

*Autoridad Binacional del
Lago Titicaca ALT*

*Programa de las
Naciones Unidas
para el Desarrollo PNUD*

**PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
DEL SISTEMA TDPS**

Uso de Totorales para la Descontaminación en Bolivia
Contrato 21.06

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS COPACABANA**

(Sistema de Flujo Subsuperficial)

Elaborado por:

Fundación MEDMIN

(Medio Ambiente, Minería e Industria)

La Paz, enero de 2003

MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

(SISTEMA DE FLUJO SUBSUPERFICIAL)

Fundación MEDMIN

TABLA DE CONTENIDO

I.	MARCO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA	1
II.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	3
III.	OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	8
	3.1. BASE NORMATIVA PARA EL CONTROL DE AGUAS CONTAMINADAS.....	8
	3.2. SEGURIDAD	8
	3.3. PERSONAL	9
	3.4. OPERACION Y MANTENIMIENTO	10
	3.4.1. INICIO DE OPERACIÓN	10
	3.4.2. CUIDADO DE LA OBRA CIVIL.....	11
	3.4.2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR	11
	3.4.2.2. LIMPIEZA DE LOS MEDIDORES DE CAUDAL	12
	3.4.2.3. LIMPIEZA DE TUBERIAS	12
	3.4.2.4. MANTENIMIENTO DE TALUDES	12
	3.4.2.5. MANTENIMIENTO DE CAMINOS, CERCAS Y OTROS ELEMENTOS	13
	3.4.2.6. DE MALOS OLORES.....	14
	3.4.2.7. DESARROLLO DE MOSQUITOS Y OTROS INSECTOS.....	14
	3.4.2.8. CRECIMIENTO DE MALEZAS.	14
	3.4.2.9. ACUMULACION DE MATERIAS FLOTANTES	15
IV.	MANTENIMIENTO DEL ECOSISTEMA.	16
	4.1 ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN DE TOTORA.	16
	4.2. REGULACION DE LA BIOMASA.....	16
	4.3 RENOVACION DEL ECOSISTEMA.....	16

MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

(SISTEMA DE FLUJO SUBSUPERFICIAL)

Fundación MEDMIN

I. MARCO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA

El deterioro del Medio Ambiente y la progresiva contaminación de las aguas, son los males que vienen afectando al mundo y por tanto requieren la mayor atención posible.

En los países desarrollados existen sistemas convencionales eficientes de depuración de aguas residuales que les permite tratar grandes caudales con pocas necesidades de terreno, pero con una gran inversión y con elevados costos de mantenimiento. Sin embargo estos sistemas exigen gran regularidad en el caudal y carga constante de aguas servidas.

Para el caso de países subdesarrollados, es recomendable realizar la depuración de aguas servidas mediante “sistemas naturales” que aprovechan y potencian los procesos naturales de tratamiento físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma espontánea en la naturaleza. Estos sistemas se caracterizan por sus costos tanto de construcción como de mantenimiento y operación significativamente más bajos que los anteriormente mencionados y un manejo más simple y menos susceptible a errores. Por estas razones, un nivel de purificación satisfactorio, se puede alcanzar también de manera segura bajo condiciones económicas menos exigentes que en el caso de los sistemas técnicamente más sofisticados.

Dichos “sistemas naturales”, se utilizan desde hace cincuenta años con plantas acuáticas para la purificación de aguas servidas. Las modalidades más usadas son:

- Sistemas con algas o macrófitas sumergidos en estanques con aguas detenidas o flujo continuo.
- Sistemas con plantas flotantes en la superficie del agua en estanques de poca profundidad.
- Sistemas con plantas helófitas, que están enraizadas en grava o en suelo limoso.

Cada uno de estos sistemas tiene una eficiencia particular y su uso depende de muchas variables que se relacionan con la topografía del entorno, la flora, la fauna y el clima de un ecosistema dado, la topografía del entorno, de las necesidades de purificación y otras variables más.

Desde los años sesenta, humedales construidos con helófitas se utilizan como “sistemas naturales” en la purificación de aguas servidas y sus usos se intensificaron en las últimas décadas, por ser un método alternativo de bajo costo que mantiene la integridad del paisaje y tiene un alto valor ecológico. En los humedales construidos como sistemas de purificación se encuentran implantados helófitas, plantas macrófitas enraizadas y

emergentes del agua, que habitan en pantanos y aguas someras. De estos sistemas se tiene más y más ejemplos en los países en vías de desarrollo. MEDMIN a través de este y tipo de proyectos, es la primera institución en el país que esta experimentando introducir este tipo de sistemas en zonas rurales afectadas por la contaminación doméstica, industrial y minera.

Entre los helófitas más usados comúnmente se encuentran gramíneas como *Phragmites australis* entre otros. En el altiplano Andino se tiene dos helófitas que son aptas para el uso de la purificación de aguas contaminadas: La totora (*Schoenoplectus tatora*) y la matara (*Juncus andicola*), las cuales ya han sido probados como buenos purificadores dentro del sistema de humedales de tratamiento de aguas servidas.

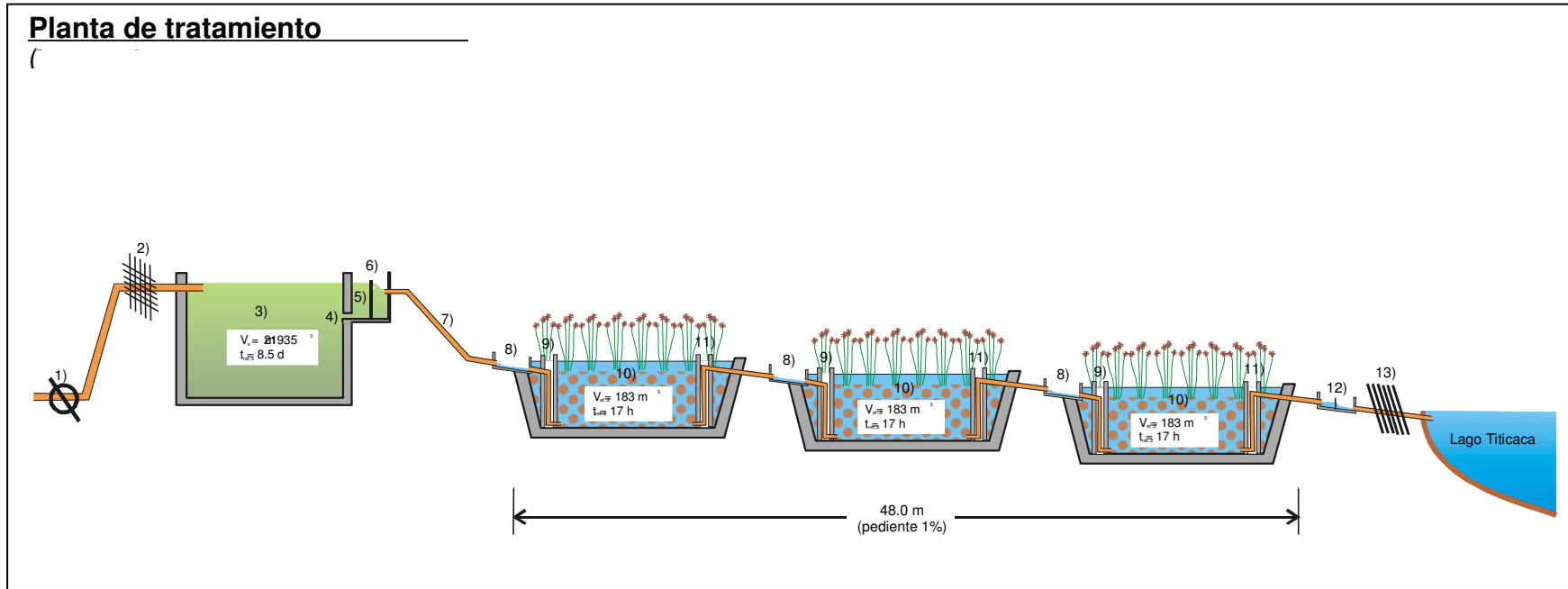
De acuerdo a diversos estudios realizados en el mundo, se ha demostrado que el lugar donde se realiza la mayor actividad de purificación de aguas servidas es en la zona de la rizósfera de los helófitas. Para el caso de la totora, el proceso se realiza en la raíz, rizoma y el substrato que la alberga. En cambio en el tallo y en la columna de agua que la rodea el proceso de purificación de las aguas servidas es menor. Asimismo, en la rizósfera de la totora se encuentra un conjunto de sustancias que inhiben y anulan el desarrollo de microorganismos fecales y patógenos y al mismo tiempo crea condiciones de oxigenación que son ideales para la producción de bacterias aeróbicas que contribuyen a la eliminación de nutrientes (fósforo, nitrógeno) y tóxicos (pesticidas, metales pesados etc.) disueltos en el agua.

Eso implica que para un proceso de purificación de aguas servidas por medio de la totora, todo el caudal de agua contaminada, debe pasar por la zona de la rizósfera pues es en esta zona donde se efectuará el mayor tratamiento de las aguas servidas. El principio del sistema de tratamiento se basa entonces en utilizar la zona más activa de purificación de la totora para el tratamiento, la cual se ubica en la zona de la rizósfera y del substrato que la alberga. En consecuencia se tiene que tomar todas las precauciones de hacer transcurrir el agua mediante un sistema subsuperficial. Tomando en cuenta esta condición, agregando un filtro de substrato de arena especialmente preparado y adecuado para este fin, se establecen sistemas de tratamiento muy eficientes. El nivel de eficiencia de este tipo de plantas de purificación, es superior a cualquier otro sistema de tratamiento con plantas helófitas.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el proceso constructivo de un sistema de flujo subsuperficial es mucho más complejo que otros tipos de sistema de tratamiento pasivo con el uso de helófitas. Esto implica que el costo de inversión (construcción de la obra) puede llegar a ser muy elevado. No obstante, la ventaja de estos sistemas pasivos de flujo subsuperficial radica en dos aspectos fundamentales: por un lado su eficiencia, y por otro sus bajos costos de operación y mantenimiento. Esto último es el factor que más se debe tomar en cuenta a la hora de realizar estudios de factibilidad técnica en materia de medio ambiente en regiones rurales, en las que sus municipios no están en condiciones de afrontar elevados costos de operación y funcionamiento de una obra determinada. Menos aun, considerando que los presupuestos asignados al saneamiento ambiental en estos lugares son muy bajos en relación a otras prioridades como educación y salud.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En la **Figura 1** se describe de manera gráfica el sistema de tratamiento de aguas servidas de Copacabana. El diseño del sistema de humedales artificiales construido para el tratamiento de aguas servidas, en breve consta de una rejilla que permite retener los materiales gruesos, una cámara de distribución a un tanque de sedimentación, un dispositivo de distribución y regulación de caudal, por lo menos tres estanques de totora ubicados en serie para evacuar a una poza de control para luego introducir las aguas tratadas a la zona de evacuación a través de los peines de infiltración.



Gráfica 1: Esquema de funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Copacabana: 1) cárcamo de bombeo, 2) rejilla, 3) tanque de sedimentación, 4) compuerta de regulación de caudal, 5) posa de disipación de energía, 6) medidor de caudal, 7) tubería de conexión al sistema principal, 8) dispositivo de aireación, 9) caja de distribución e inspección, 10) celdas de tratamiento, 11) caja de control de niveles, 12) medidor de caudal de salida y 13) peines de infiltración.

A continuación, se describe a mayor detalle los distintos componentes de la planta:

□ REJILLA

Consiste en una estructura metálica que permite retener los materiales más gruesos provenientes del cárcamo de bombeo ubicado 2.5 Km, impidiendo su ingreso hacia el tanque sedimentador.

□ SEDIMENTADOR

Consiste en una estructura de concreto que tiene como función el tratamiento primario de las aguas a través de procesos físicos de sedimentación del material en suspensión que llega desde el cárcamo de bombeo. Se divide a su vez en tres tanques de sedimentación, el primero que sedimenta el material más grueso y pesado, el segundo que sedimenta el material más fino y el tercero que actúa prácticamente como clarificador.

□ COMPUERTA DE REGULACION DE CAUDAL

Este dispositivo tiene la función de controlar el caudal de entrada al sistema de tratamiento con totoras, dependiendo del caudal necesario según los parámetros proyectados. El material del cual está confeccionado es de metal y plancha de acero, y el tipo de compuerta es tipo gusano con tarjeta de control.

□ POSA DE DISIPACION DE ENERGIA

Una vez ingresada el agua contaminada a la estructura es necesario que el caudal disipe su energía antes de llegar al medidor de caudal instalado en el comportamiento continuo.

□ MEDIDOR DE CAUDAL

Este dispositivo es importante para conocer y controlar el caudal de ingreso al sistema principal. La medición se hará de acuerdo a la relación matemática de un vertedero triangular de 90° sin contracción, de acuerdo a procedimientos internacionales:

Computación del caudal por vertedero rectangular:

$$Q = 1427 \cdot h^{5/2} \quad [\text{Lsec.-1}]$$

Donde: h := altura del agua que fluye por el vertedero rectangular [m].

El material del dispositivo medidor del caudal de ingreso a la primera celda de tratamiento es de plancha de acero y el encargado de medir el caudal será capacitado para tal fin.

□ TUBERIA DE CONEXIÓN AL SISTEMA PRINCIPAL

Una vez que el agua pasa por el medidor de caudal, inmediatamente pasa al sistema mediante una tubería de 4" con una pendiente del 1%, la cual permite evacuar el agua libremente.

□ DISPOSITIVO DE AIREACIÓN

Para una buena purificación es necesario que haya oxigenación previa, y es así que en este dispositivo lo que se trata es de oxigenar el agua que llega del dispositivo de medición de caudal, lo que beneficiaría a la depuración de agentes contaminantes mediante oxigenación.

□ CAJA DE DISTRIBUCIÓN E INSPECCIÓN

Una vez ingresado a este dispositivo pasa inmediatamente a una caja de distribución de caudal, la cual permitirá en el futuro realizar inspecciones y limpiezas de la tubería que a continuación está instalada. Dicha caja es de concreto armado con su respectiva tapa de concreto.

□ TUBERIA CRIBADA DE DISTRIBUCIÓN

Inmediatamente después el agua pasa a la primera poza de purificación a través de una tubería cribada, la misma que esta distribuida en todo el ancho de la poza.

Esta tubería es de PVC de 3" cribada con pendiente hacia ambos lados a partir de la caja de distribución.

□ CELDAS DE TRATAMIENTO

Las celdas de tratamiento están constituidas de arena con la granulometría especificada en el expediente técnico, la misma que sirve para el tratamiento y fijación de los agentes contaminantes. La altura de relleno es de 80 cm, en la cual están insertadas las plantas de la totora, un agente biológico fundamental en la descontaminación de las aguas servidas. En el sistema entero de la planta de tratamiento están establecidas 3 celdas de purificación.

La cama de arena de cada una de las celdas de tratamiento contiene el espacio poroso ideal para el crecimiento vegetativo de las raíces y rizomas de las plantas.

□ TUBERIA CRIBADA DE RECOLECCIÓN

Una vez que el agua pasa por el sistema de filtros de arena, es recolectada para luego ser evacuada a la siguiente celda de purificación.

Para esto se utiliza tubería cribada de 3" de PVC, para luego ser evacuada por intermedio de una caja de control de niveles.

□ CAJA DE CONTROL DE NIVELES

Esta caja tiene dos funciones: una de regular el nivel del agua sobre el filtro de arena y otra de limpieza de la tubería de recolección. Inmediatamente el agua transcurre al siguiente dispositivo de aireación, el mismo que está construido de concreto armado.

Finalmente, luego de la última celda de tratamiento se cuenta con otra estructura hidráulica detallada a continuación.

□ MEDIDOR DE CAUDAL DE SALIDA

Esta estructura hidráulica es importante ya que permitirá conocer el caudal de salida, después de haber recorrido todo el sistema de purificación. Esta estructura fue construida igualmente de concreto armado y el medidor de caudal es de plancha de acero.

La medición estará a cargo del personal designado por la Alcaldía, previa capacitación.

III. OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

3.1. BASE NORMATIVA PARA EL CONTROL DE AGUAS CONTAMINADAS

El marco institucional para el control de aguas contaminadas esta basado en la Ley 1333 Ley de Medio Ambiente y en el Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA).

Los municipios, al constituirse en la célula del Estado Boliviano, están obligados a realizar el control ambiental dentro de su jurisdicción, de acuerdo a sus competencias establecidas en el RGGA y la Ley de Municipalidades (Ley 2028).

Los artículos 32 al 39 de la Ley de Medio Ambiente, se dedican exclusivamente al control de la contaminación hacia cuerpos receptores y el vertido de aguas contaminadas. Estos artículos están desarrollados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), instrumento fundamental para la gestión ambiental del recurso agua. En el RMCH se establecen los parámetros de límites permisibles para descargas líquidas (Anexo A-2) y los parámetros de límites permisibles para cuerpos de agua (Anexo A-1) que son los elementos más importantes en los que se basan el control y el monitoreo ambiental.

3.2. SEGURIDAD

La planta de tratamiento de aguas servidas debe ser cercada por una malla de protección para evitar la presencia de intrusos o animales extraviados. Que pueden dañar el sistema.

Los desperdicios sólidos provenientes del tanque de sedimentación deben enterrarse inmediatamente para evitar problemas de moscas y malos olores. Todo material flotante deberá ser removido o sumergido tan pronto como sea posible. Si es removido, debe enterrarse de inmediato. La masa sedimentada en el estanque de sedimentación, igualmente debe ser removida y enterrada, una vez por año.

Deben removerse también las piedras de pequeño diámetro, gravilla, pedazos de madera, estopas, etc. que caigan en las cajas de inspección, para que no se corte la alimentación de las celdas de tratamiento. Además, una vez en veinte años la matriz de suelo de las celdas de tratamiento y las plantas de totoras crecidas en ellas, tienen que ser eliminadas enteramente y enterradas en una dependencia apta para basuras, teniendo en cuenta que se trata de un tipo de contaminante químico y microbiológico y remplazada por suelos frescos y plantas nuevas.

De acuerdo a las características señaladas más adelante, cada cierto periodo se debe reponer una nueva cama de arena y reimplantar nuevas totoras (de acuerdo al caso, cada 15 a 20 años).

Las normas de seguridad que se describen a continuación son las más básicas que el operador debe seguir:

- El operador de la planta de tratamiento debe lavarse las manos y la cara con bastante agua y jabón después de haber trabajado en la planta y especialmente antes de comer o beber. El operador debe prestar estricta atención a su higiene

personal, por ejemplo, debe mantener sus uñas limpias y cortas, porque las uñas sucias son un medio de incubación y transmisión de enfermedades.

- ❑ Es obligatorio ponerse uniformes de trabajo (capas, guantes y filtros) durante todo tipo de trabajo en la planta de tratamiento. Además, el operador tiene que saber nadar. El operador debe estar debidamente instruido en prestación de primeros auxilios.
- ❑ Las herramientas, como palas, rastrillos y dispositivos para la remoción de espumas deben lavarse con agua potable antes de guardarse.
- ❑ Cortadas, rasguños y quemaduras deben evitarse. De darse algún hecho de estos, lavarse y desinfectarse inmediatamente y ser protegidos contra cualquier contacto con aguas servidas o los suelos de la planta de tratamiento.
- ❑ Personas no autorizadas no deben ser invitadas a la planta de tratamiento por razones de seguridad, pues si alguien se cae dentro del sedimentador podrá hacerse daño o aun más morir ahogado. Además existe gran riesgo de contaminación con los microorganismos existentes en las masas líquidas del sistema.
- ❑ El operador debe estar vacunado contra tétanos y fiebre tifoidea y si fuera necesario contra fiebre amarilla y cólera, como ha sido sugerido por las autoridades sanitarias. En caso de síntomas de enfermedades como fiebres, escalofríos etc., debe someterse a exámenes médicos inmediatamente.
- ❑ Un maletín de primeros auxilios debe estar disponible en sitio fácilmente accesible.

3.3. PERSONAL

La cantidad de personas necesarias para el control adecuado del sistema de tratamiento de aguas servidas se establece en función del número de celdas que componen el sistema y su área total. En esta oportunidad se necesitará 1 persona para el control y mantenimiento de la planta de tratamiento.

La persona responsable por el funcionamiento del sistema de tratamiento debe poseer conocimientos básicos sobre la operación y mantenimiento de estos sistemas. Deberá ser capacitado periódicamente por los órganos responsables directa o indirectamente del sistema. Las principales funciones del operador son:

- ❑ Lo más importante es garantizar la alimentación constante del sistema de tratamiento con aguas servidas mediante el sistema de bombeo del cárcamo de manera diaria.
- ❑ Informar personalmente al responsable del sistema sobre el funcionamiento y el estado general del sistema de tratamiento.

- Realizar los controles necesarios en la operación normal como:
 - Meteorológicos: incluidos la lectura de instrumentos y de los registros y su mantenimiento. Un monitoreo en época de lluvias y uno en época seca.
 - Físico – químicos: incluidos la lectura de parámetros in situ y los análisis de muestras semestralmente.
- Mantener los taludes cada semana exentos de basuras. Las rejillas deben ser limpiadas diariamente. Asimismo, se debe realizar el mantenimiento de desarenadores, vertederos y los dispositivos de entrada y salida y también mantener el área de tratamiento y su entorno limpio de cualquier tipo de basura.
- Recorrer el perímetro del sistema de tratamiento de las aguas residuales y el de cada celda, verificando que las cercas de alambre no estén rotas, buscando con esa precaución impedir la entrada de animales o de personas extrañas al lugar.
- Controlar el estado de conservación de los céspedes de protección de los diques internos y externos y el estado de conservación y de limpieza de las cajas existentes de distribución y recojo de caudal, antes y después de las tuberías cribadas.
- Averiguar si existe algún rebose de líquidos por los taludes y si los niveles de operación son los adecuados.

3.4. OPERACION Y MANTENIMIENTO

3.4.1. INICIO DE OPERACIÓN

Tan pronto se concluya con la construcción del sistema de tratamiento de aguas servidas, debe iniciarse su funcionamiento. Se debe intentar evitar el crecimiento de las malezas y procurar el desarrollo de las plantas de totora en las celdas de tratamiento. Se debe realizar la extracción mensual desde raíz de las malezas que crezcan en cada celda.

La puesta en marcha del sistema de tratamiento debe realizarse preferentemente en la época en que las condiciones favorezcan el desarrollo del ecosistema, es decir al inicio de la época de lluvia.

- Llenar las celdas hasta el nivel adecuado, es decir hasta la zona enraizada Subsuperficial, con agua limpia si se pudiera.
- Luego iniciar el ingreso de aguas residuales a las celdas de purificación previo paso por los controles respectivos de caudal.
- Verificar diariamente los dispositivos de medición de caudal, para que las aguas servidas entren constantemente al menos con 1L/seg a las celdas de tratamiento.

- No permitir el emposamiento de aguas servidas en más de 20cm. de lámina de agua en ninguna de las celdas de tratamiento y chequear las cajas de inspección y regulación de nivel constantemente.
- Igualar las profundidades de agua en todas las celdas, no descargando antes que todas las celdas estén llenas. Esto se realizará a través de controles de niveles en las cajas establecidas en las mismas pozas de tratamiento.

3.4.2. CUIDADO DE LA OBRA CIVIL

A continuación presentamos un resumen de los cuidados que se deben tener en cuenta para preservar la obra.

3.4.2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El material en las rejillas deberá removerse con frecuencia para evitar que el aumento de la pérdida de carga localizada en las barras cause obstáculos al agua para atravesarlas. Por tanto es necesario eliminar estos sólidos depositados por lo menos una vez al día. Esta eliminación debe efectuarla el operador, utilizando para ello un rastrillo que encaja entre las barras.

Especialmente en las rejillas de limpieza se acumula una serie de sólidos de naturaleza diversa que da lugar a serios problemas para la salud, si no se entierran lo antes posible.

Los proyectistas de los sistemas depuradores deben identificar un área para el enterramiento de estos desechos sólidos. Puede darse la necesidad de transportar los sólidos diariamente de la planta de tratamiento e incorporarlos al sistema municipal de recojo de basuras.

El desarenador instalado en el sistema de tratamiento es de flujo horizontal. Las arenas y otros materiales pueden acumularse en el fondo del desarenador, desde donde se van eliminando en forma manual.

La limpieza manual se lleva a cabo mediante rastrillo y tiene un sistema de eliminación de lodos mediante tuberías que acceden a una poza de secado de lodos, la misma que deberá ser accionada cada 5 años o cuando los sedimentos lleguen al nivel indicado en el expediente técnico.

Aunque el diseño del desarenador se ajusta la velocidad del agua residual de forma que sedimenta sólo la materia inorgánica, las fluctuaciones de caudal pueden dar lugar a variaciones de velocidad que ocasionan también la sedimentación de materia orgánica. Por consiguiente, los sólidos acumulados en el desarenador tendrán un carácter predominantemente inorgánico, pero con cierto contenido de materia orgánica.

La cantidad de materia orgánica en este sistema será mayor si no se controla adecuadamente la velocidad del agua residual a su paso por esta unidad de pre-tratamiento, y si

el caudal tiende a variar mucho durante el día. Esto hecho puede provocar que el sistema se haga menos efectivo.

3.4.2.2. LIMPIEZA DE LOS MEDIDORES DE CAUDAL

El sistema de tratamiento tiene dos medidores de caudal, de los cuales uno está instalado entre el sedimentador y la 1era celda de tratamiento y el otro se encuentra aguas debajo del desarenador.

Es esencial mantenerlos limpios de acumulaciones de residuos, ya que de lo contrario, las lecturas de caudal serán erróneas. Esta limpieza debe efectuarse una vez a la semana y los sólidos recogidos deben eliminarse en la misma forma descrita para las distintas etapas de pre-tratamiento.

Por lo general en la salida del sistema se tiene un vertedero triangular como medidor de caudal de sus efluentes. La limpieza de estos medidores se realiza esporádicamente, pues los efluentes de estas pozas son bastante limpias y ya no deben tener sólidos.

3.4.2.3. LIMPIEZA DE TUBERIAS

Todas las tuberías del agua residual entre distintos elementos del sistema de tratamiento deben mantenerse limpias, eliminando los depósitos de materia sólida que se haya acumulado. Estos sólidos deben enterrarse prontamente después de ser retirados de las tuberías.

Si la planta de tratamiento cuenta con aliviaderos para aguas de lluvias, hay que inspeccionarlos con regularidad, al menos una vez en tiempo seco y al final de cada episodio para asegurarse de que estén libres de obstrucciones y en condiciones de cumplir su misión correctamente.

Cada seis meses, se deberá realizar la limpieza de tubería mediante una motobomba. Eso significa introducir desde las cajas de inspección una manguera y mediante presión realizar dicha limpieza. Esta operación deberá ejecutarse en todo el sistema de tubería con que cuenta el sistema de tratamiento.

3.4.2.4. MANTENIMIENTO DE TALUDES

Los taludes son los elementos del sistema de tratamiento más sensibles al deterioro y donde éste resulta más visible. Los cuidados que requieran dependen del material del que están conformados. En el caso de la planta de tratamiento de Copacabana las celdas están impermeabilizadas.

Los taludes de tierra pueden resultar dañados por animales que construyen sus madrigueras en ellos, y por la escorrentía. El operador debe inspeccionar los taludes para detectar señales de erosión, desarrollo de grietas y agujeros causados por animales.

Las medidas a tomar son las siguientes:

- Rellenar las grietas con tierra y si es posible con arcilla, y seguidamente igualar el terreno y compactarlo.
- Eliminar las malezas que crecen en los taludes. Realizar un deshierbe cada tres semanas.
- Si por razones estéticas se ha dotado a la planta de tratamiento de jardinería, hay que mantener una distancia mínima de 30 cm. entre el nivel máximo de agua en las lagunas y las plantas cultivadas en los taludes interiores. Las gramíneas deben mantenerse cortadas.
- Si existen zonas arborizadas en las proximidades de la planta, hay que impedir el desarrollo de árboles a por lo menos 100m. de la misma y nunca deben cultivarse setos alrededor de estas.

3.4.2.5. MANTENIMIENTO DE CAMINOS, CERCAS Y OTROS ELEMENTOS

El sistema de tratamiento de aguas servidas debe estar rodeado en todos los casos de una malla de protección. El operador debe inspeccionar la malla periódicamente, una vez a la semana, recorriendo todo el perímetro para detectar daños en las estacas o el alambre. Los posibles deterioros deben arreglarse inmediatamente. Es muy importante que el recinto este bien aislado para impedir la entrada de personas no autorizadas o ganado, evitando de esta manera posibles accidentes o daños al sistema.

Los caminos de acceso a la planta deben mantenerse en buen estado. Si no están asfaltados o al menos dotados de una cubierta de grava, deben vigilarse para evitar el crecimiento de malezas y la formación de charcos en periodos de lluvia.

En terrenos arcillosos es conveniente que los caminos tengan un buen acabado, ya que de lo contrario puede quedar cortado el acceso a la planta durante periodos lluviosos. Los caminos interiores deben mantenerse siempre libres de malezas.

Si el acabado es de gravilla, hay que mantenerlo por las lluvias, y en el caso de los taludes hay que repararlos inmediatamente.

Cuando la planta de tratamiento se encuentra en la ladera de un cerro, como en el caso de la planta de Copacabana, puede originarse arrastres de tierra en épocas de lluvia, que se acumulen en los caminos y pueden alcanzar las celdas de tratamiento. Hay que vigilar estos arrastres y eliminarlos tan pronto como se producen. Si es necesario, el operador debe informar a las autoridades competentes sobre la conveniencia de asegurar el terreno de la ladera para evitar estos arrastres.

3.4.2.6. DE MALOS OLORES

La aparición de malos olores puede deberse a las siguientes razones:

- Desajuste en la carga orgánica aplicada a la laguna, tanto por encima como por debajo del intervalo utilizado para el diseño. La poza estará funcionando como laguna anóxica (sin oxígeno). El operador debe verificar el contenido de materia orgánica del agua residual y confirmar si se trata de una sobrecarga o si el agua residual está demasiado diluida.
- Presencia de tóxicos o efluentes industriales en las aguas residuales. La presencia de tóxicos en la alimentación, debida a vertimientos industriales clandestinos, provocan un desequilibrio ecológico súbito y en los procesos físicos, químicos y biológicos.
- Gran oscilación en el caudal de entrada. Cuando aumenta o disminuye con respecto al intervalo de diseño, el agua residual permanece menos o más tiempo del previsto en las lagunas de tratamiento. Esto provoca el rompimiento del equilibrio necesario entre las distintas fases de la depuración, con la consiguiente interrupción del proceso.
- Caída repentina de la temperatura ambiental que da lugar a la disminución de la velocidad de los mecanismos de depuración.

El control de los malos olores puede lograrse de la siguiente manera:

Aumentando el pH hasta 8, de modo que se forme la mayor parte de sulfuro en la forma de ion inodoro bisulfuro mediante procesos de reducción bacteriana de sulfatos. La corrección del pH puede hacerse mediante la aplicación de polvo calcáreo, cal o de nitrato de sodio (popularmente llamado de salitre), durante el tiempo suficiente para que surja la fermentación metanogénico.

3.4.2.7. DESARROLLO DE MOSQUITOS Y OTROS INSECTOS

También es importante evitar que caigan ramas o plantas a las celdas de tratamiento, pues ellos sirven de soporte para el desarrollo de insectos. A veces la capa de costra superficial puede servir de criadero de mosquitos.

En este caso, una posible solución es remover esta costra con un rastrillo, para que las larvas de insectos se desprendan y se sedimenten en las celdas de tratamiento. Es preferible evitar siempre el uso de insecticidas.

3.4.2.8. CRECIMIENTO DE MALEZAS

Si las malezas no se retiran periódicamente, suelen incluso comprometer la seguridad de las celdas de tratamiento, ya que los roedores excavan túneles que producen filtraciones.

Las malezas que crecen sobre la parte seca de los taludes tienen menor relevancia en el funcionamiento del sistema, pero ofrecen una impresión de desidia y abandono que debe

evitarse en toda instalación y en especial en una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.4.2.9. ACUMULACION DE MATERIAS FLOTANTES

Los problemas más frecuentes son causados por la formación de costras y la presencia de papeles, plásticos, grasas y aceites que no han sido eliminados.

Todos estos elementos deben retirarse inmediatamente. A veces se produce la acumulación de agregados de algas en la superficie, en especial después del desarrollo de algas verde azules en épocas calurosas.

IV. MANTENIMIENTO DEL ECOSISTEMA.

4.1 ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN DE TOTORA

Una vez realizada la siembra de las plantas de totora, se debe dar la cantidad necesaria de agua hasta que las plántulas arraiguen al substrato filtro. Una época ideal para realizar la siembra son los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Se deben realizar las acciones necesarias para que las plantas de totora cubran toda la superficie de las celdas de tratamiento así como el crecimiento de las raíces se desarrolle en todo el substrato.

Las celdas de tratamiento tendrán un funcionamiento adecuado cuando las plantas de totora estén completamente arraigadas y en pleno desarrollo de su biomasa.

4.2. REGULACION DE LA BIOMASA

Aproximadamente al segundo año, la biomasa de las plantas de totora cubrirá la superficie de las celdas de tratamiento y en forma proporcional ocurrirá con la biomasa radicular.

Existe una relación directa entre la extracción de elementos contaminantes y el desarrollo de la biomasa. Por tal razón, a fin de extraer elementos contaminantes del ecosistema se debe retirar la cantidad de biomasa excedente en el sedimentador, de tal modo que no atente contra el normal crecimiento y desarrollo del ecosistema. Es recomendable realizar la poda cada cuatro meses, sin embargo es posible realizar dos cortes de biomasa aérea al año.

4.3 RENOVACION DEL ECOSISTEMA

Aproximadamente al cabo de los 15 a 20 años de funcionamiento, cuando la tasa de extracción de elementos contaminantes sea mínima. Esta tasa de extracción se constituye en un indicador de que el substrato debe ser renovado de las celdas de tratamiento para ser cambiado por uno nuevo.

El establecimiento de un nuevo substrato debe ser de las mismas características que figura en el expediente técnico.

Luego de confirmar que se han tomado en cuenta todas las características de diseño en la instalación del nuevo substrato, se procede con la plantación de totora.