de los sedimentadores primarios.
- El equipamiento es 3 mesas de banda del tipo mecánico, con limpieza continua y automática de las bandas mediante chiflones de agua a alta presión, con tensionamiento neumático, y con alineamiento electromecánico de las mismas.

El agua clarificada de los sedimentadores secundarios vierte por gravedad en los vertedores triangulares hacia una la canaleta que conduce el agua a la caja derivadora del sedimentador para posteriormente llegar por gravedad a los canales de desinfección.

**Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

**Frecuencia**

Las rastras operan todo el tiempo para evitar el exceso de natas en los sedimentadores.

**Seguridad**

- Uniforme de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Guantes.
- Lentes de seguridad.

- Casco de seguridad.
- Salvavidas.
- Cubre bocas

### **NOTAS GENERALES DE LAS BOMBAS:**

- El grupo de bomba sumergible no puede ponerse en servicio sin el líquido de bombeo (lodo), tomando en cuenta el caudal medio de trabajo de cada una de las bombas.
- Si las bombas se van a dejar fuera de servicio durante un tiempo prolongado, se deberán activar y dejar en marcha durante un minuto aproximadamente mensual o trimestral. De esta forma se impide la formación de sedimentos en el interior de la bomba y en zonas inmediatas de afluencia.

## **SISTEMA DE DESINFECCIÓN UV**

### **Descripción**

La entrada a los canales de desinfección se proporciona por una caja derivadora y se regula el flujo de entrada a cada canal de desinfección con las válvulas de mariposa color azules ubicadas en la parte inferior del cárcamo de desinfección, el agua entra al cárcamo mediante gravedad para posteriormente con la ayuda de las compuertas de cuchillas poder regular la cantidad de flujo que se requiere mandar por uno o ambos canales, el agua que fluye a través de los canales es sometida a rayos ultra violeta hasta llegar a una compuerta de pesas para desembocar en un canal Parshall donde se tomaran muestras y mediciones para determinar la cantidad de agua tratada por día y la calidad del agua en los límites máximos permisibles de la NOM-003-SEMARNAT-1997. El agua tratada se vierte por gravedad hacia la tubería de descarga para su reúso en riego agrícola y jardines.

Los canales de desinfección cuentan con  $Q_{med}=703.24$  l/s,  $Q_{max}=1,283.59$  l/s,  $Q_{min}=373.59$  l/s, con un volumen de trabajo de  $9.272$  m<sup>3</sup> y un

tiempo de contacto  $T=10$  seg a una transmitancia  $\lambda=254$  nm (longitud de onda con propiedades germicidas) y con una vida útil de las lámparas= 12000 hr.

### **Mantenimiento**

- Limpieza de lámparas UV por exceso de algas (se deben desconectar y sacar lámpara por lámpara para quitar el exceso de algas provenientes de los sedimentadores secundarios)
- Limpieza de áreas (barrer y sacudir el cerebro de las lámparas UV)
- Lavar cada que se vea lamoso el canal Parshall

### **Mala operación**

- No lavar las lámparas UV puede generar problemas en el paso de la radiación a las lámparas.
- No limpiar áreas puede generar problemas como telarañas.
- Si no se quita la lama del canal Parshall puede generar un color verdoso en el efluente.

### **Operación**

#### **Compuertas**

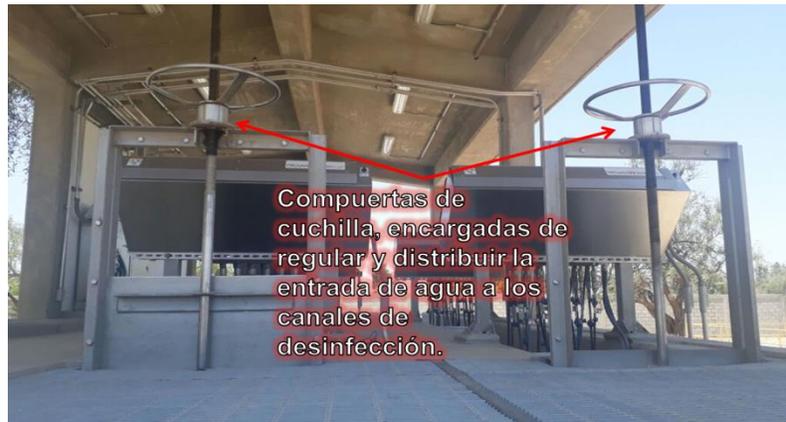


Fig. 60 Compuertas reguladoras de flujo en desinfección.

### Válvula de mariposa



Fig. 61 válvulas mariposa de sedimentadores a desinfección.

### Bomba SIEMENS de lavado de espuma (2 bombas)

Estas bombas sirven para regular la espuma del digestor anaerobio. El área de lavado de espuma cuenta con 3 bombas cada bomba contiene 7.5 hp, 208-230/460 V, 3 fases y un flujo 70 l/s.

#### Instrucciones

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM.
2. Oprimir el botón de START de la botonera local.



Fig. 62 bombas de lavado de espuma

### **Operación de las lámparas UV**

1. Subir las pastillas primero se deberá subir la superior y posteriormente la inferior. Éstas se encuentran dentro del panel de la pantalla de control (se recomienda cerrar bien cada puerta para evitar la entrada de polvo a los circuitos de los equipos).
2. Al iniciar el arranque de las lámparas de un canal se deberá tomar tiempo (10 minutos) con una intensidad del 100% y de esta manera lograr el calentamiento adecuado para el funcionamiento de las lámparas.
  1. Se deberá checar la intensidad del voltaje del control de cada canal (1A, 1B, 2A Y 2B) la cual deberá estar en 272 V.
  2. Una vez que las lámparas estén calientes se procederá a dar el encendido (poner las lámparas en modo remoto ayudara al operador a regular la frecuencia).
  3. La limpieza de las lámparas se realiza de modo automático cada cuatro horas y se tendrá que estar revisando la presión de la bomba de limpieza. Ésta debe estar en un rango de 200 PSI, se tendrá que checar que el depósito de aceite este con el volumen adecuado.
  4. En caso de que se requiera proporcionar grasa a los botes limpiadores o escobillas y al pistón, se le deberá comunicar a mantenimiento para llevar a cabo el proceso.
  5. La pantalla cuenta con diversas opciones una de las más importantes es la señal de fallo grave la cual se encuentra en la esquina inferior derecha y esta se encontrara parpadeando cuando presente alguna anomalía se encontrara de color rojo cuando la falla sea grave y color amarillo cuando sea menos intenso.
  6. Una vez realizada la reparación del equipo o cambio de piezas se deberá restablecer el equipo (reiniciando las fallas ocasionadas y eliminar el historial de falla borrando los grupos insuficientes, esto se deberá hacer en la pantalla de control)

7. La pantalla de control le proporcionara al jefe de operación datos sobre todo lo realizado en el área ya que cuenta con un historial para un mayor control del equipo.

La pantalla se muestra a continuación:



Fig. 63 Pantalla del sistema de desinfección UV.

**Nota:** Cuando se presenten fallas tendrá que solicitar el manual de operación TROJANUV3000PLUS y se tendrá que dirigir a la página 144 (Solución de problemas)



Fig. 64 Botoneras de desinfección

## BOMBAS DE RIEGO Y SERVICIOS (3 bombas)

Esta bomba PICSA de 7.5 hp, 208-230/460v, 3 fases y con un flujo de 70 l/s se utiliza para servicios de riego de la PTAR.

### Instrucciones

1. Energizar la bomba que se va a utilizar en el CCM.
2. Oprimir el botón de START de la botonera local.



*Fig. 65 Botonera local de bombas PICSA*

## PARSHALL



Fig. 66 canal Parshall.

El gasto se calcula a partir de la ecuación

$$K = 0.544C_d C_v g^{1/2} b \quad n = 1.5$$

$$Q = Kh_a^n \quad C_v (h_a)^n = \left(h_a + \frac{v_a^2}{2g}\right)^n$$

$C_d$  es llamado un coeficiente de descarga para el canal Parshall con valores entre 0.95-0.99

El coeficiente  $C_v (>=1)$  es el coeficiente tal que  $C_v (h_a)^n = \left(h_a + \frac{v_a^2}{2g}\right)^n$

El coeficiente  $C_v$  ( $\geq 1$ ) es el coeficiente tal que

$$C_v(h_a)^n = \left(h_a + \frac{v_a^2}{2g}\right)^n$$

Datos de prácticas formato de campo (Ejemplo). La medición de flujo del vertedor tipo Parshall para medir el caudal se mide cada hora este está en la bitácora de formato de campo (seguir los pasos de cómo medir el Parshall)

medición	ha(mm)	Q(l/s)
1	58	0.21
2	68	0.67
3	97	1.25
4	129	1.67
5	157	2
6	170	2
7	180	2.5

Fig. 67Ejemplo de tabla de medición de flujo con canal Parshall.

### **Medición del efluente en el vertedero tipo Parshall:**

- Se toma la medida del área mojada con una varilla y se mide con un fluxómetro
- Luego se checa el caudal en la tabla que relaciona la altura mojada de la varilla con los litros por segundo, que será el caudal del efluente. Anotar en el formato de campo el caudal obtenido, esto se hace cada hora.
- Si el nivel del agua es superior a la caída del caudal, probablemente la lectura va a ser errónea, si ocurre esta situación reportarlo al encargo de turno.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que esté involucrado en dicha ÁREA.

### **Frecuencia**

El área de desinfección actúa de forma automática una vez encendido el equipo. El caudal se mide cada hora en el canal Parshall y en caso de no tener flujo continuo de agua se debe apagar la luz ultravioleta para la desinfección para evitar daños a la misma, una vez que se tenga un flujo constante deben permanecer prendidas todo el tiempo.

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Guantes.
- Lentes de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Salvavidas.
- Cubre bocas

## **DIGESTION ANAEROBIA DE LODOS**

### **LODOS PRIMARIOS:**

El lodo primario se extraerá en los sedimentadores primarios a una concentración de alrededor de 5%. Este lodo se enviará a un tanque de mezcla para homogeneizarse con el lodo secundario previamente espesado. Con el objeto de impedir la basura fina remanente que logra traspasar el pre-tratamiento, no sólo no ingrese a los espesadores, sino que, y más importante, no llegue a los digestores anaeróbicos causando problemas en el mezclado y produciendo depósitos de basura que a la larga reduzcan la capacidad útil de los mismos, se

ha propuesto una operación de tamizado de los lodos primarios a través de hidrotamices estáticos con apertura de 3.0 mm.

La basura separada por dichos hidrotamices cae a una tolva para ser retirada manualmente hacia la zona de disposición.

### **LODOS SECUNDARIOS:**

El lodo biológico secundario excedente del tratamiento de agua, será necesario purgarlo desde los sedimentadores secundarios, para enviarlo por bombeo a una operación unitaria de espesamiento mecánico con el fin de reducir el flujo de lodos a digestión. Debido a la naturaleza de este lodo se ha puesto un espesamiento mecánico, por lo que será necesaria la dosificación de polímeros catiónicos como coadyuvantes de floculación.

El equipamiento es 3 mesas de banda del tipo mecánico, con limpieza continua y automática de las bandas mediante difusores de agua a alta presión, con tensionamiento neumático, y con alineamiento electromecánico de las mismas.

El agua que se separa del lodo en las mesas de espesado por medio de la acción de la gravedad es enviada a un tanque de lixiviados para enviarla por bombeo a la caja derivadora de agua cruda para volver a ingresar al tren de tratamiento.

El lodo espesado en cada una de las mesas se deposita en tolvas que lo conducen hacia el tanque de mezcla de lodos.

El tratamiento de lodo se realizará mediante un proceso anaerobio a través de 2 digestores.

## MESAS DE ESPESADO

### Descripción

Andritz tipo PDL- 2500, se realizaron pruebas de paro y arranque de los equipos, instalación de las bandas las medidas corresponden a 2.5 x 8.51 mts aplica para los tres equipos.

Se probó con agua del sedimentador secundario, no se realizó con lodo biológico debido a que la concentración se encontró en 20 ml/L lo cual no es representativo para dichas pruebas.



Fig. 68 Mesas de espesado

## UNIDAD DE PREPARACIÓN DE POLIMERO

### Descripción

Las mesas de espesado cuentan con un tanque de preparación de floculante de capacidad de 2.400 LPH.

Marca: S.I.M.M.M. □ Modelo: PPH – 11060 – A/B-40 – 4.0 – AIT304 – 460VCA.

Es una unidad de preparación con un tanque en forma horizontal, fabricado en acero inoxidable, dividido en tres secciones, Preparación, Maduración y Dosificación, con agitación mecánica en las tres cámaras, La tolva de floculante está situada a nivel de tanque, para ser alimentada con sacos, su operación es totalmente automática, la concentración de floculante se varía

desde la pantalla del PLC, y mantiene constante esta concentración de trabajo, aún con variaciones en el agua de alimentación.



Fig. 69 Unidad de polímeros mesas de espesado.

## **DIGESTORES ANAEROBIOS**

### **Descripción**

El digester cuenta con tres puntos de entrada para la alimentación de lodo, uno ubicado en la parte baja del digester que descarga en el nivel 78.5 aproximadamente, un segundo que llega a la parte alta del Digester descargando bajo el nivel de operación siendo el nivel 99.0 aprox. Y un tercer punto que descarga sobre el nivel de operación para romper las natas y la capa de sobrenadante que se forma en el digester, este último punto es el causante de una mayor turbulencia durante su operación. El lodo dentro del digester tiene un tiempo de retención hidráulica de 22 días, en este tiempo el proceso alcanza eficiencias del 46% en la remoción del STV.



Fig. 70 Digestores anaerobios

## Funcionamiento de un digester Anaerobio.

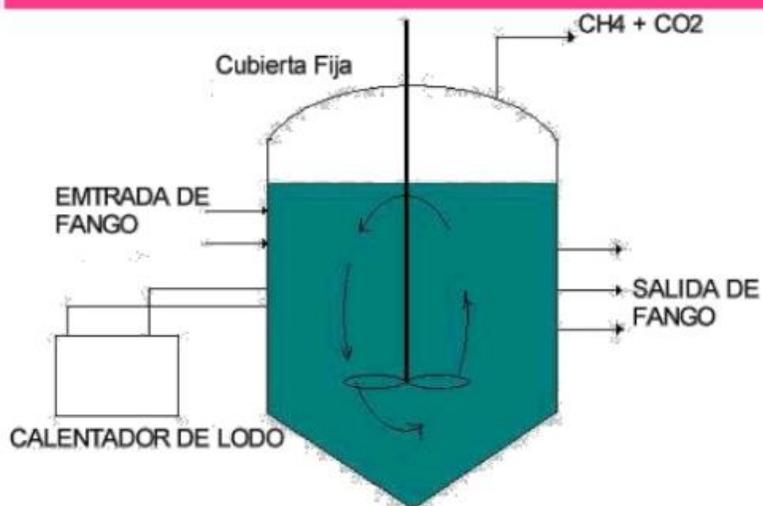


Fig. 71 Funcionamiento de un digester.

## TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS

### Descripción

Tiene como objetivo contener temporalmente los excedentes de la producción de biogás, almacenándolo antes de enviarlo hacia el quemador o hacia las calderas.

Tiene una capacidad de 1150 m<sup>3</sup>, pero por condiciones de seguridad el nivel máximo que puede alcanzar es un 95 % de su capacidad, cuenta con un soporte de gas de tipo GS218, su número de serie es el 2017-10722 y cuenta con un diámetro de soporte del gas de 13.75 m y altura del soporte del gas de 10.31 m. Soporta una presión máxima de 30 mbar.

El tanque en su interior tiene una membrana plástica que semeja un globo, y es ésta la que contiene realmente el biogás, además de estar anclado a una guía que sirve para mantenerlo equilibrado cuando la membrana está sufriendo cambios de volumen.



Fig. 72 Tanque de almacenamiento de gas

**Componentes del tanque:**

1. Membrana externa
2. Membrana interior
3. Membrana inferior.
4. Anclaje
5. Soplador de aire
6. Salida de descarga
7. Válvula de seguridad
8. Válvula de retención
9. Válvula de regulación de presión
10. Unidad de medida.
11. Mirilla
12. Contorno
13. Tubo de alimentación de aire.

**QUEMADOR DE BIOGÁS****Descripción**

El biogás producido por digestores anaerobios es quemado en el mechero de biogás, y para llegar hasta el quemador, el biogás sale del digestor a través del domo del biogás por medio de una línea de 10" Ø de acero inoxidable que lo conduce hasta el cuarto de compresores de biogás donde se hace pasar a través de un filtro de grava, después descarga a un cabezal de 8" Ø que lo conduce a una trampa de condensados a la entrada del tanque de almacenamiento de biogás.

En la línea de salida del tanque de almacenamiento de biogás se cuenta con una intersección que puede enviar al biogás ya sea hacia el quemador o hacia un filtro de cerámica que descarga en la línea hacia las calderas.

El quemador tiene un diámetro de 6" y una altura máxima de 4.27 m, cuenta con un peso de 432 Kg y un flujo de 4,245 m<sup>3</sup>/hrs.



Fig. 73 Quemador de biogás

### **Tablero de control de quemador de biogás**

El tablero de control del quemador está ubicado a un costado del quemador de biogás, este equipo es el puerto para llevar a cabo la transmisión de señales para el arranque del quemador.

Para que el quemador comience a operar es necesario que reciba una señal de alto nivel del tanque de almacenamiento de biogás, así como para que el quemador quede fuera de operación de manera automática debe recibir una señal de bajo nivel en el tanque de almacenamiento de biogás (estos niveles pueden ajustarse de acuerdo con las necesidades del proceso).

Además, en el tablero se cuenta con un dispositivo para realizar la operación de manera manual.

### **Accesorios del quemador de biogás**

#### **a) PROGECO**

Es el sensor de temperatura que permite el arranque de la operación del quemador, este instrumento transforma la temperatura en señales de mili volts para permitir la puesta en marcha del quemador.

Si no da la señal en un rango de 0 a 12 mili volts, no enciende. Si la señal es mayor a 12 mili volts, se enciende y genera una señal para el control, que energiza la válvula solenoide de la válvula reguladora del diafragma para que ésta permita el paso del biogás hacia el quemador.

#### **b) Tubos Venturi**

Estas líneas son conductoras del combustible para el piloto del quemador, que son controladas por dos válvulas, una solenoide que actúa de acuerdo con señales del tablero de control de biogás y posterior a ésta, una válvula reguladora de flujo de operación manual con la cual se ajusta la presión de salida del combustible que debe operar entre 4.0 y 6.0 In-H<sub>2</sub>O.

Son dos líneas una de 1" Ø y una de 2" Ø, la línea de retención se activa solamente durante el tiempo de calentamiento del Thermocouple durante la puesta en marcha del quemador y una vez que el Thermocouple ha alcanzado su temperatura, la válvula solenoide de esta línea se cierra, en cambio la línea de 2" Ø se mantiene en operación todo el tiempo en que opera el quemador, ya que es la de alimentación directa del piloto.

#### **c) Arrestador de flama**

Este es un dispositivo de seguridad para evitar el paso de una flama que se llegase a formar en la línea del quemador, y así evitar que la flama

llegue hasta el tanque de almacenamiento de biogás o hacia otro punto del sistema.

Este arrestador tiene un fusible de plomo ubicado en la parte final del arrestador (tomando en sentido del flujo), este dispositivo es un sensor, ya que, si pasara una flama hasta este punto, se fundiría este fusible y manda una señal a la válvula solenoide de tres vías, para cerrar la válvula reguladora del diafragma y así interrumpir el paso del biogás.

#### d) Válvula reguladora de Diafragma

Esta válvula de 8" Ø, es el punto en el cual se controla la presión a la cual llega el biogás hacia el quemador, ya que cuenta con un dispositivo manual para regular su apertura con un rango de presión de 7.0 a 15.0 In H<sub>2</sub>O, al cual puede ser abierta.

La operación de esta válvula está regida por dos puntos:

- 1) La temperatura del Thermocouple.
- 2) La presión del sistema después del tanque de almacenamiento de biogás.

Una vez que la válvula solenoide de tres vías, de la válvula de diafragma ha recibido la señal de que el Thermocouple ha alcanzado su temperatura de presión, ésta permite la liberación del biogás contenido en la parte superior del diafragma para que la presión del sistema pueda levantar el diafragma y este permita el paso del biogás hacia el quemador, se hace un intercambio entre la presión del sistema con la presión atmosférica.

### **CALDERAS (lodo caliente a 37°C a digestores anaerobios)**

#### **Descripción**

Se cuentan con 2 calderas marca Power Master de 60 C.C, con una capacidad evaporativa de 589 KW/Kg, 58 m<sup>2</sup> de superficie de calefacción, y 7.0

Kg/cm<sup>2</sup> de presión de operación, además de estar acondicionadas para operar con biogás o gas LP como combustible.



Fig. 74 Cuarto de calentamiento de lodos.

## DESHIDRATACIÓN DE LODOS

La finalidad de esta etapa es facilitar el manejo de los biosólidos reduciendo su volumen por medio de la fuerza centrífuga con equipos del mismo nombre.

### Drenado de lodo digerido

El drenado del lodo puede realizarse desde la parte alta del digestor, en el tanque de lodo digerido y por la parte baja del digestor. La primera se lleva a cabo por medio de una válvula de operación manual a un nivel de 100.20 y otra que opera de manera automática instalada en el nivel 101.70, ambas en la línea de 8" Ø que viene desde la parte baja del digestor. El otro drenado se realiza a través de la línea 8" Ø instalada en la fosa de tuberías de los digestores, ya que esta línea une la salida del digestor con la línea de conducción de lodo digerido hacia el tanque de lodo digerido.



Fig. 75 Tanque de lodo digerido

### **DECANTADORA (CENTRIFUGAS)**

#### **Descripción**

La decantadora centrífuga opera por medio de un tornillo helicoidal al cual se alimenta el lodo, entrando por un orificio hasta un punto medio, al entrar girando continuamente el tornillo provoca que el lodo se separe en dos fases principalmente, la primera empuja al sólido hacia la parte izquierda de la decantadora, mientras el agua contenida en el lodo, se desplaza hacia el lado derecho. De esta manera la deshidratación del lodo es más efectiva y rápida siendo proporcional a las revoluciones por minuto que con la que se programe el equipo para su operación. (Operación de la decantadora centrífuga).

El lodo que se enviara a la centrifugas viene del tanque de lodos digeridos provenientes del digestor anaerobio.

Decantadora marca Andritz modelo D4 LC 30 C HP, velocidad nominal de 3000 RPM y una velocidad máxima de 3600 RPM, con una potencia de 30 kW, capacidad de 51 m<sup>3</sup>/h y una densidad de 1.2 en fangos. Se cuenta con tres decantadoras en el área de deshidratado, para la alimentación de los lodos a las decantadoras se mantienen 4 bombas Moyno de 3 Hp y tuberías de 4" y 6" de diámetro. Así mismo, para el sistema de lavado de las centrifugas se encuentran

3 bombas de agua, marca Picsa de 75 lps incluyendo tuberías de 2 1/2 " de diámetro.



Fig. 76Centrífuga.

## UNIDAD DE PREPARACIÓN DE POLIMERO

### Descripción

Las centrifugas cuentan con un tanque de preparación de floculante de capacidad de 2.400 LPH.

Marca: S.I.M.M.M., Modelo: PPH – 11060 – A/B-40 – 4.0 – AIT304 – 460VCA.

Es una unidad de preparación con un tanque en forma horizontal, fabricado en acero inoxidable, dividido en tres secciones, Preparación, Maduración y Dosificación, con agitación mecánica en las tres cámaras, La tolva de floculante está situada a nivel de tanque, para ser alimentada con sacos, su operación es totalmente automática, la concentración de floculante se varía desde la pantalla del PLC, y mantiene constante esta concentración de trabajo, aún con variaciones en el agua de alimentación.



Fig. 77 Unidad de preparación de polímeros

## **DISPOSICIÓN DE LODOS**

La finalidad de la disposición de lodos es tener confinado el lodo deshidratado en un área adaptada para ello. Se debe garantizar la impermeabilidad de la zona de disposición, así como asegurar el manejo y almacenamiento de lodo de manera eficiente para aumentar la vida útil del sitio.

### **SITIO DE DISPOSICIÓN TEMPORAL**

#### **Descripción**

El sitio de disposición temporal de lodos se encuentra a un costado de la planta de tratamiento de agua, está construida en una superficie de 4,453.85 m<sup>2</sup> y es de concreto. En este lugar serán depositados los lodos provenientes de las centrifugas.

El concreto en la zona de disposición de secado de lodos es de una resistencia de  $f' c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , revestimiento de +- 12 cm y cuenta con una plancha de disposición de lodos y taludes en el perímetro de la zona.



Fig. 78 Sitio de disposición temporal de lodos.

### **Responsabilidad**

Aplica a todo el personal de operación y mantenimiento que labore en esta área.

### **Frecuencia**

No aplica

### **Seguridad**

- Uniforme de trabajo
- Calzado de seguridad
- Casco de seguridad
- Lentes de seguridad
- Guantes de carnaza

### **Parámetros de control en disposición temporal de lodos**

Los parámetros de control son monitoreados conforme a la NOM-004-SEMARNAT-2002 para uso y disposición. Dichos parámetros son analizados por un laboratorio externo acreditado. Así mismo, para llevar a cabo su disposición final, es necesario tener una constancia de no peligrosidad de los biosólidos en términos del trámite SEMARNAT 07-007

## 5. CONCLUSION

Es de suma importancia la correcta operación y mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ya que la buena operación de la misma se verá reflejada en el rendimiento del proceso, contar con una buena base de conocimiento técnico y científico mejorará el entendimiento del mismo, que se verá reflejado en mejores resultados de la calidad del efluente. Una mala operación de los equipos que constituyen una PTAR puede llevar a errores irreversibles, por ello, es indispensable que el personal cuente con una guía, en este caso, un Manual de Operación, que crea un estándar en el manejo de la planta en general. Este servirá como apoyo para personal operativo y de nuevo ingreso, mejorando su desempeño en el campo laboral y eficientando el proceso.

El manual se encuentra sujeto a cambios y actualizaciones. Se recomienda actualizar la información cada año. Ya que conforme se vaya operando la PTAR pueden surgir más formas de mantenimiento para evitar el deterioro de equipos y mejorar el mantenimiento. Así como también la línea de lodos se encuentra en etapa de equipamiento y solo se hace mención de datos de los equipos y su respectiva fotografía de cada uno para en un futuro cuando se termine la etapa de equipamiento acudan los ingenieros capacitados de cada equipo a dar los cursos de operación y poder agregarlos al manual presente. Aún falta saber la frecuencia de operación y consecuencias de lo que sucedería por una mala operación esta información aún no se tiene ya que aún no se opera.

El lodo que se genera actualmente es lodo de sedimentación primaria es de 138.46 m<sup>3</sup> por día ya que aún no se cuenta con todo el caudal de agua residual, por lo que aún no se ha alcanzado la concentración de bacterias requeridas en los reactores biológicos y no se tienen lodos de purga secundarios. Este lodo es temporalmente mandado a una laguna de maduración que se encuentra a un costado de la PTAR antigua la cual ya se encuentra operando aun con un tres de tratamiento de aguas ya que la entrega se encuentra en etapa de transición, esto es mientras se termina toda de equipar el tren de tratamiento de lodos. La laguna de maduración contiene bacterias anoxicas y anaerobias, las cuales ayudan al

proceso de degradación de la materia orgánica contenida en los lodos primarios, hasta su estabilización total.

Se espera tratar un total de 1,818.81 m<sup>3</sup> de lodo al día por medio de la digestión anaerobia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Alleman, & Prakasam. (1983). Depuración Biologica de las aguas Residuales Urbanas. Retrieved from <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5909/08Mjkm08de18.pdf;sequence=8>
- Barcamp. (2014). Proceso de fangos activados. Retrieved from <http://quimicamedioamb.blogspot.com/2014/01/el-proceso-de-fangos-activados-vision.html>
- Calderon, C. (2010). *Operación de plantas de lodos activados*.
- CIDTA. (2011). *Redes de Saneamiento Urbano: Redes de Saneamiento*.
- CONAGUA. (2007). *CÁRCAMOS DE BOMBEO PARA ALCANTARILLADO, FUNCIONAL E HIDRAULICO*. Coyoacán, México.
- CONAGUA. (2015). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y tratamiento primario*. Coyoacán, México.
- Constanza, L., & Antolinez, D. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta *NOVA*.
- DeBarbadillo, C. (1995). Optimal Nutrient Removal. *Water Enviroment & Technology*.
- EPA. (2011). *Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos*.
- FAO. (2011). *Manual de biogás*.
- Fernández, R. (2016). *Pretratamientos*.
- Guerra, A., & Daza, G. (2014). Diseño, Construcción y Montaje Planta de tratamiento de aguas de aguas servidas Chaiten. Retrieved from <http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/ESSAL/06%20Informaci%C3%B3n%20entre%20por%20la%20empresa/INFORMACION%20EXCEPCIONAL/PTAS/PTAS%20CHA/03%20Memoria/Memoria%20de%20proceso.pdf>
- Hebert, K. (2010). Tratamiento de aguas residuales In Belzona (Ed.), (1 ed., pp. 50).
- Holland, K. T. (2015). *Anaerobic bacteria*. Popular Science: Chapman and Hall.
- IMTA. (2015). *Operación de Plantas de Lodos Activados*.
- Innovagua, S. A. (2015). Historia del Tratamiento del Agua.
- Jamin. (2014). Todo sobre centrifugas
- Lozano, A. (2012). *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Maskew, G. F., Geyer, J. C., & Okun, D. A. (1966). *Water and wastewater engineering*. New, York.
- Metcalf, & Eddy. (1991a). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Singapore.
- Metcalf, & Eddy. (1991b). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw-Hill
- Metcalf, & Eddy. (2003a). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO VERTIDO Y REUTILIZACIÓN* (Vol. 1).
- Metcalf, & Eddy. (2003b). *Ingenieria de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Vol. 1): Mc-Graw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (2003c). *Ingenieria de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*
- Metcalf, & Eddy. (2003d). *Ingenieria de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. (Vol. 1): McGraw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (2003e). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*: McGraw-HILL.
- Metcalf, & Eddy. (2003f). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw Hill.
- Metcalf, Eddy, & Tchobanoglous, G. (2003). *Ingenieria de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Vol. 1): Mcgraw-Hill

- Moller, G., & Tomasini, C. (2015). Microbiología de lodos activados. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/5Microbiologiadelodosactivados.pdf>
- OMS. (2005a). *Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. Lima.
- OMS. (2005b). *Guía Para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. .
- Romero, A. (2011). *Manual de operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas* El Salvador.
- Ros, A. (2010). El Agua Retrieved from <http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamientos-2-2/procesos-biologicos-anoxico>
- Ros, A. (2011). El agua tratamientos. Retrieved from <http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamientos-2-2/procesos-biologicos-combinados>
- Santana. (2016). *Manual de memoria descriptiva*.
- SEMARNAT. (2010). *Compendio de estadísticas ambientales*.
- Singh, M. (2011). Sequencing batch reactor technology for biological wastewater treatment. *Asia-Pacific*, 6.
- Smith&loveless. (2018). *Pista Sistema Desarenador*.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F. L. (1979). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización* (Vol. 1): McGRAW-HILL.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F. L. (1996 ). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización* (Vol. 1): McGRAW-HILL
- Tema 5. Coagulación-Floculación. (2015). Retrieved from [http://www3.uclm.es/profesorado/gig/contenido/dis\\_procesos/tema5.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/gig/contenido/dis_procesos/tema5.pdf)
- Uc, O., & Cortés, P. (2008). Estudio de la dinámica de sedimentación de lodos mediante un sistema óptico *Redalyc*.
- Uc, O., & Cortés, P. (2008 ). Estudio de la dinámica de sedimentación de lodos mediante un sistema óptico *Redalyc*.
- Vega, T. (2015). *Aspectos Básicos de Pre tratamiento Operación Y mantenimiento*.
- Villón, M. (1995). *Hidráulica de canales* Costa rica.
- Wakelin, N. G., & Forster, C. F. (1998). The Aerobic Treatment of Grease-Containing Fast Food *ELSEVIER*, 76(1), 61.
- Wheelis, M., & Painter, P. (1986). *The Microbial World* (5 ed.). New Jersey: Prentice-Hall
- Winkler, M. (1994). *Tratamiento biológico de Aguas de Desecho*.