

Operación y mantenimiento básico de un humedal: el caso de San Francisco Uricho en el municipio de Erongarícuaro, Michoacán



SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA



RECUPERACIÓN
AMBIENTAL
DE LA CUENCA
DEL LAGO DE
PATZCUARO



577.6807237 Segura Estrada, Irleth S.
S75 Operación y mantenimiento básico de un humedal : el caso de San Francisco Uricho en el municipio de Erongarícuaro,
Michoacán / Irleth Sarai Segura Estrada... et al. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2018.
62 p.

ISBN 978-607-8629-02-2(Obra digital)

1. Humedales 2. Operación y mantenimiento 3. Estudios de caso 4. México (Michoacán)

Autores:

Irleth Sarai Segura Estrada, Erick O. Cervantes Gutiérrez , Sandra Vázquez Villanueva, José García Caspeta

Edición:

Gema Alín Martínez Ocampo
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Diseño: Gema Alín Martínez Ocampo e Irleth Estrada Segura

Formación, ilustraciones, fotografía y portada: Gema Alín Martínez Ocampo

Primera edición: 2018

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532
62550 Progreso, Jiutepec, Morelos
México
www.imta.gob.mx

ISBN 978-607-8629-02-2 (Obra digital)

Las opiniones, datos y citas presentados en esta obra son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de la institución que edita esta publicación.

Prohibida su reproducción parcial o total, por cualquier medio, mecánico, electrónico, de fotocopias, térmico u otros, sin permiso de los coordinadores.

Hecho en México

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	OBJETIVO Y ALCANCE	11
2.1.	OBJETIVO	11
2.2.	ALCANCES	11
3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	13
3.1.	¿QUÉ ES LA OPERACIÓN?	13
3.2.	¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?	13
4.	EL OPERADOR Y SU CAPACITACIÓN	15
4.1.	Registro de Capacitación	15
5.	MEDIDAS PREVENTIVAS DE SALUD	17
6.	ARREGLO GENERAL DEL SISTEMA	19
7.	TREN DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA	21
8.	FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	23
8.1.	COLECTOR	23
8.1.1.	Función	23
8.1.2.	Ejecución del Operador	24
8.1.3.	Frecuencia de Ejecución	24
8.1.4.	Registro Ejecución	
8.1.5.	Incidencias y Medidas Correctoras	25
8.1.5.1.	Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	25
8.2.	PRETRATAMIENTO.	26
8.2.1.	TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN	26
8.2.1.1.	Función	26
8.2.1.2.	Ejecución del Operador	27
8.2.1.3.	Frecuencia de Ejecución	27
8.2.1.4.	Registro Ejecución	27
8.2.1.5.	Incidencias y Medidas Correctoras	28
8.2.1.6.	Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	28
8.2.2.	REJILLAS	29

8.2.2.1. Función	29
8.2.2.2. Ejecuciones del Operador	29
8.2.2.3. Frecuencia de Ejecución	29
8.2.2.4. Registro Ejecución	29
8.2.2.5. Incidencias y Medidas Correctoras	30
8.2.2.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	30
8.2.3. CANALES DESARENADORES	31
8.2.3.1. Función	31
8.2.3.2. Ejecuciones del Operador	31
8.2.3.3. Frecuencia de Ejecución	31
8.2.3.4. Registro de Ejecución	32
8.2.3.5. Incidencias y Medidas Correctoras	32
8.2.3.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	32
8.2.4. CANAL PARSHALL	33
8.2.4.1. Función	33
8.2.4.2. Ejecuciones del Operador	33
8.2.4.3. Frecuencia de Ejecución	33
8.2.4.4. Registro de Ejecución	34
8.2.4.5. Incidencias y Medidas Correctoras	35
8.2.4.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	35
8.3. LECHO DE SECADO/FILTRADO	36
8.3.1. Función	36
8.3.1.1. Ejecuciones del Operador	36
8.3.1.2. Frecuencia de Ejecución	37
8.3.1.3. Frecuencia de Ejecución	37
8.3.1.4. Registro de Ejecución	37
8.3.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras	37
8.3.1.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	38
8.4. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	38
8.4.1.1. Función	38
8.4.1.2. Ejecuciones del Operador	40
8.4.1.3. Frecuencia de Ejecución	40
8.4.1.4. Registro de Ejecución	40

8.4.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras	41
8.4.1.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras	41
8.5. HUMEDAL PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS	42
8.5.1. Función	42
8.6. HUMEDALES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	43
8.6.1.1. Función	43
8.6.1.2. Ejecuciones del Operador	45
8.6.1.3. Frecuencia de Ejecución	45
8.6.1.4. Registro Ejecución	45
8.6.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras	46
8.6.1.6. Registro de Incidencias	46
8.6.1.7. Registro de Medidas Correctoras	47
8.7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO GENERAL	47
8.7.1.1. Registro de Ejecución de Operaciones Generales	48
9. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN	51
9.1.1.1. Registro de Verificación	51
10. RECOMENDACIONES A LARGO PLAZO	55
11. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL)*	57

Contenido de figuras

Figura 7.1.	Tren de tratamiento del agua residual de la localidad de San Francisco Uricho, municipio de Erongarícuaro Michoacán.	21
Figura 8.1.	Localización del último pozo de la tubería que ingresa al humedal.	23
Figura 8.2.	Tanque de homogenización: A) Canal de excedencias, B) Rejilla , C) Canal de entrada al sistema de tratamiento	26
Figura 8.3.	Detalle de las rejillas	29
Figura 8.4.	Canales desarenadores	31
Figura 8.5.	Canal Parshall	34
Figura 8.6.	Lecho de secado de sólidos	
Figura 8.7.	A) Sedimentador, B) Válvulas de purga de lodos, C) Salida del sedimentador	39
Figura 8.8.	Válvula de salida del sedimentador	39
Figura 8.9.	Celda de tratamiento de lodos.	42
Figura 8.10.	Celdas de tratamiento.	43
Figura 8.11.	A) Distribución de caudal a la celda del humedal de tratamiento (afluente del sedimentador., B) Afluente del humedal de lodos	44
Figura 8.12.	A) Influyente de los humedales de tratamiento, B) Salida al canal	44
Figura 8.13.	Mantenimiento	49
Figura 11.1.	Scall instalado.	58
Figura 11.2.	Cisterna	61

Contenido de tablas

Tabla 4.1.	Formato de registro de capacitación de los operarios del sistema de tratamiento.	15
Tabla 8.1.	Formato de registro de mantenimiento, limpieza y control del caudal de llegada.	24
Tabla 8.2.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.	25
Tabla 8.3.	Formato de registro de mantenimiento y limpieza.	27
Tabla 8.4.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.	28
Tabla 8.5.	Formato de registro de limpieza de las rejillas.	30
Tabla 8.6.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en las rejillas.	30
Tabla 8.7.	Formato de registro de operación y mantenimiento de los canales desarenadores.	32
Tabla 8.8.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en los canales desarenadores.	33
Tabla 8.9.	Formato de registro de la medición del caudal.	34
Tabla 8.10.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.	35
Tabla 8.11.	Formato de registro del llenado del lecho de secado.	37
Tabla 8.12.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en el lecho de secado.	38
Tabla 8.13.	Formato de registro de la purga de los lodos del sedimentador.	40
Tabla 8.14.	Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en el tanque de sedimentación.	41
Tabla 8.15.	Formato de registro para los humedales.	45
Tabla 8.16.	Formato de registro de incidencias en los humedales.	46
Tabla 8.17.	Formato de registro de medidas correctoras en los humedales.	47
Tabla 8.18.	Formato de registro de las actividades de mantenimiento en general.	48
Tabla 9.1.	Formato de registro de verificación de las actividades operación y mantenimiento en general.	52
Tabla 11.1.	Mantenimiento preventivo y correctivo del área de captación.	59
Tabla 11.2.	Calendario sugerido para el mantenimiento del área de captación.	59
Tabla 11.3.	Mantenimiento preventivo y correctivo de la línea de conducción.	59
Tabla 11.4.	Mantenimiento preventivo y correctivo de la cisterna.	60
Tabla 11.5.	Calendario sugerido para el mantenimiento de la cisterna.	60
Tabla 11.6.	Calendario sugerido para el mantenimiento de la cisterna.	61



INTRODUCCIÓN

1

El Lago de Pátzcuaro presenta graves problemas de contaminación que perjudica tanto a su vida acuática, como a la salud de la población que vive a sus orillas.

Las descargas de aguas residuales no tratadas que se dan de forma continua al Lago por las poblaciones aledañas con las de retorno agrícola e industrial contribuyen y agudizan el problema cada día.

Con el fin de ayudar a dichas poblaciones en la depuración de sus aguas residuales, desde un punto de vista de prevención sanitaria y desde un punto de vista ambiental para la recuperación específica del Lago de Pátzcuaro, se construyeron en estas comunidades, Humedales Artificiales (HA).

Las deficiencias de mayor importancia identificadas en los HA que afectan el funcionamiento son:

- Taponamientos del sistema por la llegada de todo tipo de basuras a través del colector que el alcantarillado trae debido a que la población abandona en el drenaje plásticos, enseres que ya no requieren, restos de animales domésticos, etcétera.
- Errores en las operaciones de mantenimiento que éstos realizan, lo que provoca obstrucciones en el pretratamiento y en las celdas de los humedales.

Por lo anterior y con la finalidad de que se realicen las actividades necesarias que aseguren el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman el humedal de tratamiento de agua residual de San Francisco Uricho, Erongarícuaro, se preparó el presente libro.



2.1. OBJETIVO

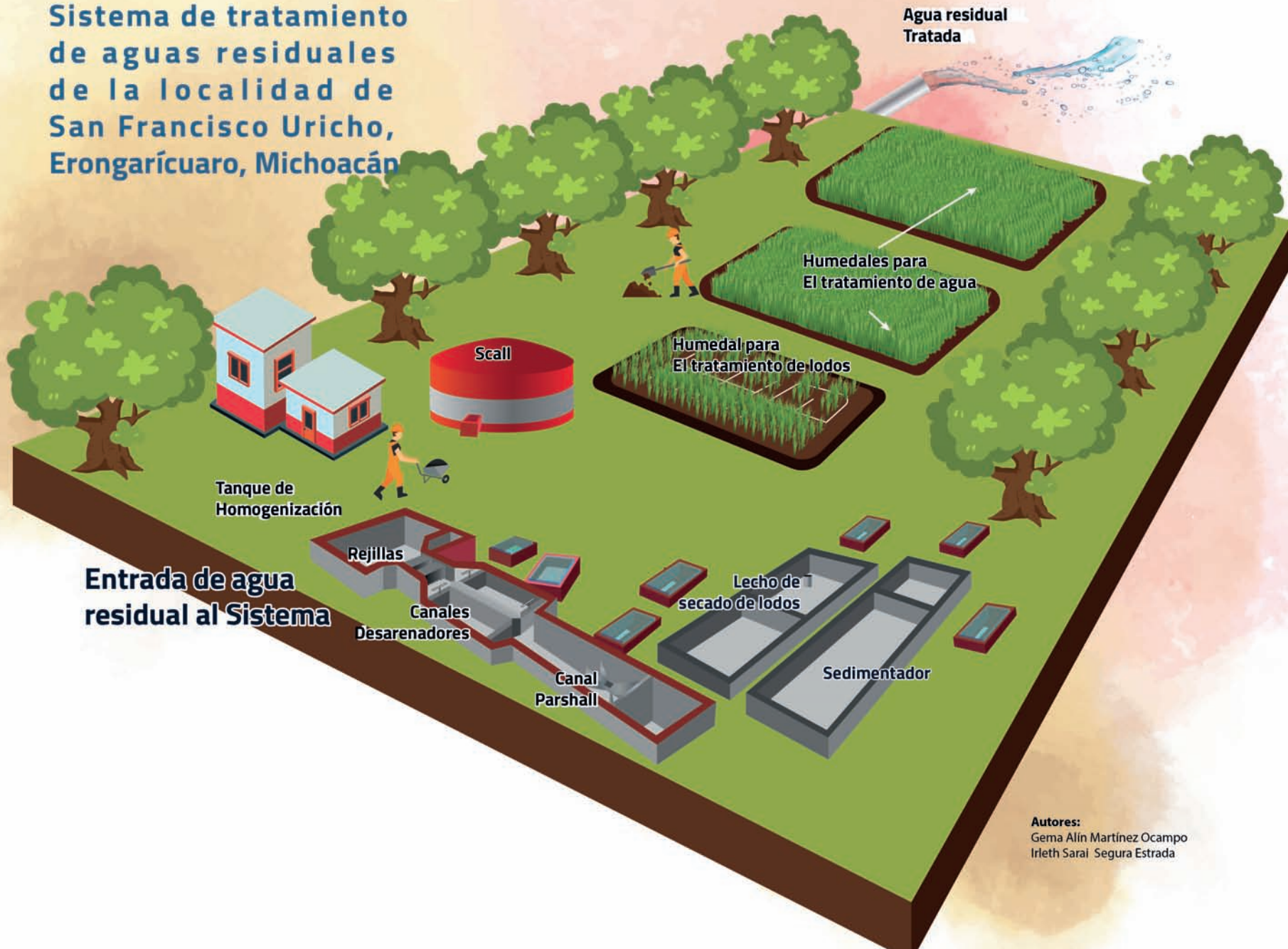
El objetivo del presente libro es mostrar de manera enunciativa las actividades mínimas requeridas que se deben realizar a un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales; esto, con el fin de mantener el funcionamiento correcto del sistema, así como también, evitar daños que pueden reducir la vida útil y costosas labores de rehabilitación. Se describen las actividades que se deben realizar de manera rutinaria y de acuerdo a lo que con el uso, por el paso del tiempo, el sistema vaya requiriendo.

2.2. ALCANCES

El operador obtendrá los conocimientos necesarios, para llevar a cabo las acciones de conservación, que se llegaran a presentar en cada una de las estructuras instaladas en el sistema de tratamiento, y así poder atender de manera oportuna y eficiente cada uno de los casos; también conocerá las bases del funcionamiento del sistema de tratamiento.



Sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad de San Francisco Uricho, Erongarícuaro, Michoacán



Autores:
Gema Alín Martínez Ocampo
Ireth Sarai Segura Estrada

3.1. ¿QUÉ ES LA OPERACIÓN?

Es el conjunto de acciones o maniobra correctas y oportunas que se efectúan para poner en funcionamiento parte o todo el humedal de tratamiento, para que funcione en forma efectiva y eficiente.

3.2. ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?

Es el conjunto de acciones permanentes que se realizan con la finalidad de prevenir o corregir daños que se pueden producirse, o se producen, en las instalaciones durante el funcionamiento de las partes y componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales (humedal). Existen dos tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventivo.** Son acciones permanentes que se realizan con una frecuencia pre-determinada en las instalaciones y estructuras con la finalidad de prevenir y evitar daños o fallas posteriores en el sistema de tratamiento.
- **Mantenimiento Correctivo.** Son acciones que se efectúan para reparar daños existentes por deterioro o mal funcionamiento del sistema y que no han sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. La frecuencia se da según la necesidad y cuando se requiere solución inmediata.

Si estas actividades no son realizadas de una manera eficiente, los resultados que se obtendrán no serán satisfactorios, ya que sin un marco de operación y mantenimiento adecuados no habrá funcionamiento eficiente, ni permanente.



EL OPERADOR Y SU CAPACITACIÓN

4

El operario de un humedal artificial resulta pieza indispensable para la operación y mantenimiento de éste. Es la persona que aplica un control específico en cada fase del sistema, control esencial para prevenir, reducir a niveles aceptables o eliminar las causas que puedan afectar al funcionamiento de dicho sistema.

Los operarios no deben de perder el punto de vista de que los humedales artificiales son sistemas de tratamiento que contienen especies vegetales, estructuras hidráulicas y procesos que requieren de una continua operación y supervisión, para que se pueda obtener una calidad en el agua tratada que cumpla con los requerimientos exigidos por la normatividad mexicana aplicable, así como, para evitar costosas y molestas reparaciones.

Los operarios deben ser personas que:

- Presenten aptitud básica para su capacitación en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento.
- Que sepan leer y escribir para poder manejar los manuales que describen las acciones a realizar, así como para dejar constancia de sus actividades.

4.1. Registro de Capacitación

La Tabla 4.1 muestra un formato para llevar a cabo un registro de la capacitación del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

Tabla 4.1. Formato de registro de capacitación de los operarios del sistema de tratamiento.

FECHA	OPERARIO	CAPACITACIÓN	ENTREGA DE GUÍA	FIRMA



MEDIDAS PREVENTIVAS DE SALUD

5

Antes de que los operadores participen en la operación y mantenimiento del sistema es absolutamente importante y necesario que conozcan y apliquen las siguientes medidas para evitar riesgos a su salud:

- Utilizar guantes y botas de hule en todas las actividades que requieran contacto con el agua ya sea cruda o tratada, así como con los residuos sólidos generados (lodos, arenas, basura, etc.).
- Utilizar un overol o ropa, que se use exclusivamente en el área de trabajo. Existe el riesgo de que los microorganismos entren en contacto con la ropa y puedan ser transportados al hogar del operador, donde pudiera contaminar a algún miembro de la familia. Se recomienda que el operador cuente por lo menos con dos uniformes de trabajo, con el objeto de que pueda cambiarse mínimo tres veces por semana. Los uniformes deben ser lavados cuidadosamente, sin juntarlos con el resto de la ropa de la familia para evitar riesgos. Antes del lavado es aconsejable desinfectar la ropa de trabajo introduciéndola en un recipiente con agua y cloro de 20 a 30 minutos.
- El operador debe protegerse la cabeza de los rayos del sol, preferentemente con un sombrero ancho, para evitar dolores de cabeza y/o insolación.
- Es aconsejable que el operador consuma agua potable con cierta frecuencia para evitar posibles deshidrataciones.
- El operador debe tomar una ducha de agua al término de la jornada para evitar transportar microorganismos a su casa. Mínimo, debe lavarse los brazos, manos y cara con jabón y agua abundante.
- Es conveniente que cualquier persona que visite el humedal se cuide lo máximo posible de no tener contacto con el agua residual.





ARREGLO GENERAL DEL SISTEMA

6





TREN DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA

7

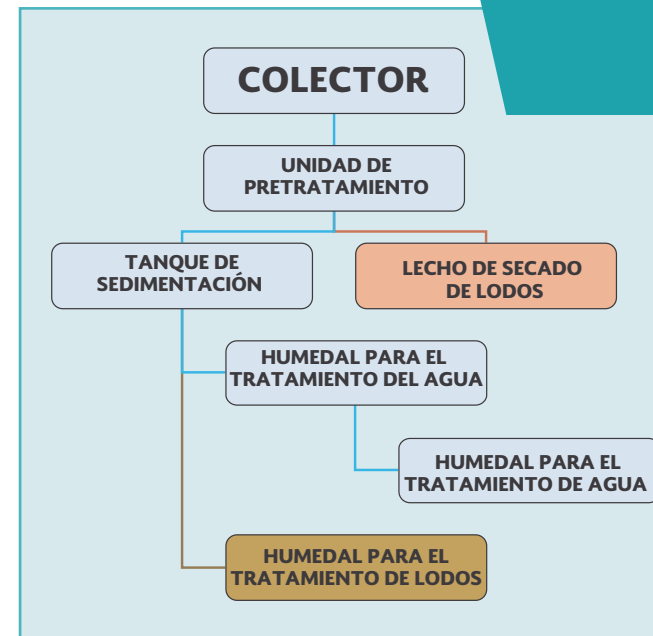
Los métodos de tratamiento de aguas residuales varían según el nivel de descontaminación que se desee proporcionar al agua; en cada una de ellos se llevan a cabo una serie de procesos que tienen como objetivo remover los diferentes tipos de contaminantes presentes para lograr determinada calidad de agua. En el caso especial para la localidad de San Francisco Uricho, se ha construido un sistema basado principalmente por medio HA.

Los HA, son sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para utilizar las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y sus poblaciones microbianas para el tratamiento de agua residual, donde cada una de las funciones ocurran de manera más controlada y eficiente (ITCR, 2003; Karathasis *et al*, 2003; Vymazal, 2010; Brix *et al*, 2005).

La importancia y la trascendencia de estos sistemas radican en que son sencillos de operar, no requiere la adición de reactivos químicos ni energía eléctrica y cumplan con la normatividad aplicable si se lleva a cabo una adecuada operación y mantenimiento

En el caso del tren de tratamiento que sigue el agua residual de la localidad de San Francisco Uricho es: Pretratamiento (Tanque de homogenización, rejillas, canales desarenadores y canal Parshall), sedimentador primario, dos humedales para el tratamiento de agua y un humedal para el tratamiento de los lodos. Además de un lecho de secado de lodos (Figura 7.1).

Figura 7.1. Tren de tratamiento del agua residual de la localidad de San Francisco Uricho, municipio de Erongarícuaro Michoacán.





FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

8

8.1. COLECTOR

8.1.1. Función

Es la línea de recolección de las aguas residuales de la red de alcantarillado sanitario de la comunidad, es decir la tubería final de toda la red, la cual alimenta al sistema. Su efluente vierte en la primera fase del tratamiento del agua residual.

El tubo colector presenta varias cajas a lo largo de su recorrido para su limpieza y evitar taponamiento por basura.

Para que la llegada de agua residual sea continúa se requiere mantener la estructura del colector en buenas condiciones y libre de basura.



Figura 8.1.
Localización del último pozo de la tubería que ingresa al humedal.

8.1.2. Ejecución del Operador

- Mantenimiento y limpieza de la tubería.
- Control del caudal de llegada, para evitar los excesos de agua que lleguen al sistema de tratamiento y que pueden perjudicar o dañar el sistema, especialmente en temporada de lluvias.

8.1.3. Frecuencia de Ejecución

Diariamente

8.1.4. Registro Ejecución

Se debe llevar un registro de las actividades de operación y mantenimiento. El formato se presenta en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Formato de registro de mantenimiento, limpieza y control del caudal de llegada.

AÑO:	MES:	OPERADOR:	
DÍA	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DE LA TUBERÍA	CONTROL DEL CAUDAL DE LLEGADA	

8.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través del Comité De Agua Potable y Alcantarillado (CA-PAME), para que aplique las medidas correctoras cuando se requiera intervenciones que queden fueran de su alcance.

Incidencias probables: desperfectos y taponamientos en tubería; variaciones bruscas de caudal.

Medidas Correctoras: reparaciones y limpieza de la tubería; reparación de la válvula de excedencias.

8.1.5.1. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

El registro de las incidencias y medidas correctoras se realizaran utilizando el formato de la Tabla 8.2.

Tabla 8.2. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.

AÑO:	MES:	OPERADOR				
FECHA	INCIDENCIAS			MEDIDAS CORRECTORAS		
	Desperfecto o taponamiento en tubería	Variación brusca del caudal	Otras	Reparación y/o limpieza de la tubería	Reparación de válvulas	Otras

8.2. PRETRATAMIENTO.

Primera unidad del sistema de tratamiento de agua, cuya función principal es retener los sólidos más gruesos y evitar taponamientos de los elementos posteriores, consta de un tanque de homogenización (tanque de amortiguación), rejillas (finas y gruesas), canales desarenadores y un canal Parshall.

8.2.1. TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

8.2.1.1. Función

Canal de concreto que recibe el efluente del colector. Su función es permitir el desfogue de caudal en caso de que llegue exceso de agua expulsándola hacia el exterior del recinto a través de una tubería de salida, ya que, volúmenes de agua abruptos pueden afectar al sistema si sobrepasan el caudal máximo para el que fue diseñado. La Figura 8.2 muestra el tanque de llegada y sus componentes.

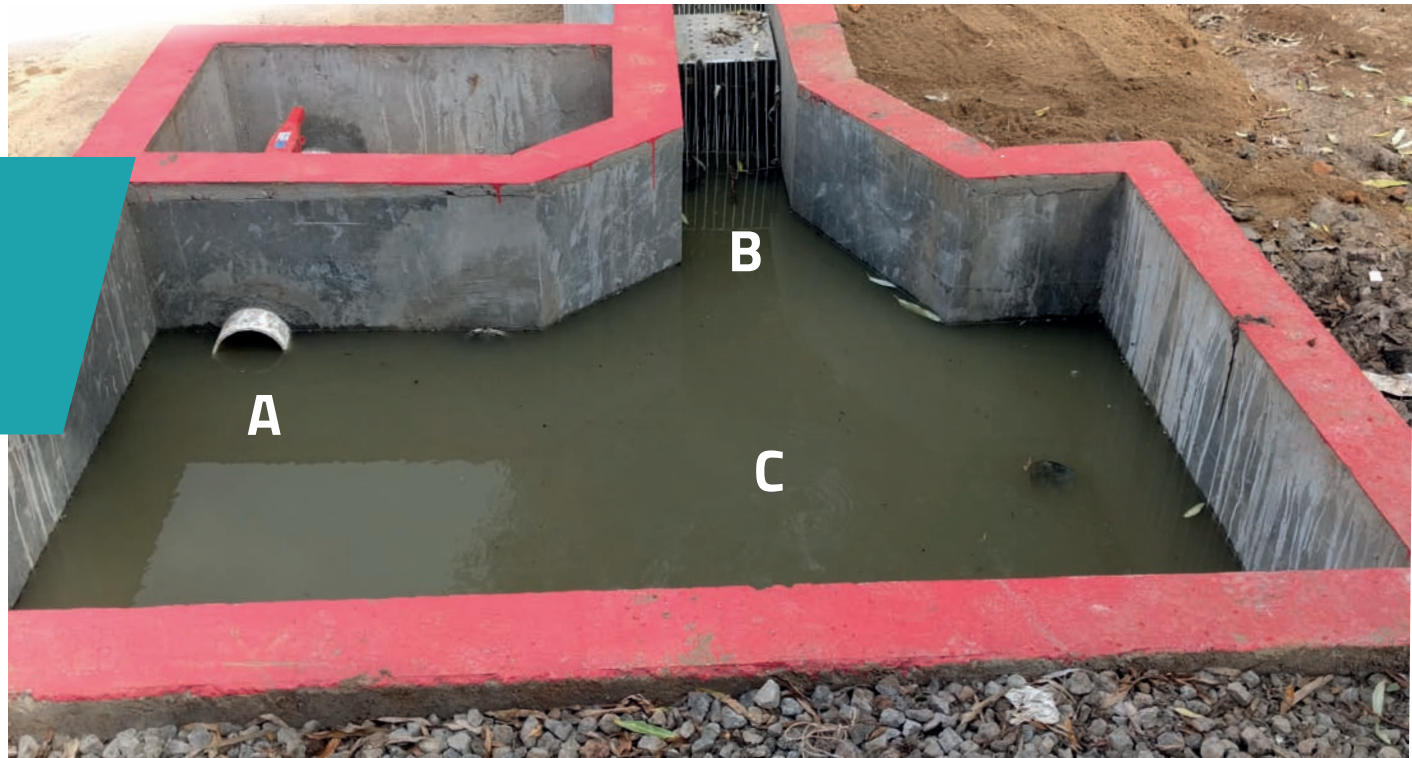


Figura 8.2. Tanque de homogenización:

- A) Tubería de excedencias
- B) Rejilla
- C) Canal de entrada al sistema de tratamiento

8.2.1.2. Ejecución del Operador

- Retirar la basura acumulada en el tanque ya que pueda tapar la salida de excedencias y retener el caudal.
- Desazolve del tanque y traslado de las arenas al lecho de secado.

8.2.1.3. Frecuencia de Ejecución

Diariamente se debe quitar la basura del tanque.

8.2.1.4. Registro Ejecución

Se debe de llevar un registro de las actividades de operación y mantenimiento que realiza el operador. El formato se presenta en la Tabla 8.3.

Tabla 8.3. Formato de registro de mantenimiento y limpieza.

MES	AÑO	OPERADOR	
FECHA	RETIRO DE BASURA	DESAZOLVE DEL TANQUE	



8.2.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través del CAPAME, para que aplique o le proporcione información sobre las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fuera de su alcance.

Incidencias probables: taponamiento de tuberías por acumulación de sólidos y arenas que tapen la salida de excedencias.

Medidas correctoras: aumento en la frecuencia de limpieza; destape de la conducción de excedencias.

8.2.1.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

El registro de las incidencias y medidas correctoras se realizarán utilizando el formato de la Tabla 8.4.

Tabla 8.4. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.

MES	AÑO	OPERADOR			
FECHA	INCIDENCIAS		MEDIDAS CORRECTORAS		
	Taponamiento de tuberías por acumulación rápida y excesiva de sólidos y arenas.	Otras	Aumento de la frecuencia de limpieza	Destape de la conducción de excedencias	Otras

8.2.2. REJILLAS

8.2.2.1. Función

Son barrotes paralelos dispuestos con cierta separación entre ellos, ubicados dentro de un canal, por donde se hacen pasar las aguas residuales. Su objetivo es el desbaste o retención de sólidos de tamaño grande, mediano o pequeño como trozos de madera, bolsas de plástico, trapos, ramas, raíces, etc. presentes en las aguas residuales, que de otro modo podrían obstruir el paso de la corriente de agua hasta bloquear el sistema. Las rejillas gruesas retienen basura de tamaño mediano y las rejillas finas las basuras que no retuvieron las gruesas.

8.2.2.2. Ejecuciones del Operador

- Retirar las basuras retenidas.

8.2.2.3. Frecuencia de Ejecución

Dos veces al día en temporada de estiaje; tres o cuatro al día en temporada de lluvias.

8.2.2.4. Registro Ejecución

Se debe de llevar un registro de las actividades de operación y mantenimiento que realiza el operador a las rejillas (Tabla 8.5).

Figura 8.3. Detalle de las rejillas



Tabla 8.5. Formato de registro de limpieza de las rejillas.

MES	AÑO	OPERADOR		
FECHA	RETIRO DE BASURA			
	2 VECES	3 VECES	4 VECES	

8.2.2.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que aplique las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fueran de su alcance.

Incidencias probables: retención de caudal por acumulación de basura.

Medidas correctoras: aumentar la frecuencia de limpieza.

8.2.2.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

Se debe de llevar un registro de las incidencias y medidas correctoras. El formato se presenta en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en las rejillas.

MES	AÑO	OPERADOR		
FECHA	INCIDENCIAS		MEDIDAS CORRECTORAS	
	Retención de caudal	Otras	Aumento de la frecuencia de limpieza	Otras

8.2.3. CANALES DESARENADORES

8.2.3.1. Función

Son dos canales por donde el agua residual procedente del colector disminuye su velocidad de paso provocando que los sólidos de mayor peso que el agua, como son las arenas, sedimenten quedando retenidas.

Para su correcto funcionamiento requiere limpieza periódica de los canales de forma alterna. Para ello hay que provocar mediante el cierre de una de las dos compuertas que poseen, que el agua pase por uno solo de los canales mientras el otro queda seco para el desazolve. Después se realiza el paso de las arenas a los lechos de secado.

Los sólidos y arenas producto de los desarenadores se verterán en la misma fosa de secado/filtrado que los sólidos extraídos del tanque de amortiguación.



Figura 8.4. Canales desarenadores

8.2.3.2. Ejecuciones del Operador

- Desazolve de cada canal derivando de forma alterna el caudal entre los dos canales.
- Retirar arenas retenidas y trasladarlas mediante carretilla hasta el tanque de secado o mediante la apertura de la válvula de lodos de cada canal.

8.2.3.3. Frecuencia de Ejecución

Cada cuatro días durante el estiaje; a diario en temporada de lluvias.

Tabla 8.7. Formato de registro de operación y mantenimiento de los canales desarenadores.

MES	AÑO	OPERADOR	
FECHA	ALTERNE DEL CAUDAL PARA LIMPIEZA	DESAZOLVE Y TRASLADO DE ARENAS	

8.2.3.4. Registro de Ejecución

Se debe de llevar un registro de las actividades de operación y mantenimiento que realiza el operador en los canales desarenadores. El formato se presenta en la Tabla 8.7.

8.2.3.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que aplique las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fuera de su alcance.

Incidencias probables: presencia de flujo de agua en ambos canales, cuando se tengan cerradas las compuertas de un canal.

Medidas correctoras: ajuste de compuertas; aumento frecuencia extracción de arenas.

8.2.3.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

Se debe de llevar un registro de las incidencias y medidas correctoras que realiza el operador en los canales desarenadores. El formato se presenta en la Tabla 8.8.

Tabla 8.8. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en los canales desarenadores.

MES	AÑO	OPERADOR				
FECHA	INCIDENCIAS			MEDIDAS CORRECTORAS		
	Desajuste sellado de compuerta	Acumulación de arenas	Otras	Ajuste de compuertas	Aumento de frecuencia de desazolve	Otras

8.2.4. CANAL PARSHALL

8.2.4.1. Función

Dispositivo para la medición de flujos constituido por una canaleta formada por dos paredes verticales y simétricas. La medición se realiza introduciendo una regla de forma vertical y directa a la altura de la tubería de la entrada del canal Parshall. Los centímetros de altura que alcance el nivel de agua en la regla hay que extrapolarlos a la tabla patrón que fue entregada al operador, para obtener el flujo de agua residual que está pasando al sistema de tratamiento.

8.2.4.2. Ejecuciones del Operador

- Realizar la medición de caudal.



Figura 8.5. Canal Parshall



8.2.4.3. Frecuencia de Ejecución

Dos veces al día y haciendo coincidir, cada día, las horas de la medición.

8.2.4.4. Registro de Ejecución

Se debe de llevar un registro de la medición del caudal realizado por el operador. El formato se presenta en la Tabla 8.9.

Tabla 8.9. Formato de registro de la medición del caudal.

MES	AÑO	OPERADOR		
FECHA	MEDICIÓN DE CAUDAL			
	Medición 1	Caudal (lps)	Medición 2	Caudal (lps)

8.2.4.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que aplique las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fuera de su alcance.

El operario confirmará que siempre exista caudal.

Incidencias probables: pérdida de caudal o caudales excesivos.

Medidas correctoras: aviso al Municipio por pérdida de caudal o apertura de válvula de excedencias por caudales excesivos.

8.2.4.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

Se deberá de llevar un registro de las incidencias y medidas correctoras. El formato se presenta en la Tabla 8.10.

Tabla 8.10. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras.

MES	AÑO	OPERADOR			
FECHA	INCIDENCIAS		MEDIDAS CORRECTORAS		
	Pérdida de caudal o caudal excesivo	Otras	Aviso al municipio por falta de caudal	Apertura de válvula de excedencias	Otras

8.3. LECHO DE SECADO/FILTRADO

8.3.1. Función

Depósito de concreto dónde llega el producto del desazolve del tanque de homogenización y arenas retenidas y extraídas en los canales desarenadores. Su objeto es contener estos productos hasta su secado.

8.3.1.1. Ejecuciones del Operador

- Colocación/retirada del techo
- Retirarle los sólidos una vez que ya no contengan exceso de agua



Figura 8.6. Lecho de secado de sólidos

8.3.1.2. Frecuencia de Ejecución

- Según velocidad de secado.

8.3.1.3. Frecuencia de Ejecución

Según velocidad de secado.

8.3.1.4. Registro de Ejecución

Se debe de llevar un registro del llenado del lecho de secado. El formato se presenta en la Tabla 8.11.

Tabla 8.11. Formato de registro del llenado del lecho de secado.

MES	AÑO	OPERADOR		
FECHA	COLOCACIÓN DEL TECHO		Aumento de la frecuencia de limpieza	Otras
	SÍ	NO		

8.3.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras

Cuando el operador considere necesario el traslado de estos sólidos fuera del humedal porque debido a su volumen de acumulación pueda alcanzar y con ello perjudicar al sistema, debe solicitar de manera formal la retirada periódica de éstos por el personal del Municipio.

Incidencias probables: paso de sólidos a la segunda unidad del lecho de secado; acumulación excesiva de sólidos desecados dentro del lecho.

Medidas correctoras: colocar filtro en el sumidero de la pileta para evitar el paso de arenas con el agua de escurrimiento; retirar los restos desecados con mayor frecuencia.

8.3.1.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

Se debe de llevar un registro de las incidencias y medidas correctoras que realiza el operador. El formato se presenta en la Tabla 8.12.

Tabla 8.12. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en el lecho de secado.

MES	AÑO	OPERADOR				
FECHA	INCIDENCIAS			MEDIDAS CORRECTORAS		
	Paso de sólidos a la segunda unidad del lecho de secado	Acumulación excesiva de sólidos desecados dentro del lecho	Otras	Colocar filtro en la primera unidad del lecho de secado	Retirar los restos desecados con mayor frecuencia	Otras

8.4. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

8.4.1.1. Función

Estructura de concreto, que recibe el efluente tratado en la unidad de pretratamiento. En esta unidad se realiza la separación de los lodos y del agua sobrenadante: los sólidos orgánicos e inorgánicos, con peso ligeramente mayor que el agua no eliminados durante el pretratamiento, van al fondo por sedimentación formando los lodos del sistema y quedando arriba el agua clarificada con menor densidad.

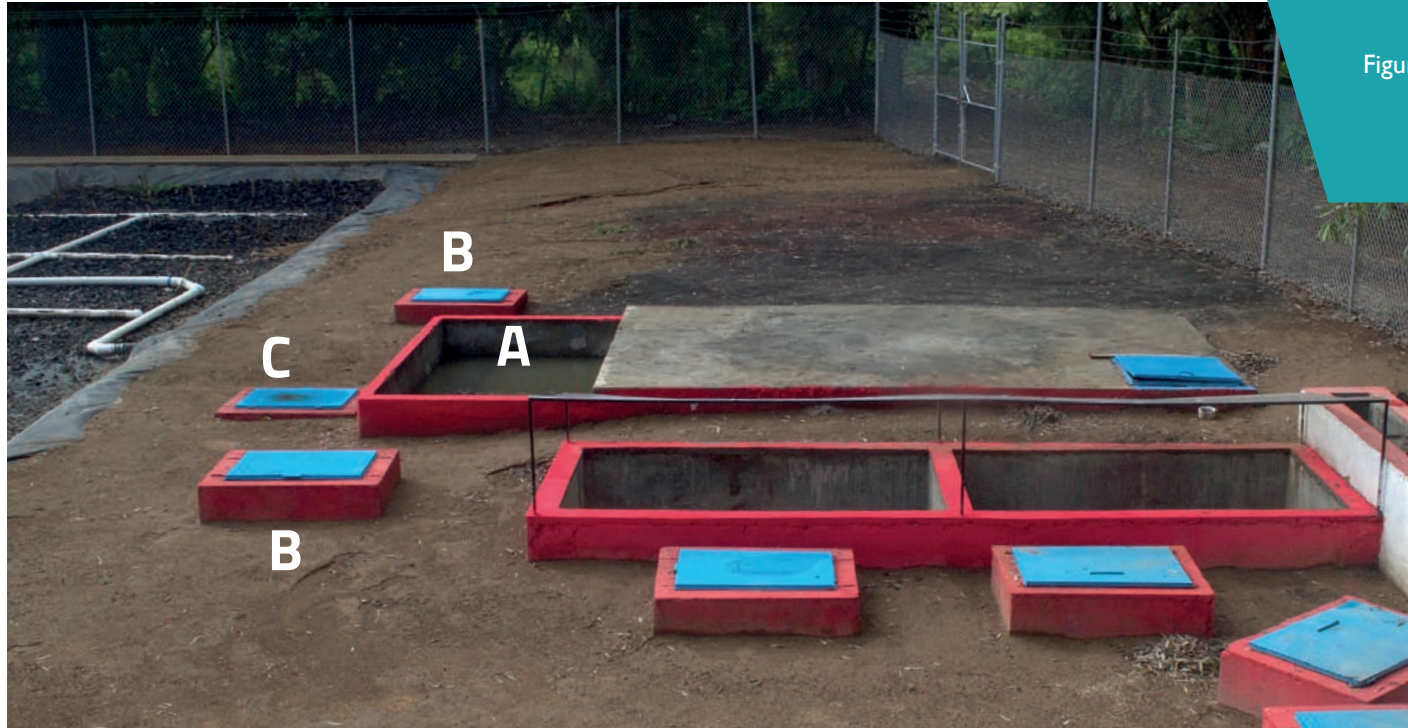


Figura 8.7. A) Sedimentador
B) Válvulas de purga de lodos
C) Salida del sedimentador



Figura 8.8. Válvula de salida del sedimentador

8.4.1.2. Ejecuciones del Operador

- Purga de lodos hacia la celda de lodo y mantenimiento del nivel de agua sobrenadante en el sedimentador para su distribución sistemática y continúa a las celdas de agua clarificada.
- Limpieza del sedimentador.

La distribución del caudal proveniente del sedimentador a los humedales de agua clarificada es controlada por un vertedor, si no se mantiene este control, se puede perjudicar el funcionamiento del sistema por mala distribución.

8.4.1.3. Frecuencia de Ejecución

La salida del agua sobrenadante es continua y la apertura de válvula para la purga de lodos es de 5 a 10 min al día. La limpieza del sedimentador es según necesidad con una periodicidad estimada de 4 o 5 años.

8.4.1.4. Registro de Ejecución

Se debe de llevar un registro de la purga de los lodos del sedimentador. El formato se presenta en la Tabla 8.13.

Tabla 8.13. Formato de registro de la purga de los lodos del sedimentador.

MES	AÑO	OPERADOR	
FECHA	APERTURA DE LA VÁLVULA DE PURGA DE LODOS	TIEMPO DE APERTURA DE LA VÁLVULA	CIERRE DE LA VÁLVULA DE PURGA

8.4.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que aplique las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fuera de su alcance.

Incidencias probables: bajada excesiva del nivel de agua en el sedimentador por no cerrar la válvula de purga de lodos a tiempo; exceso de acumulación de lodos; deterioro de válvulas.

Medidas correctoras: quedarse junto a la válvula de purga hasta su cierre o conectarse alarma sonora que avise del tiempo transcurrido; aumento de la frecuencia de limpieza; reparación de válvulas.

8.4.1.6. Registro de Incidencias y Medidas Correctoras

Se debe de llevar un registro de las incidencias y medidas correctoras que realiza el operador en el tanque de sedimentación. El formato se presenta en la Tabla 8.14.

Tabla 8.14. Formato de registro de incidencias y medidas correctoras en el tanque de sedimentación.

	MES	AÑO			OPERADOR			
FECHA	INCIDENCIAS				MEDIDAS CORRECTORAS			
	Niveles bajos de agua en el sedimentador	Acumulación excesiva de lodos	Deterioro de válvulas	Otras	Cierre rápido de la válvula de purga	Aumento en la frecuencia de limpieza	Reparación, reemplazo de válvulas	Otras

8.5. HUMEDAL PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS

8.5.1. Función

Celda donde se depositan los lodos extraídos del sedimentador mediante un sistema de tuberías que los distribuye por toda la superficie del humedal. La celda tiene en su base una lámina de geomembrana que la hace impermeable, grava como lecho filtrante y carrizo para proporcionar el oxígeno que requiere el tratamiento.

Tiene por objeto tratar los lodos generados en el tanque sedimentador.

Para su buen funcionamiento requiere principalmente que los tubos de distribución no estén obstruidos, que el flujo de agua sea subsuperficial y que la vegetación que lo cubre esté en buen estado.



Figura 8.9. Celda de tratamiento de lodos.

8.6. HUMEDALES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

8.6.1.1. Función

Celdas que reciben el agua efluente del sedimentador y el exceso de agua de la celda de lodos. El agua fluye de forma subsuperficial y está contenida por una lámina de geomembrana que la hace impermeable, su medio filtrante es grava y está cubierta de especies como el carrizo. Tienen por objeto eliminar los contaminantes presentes en el agua, a través de procesos como la filtración, adsorción y degradación por microorganismos.

Para su buen funcionamiento se requiere principalmente que la entrada de agua desde el sedimentador sea constante (control que se realiza con la correcta apertura y cierre de la válvula de purga de lodos del sedimentador) que el flujo de agua sea subsuperficial y que la vegetación que lo cubre esté en buen estado.

Así cómo verificar que las cajas de distribución y sus estructuras de protección se encuentren en buen estado, a fin de evitar el ingreso de animales o vegetación que pudieran llegar a taparlas.



Figura 8.10. Celdas de tratamiento.

Figura 8.11.

- A) Afluente del sedimentador
- B) Afluente del humedal de lodos

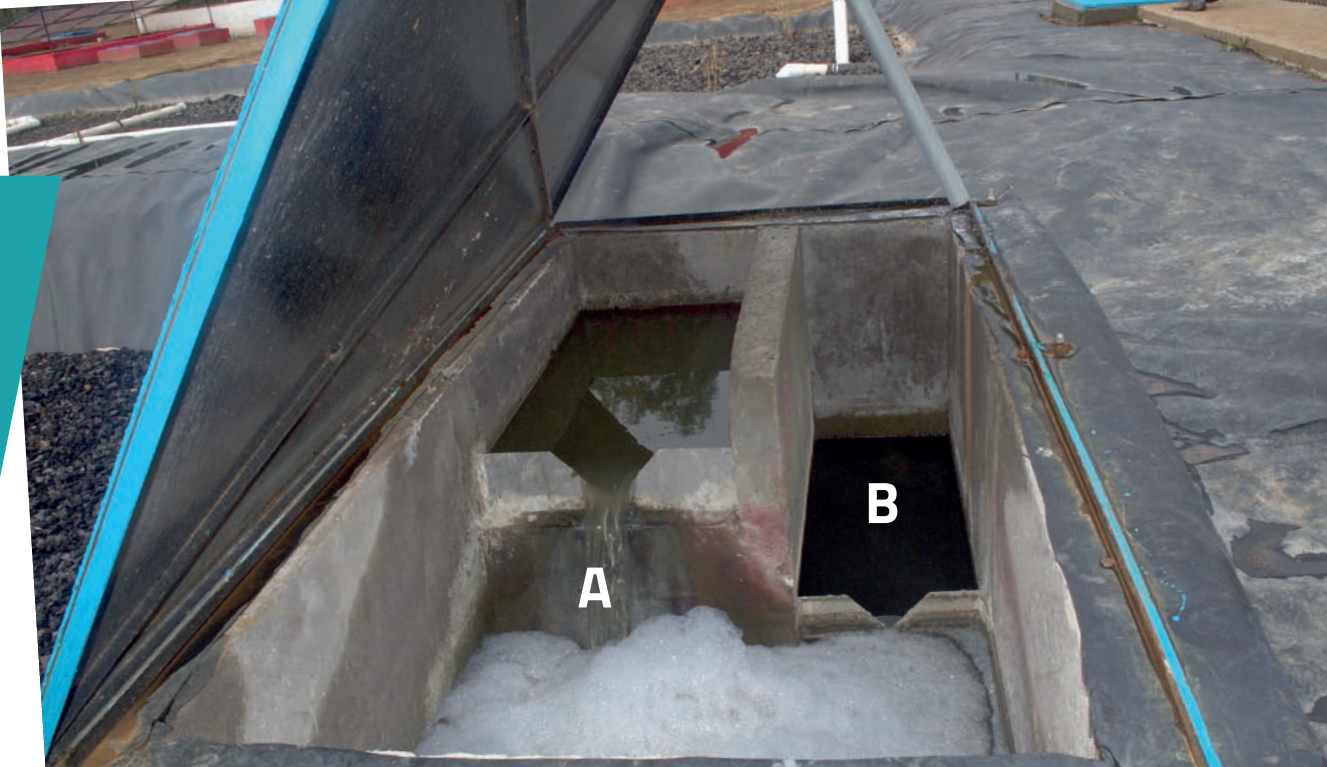
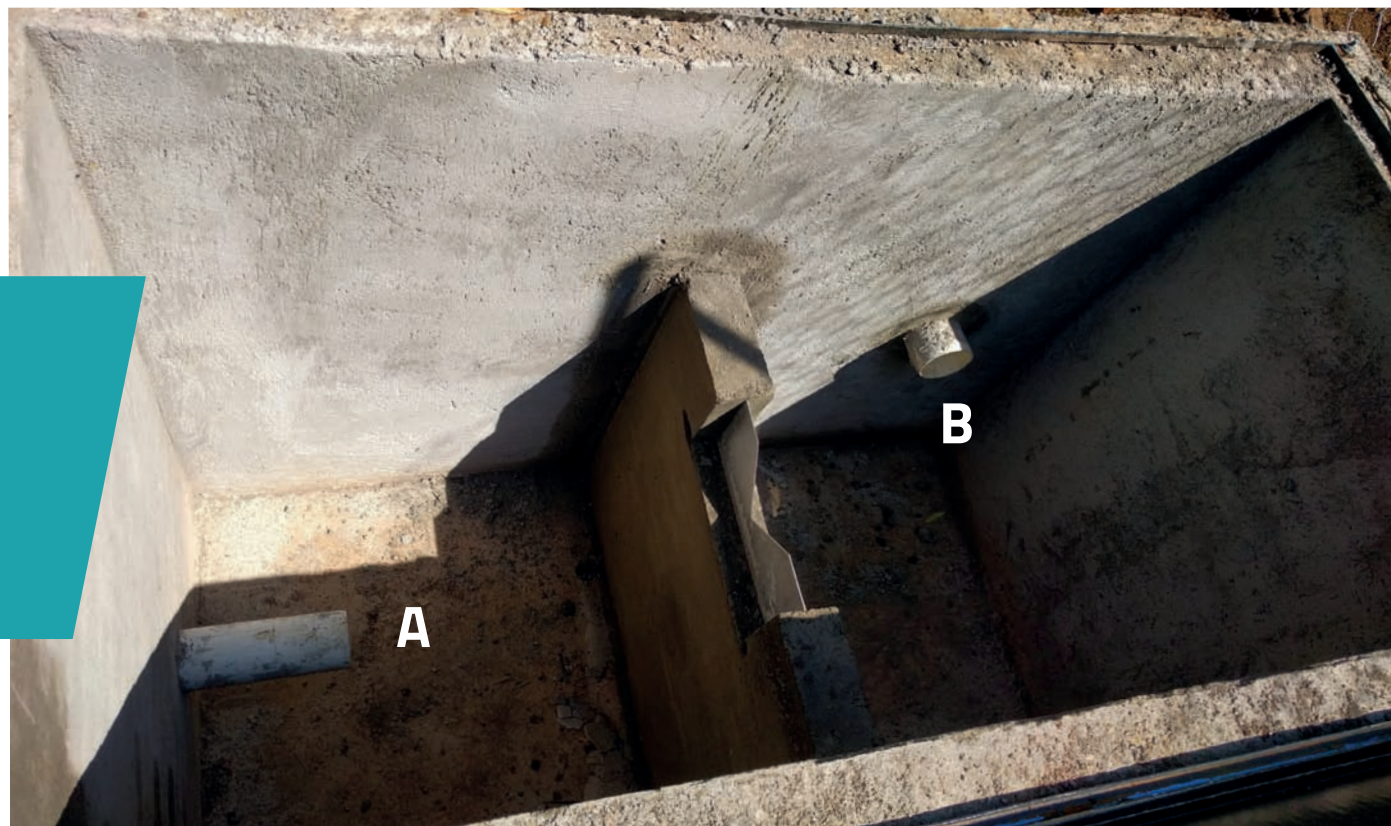


Figura 8.12.

- A) Influyente de los humedales de tratamiento
- B) Salida al canal



8.6.1.2. Ejecuciones del Operador

- Limpieza de tuberías de recolección y distribución de lodos y agua.
- Poda y cuidados de la vegetación.
- Cuidados de bordos y geomembrana.
- Inspección y regulación del nivel de agua en los humedales.

8.6.1.3. Frecuencia de Ejecución

La limpieza de tuberías e inspección del nivel del agua de las celdas, una vez por mes; cuidado vegetación, bordos y geomembrana según necesidad.

8.6.1.4. Registro Ejecución

Se debe de llevar un registro de la limpieza de las tuberías de distribución y recolección, de la poda de la vegetación y de la limpieza de los bordo, así como de los niveles del agua en el interior de los humedales. El formato se presenta en la Tabla 8.15.

Tabla 8.15. Formato de registro para los humedales.

MES	AÑO	OPERADOR		
FECHA	LIMPIEZA DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN-RECOLECCIÓN	PODA DE LA VEGETACIÓN	CUIDADO DE BORDOS Y GEOMEMBRANA	MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE AGUA MEDIANTE VÁLVULAS DE DESFOGUE

8.6.1.5. Incidencias y Medidas Correctoras

El operador del humedal dará aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que aplique las medidas correctoras cuando se requieran intervenciones que queden fueran de su alcance.

Incidentes probables: obstrucción de tubos de distribución y recolección de aguas; aparición de claros en el humedal, de vegetación ajena o en mal estado; desperfectos en bordos y/o geomembrana; humedales secos bajo su superficie o encharcados.

Medidas correctoras: aumento en la frecuencia de la limpieza de los tubos de distribución y recolección de aguas; poda de la vegetación y asistencia a talleres prácticos sobre poda y cuidados de plantas acuáticas; reparación de bordos y geomembrana; destape, limpieza y/o reparación de los sistemas de desfogue de los humedales o aviso a la CAPAME por falta de caudal.

8.6.1.6. Registro de Incidencias

Se deberá de llevar un registro de las incidencias que realiza el operador en las celdas de tratamiento de lodos y de agua clarificada. El formato se presenta en la Tabla 8.16.

Tabla 8.16. Formato de registro de incidencias en los humedales.

MES	AÑO	OPERADOR			
FECHA	INCIDENCIAS				
	Obstrucción de las tuberías de distribución-recolección	Vegetación en mal estado	Desperfectos en bordos y geomembrana	Celdas secas o inundadas	Otras

8.6.1.7. Registro de Medidas Correctoras

Se deberá llevar un registro de las medidas correctoras que se realizan en las celdas de tratamiento de lodos y de agua clarificada. El formato se presenta en la Tabla 8.17.

Tabla 8.17. Formato de registro de medidas correctoras en los humedales.

MES	AÑO	OPERADOR			
FECHA	MEDIDAS CORRECTORAS				
	Limpieza, reparación de tuberías	Cuidado de vegetación; asistencia a capacitación	Reparación de bordos y geomembrana	Aviso al municipio por la falta de caudal	Otras

8.7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO GENERAL

Existen otras actividades que deben realizarse de manera complementaria a las actividades de rutina y que son igualmente importantes para obtener un buen desempeño del sistema de tratamiento.

Actividades de mantenimiento generales: cuidado y reparación de:

- Estructuras (tapas de registros, válvulas, puertas, compuertas, bisagras, otros).
- Caseta de vigilancia, sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) y estacionamiento.
- Malla de protección.

8.7.1.1. Registro de Ejecución de Operaciones Generales

Se deberá de llevar un registro de las actividades de mantenimiento de las instalaciones en general del sistema de tratamiento. El formato se presenta en la Tabla 8.18.

El operador del humedal es el responsable de dar el aviso al Municipio, a través de la CAPAME, para que éste realice las reparaciones o reemplazos de piezas cuando mediante el control visual que realiza dicho operario se identifiquen incidencias.

Tabla 8.18. Formato de registro de las actividades de mantenimiento en general.

MES	AÑO	OPERADOR:	
INSTALACIONES, EQUIPO Y/O ESTRUCTURAS		MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO
TAPAS DE REGISTROS			
VÁLVULAS			
PUERTAS			
COMPUERTAS			
BISAGRAS			
CASETA			
ESTACIONAMIENTO			
MALLA CICLÓNICA			
OTROS			



Figura 8.13.
Mantenimiento



PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

9

Debe existir un responsable que con una frecuencia predeterminada compruebe que el objetivo de éste documento se cumple, es decir, que las actuaciones previstas en el mismo están siendo ejecutadas y registradas por los operadores de los humedales.

De forma periódica (se recomienda que sea cada trimestre) se deberán realizar los aforos y tomas de muestras simples y compuestas para llevar a cabo los análisis de calidad establecidos para las descargas de los humedales y así verificar el funcionamiento de éste.

9.1.1.1. Registro de Verificación

Se debe de llevar un registro de verificación de las actividades llevadas a cabo por los encargados de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento. El formato se presenta en la Tabla 9.1.



Tabla 9.1. Formato de registro de verificación de las actividades operación y mantenimiento en general.

MES	AÑO	OPERADOR:	
COLECTOR			
TUBERÍA		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
UNIDAD DE PRETRATAMIENTO			
TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
REJILLAS		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
CANALES DESARENADORES		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
CANAL PARSHALL		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
TRATAMIENTO PRIMARIO			
SEDIMENTADOR		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
CELDAS DE TRATAMIENTO			
HUMEDAL DE LODOS		CONTROL VISUAL	
HUMEDAL DE TRATAMIENTO DE AGUA CELDA A		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
HUMEDAL DE TRATAMIENTO DE AGUA CELDA B		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN GENERAL			
TAPAS DE REGISTROS		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
VÁLVULAS		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
PUERTAS		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
COMPUERTAS		CONTROL VISUAL	BIEN / MAL

Tabla 9.1 Formato de registro de verificación de las actividades operación y mantenimiento en general.
(Continuación)

BISAGRAS	CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
CASETA	CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
ESTACIONAMIENTO	CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
MALLA CICLÓNICA	CONTROL VISUAL	BIEN / MAL
OTROS	CONTROL VISUAL	BIEN / MAL



RECOMENDACIONES A LARGO PLAZO

10

Componente	Ejecución del operador	Frecuencia de ejecución
Humedales para el tratamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none">Realizar podas	<ul style="list-style-type: none">Cada año, cuando empiecen a secarse las partes aéreas de las plantas.
	<ul style="list-style-type: none">Cambio del medio granular.	<ul style="list-style-type: none">De tres a cuatro años.





SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL)*

11

El Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) es un conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan y recolectan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior (IMTA, 2017), en particular para este caso, el agua será utilizada para el aseo del personal y limpieza de la caseta.

En las instalaciones donde se ubica el humedal, se instaló un SCALL de 35 m³ de capacidad que está integrado por:

Área de captación:

Se refiere a la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de casas habitación, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con materiales que la impermeabilizan.

Sistemas de recolección y conducción:

Conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC.

Interceptor de primeras lluvias:

Dispositivo que permite retirar o almacenar las primeras lluvias contaminadas por basura, hojas y polvo. Una vez realizada su función el interceptor desvía o conduce el agua limpia a la cisterna.

Infraestructura de almacenamiento:

Dispositivos de acumulación y suministro de agua de lluvia a la vez que protegen el agua de la intemperie, usualmente son cisternas, tanques, hoyas. En este caso se instaló una cisterna tipo capuchina de 35 m³.

Figura 11.1. Scall instalado.



11.1. MANTENIMIENTO

11.1.1. Área de captación

La limpieza del área de captación (techos), tiene como finalidad retirar basura, tierra, polvo, excremento de pájaros, insectos muertos o cualquier otro agente contaminante que altere las condiciones fisicoquímicas del agua captada de la lluvia.

Tabla 11.1. Mantenimiento preventivo y correctivo del área de captación.

No	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ATENCIÓN
1	Limpieza de techos.	Semestral	Corregir desperfectos en la superficie del techo.	Inmediata
2	Eliminar ramas de árboles que crezcan por encima del techo.	Trimestral		

Tabla 11.2. Calendario sugerido para el mantenimiento del área de captación.

ACTIVIDAD	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Limpieza de techos					X						X	
Eliminar ramas de árboles que crezcan por encima del techo.		X			X			X			X	

11.1.2. Líneas de conducción

Las líneas de conducción llevan el agua de los techos a la cisterna capuchina. Por lo cual deben estar libres de residuos sólidos que obstruyan el libre paso de agua de la línea hacia la cisterna.

Tabla 11.3. Mantenimiento preventivo y correctivo de la línea de conducción.

No	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ATENCIÓN
1	Retirar partículas retenidas en la trampa de sólidos (coladera).	Trimestral	Reparar desperfectos en trampa de sólidos.	Inmediata
2	Revisar que la codadera esté fija.	Trimestral		

Tabla 11.4. Mantenimiento preventivo y correctivo de la cisterna.

ACTIVIDAD	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Retirar partículas retenidas en la trampa de sólidos (coladera).		X			X			X			X	
Revisar que la codadera esté fija.		X			X			X			X	

11.1.3. Cisterna

Es necesario asegurarse que no se presenten grietas y que el interior de la cisterna se encuentre limpio.

Tabla 11.5. Calendario sugerido para el mantenimiento de la cisterna.

No	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ATENCIÓN
1	Limpieza interior (retiro de sólidos sedimentados y lavado de paredes interiores).	Anual	Reparar grietas o fugas.	Inmediata
2	Retirar agentes contaminantes acumulados en losa de cisterna.	Semestral	Sustituir válvula, llave de nariz o tubería que presente fuga.	Inmediata
3	Pintar muro exterior y tapa de herrería	Anual		

En caso de que se requieran reparar fugas o grietas en el exterior de la cisterna no es necesario vaciarla, ya que se pueden reparar con el nivel de agua que en ese momento contenga, los trabajos inician con la localización del (as) área(s) crítica(s), posteriormente se limpian muy bien con cepillo de cerdas de alambre y, acto seguido se aplica con espátula una pasta hecha con cemento y aditivo para reparación de fugas a base de polímeros.

Al terminar las actividades de limpieza se deberá llenar inmediatamente al menos en un 5% de su capacidad para evitar fisuras en los muros a consecuencia de la falta de agua.

Tabla 11.6. Calendario sugerido para el mantenimiento de la cisterna.

ACTIVIDAD	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Limpieza interior (retiro de sólidos sedimentados y lavado de paredes interiores.				X								
Retirar agentes contaminantes acumulados en losa de cisterna.					X						X	
Pintar muro exterior y tapa de herrería					X							



Figura 11.2.
Cisterna

<https://www.gob.mx/imta>



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN

