ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MMAyA
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

AAPS

Autoridad de Fiscalización y Control Social
de Agua Potable y Saneamiento Básico

GUÍA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO, MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS **PTAR** EN BOLIVIA

AAPS

Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico

Guía para Aplicación de Herramientas e Instrumentos de Seguimiento, Monitoreo y Control de la Operación y Mantenimiento de las PTAR en Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
AUTORIDAD DE FISCALIZACION Y CONTROL SOCIAL
DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO

VISTOS:

Que el Decreto Supremo Nº 0071, de 9 de abril de 2009, crea la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, como encargada de fiscalizar, controlar, supervisar y regular las actividades de agua potable y saneamiento básico considerando la Ley Nº 2066 de 11 de abril de 2000 de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario; la Ley 2878 de 8 de octubre de 2004 de Promoción y Apoyo al Sector de Riego; y sus reglamentos, en tanto no contradigan lo dispuesto en la Constitución Política del Estado.

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política del Estado CPE en su Artículo 9 Núm. 6 establece como principio, valor y fin del Estado: "Promover y garantizar el aprovechamiento responsable y planificado de los recursos naturales... así como la conservación del medio ambiente, para el bienestar de las generaciones actuales y futuras".

Que el Artículo 374 de la CPE señala: "El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos con participación social, garantizando el acceso al agua para todos sus habitantes...".

Que la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien Nº 300 de 15 de octubre de 2012, en su Artículo 27 dispone: "(AGUA). Las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral en agua son: 1. Garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente para satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los sistemas de vida, la satisfacción de las necesidades domésticas de las personas y los procesos productivos para garantizar la soberanía y seguridad alimentaria".

Que la Ley de Medio Ambiente Nº 1333 del 27 de abril de 1992, en su Artículo 17 dispone: "Es deber del Estado y la sociedad, garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades".

Que el Decreto Supremo 24176 del 8 de diciembre de 1995, pone en vigencia el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica – RMCH, reglamento que en su Artículo

V.R. RICO DE 1 ORIGINAL FIRMADO AAPS

DR. BUSTINZA AAPS

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

72° y su correspondiente Anexo A-2, dispone los valores límites permisibles para las descargas líquidas a los cuerpos de agua.

Que el Decreto Supremo N° 071 de 9 de abril de 2010 en su artículo 24 inc. c) establece como función de la AAPS: "Asegurar el cumplimiento del derecho fundamentalísimo de acceso al agua y priorizar su uso para consumo humano, seguridad alimentaria y conservación del medio ambiente, en el marco de sus competencias; asimismo en su inc. e) Precautelar, en el marco de la CPE y en coordinación con la Autoridad Ambiental Competente y el Servicio Nacional de Riego, que los titulares de derecho de uso y aprovechamiento de fuentes de agua actúen dentro de las políticas de conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciares, subterráneas, minerales, medicinales, evitando acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos, que ocasionen daños a los ecosistemas y disminución de caudales para el consumo humano".

CONSIDERANDO:

Que el Informe AAPS/DRA-RH/INF/314/2018 de fecha 8 de octubre de 2018 emitido por la Dirección de Regulación Ambiental de Recursos Hídricos, en el que indica "(...)Como parte del seguimiento regulatorio realizado por la AAPS a las diferentes EPSA del Estado Plurinacional de Bolivia, hasta el año 2017, se tienen identificadas 34 EPSA que cuentan con una o más PTAR dentro de su área de prestación de servicios, de las cuales 31 reportaron datos de volúmenes tratados de aguas residuales para los "Indicadores de Desempeño" (...) Con relación al grado de cumplimiento de las actividades de control de parámetros de calidad para los vertidos de aguas residuales tratadas (conforme a lo que dispone la Ley N° 1333 y su reglamentación), durante el año 2017, sólo 18 (53%) de las 34 EPSA con PTAR, reportaron la información respectiva.", por lo que, como antecedentes técnicos se señala que "(...)es evidente que son muy pocas las EPSA que realizan seguimiento a las PTAR y generan información sobre el estado de sus plantas con respecto al control de calidad de sus efluentes, los cuales son datos que las EPSA deben reportar a la AAPS, de forma semestral. Considerando adicionalmente que el mayor problema de las PTAR en el territorio nacional es la deficiente operación y mantenimiento de las mismas, se identifica la necesidad de contar con mecanismos de seguimiento y control a la gestión en las plantas de tratamiento; asimismo el Informe refiere que "La información referente a la operación y mantenimiento en las PTAR es de importancia para el ente regulador, así como también para la Autoridad Ambiental Competente – AAC, para identificar y/o hallar indicios en las plantas de tratamiento que puedan comprometer la calidad de los recursos hídricos, el medio ambiente y la salud pública, ocasionado por una mala gestión de la EPSA encargada de operar la PTAR.".

V.R. RICO DE ORIGINAL FIRMADO AAPS

Que los antecedentes del Informe AAPS/DRA-RH/INF/314/2018 de fecha 8 de octubre de 2018, se establece que "Los problemas de operación y mantenimiento que

DR. BUSTINZA AJ AAPS

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

enfrentan las PTAR, y la falta de datos técnicos específicos y sistematizados del funcionamiento de las mismas, ha ocasionado que la AAPS no pueda emitir ninguna opinión técnica o recomendación orientada a mejorar el desempeño en la operación de las PTAR, tampoco le permite emitir criterios técnicos para la protección del medio ambiente en el marco de la normativa vigente o realizar seguimiento al cumplimiento de las operaciones en las PTAR.". Por tanto "se ha identificado la necesidad de desarrollar un instrumento de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las PTAR operadas por las EPSA reguladas, formalizando la competencia de fiscalización y regulación de la AAPS, permitiendo recabar y sistematizar información específica de las PTAR en operación, para generar indicadores de desempeño, que permitan identificar con anticipación, impactos al medio ambiente y a los recursos hídricos, garantizando así un servicio sostenible por parte de las EPSA y con el cuidado de la salud de la población en general".

Que, el Informe AAPS/DRA-RH/INF/314/2018 de fecha 08 de octubre de 2018, establece la necesidad de generar información y poder contar con herramientas de evaluación de las PTAR, razón por la que se propone la implementación de la Guía, proponiendo el uso de cinco (5) indicadores de desempeño que hagan incidencia sobre los temas de operación y mantenimiento en las PTAR., siendo los siguientes:

A. **Capacidad de tratamiento utilizada en la PTAR**.- El indicador refleja en porcentaje, cuánto de la capacidad de tratamiento de diseño de la PTAR se está utilizando en el momento del cálculo del indicador, considerando condiciones y parámetros de diseño de la planta. Toma en cuenta la capacidad hidráulica de la PTAR (CPTAR), la población servida (CTP) y la carga orgánica (CCO).
B. **Condiciones básicas para la operación y mantenimiento de la PTAR**.- Este indicador evalúa las características de la PTAR en términos de infraestructura adicional y de servicios (IYS), gestión del personal operativo (GPO) y documentación técnica específica (DTE) como índices, los cuales son calculados en base a una ponderación de datos cualitativos reportados por las EPSA y que coadyuvan a que se desarrollen de forma correcta las actividades de operación y mantenimiento en la PTAR.
C. **Gestión de mantenimiento de la PTAR**.- El indicador refleja el grado de cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que fueron oportunamente ejecutadas por el personal operativo de la PTAR, las cuales se promedian para tener el valor del indicador expresado en porcentaje.
D. **Eficiencia de tratamiento de la PTAR**.- La eficiencia del tratamiento, es el grado de remoción de la carga contaminante del agua residual que garantice un efluente con parámetros que cumplan con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente (D.S. 24176 - RMCH). Para fines de evaluación de la guía, se consideran los parámetros de DBO5, DQO y SST.

V.R. RICO V. DE T. ORIGINAL FIRMADO AAPS

DR. GUSTINZA AAPS

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

E. **Tratamiento de lodos generados en la PTAR**.- El indicador refleja el nivel de tratamiento y manejo de los lodos generados en la PTAR. Se obtiene como una relación entre el volumen de lodos tratados sobre el volumen total de lodos generados obtenidos a partir del cálculo o estimación de los lodos extraídos o retirados de las diferentes unidades de tratamiento.

Estos indicadores son complementarios a los tres indicadores actualmente vigentes (Índice de tratamiento de aguas residuales, Control de aguas residuales, Capacidad Instalada de PTAR). Los 5 indicadores, así como los rangos establecidos para los mismos, se exponen en detalle en la Guía.

Asimismo se formulan los Instrumentos de registro de la información, a fin de calcular los indicadores de desempeño de una PTAR, para lo cual se plantea el uso de planillas parametrizadas como instrumentos de registro de la información. Estos datos, deberán ser remitidos a la AAPS de manera semestral, para su respectivo análisis, procesamiento, obtención de los indicadores y su evaluación correspondiente. Las planillas elaboradas son:

I. Capacidad de tratamiento utilizada de la PTAR
II. Condiciones de infraestructura adicional y servicios en la PTAR
III. Gestión de personal operativo de la PTAR
IV. Documentación Técnica Específica de la PTAR
V. Reporte de tareas de mantenimiento preventivo
VI. Reporte mensual de situaciones de mantenimiento correctivo
VII. Reporte calidad de afluente y efluente de la PTAR
VIII. Reporte de volúmenes de lodos generados y tratados provenientes de la PTAR; Reporte de volúmenes de lodos provenientes de ETRL descargados en la PTAR.

Que, el Informe AAPS/DRA-RH/INF/314/2018 de fecha 8 de octubre de 2018, de la Dirección de Regulación Ambiental de Recursos Hídricos concluye "(...) La Guía plantea la aplicación de indicadores de desempeño para las PTAR operadas por EPSA, con el fin de llevar a cabo el control y seguimiento de la operación y mantenimiento de las mismas, permitiendo la toma de decisiones de manera oportuna, precautelando la afectación al medio ambiente y a la salud pública por el mal funcionamiento de los sistemas de tratamiento; por el deterioro de la infraestructura implementada y en última instancia por la descarga de los efluentes a los cuerpos receptores con características fuera de lo establecido en la normativa ambiental vigente.".

V.R. RICO DE 1 ORIGINAL FIRMADO AAPS

CONSIDERANDO

Que, en atención a los referidos antecedentes se emite el Informe Legal AAPS/AJ/INF/480/2018 de 09 de noviembre de 2018, refiere que: se ha identificado la necesidad de contar con una herramienta de generación de información y reporte de variables por parte de las EPSA para su respectiva evaluación a través de la AAPS, y posterior trabajo de fiscalización y seguimiento que conlleve en una mejor operación de las PTAR, dichos

DR. BUSTINZA AJ AAPS

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

aspectos fundamentan la necesidad de contar con un Instrumento Regulatorio para tal fin. En tal sentido corresponde tomar en cuenta las siguientes consideraciones de orden legal:

Que la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico AAPS, conforme las previsiones del D.S. Nº 071 de 9 de abril de 2009 asumió todas las competencias, atribuciones y funciones de la ex Superintendencia de Saneamiento Básico, establecidas en la Ley Nº 2066 de 11 de abril de 2000, referidas a la regulación, fiscalización y control de la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, lo que comprende en algunos casos la operación de la infraestructura destinada al servicio.

Que la Ley Nº 2066 de 11 de abril de 2000, en su Art. 7 establece que las obras destinadas a la prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario son de interés público, tienen carácter de utilidad pública y se hallan bajo protección del Estado, por tales consideraciones es un imperativo técnico y legal de la función de regulación la emisión de Guías que permitan a las EPSA no solo el reporte de información de las condiciones en que vienen prestando el servicio, sino también de normas que les permitan una operación eficiente de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales , lo cual además incidirá, en el cumplimiento del mandato de la Constitución Política del Estado que en su articulo 374 señala como función de la regulación "...proteger y garantizar el uso prioritario del agua para la vida...gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos con participación social garantizando el acceso al agua para todos sus habitantes...".

Que la Sentencia Constitucional Nº 651/2006 R de 10 de julio de 2006, determina que la Entidad de Regulación, asume la obligación de resolver los asuntos sometidos a su jurisdicción y competencia, aun cuando no se hayan emitido los Reglamentos, que la Ley Nº 2066 señala, en cuyo mérito la emisión de Guías destinados preservar la infraestructura de los sistemas de alcantarillado, se halla enmarcado al ámbito de nuestros competencias, de garantizar la vigencia de derechos constitucionales.

Que resulta imperativo señalar que la Guía no pretende suplir los Manuales de operación y funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Bolivia, debido a que cada una de ellas en su diseño y construcción recoge condiciones geográficas y técnicas muy particulares, sino que conforme a su objeto se limita a identificar operaciones, las cuales deben ser reportadas y monitoreadas con el fin de alcanzar niveles de eficiencia que permitan la sostenibilidad técnica y financiera de este servicio"

Que habiéndose cumplido con todos los requisitos y encontrándose debidamente fundamentada la "Guía para la aplicación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR en Bolivia", se hace necesaria su aprobación a los fines de su aplicación por

V.R. RICO DE T. ORIGINAL FIRMADO AAPS

DR. RUSTINZA AJ AAPS

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA AAPS No. 300/2018
La Paz, 09 de noviembre de 2018

los operadores del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia.

POR TANTO:

El Director Ejecutivo de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, en ejercicio de las funciones y atribuciones que le confiere la Ley.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la "Guía para la aplicación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR en Bolivia", que en anexo forma parte integrante de la presente Resolución Administrativa Regulatoria, con la incorporación de los siguientes indicadores de gestión: Capacidad de Tratamiento de la PTAR, Condiciones Básicas para Operación y Mantenimiento de la PTAR, Gestión del Mantenimiento de la PTAR, Eficiencia de Tratamiento de la PTAR, Capacidad de Tratamiento de Lodos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Aprobar el Informe Técnico AAPS/DRA-RH/INF/314/2018 de fecha 8 de octubre de 2018 e Informe Legal AAPS/AJ/INF/480/2018 de fecha 09 de noviembre de 2018.

ARTICULO TERCERO.- En el marco de lo dispuesto por el Artículo 34 de la Ley N° 2341, se dispone la publicación en prensa escrita de la presente Resolución, su publicación en la página web de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico y la notificación a todos los operadores de servicio o EPSA que cuenten con sistemas de alcantarillado sanitario y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR.

Regístrese, comuníquese y archívese

Freddy Bustinza O.
JEFE DE ASUNTOS JURÍDICOS
Autoridad de Fiscalización y Control Social

Ing. Victor Hugo Rico Arancibia
DIRECTOR EJECUTIVO
Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

C.c. Archivo AJ
VHRA/FBG/RFG
HRI 3628/2018

Av. Mariscal Santa Cruz No. 1392, Edif. Cámara de Comercio, Pisos 16 y 4
Teléfono Piloto: (591 -2) 2310801 / Fax: 2310554 / Casilla: 4245 http://www.aaps.gob.bo
La Paz –Bolivia

CONTENIDO

1 LISTA DE ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES 13
2 INTRODUCCIÓN 17
3 ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA GUÍA 18
4 OBJETIVO 18
5 MARCO NORMATIVO 18
5.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE) 18
5.2 LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE 18
5.2.1 REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL AMBIENTAL 19
5.2.2 REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA 19
5.3 LEY 2066 DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE 19
5.4 DECRETO SUPREMO Nº 071 DE 9 DE ABRIL DE 2009 20
5.5 OTRAS DISPOSICIONES LEGALES 20
6 CATEGORIZACIÓN DE LAS PTAR 21
7 HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN 21
7.1 INDICADOR "A": CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR (CTUP) 23
7.1.1 CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR) 24
7.1.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA POBLACIÓN SERVIDA (CTP) 25
7.1.3 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO) 28
7.2 INDICADOR "B": CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR (CBO) 33
7.2.1 ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS (IYS) 34
7.2.2 ÍNDICE DE GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (GPO) 36
7.2.3 ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE) 38
7.3 INDICADOR "C": GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM) 41
7.3.1 ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP) 41
7.3.2 ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC) 43
7.4 INDICADOR "D": EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EfPTAR) 44
7.5 INDICADOR "E": TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG) 47
8 LINEAS DE ACCIÓN PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PTAR 49
9 APENDICES 57
10 BIBLIOGRAFÍA 97
11 ANEXOS 98

1 Lista de acrónimos y definiciones

ACRÓNIMOS

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
AAC	Autoridad Ambiental Competente
CBO	Condiciones Básicas para Operación y Mantenimiento de la PTAR
CCA	Contro de Calidad Ambiental
CCO	Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica
CPE	Constitución Política del Estado
CPTAR	Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del Afluente
CTP	Capacidad de Tratamiento utilizada respecto a la población actual servida
CTUP	Capacidad de Tratamiento Utilizada de la PTAR
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigeno
DQO	Demanda Química de Oxigeno
DTE	Documentación Técnica Específica
EMC	Eficacia en Mantenimiento Correctivo
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EMP	Eficacia del Mantenimiento Preventivo
EPP	Equipo de Protección Personal
EPSA	Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
EfTPAR	Eficiencia de Tratamiento de la PTAR
ETRL	Empresa Transportadora y Recolectora de Lodos
GEM	Gestión del Mantenimiento de la PTAR
GPO	Gestión de Personal Operativo
IYS	Infraestructura y Servicios
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
O&M	Operación y Mantenimiento
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RAFA	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
RMCH	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

RPCA	Reglamento de Prevención y Control Ambiental
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TLG	Tratamiento de Lodos Generados

DEFINICIONES

Afluente	Agua residual que ingresa a un proceso de tratamiento.[1]
Aguas residuales domésticas	Desechos líquidos provenientes de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas[2]. Se denominan también “aguas servidas”.
Aguas residuales industriales	Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales[3].
Alcantarillado sanitario	Sistema compuesto por una red de tuberías destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales.
Alícuota	Parte proporcional de un todo.
Biodegradación	Resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de los compuestos orgánicos contenidos en aguas residuales, el cual es llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos.
Calidad del Agua	Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.
Capacidad de tratamiento	Conjunto de condiciones técnicas y operativas con las que cuenta una planta de tratamiento, que permiten minimizar o eliminar la presencia de contaminantes que se encuentran en el agua.
Capacidad hidráulica	Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica bajo condiciones normales de operación.
Caracterización de aguas residuales	Determinación de la cantidad y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.
Carga contaminante	Es la masa contaminante por unidad de tiempo que es vertida por cualquier generador de aguas residuales.
Carga per cápita	Corresponde a la carga contaminante promedio de un determinado parámetro, generada por una persona en un día.
Caudal	Volumen de agua que fluye a través de una sección o ducto por unidad de tiempo.
Caudal de diseño o última ampliación	Caudal máximo horario doméstico de contribución de aguas residuales, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula para la etapa inicial y final del periodo de diseño.[4]
Caudal medio diario	Contribución promedio de agua residual doméstica en un día.

[1] NB-688 2007, Pág. 27.
[2] NB-688 2007, Pág. 27.
[3] NB-688 2007, Pág. 27.
[4] NB-688 2007, Pág. 29.

Coliformes Termotolerantes	También denominados coliformes termorresistentes. En el control de calidad de agua son considerados como un indicador de contaminación fecal. Las bacterias de este grupo se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente.
Cuerpo receptor	Cualquier curso de agua natural o masa de agua natural o de suelo que recibe el lanzamiento o descarga del efluente final[5].
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea expresada en mg/l. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20°C y en 5 días[6].
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica expresada en mg/l. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas[7].
Disposición final	Destino final del efluente de aguas residuales depuradas mediante un sistema de tratamiento.
Eficiencia de tratamiento	Capacidad de la PTAR para remover o reducir el grado de contaminación del agua residual tratada. (Por lo general se expresa en porcentaje).
Efluente	Agua residual que es descargada a un cuerpo receptor después de un proceso de tratamiento.
Herramientas de seguimiento	Conjunto de instrumentos y mecanismos necesarios para comprobar la correcta ejecución de actividades que se desarrollan para cumplir un objetivo.
Impacto ambiental	Todo efecto que se manifieste en el conjunto de "valores" naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo[8].
Indicador de gestión	Expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según sea el caso.
Índice	Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
Lodo	Son residuos semilíquidos que cuentan con alta concentración de materia orgánica, provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales o que son recolectados por las ETRL.
Mantenimiento correctivo	Conjunto de acciones que se efectúan para reparar daños o reponer piezas deterioradas por el uso o el intemperismo.
Mantenimiento preventivo	Conjunto de acciones de conservación o preservación que se realiza con una frecuencia determinada con la finalidad de prevenir y evitar daños a un sistema.
Monitoreo	Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones constantes en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el medio ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

[5] NB-688 2007, Pág. 31.
[6] Ley 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Pág. 175. 7
[7] Ley 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Pág. 175.
[8] Ley 1333, Reglamento de Prevención y Control Ambiental, Pág. 3.

Operación	Conjunto de acciones que se efectúan para poner en funcionamiento todos los componentes o partes de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
Periodo de diseño	Es el tiempo para el cual se proyecta la PTAR, para proporcionar un servicio de calidad y eficiencia, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía de la misma.
Planta de tratamiento de aguas residuales	Unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua residual de tal forma que produzcan en los cuerpos receptores, efectos compatibles con las exigencias legales y/o con la utilización aguas abajo de la población[9].
Población equivalente	Número de habitantes estimado que aportaría una cantidad determinada de un parámetro específico (generalmente DBO_5 o Sólidos Suspendidos); suele utilizarse con referencia a descargas industriales.
Población servida	Número de habitantes que aportan al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a una PTAR.
Pre tratamiento	Operaciones unitarias destinadas a remover material grueso, flotante, arenas y detritos, cuya presencia puede dificultar el tratamiento posterior del agua y el eficiente funcionamiento de máquinas, equipos e instalaciones de la PTAR.
Riesgo	Posibilidad de ocurrencia de un evento adverso en la infraestructura y/o funcionamiento de la PTAR debido a amenazas, como ser variaciones de carga orgánica e incremento de caudal.
Sólidos disueltos totales	Es la cantidad de sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en el agua en forma molecular, ionizada o en suspensión coloidal. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de 2.0 µm (o más pequeños).
Sólidos Suspendidos Totales	Cantidad de sustancias que se encuentran en mezcla heterogénea y pueden ser removidas del agua por medios físicos o mecánicos. Constituyen residuos no filtrables retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.
Tratamiento	Proceso de transformación físico, químico y/o biológico de las aguas residuales con el fin de reducir o eliminar contaminantes que puedan provocar efectos negativos en el hombre y/o en el medio ambiente.
Valorización	Cualquier procedimiento que permita la recuperación y el aprovechamiento ecológico de los recursos contenidos en lodos y residuos provenientes de las PTAR, siempre y cuando dichos procedimientos no tengan repercusiones negativas sobre el medio ambiente y la salud pública.
Vida útil	Periodo durante el cual una infraestructura estará apta para cumplir su función de manera óptima, eficiente y continua.

[9] NB-688 2007, Pag. 34.

2 Introducción

El acelerado crecimiento poblacional urbano genera mayor demanda de servicios básicos, lo que implica el requerimiento de mayor asignación e inversión de recursos en proyectos de agua y saneamiento a fin de elevar la cobertura del servicio y por lo tanto la generación de una mayor cantidad de aguas residuales.

Por otro lado, la inadecuada gestión de las aguas residuales, constituye uno de los problemas ambientales de mayor preocupación en Bolivia, ya que en muchos casos se realiza un deficiente tratamiento de aguas residuales, lo cual deriva en vertidos de efluentes de las PTAR sin tratamiento o pobremente tratados que ocasionan la contaminación de ríos y otros cuerpos de agua, causando un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

A partir de la información proporcionada por las EPSA reguladas por la AAPS que tienen a cargo la administración de una PTAR, se evidencian bajos niveles de eficiencia en cuanto al tratamiento de estas aguas; asimismo, son pocas las EPSA que realizan el monitoreo y control recurrente de sus efluentes tratados, mismos que en general, presentan parámetros de calidad que superan los límites permisibles establecidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

Las deficiencias que se presentan en las PTAR, están principalmente relacionadas con la sostenibilidad técnica, específicamente en lo referido a su operación y mantenimiento, por la falta de recursos humanos y financieros de la EPSA que garanticen un correcto funcionamiento de las mismas.

En el contexto normativo vigente, las competencias de la AAPS establecidas en el Decreto Supremo N° 071 son: “fiscalizar, controlar, supervisar y regular las actividades de Agua Potable y Saneamiento Básico” de las EPSA, además de implementar el control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales que afecten el uso para consumo humano en coordinación con la AAC.

Por su parte, la Ley N° 2066 establece que los prestadores de servicios de agua potable y de alcantarillado sanitario (EPSA) deben proteger el medio ambiente conforme a las disposiciones de la Ley 1333 y su reglamentación. En este contexto, se ha identificado la necesidad de fortalecer y mejorar los mecanismos e instrumentos de seguimiento y fiscalización referente a la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las EPSA bajo seguimiento regulatorio, por lo que la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), ha desarrollado la presente “Guía para aplicación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las PTAR en Bolivia”, misma que se enfoca en proporcionar herramientas y elementos técnicos a los responsables de PTAR de las EPSA, para que éstos puedan generar información referida a la Operación y Mantenimiento (O&M) de las PTAR, a fin de identificar aspectos que requieran ser corregidos y/o mejorados, contribuyendo así a optimizar las condiciones operativas de las PTAR.

Por otra parte, la Guía se constituye en un instrumento técnico que le permitirá a la AAPS, contar con herramientas de evaluación de las condiciones actuales de funcionamiento y operación de las PTAR, para emitir criterios técnicos pertinentes, en el marco de sus competencias.

3 Ámbito de aplicación de la guía

La presente "GUIA PARA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO, DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTAR EN BOLIVIA" será aplicada por las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA), de todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia que tengan bajo su responsabilidad la administración de una o más PTAR.

4 Objetivo

Proporcionar directrices, lineamientos técnicos y procedimientos a los prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, para generar y reportar información técnica sobre las condiciones actuales de operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, que permitan a la AAPS procesarla y obtener indicadores de desempeño de las PTAR como herramientas de control y regulación sectorial a nivel nacional.

5 Marco normativo

El marco normativo de la presente Guía, está constituido por un conjunto de normas y disposiciones legales relacionadas con el tratamiento de aguas residuales y la preservación de los recursos hídricos. Las leyes y reglamentos a nivel nacional relacionados al objeto de la Guía son los siguientes:

5.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE)

La Constitución Política del Estado es la norma jurídica suprema que rige la organización del Estado Plurinacional de Bolivia y establece disposiciones generales en todos los ámbitos de desarrollo del país.

En relación a la preservación del recurso hídrico, establece la responsabilidad compartida entre el Estado y la Sociedad, de conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y de mantener el equilibrio del medio ambiente (Artículos 342, 345 y 347); establece políticas de control y evaluación de toda actividad que use y transforme los recursos naturales, además de promover la mitigación de sus efectos nocivos al medio ambiente.

5.2 LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE

La Ley de Medio Ambiente N° 1333 promulgada el 27 de abril del año 1992, tiene como objetivo principal, la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible.

Dispone como deber del Estado y la Sociedad, preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento y uso racional de los recursos naturales como el agua. Asimismo, dispone la obligación del Estado de normar y controlar el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno natural (Artículos 32 y 39).

En el marco de esta Ley, el 8 de diciembre de 1995, mediante Decreto Supremo No 24176, se aprobaron 6 reglamentos, de los cuales los más relevantes a los fines de la presente Guía son el Reglamento

de Prevención y Control Ambiental (RPCA) y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH). Asimismo en el marco del D.S. 3549 de fecha 02/05/18 corresponde tomar en cuenta las complementaciones e incorporaciones que se realizó al RPCA.

5.2.1 REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

El Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA) establece disposiciones referentes a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Control de Calidad Ambiental (CCA), en el marco del Desarrollo Sostenible. De acuerdo a esta reglamentación, las EPSA que planifiquen la construcción de una nueva PTAR, deberán cumplir con los procedimientos de control establecidos en la Ley 1333. Por su parte el D.S. 3549 establece un nuevo método de categorización de AOP (actividades, obras y proyectos); en el caso concreto de PTAR, el Anexo A de la lista de categorización de los sectores del Área Multisector, incluye dentro de la categoría 2 a los proyectos del sector saneamiento básico (Plantas de Tratamiento). Asimismo, la Autoridad Ambiental Competente, en coordinación con los organismos sectoriales competentes, debe llevar a cabo el seguimiento y control correspondiente al cumplimiento de estas disposiciones (Artículo 95 y 106 del RPCA y Arts. 6, 7 y 18 del D.S. 3549).

5.2.2 REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA

El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), establece una serie de disposiciones relacionadas a la prevención y control de la contaminación hídrica y determina tipos de cuerpos de agua y los límites permisibles de descarga, que debe cumplir un efluente para su vertido en un cuerpo de agua de acuerdo a su clasificación.

El artículo 12, dispone que los organismos sectoriales competentes deban participar en la prevención y control de la calidad hídrica mediante normas técnicas y políticas ambientales.

Por otra parte, los artículos 16 y 23, establecen disposiciones relacionadas con la autorización para descargar efluentes en cuerpos de agua, así como las condiciones para las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los colectores de alcantarillado sanitario, considerando que las mismas no deben interferir en los procesos de tratamiento de las aguas residuales ni afectar el normal funcionamiento de los colectores sanitarios.

Los artículos 44 y 46, establecen la prohibición de descargas instantáneas de gran volumen de aguas residuales crudas o tratadas, a ríos y la obligación de que estas descargas, ya sean procedentes de usos domésticos, industriales, o cualquier otra actividad, sean tratadas previas a su descarga al cuerpo receptor considerando la clasificación de los mismos según su aptitud de uso.

Por último el artículo 68, se refiere al manejo de los fangos o lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales una vez que hayan sido secados mediante cualquier mecanismo, deben ser analizados y estabilizados antes de su uso o disposición final.

5.3 LEY 2066 DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE

Por su parte la Ley de Prestación de Servicios de Agua Potable N° 2066 del 11 de abril del año 2000, establece las normas que regulan la provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario del Estado boliviano.

Los artículos 15 y 23, detallan las funciones y atribuciones de la ex Superintendencia de Saneamiento Básico, asumidas actualmente por la AAPS, en tanto no contradiga los preceptos establecidos en la actual Constitución Política del Estado Boliviano; y establece la obligación de las EPSA, de proteger el medio ambiente y realizar el adecuado tratamiento y disposición de las aguas residuales.

5.4 DECRETO SUPREMO Nº 071 DE 9 DE ABRIL DE 2009

El 9 de abril del año 2009 se promulga el Decreto Supremo Nº 071 mediante el cual, se crea la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico en reemplazo de la Superintendencia de Saneamiento Básico; se determina su estructura organizativa y se define sus competencias y atribuciones. Con relación al objeto de la presente Guía, el artículo 24 establece como una de las competencias de la Autoridad, regular el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos para el consumo humano y servicios de agua potable y saneamiento básico, y precautelar el cumplimiento de las obligaciones y derechos de las EPSA.

Por otra parte, el Artículo 26 establece como atribuciones del Director Ejecutivo entre otras, lo siguiente:

> *"…f) Implementar control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales industriales, mineras, y otras que afecten fuentes de agua para consumo humano, en coordinación con la AAC.*
> *l) Emitir manuales, guías, y otras normas internas".*

5.5 OTRAS DISPOSICIONES LEGALES

A efectos de la presente Guía, se mencionan las siguientes disposiciones, afines:

Ley de Derechos de la Madre Tierra N° 071 del 21 de diciembre del año 2010, que tiene por objeto reconocer los derechos de la Madre Tierra, así como establecer las obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos.

Ley de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien No. 300 del 15 de octubre del año 2012, tiene el objeto de establecer la visión y fundamentos del desarrollo integral del ser humano en armonía y equilibrio con la madre tierra.

En el marco de los principios jurídicos que rigen la protección a la Madre Tierra, el Art. 4 Núm. 4 establece que tanto el Estado y cualquier persona "*se obliga a prevenir y/o evitar de manera oportuna eficaz y eficiente los daños a los componentes de la Madre Tierra incluyendo el medio ambiente (…) sin que se pueda omitir o postergar el cumplimiento de esta obligación alegando la falta de certeza científica y/o falta de recursos".*

Esta Ley en su artículo 27, detalla las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral del agua, entre las que se pueden mencionar aquellas que señalan la obligación de que toda actividad industrial y extractiva, que implique el aprovechamiento del agua según corresponda, implemente, plantas y/o procesos de tratamiento que minimicen los efectos de la contaminación, y la obligación de regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua.

6 Categorización de las PTAR

La categorización de las PTAR, consiste en una clasificación de las mismas en base al criterio de Población de Diseño de las plantas. Para efectos de la presente Guía se aplicará la categorización de las EPSA que es utilizada actualmente en la AAPS, la cual está establecida de acuerdo a criterios de población principalmente. Por tanto, la categorización de las PTAR se define bajo el siguiente esquema:

Figura 1. Categorización de PTAR

Esta categorización permite diferenciar el nivel de detalle y alcance de la información a ser reportada por las EPSA y el nivel de exigencia requerido por la AAPS respecto a las condiciones de operación y mantenimiento de las PTAR para el respectivo cálculo de los indicadores.

Bajo este criterio, las PTAR a cargo de una EPSA tendría la misma categorización de la EPSA. Así también, si una EPSA administra más de una planta, independientemente de las capacidades de diseño de cada una de ellas, todas éstas corresponderán a la categoría de la EPSA, ya que éstas se consideran como sistemas descentralizados de la misma. Por otra parte, también se considerará que la categoría de PTAR, en ningún caso podrá ser superior a la categoría de la EPSA establecida por la AAPS.

7 Herramientas de seguimiento y evaluación

Las herramientas de seguimiento y evaluación, son un conjunto de variables, índices e indicadores, que permitirán conocer y evaluar las condiciones técnicas particulares de la operación y mantenimiento de las PTAR.

Un indicador es una herramienta cuantitativa que permite mostrar indicios o señales de un estado de situación, cumplimiento de actividades y/o resultados. Su utilización permite determinar tendencias en el comportamiento de la PTAR, detectar situaciones problemáticas o susceptibles de ser mejoradas y realizar análisis comparativos históricos.

Con el fin de contar con herramientas de seguimiento, monitoreo y control de las PTAR, se plantea el uso de cinco (5) indicadores de desempeño, los cuales fueron diseñados para conocer el estado de situación actual y el desempeño de las mismas.

Estos indicadores serán calculados en base a información que deberá ser generada por las EPSA y que será reportada a la AAPS de manera **semestral**, a fin de realizar su evaluación y respectivo seguimiento.

En los Apéndice 1 y 2 de la presente guía, se adjuntan planillas e instrucciones detalladas para que las EPSA registren la información técnica de la PTAR, misma que es requerida para el cálculo de dichos indicadores.

Bajo estas consideraciones se plantea el uso de los siguientes indicadores:

Tabla 1. Indicadores y Variables para la Guía de PTAR

No	INDICADOR		ÍNDICE		VARIABLES (DATOS A REPORTAR POR LAS EPSA)	UNIDAD
	DESCRIPCIÓN	SIGLA	DESCRIPCIÓN	SIGLA		
-	-	-	Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente	CPTAR	Caudal medio actual del afluente[10]	m^3/h
					Caudal de diseño o de la última ampliación[11]	m^3/h
A	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR	CTUP	Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Población Servida	CTP	Población actual servida	hab.
					Población de diseño o de la última ampliación	hab.
			Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Carga Orgánica	CCO	Caudal de diseño o de la última ampliación	m^3/h
					Concentración DBO_5 de diseño	mg/l
					Caudal medio actual del afluente	m^3/h
					Concentración media de DBO_5 en afluente	mg/l
					Volumen medio de lodos de ETRL	m^3/día
					Concentración media de DBO_5 de ETRL	mg/l
B	CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR	CBO	Infraestructura Adicional y Servicios	IYS	Datos cualitativos respecto a infraestructura adicional y servicios	Adimensional
			Gestión de Personal Operativo	GPO	Datos cualitativos respecto a personal operativo	Adimensional
			Documentación Técnica Especifica	DTE	Datos cualitativos respecto a documentación técnica especifica	Adimensional
C	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR	GEM	Eficacia del Mantenimiento Preventivo	EMP	Número de actividades ejecutadas	Adimensional
					Número de actividades programadas	Adimensional
			Eficacia del Mantenimiento Correctivo	EMC	Número de situaciones imprevistas atendidas o solucionadas	Adimensional
					Número de situaciones imprevistas presentadas	Adimensional
D	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR	EfPTAR	Eficiencia de tratamiento respecto a la DBO_5	$EfDBO_5$	Concentración media de DBO_5 en afluente	mg/l
					Concentración media de DBO_5 en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de DBO_5	%
			Eficiencia de tratamiento respecto a la DQO	EfDQO	Concentración media de DQO en afluente	mg/l
					Concentración media de DQO en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de DQO	%
			Eficiencia de tratamiento respecto a los SST	EfSST	Concentración media de SST en afluente	mg/l
					Concentración media de SST en efluente	mg/l
					Eficiencia de diseño para remoción de SST	%
E	TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR	TLG	Tratamiento de Lodos generados en la PTAR	TLG	Volumen de lodos generados	m^3
					Volumen de lodos Tratados	m^3

[10] Se refiere al "Volumen Tratado de Agua Residual", reportado a la AAPS para el cálculo del indicador CPTAR.
[11] Se refiere a la "Capacidad Instalada de la PTAR", reportado a la AAPS para el cálculo en el indicador CPTAR.

A continuación, se desarrolla las definiciones y metodología para el cálculo de los indicadores señalados en la **Tabla 1** y sus respectivos índices. Asimismo, se describen y detallan las variables que son requeridas y deben ser proporcionadas por las EPSA, a fin de utilizarlas y calcular con ellas los respectivos indicadores de desempeño de las PTAR.

7.1 INDICADOR "A": CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR (CTUP)

El indicador refleja en porcentaje, cuanto de la capacidad de tratamiento de diseño de la PTAR se está utilizando en el momento del cálculo del indicador, considerando condiciones y parámetros de diseño de la planta. Toma en cuenta la capacidad hidráulica de la PTAR (CPTAR), la población servida (CTP) y la carga orgánica (CCO).

Para el cálculo de éste indicador, se deben promediar los valores de CPTAR, CTP y CCO, como se indica en la siguiente expresión:

$$CTUP = \frac{CPTAR + CTP + CCO}{3}$$

Donde:

CTUP [%]**:** Capacidad de Tratamiento utilizada en la PTAR.
CPTAR [%]**:** Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente[12].
CTP [%]**:** Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Población Servida[13].
CCO [%]**:** Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica.

El término de capacidad de tratamiento utilizada se refiere a los valores del uso actual de la PTAR.

En caso que las PTAR de **Categoría C y D** no cuenten con datos para el cálculo del CCO, el indicador CTUP se calculará con el promedio de los valores CPTAR y CTP.

$$CTUP = \frac{CPTAR + CTP}{2}$$

Bajo estas consideraciones, se establecen rangos para el indicador, los cuales muestran de manera anticipada la necesidad de incrementar la capacidad de tratamiento de la PTAR o rediseñar la misma, brindando de esta manera la posibilidad a la EPSA de realizar las gestiones necesarias para desarrollar una mejora o ampliación en la infraestructura de la PTAR con la suficiente antelación, previniendo que la capacidad de la planta sea alcanzada o sobrepasada.

[12] La CPTAR es parte de los indicadores de desempeño calculados por la AAPS en base a reportes periódicos de las EPSA, la cual considera la capacidad hidráulica en uso de la PTAR.
[13] Para las EPSA que pertenecen a la categoría A y B, se recomienda considerar el criterio de Población equivalente en lugar del criterio de la población servida, debido a que las PTAR pueden recibir descargas de origen industrial lo cual incrementa la carga.

Los rangos establecidos para el indicador, así como para sus correspondientes índices, son los siguientes:

RIESGO: ≥ 70%; Advierte que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar o sobrepasar su capacidad de tratamiento de diseño, ya sea por la capacidad hidráulica, la población servida y/o la carga orgánica, por tanto, se requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias en la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad de diseño.

ACEPTABLE: < 70%; Indica que la PTAR no está próxima a alcanzar su capacidad de diseño.

En la práctica, durante el funcionamiento de una PTAR, la capacidad actual de tratamiento siempre es distinta a la capacidad de diseño, debido esencialmente a fluctuaciones en el caudal tratado (estacional o por ampliación de la cobertura de alcantarillado sanitario), incremento o decremento en la población servida y/o cambios en la carga contaminante (descargas industriales).

Si como producto del cálculo de algunos de los índices del indicador, se tiene un valor superior al 100%, significa que la PTAR ha superado su capacidad de tratamiento de diseño respecto a la capacidad hidráulica, la población servida o la carga orgánica admisible, por lo que corresponderá un análisis particular de cada uno de los índices que componen el indicador CTUP, a fin de identificar aquel que tenga una mayor incidencia en la situación actual de la PTAR.

Una vez determinado el valor del indicador, en la **Tabla 14** del numeral 8, se detallan algunas recomendaciones y acciones que la EPSA debería tomar en cuenta, para que la capacidad actual de la PTAR no llegue a su límite o sea sobrepasada.

A continuación, se describe el cálculo de los índices y variables utilizados para determinar el indicador CTUP.

7.1.1 CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR)

La CPTAR muestra la relación porcentual entre el caudal medio actual del afluente y el caudal de diseño o de la última ampliación de la planta y representa la capacidad hidráulica actual de la PTAR.

La expresión empleada para su cálculo es la siguiente:

$$CPTAR = \frac{Caudal\ medio\ actual\ del\ afluente}{Caudal\ de\ diseño\ o\ de\ la\ última\ ampliación} * 100$$

Donde:

CPTAR [%]**:** Capacidad de tratamiento utilizada actual respecto al caudal del afluente.

Caudal medio actual del afluente $\left[\frac{m^3}{h}\right]$**:** Capacidad hidráulica de operación actual de la planta.

Caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h}\right]$**:** Representa el caudal de agua residual que puede ser tratado de manera eficiente, calculado para el periodo de diseño de la planta.

Para la CPTAR, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP.

Si el valor de la CPTAR resulta mayor al 100%, implica que el volumen de agua residual que ingresa a la planta, supera la capacidad hidráulica de diseño de la PTAR. Ante esta situación se deben analizar los siguientes aspectos:

- Si el incremento del Caudal medio del afluente tratado es producto de aportes por precipitaciones pluviales, donde la medida a implementar es proteger los procesos de tratamiento en la planta mediante la derivación de los excedentes del afluente utilizando el by-pass de la PTAR siempre y cuando se verifique tal incremento.
- Las conexiones cruzadas provocan el incremento del caudal del afluente, en tal sentido, la EPSA debe incluir un monitoreo y control de dichas conexiones a objeto de reducir el ingreso a la planta de caudales incrementales por lluvia.
- Si el incremento de caudal se registra en época de estiaje, implicaría que la PTAR ha superado su capacidad hidráulica de diseño. Este valor, indica que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta implementar mejoras o ampliaciones en su infraestructura, o en su defecto construir una nueva PTAR.

Ejemplo. *Una PTAR de categoría B, reporta un caudal de diseño de 178,00* $\left[\frac{l}{s}\right]$ *equivalente a 640,80* $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ *y un caudal actual tratado en la planta de 123,90* $\left[\frac{l}{s}\right]$ *equivalente a 446,04* $\left[\frac{m^3}{h}\right]$*, calcular el valor de la Capacidad de Tratamiento actual respecto al Caudal del afluente.*

Entonces se tiene:

$$CPTAR = \frac{Caudal\ medio\ actual\ del\ afluente}{Caudal\ de\ diseño\ o\ de\ última\ ampliación} * 100$$

$$CPTAR = \frac{446.04}{640,80} * 100$$

$$\boldsymbol{CPTAR = 69.61\%}$$

El valor obtenido para ***CPTAR es de 69.61%,*** *si bien el mismo es menor a 70%, está muy próximo a alcanzar este valor, según los rangos establecidos para este indicador, indica que la PTAR está aún dentro del calificativo de* ***ACEPTABLE****, la capacidad de tratamiento utilizada de la PTAR, permite realizar el tratamiento de aguas residuales de manera adecuada sin comprometer aún su capacidad hidráulica de diseño. Sin embargo, por la cercanía del valor al 70%, es recomendable que la EPSA, inicie la gestión o ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR de manera inmediata, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.*

7.1.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA POBLACIÓN SERVIDA (CTP)

La capacidad de tratamiento actual respecto a la población servida, se expresa en porcentaje y se calcula a partir de la relación entre la población servida actual de la PTAR y la población de diseño o de la última ampliación de la planta.

Por tanto, para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente expresión:

$$CTP = \frac{Población\ actual\ servida}{Población\ de\ diseño\ o\ de\ la\ última\ ampliacion} * 100$$

Donde:

CTP [%]: Capacidad de Tratamiento actual respecto a la Población Servida.
Población actual servida [hab]: Número de habitantes conectados a un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a una PTAR.
Población de Diseño o de la última ampliación [hab]: Número de habitantes a ser servidos por la PTAR para el período de diseño el cual se establece con base en la población inicial del proyecto.

Para la CTP, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP.

Si el valor del CTP resulta mayor al 100%, implica que la población servida por la PTAR, supera a la población de diseño. Este hecho se atribuye a un crecimiento demográfico acelerado incrementando así la población atendida con sistema de recolección y tratamiento de sus aguas residuales. En caso de alcanzar este valor, el índice muestra que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta implementar mejoras o ampliaciones en su infraestructura o inclusive la construcción de una nueva PTAR.

Ejemplo. *Una PTAR de categoría C, reporta que tiene 14.713 habitantes servidos con el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales con descarga a la PTAR y la población de diseño reportada es de 16.800 habitantes. Calcular la Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Población Servida*

Se tiene entonces:

$$CTP = \frac{Población\ actual\ servida}{Población\ de\ diseño\ o\ de\ ultima\ ampliacion} * 100$$

$$CTP = \frac{14.713}{16.800} * 100$$

$$\boldsymbol{CTP = 87,58\%}$$

El valor obtenido para la ***CTP es de 87,58%,*** *siendo mayor al 70%, según los rangos establecidos para este índice, lo cual implica una situación de* ***RIESGO*** *en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su población de diseño. Por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y sobre todo la ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad de tratamiento en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.*

Así también, si el periodo de diseño de la PTAR es de 20 años, con el valor del índice calculado, se deduce que ya transcurrieron dieciocho (18) años de operación de la planta, por lo cual posiblemente dentro de dos (2) años la PTAR alcanzará su máxima capacidad de diseño, tiempo en el que la EPSA deberá implementar o ejecutar las mejoras y/o ampliaciones pertinentes.

Para las PTAR que pertenecen a la categoría A y B, debido al desarrollo económico de la región donde se presta el servicio, en muchos casos reciben descargas de origen industrial lo cual incrementa la carga contaminante. En tal caso se recomienda considerar el criterio de Población Equivalente[14] en lugar del criterio de la población servida. Para ello, se debe considerar el valor de la Carga Per Cápita que corresponde a la carga orgánica contaminante en términos de DBO_5 generada por una persona promedio. Para Bolivia[15], se puede utilizar de manera referencial el valor de 54 $\left[\frac{g\ DBO_5}{hab * día}\right]$.

***Ejemplo**: El segundo informe semestral gestión 2017 de una EPSA, reporta para su PTAR de categoría A, los siguientes valores:*

DATOS	UNIDAD	VALOR
Caudal medio actual del afluente	$\left[\frac{m^3}{h}\right]$	1.507,50
Concentración media DBO_5 en afluente	$\left[\frac{mg}{l}\right]$	703,65
Población de Diseño o de última ampliación	$[hab]$	420.000
Población actual servida	$[hab]$	375.789

Calcular el índice de capacidad de tratamiento respecto a la población servida (CTP), y con fines comparativos realizar el análisis utilizando el criterio de población equivalente.

a) En primera instancia calculamos el valor de CTP utilizando el dato la población servida actual, para ello se tiene:

$$CTP = \frac{Población\ actual\ servida}{Población\ de\ diseño\ o\ de\ ultima\ ampliación} * 100$$

$$CTP = \frac{375.789}{420.000} * 100; \qquad \boldsymbol{CTP = 89,47\%}$$

*El valor obtenido para **CTP es de 89,47%,** el cual es mayor a 70%. Según los rangos establecidos para este índice, implica una situación de **RIESGO** en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su capacidad de tratamiento respecto a la población servida, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.*

Si la PTAR tiene un periodo de diseño de 25 años, el valor de la CTP de 89,47%, representa que ya han transcurrido veintidós (22) años de operación de la planta, por tanto, dentro de tres (3) años, posiblemente la PTAR alcanzará su máxima capacidad de diseño, tiempo en el que la EPSA deberá implementar o ejecutar las mejoras y/o ampliaciones pertinentes.

[14] Población equivalente: Número de habitantes estimado que aportaría una cantidad determinada de un parámetro específico (generalmente DBO_5 o SST) o caudal; suele utilizarse con referencia a descargas industriales, se mide en unidades de habitante equivalente.

[15] Según Titirico, 2008 y el PNUMA 2011. Al no disponer de un valor definido de Carga Per Cápita, el mismo que deberá ser aplicado de manera referencial, en tanto se establezca o se defina algún valor con sustento científico.

b) Utilizando el criterio de la población equivalente, se tiene:

La población equivalente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Población\ Equivalente = \frac{24 * Caudal\ medio\ actual\ del\ afluente * Concentración\ Media\ de\ DBO_5\ en\ afluente}{Carga\ Per\ cápita\ para\ Bolivia}$$

Sustituyendo los datos en la expresión anterior se tiene:

$$Población\ Equivalente = \frac{24 * 1.507{,}50 * 703{,}65}{54}$$

$$Población\ Equivalente = 471.446\ [hab_{eq}]$$

La carga orgánica presente en el afluente de la PTAR, expresada en términos de población equivalente, representa 471.446 $[hab_{eq}]$, aplicando la fórmula del CTP se tiene:

$$CTP = \frac{Población\ equivalente}{Población\ de\ diseño\ o\ de\ ultima\ ampliacion} * 100$$

$$CTP = \frac{471.446}{420.000} * 100; \qquad \boldsymbol{CTP = 112{,}25\%}$$

*Del cálculo anterior, se tiene un valor de la **CTP de 112,25%**, mayor al 100%, el cual se encuentra fuera de los rangos establecidos para este indicador, y muestra que la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento en uso respecto a la población equivalente. Por tanto, al obtener este tipo de valor, el índice nos indica que la planta no realizará un adecuado tratamiento del agua residual hasta que se implementen mejoras o ampliaciones en su infraestructura.*

Como se observa en los resultados anteriores, existe una diferencia sustancial al considerar el criterio de población servida y el de población equivalente. En el primer ejemplo, la PTAR se encuentra en situación de riesgo de alcanzar la capacidad de diseño, sin embargo considerando la población equivalente, la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento, en consecuencia corresponde tomar este último valor tal de asumir las acciones que correspondan.

7.1.3 ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO)

Se calcula sumando la carga orgánica media actual del afluente y la carga orgánica de los lodos descargados por las ETRL en la PTAR, con relación a la carga orgánica de diseño. Las descargas de las ETRL solo se consideran si estas se presentan.

El CCO se expresa en porcentaje y se calcula a través de la siguiente expresión:

$$CCO = \left(\frac{CO_{Afluente} + CO_{Lodos\ ETRL}}{CO_{Diseño}}\right) * 100$$

Donde:

CCO [%]: Capacidad de tratamiento actual respecto a la Carga Orgánica.

$CO_{Afluente}$ $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$: **(Carga Orgánica media actual en Afluente)** Es la carga contaminante en

términos de DBO_5, el cual se obtiene a partir de las cargas diarias evaluadas durante el proceso de control de afluentes de la PTAR. Se calcula multiplicando el valor medio de la concentración de DBO_5 $\left[\frac{mg}{l}\right]$ y el caudal medio del afluente $\left[\frac{m^3}{h}\right]$, utilizando la siguiente expresión:

$$CO_{Afluente} = Caudal\ medio\ del\ afluente * Concentración\ media\ de\ DBO_5 en\ afluente * \frac{24}{1000}$$

24 y **1000**: Son factores de conversión de unidades para que $CO_{Afluente}$ esté expresado en $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$.

$CO_{Lodos\ ETRL}$ $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$: Es la carga contaminante en términos de DBO_5, se calcula a partir de los valores de carga orgánica proveniente de los lodos recolectados por las ETRL. La carga orgánica puede ser obtenida, multiplicando el valor medio de concentración de DBO_5 $\left[\frac{mg}{l}\right]$ por el volumen medio de lodos $\left[\frac{m^3}{día}\right]$ de las ETRL que se descargan en la PTAR durante un semestre. La expresión para su cálculo, es la siguiente:

$$CO_{Lodos\ ETRL} = \frac{Volumen\ medio\ de\ lodos\ de\ ETRL * Concentración\ media\ de\ DBO_5\ de\ ETRL}{1000}$$

La concentración de DBO_5 y el volumen de los lodos descargados en la PTAR, serán determinados a partir del monitoreo que realiza la EPSA a las ETRL.

1000: Factor de conversión de unidades para que $CO_{Lodos\ ETRL}$ esté expresado en $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$.

$CO_{Diseño}$ $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$: La carga orgánica de diseño puede ser obtenida, multiplicando el valor de concentración de DBO_5 de diseño $\left[\frac{mg}{l}\right]$ por el caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h}\right]$. La expresión para su cálculo, es la siguiente:

$$CO_{Diseño} = Caudal\ de\ diseño\ o\ de\ la\ última\ ampliación * Concentración\ DBO_5\ de\ diseño * \frac{24}{1000}$$

Caudal de diseño o de la última ampliación $\left[\frac{m^3}{h}\right]$: Caudal medio de aguas residuales que pueden ser tratadas de manera eficiente durante el tiempo de vida útil de la PTAR; se proyecta durante la fase de diseño, ampliación o mejoramiento de la misma.

Concentración DBO_5 de diseño[16] $\left[\frac{mg}{l}\right]$: Es la concentración de DBO_5 que puede ser descargada a la PTAR, la cual se establece para evitar daño inmediato o progresivo en las eficiencias de funcionamiento de los sistemas de tratamiento del agua residual. Podrá asumirse el valor de diseño de la PTAR, o en su defecto utilizar el valor de 400 $\left[\frac{mg}{l}\right]$.

24 y **1000:** Factor de conversión de unidades para que $CO_{Diseño}$ este expresado en $\left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$.

Para la CCO, se adoptan los rangos preestablecidos del indicador CTUP

Si el valor de CCO resulta mayor al 100%, implica que la carga contaminante que ingresa a la planta, supera la capacidad de tratamiento respecto a la carga orgánica de diseño de la PTAR. Ante esta situación se deben analizar los siguientes aspectos:

[16] Al no contar con normativa nacional sobre valores máximos admisibles para descargas en alcantarillados, se adopta de manera referencial, para la concentración de DBO_5 máxima a descargar, el valor de 400 mg/l. Metcalf & Eddy. "Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización", 1995.

- La carga contaminante en el afluente se encuentra por encima de los valores característicos del agua residual doméstica, en tal sentido la EPSA debe implementar monitoreos y controles en las descargas del afluente tomando en cuenta la actividad industrial de la región.

- La carga contaminante de los lodos descargados por las ETRL, debe ser controlada, ya que dependiendo del origen de dichos lodos, estos podrían contener una elevada carga orgánica.

Al no disponer de normativa que defina la frecuencia de medición de caudal o la frecuencia de muestreo y análisis de calidad del agua residual, se tiene la **Tabla 2** que establece la frecuencia mínima para medición de caudal considerando la categoría de la PTAR, y la **Tabla 3** que establece la frecuencia mínima de muestreo y análisis de calidad de afluentes y efluentes, mismas que deben ser aplicadas de manera referencial, en tanto se defina y entre en vigencia alguna nueva disposición al respecto.

Tabla 2. Frecuencia Mínima de Medición de Caudales para Afluentes y Efluentes de la PTAR

CATEGORÍA DE PTAR	MEDICIONES*			TOTAL MEDICIONES		
	DIARIAS	MENSUALES	SEMESTRALES	AFLUENTE	EFLUENTE	EN EL SEMESTRE
	Veces / día	Días / mes	Meses / semestre			
A	≥ 12	≥ 4	≥6	288	288	576
B	≥ 8	≥ 2	≥3	48	48	96
C	≥ 6	≥ 1	≥2	12	12	24
D	≥ 4	≥ 1	≥1	4	4	8

** Para realizar las mediciones, se recomienda considerar los hábitos, costumbres y actividades de la población, ya que existen variaciones en el caudal, razón por la cual es recomendable realizar las mediciones a largo del día. Así también, se debe tomar en cuenta la época de lluvias y la época de estiaje.*

Para las PTAR **Categoría C y D**; en el Anexo A de la presente guía se sugieren algunos de los métodos más comunes para realizar la medición de caudal, que pueden aplicarse para afluentes y efluentes de la PTAR. En el caso que la PTAR, no disponga de ningún dispositivo para medición de caudales, se podrá estimar el caudal de afluente a través de la población servida y conectada a la PTAR, de acuerdo a la metodología planteada en el Anexo B de la presente Guía.

Tabla 3. Frecuencia Mínima de Muestreo y Análisis de Calidad* de Afluentes y Efluentes de la PTAR

CATEGORÍA DE PTAR	MUESTREOS*			TOTAL ANÁLISIS		
	DIARIOS**	MENSUALES	SEMESTRALES	AFLUENTE	EFLUENTE	EN EL SEMESTRE
	Alícuotas / día	Días / mes	Meses / semestre			
A	≥ 12	≥ 4	≥6	24	24	48
B	≥ 8	≥ 2	≥3	6	6	12
C	≥ 6	≥ 1	≥2	2	2	4
D	≥ 4	≥ 1	≥1	1	1	2

** Para realizar los muestreos, se recomienda considerar los hábitos, costumbres y actividades de la población, ya que existen variaciones en el caudal que pueden cambiar la composición de las aguas residuales, razón por la cual es recomendable tomar muestras a largo del día. Así también, se debe tomar en cuenta la época de lluvias y la época de estiaje.*
*** Muestra diaria compuesta por el número de alícuotas diarias especificado.*

Ejemplo. *Una PTAR de categoría A presenta los siguientes datos en sus reportes semestrales:*

DATOS	UNIDADES	VALOR
Caudal de diseño o de la última ampliación	$\left[\frac{m^3}{h}\right]$	1.992
Caudal medio actual del afluente	$\left[\frac{m^3}{h}\right]$	1.548
Concentración media de DBO_5 en afluente	$\left[\frac{mg}{l}\right]$	450
Concentración DBO_5 de diseño	$\left[\frac{mg}{l}\right]$	500
Volumen medio de lodos de ETRL	$\left[\frac{m^3}{día}\right]$	8
Concentración media de DBO_5 de ETRL	$\left[\frac{mg}{l}\right]$	550

Calcular la Capacidad de Tratamiento Actual respecto a la Carga Orgánica (CCO).

En primera instancia se procede a calcular la Carga Orgánica en el afluente ($CO_{Afluente}$):

$$CO_{Afluente} = Caudal\ medio\ actual\ del\ afluente * Concentración\ media\ de\ DBO_5\ en\ afluente * \frac{24}{1000}$$

$$CO_{Afluente} = 1.548 * 450 * \frac{24}{1000} = 16.718{,}4 \left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$$

Posteriormente se procede a calcular Carga Orgánica de los lodos descargados por las ETRL ($CO_{Lodos\ ETRL}$):

$$CO_{Lodos\ ETRL} = \frac{Volumen\ medio\ de\ lodos\ de\ ETRL * Concentracion\ media\ de\ DBO_5\ de\ ETRL}{1000}$$

$$CO_{LODOS\ ETRL} = \frac{8 * 550}{1000} = 4{,}4 \left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$$

Así también, calculamos de la Carga Orgánica de diseño de la PTAR:

$$CO_{Diseño} = Caudal\ de\ diseño\ o\ de\ la\ ultima\ ampliación * Concentración\ DBO_5\ de\ diseño * \frac{24}{1000}$$

$$CO_{Diseño} = 1.992 * 500 * \frac{24}{1000} = 23.904 \left[\frac{kg\ DBO_5}{día}\right]$$

Finalmente, se procede al cálculo del indicador CCO.

$$CCO = \left(\frac{CO_{Afluente} + CO_{Lodos\ ETRL}}{CO_{Diseño}}\right) * 100$$

$$CCO = \left(\frac{16.718{,}4 + 4{,}4}{23.904}\right) * 100; \qquad \boldsymbol{CCO = 69.96\ \% \approx 70\%}$$

Con estos datos, el valor de la CCO resulta ser igual al 70% por lo cual, según los rangos establecidos para este índice, implica una situación de RIESGO en la PTAR, ya que estaría próxima a alcanzar su capacidad de tratamiento respecto a la capacidad orgánica de diseño de la planta, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias a la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad en uso antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.

A fin de comprender cómo se determina el valor del indicador CTUP, el siguiente ejemplo ilustra su forma de cálculo:

Ejemplo. *En base a los datos reportados por una EPSA categoría A y una EPSA categoría C, se tienen los siguientes resultados de los índices de capacidad de tratamiento respecto al caudal, población servida y carga orgánica:*

INDICE	CATEGORIA EPSA	
	A	C
CPTAR	77,26 %	110,65 %
CTP	89,47 %	99,94 %
CCO	81,68 %	-

Calcular el valor del Indicador CTUP y emitir criterios técnicos al respecto:

Considerando las categorías de las EPSA, las expresiones a utilizar son:

Categoría A: $$CTUP\ [\%] = \frac{(CPTAR+CTP+CCO)}{3}$$

Categoría C: $$CTUP\ [\%] = \frac{(CPTAR+CTP)}{2}$$

a) Sustituyendo para la EPSA Categoría A: $$CTUP\ [\%] = \frac{(77{,}26\%+89{,}47\%+81{,}68\%)}{3}$$

$$\boldsymbol{CTUP = 82{,}80\%}$$

Del cálculo anterior, la PTAR tiene un valor del indicador ***CTUP de 82,80%.*** *Al ser mayor a 70% y según los rangos establecidos para este indicador, implica que la PTAR se encuentra en una situación de* ***RIESGO*** *de alcanzar su capacidad de tratamiento de diseño ya sea por la capacidad hidráulica, la población servida y/o la carga orgánica, por tanto, la EPSA debe asumir acciones inmediatas para la gestión y sobre todo la ejecución de mejoras y/o ampliaciones necesarias en la infraestructura de la PTAR, a fin de incrementar su capacidad actual de tratamiento antes de que esta sea alcanzada o sobrepasada.*

Si la PTAR tiene un periodo de diseño de 25 años, el valor de 82,80%, implica que ya han transcurrido veintiún (21) años de operación de la planta, por lo cual la PTAR dentro de cuatro (4) años alcanzará su capacidad de diseño, tiempo en el que deberá gestionar, ejecutar y concluir las mejoras y/o ampliaciones necesarias en la planta.

b) Para la EPSA Categoría C:

$$CTUP\ [\%] = \frac{(110{,}65\% + 99{,}94\%)}{2}$$

$$\boldsymbol{CTUP = 105{,}30\%}$$

*Del cálculo anterior, la EPSA tiene un valor del indicador **CTUP de 105,30%**, mayor al 100%, por lo tanto esta fuera de los rangos establecidos para este indicador, lo cual implica una situación donde la PTAR ya sobrepasó su capacidad de tratamiento.*

Realizando un análisis particular, se observa que el índice de capacidad hidráulica es el que sobrepasa el valor de diseño, y el índice de población servida se encuentra cerca de alcanzar el 100%. Por tanto, este resultado significa que cualquier gestión para una mejora o ampliación en la infraestructura que realice la EPSA en torno a la PTAR es extemporánea. En tanto, hasta que cualquier mejora o ampliación se concrete, la planta realizará un tratamiento del agua residual deficiente.

7.2 INDICADOR "B": CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR (CBO)

Este indicador evalúa la infraestructura adicional y servicios; la gestión del personal operativo y la documentación técnica que posee la PTAR para su correcta operación y mantenimiento. Se expresa en porcentaje y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CBO = (IYS * 0{,}3 + GPO * 0{,}5 + DTE * 0{,}2) * 100$$

Donde:

CBO [%]: Condiciones Básicas para la Operación y Mantenimiento de la PTAR.

IYS [%]: Es la infraestructura adicional a las unidades de tratamiento y los servicios que son necesarios para que el personal operativo de la PTAR pueda realizar de manera adecuada sus labores de operación y mantenimiento.
GPO [%]: Es la gestión del personal operativo en la PTAR, considera al personal existente y su capacitación en tareas de operación y mantenimiento.

DTE [%]: Es la documentación técnica específica de la PTAR con que dispone la EPSA, estos documentos establecen criterios, cronogramas y recomendaciones para que el personal operativo de la planta, pueda realizar adecuadas labores de operación y mantenimiento.

0,3; 0,5 y 0,2: Ponderación asignada a cada índice de CBO, según la importancia de cada componente. Se considera al personal operativo como fundamental para desarrollar actividades de operación y mantenimiento en la PTAR.

La **Tabla 4**, establece los rangos para el Indicador CBO por categoría de PTAR, estos se obtienen a partir de datos cualitativos reportados por las EPSA, resultan de la evaluación y ponderación de varios elementos que inciden en las condiciones básicas de operación y mantenimiento de una PTAR, los cuales pueden ser modificados conforme se vayan alcanzando los objetivos de mejora en las

condiciones objeto de evaluación.

Tabla 4. Rangos de CBO por Categoría de PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
CONDICIONES BÁSICAS PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR	< 86%	< 81%	< 61%	< 50%	≥ 86%	≥ 81%	≥ 61%	≥ 50%

Donde:

INADECUADO: Advierte que la PTAR debe mejorar sus condiciones básicas de O&M, ya sea por la infraestructura adicional y servicios; gestión del personal operativo y la documentación técnica existente en la planta, por tanto, se requiere que la EPSA asuma acciones para adecuar y mejorar dichas condiciones.

ADECUADO: Expresa que las condiciones básicas de operación y mantenimiento de una PTAR, resultan ser apropiados para llevar a cabo adecuadas labores de O&M en la planta.

7.2.1 ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS (IYS)

Evalúa la infraestructura adicional a las unidades de tratamiento de la PTAR y los servicios básicos requeridos, que apoyan el desarrollo de las actividades de O&M en la planta. Se obtiene a través de la relación entre el valor ponderado de las condiciones básicas con las que cuenta la PTAR, y las que debería contar mínimamente; como se muestra a continuación:

$$IYS = \frac{Infraestructura\ y\ Servicios\ existentes}{Infraestructura\ y\ Servicios\ requeridos} * 100$$

Donde:

IYS [%]: Índice de Infraestructura Adicional y Servicios.

Infraestructura y Servicios existentes: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de infraestructura adicional y servicios con las que dispone la PTAR.

Infraestructura y Servicios requeridos[17]: Se le asigna un valor igual a **20**, y representa la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a las condiciones de infraestructura adicional y los servicios requeridas en la planta.

A fin de evaluar objetivamente las condiciones de la infraestructura adicional y servicios que dispone la PTAR, en la **Tabla 5** se consideran varios componentes requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma.

[17] Ponderación Total para Infraestructura Adicional y Servicios: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.

Tabla 5. Componentes en Infraestructura adicional y servicios requeridos

No.	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Laboratorio equipado y en funcionamiento	√	√	-	-
2	Caseta u Oficina (en uso) para operador en la PTAR	√	√	√	√
3	Depósito con herramientas e insumos para O&M de la PTAR	√	√	√	-
4	Baños o ambientes para aseo personal	√	√	√	√
5	Servicios de energía eléctrica	√	√	√	√
6	Servicios de agua potable	√	√	√	√
7	Señalización preventiva e informativa	√	√	√	√
8	Accesos y vías internas en la PTAR	√	√	√	√
9	Cerco perimetral	√	√	√	√
10	Áreas verdes y forestación	√	-	-	-

La **Tabla 6,** establece una ponderación ante la existencia, estado y funcionalidad en las que se encuentre la infraestructura o servicio, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

Tabla 6. Ponderación de Datos Cualitativos sobre Infraestructur adicional y servicios

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia de la infraestructura adicional o del servicio
1	INADECUADO	Existencia de la infraestructura adicional y/o servicio, en funcionamiento y/o en mal estado.
2	ADECUADO	Existencia de la infraestructura adicional y servicio, en funcionamiento y en buen estado.

La **Tabla 7**, establece los rangos para el índice IYS para cada categoría de PTAR.

Tabla 7. Rangos de IYS para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS (Rangos mínimos por categoría)	< 90%	< 75%	< 45%	< 40%	≥ 90%	≥ 75%	≥ 45%	≥ 40%

Ejemplo. *Se desea calcular el valor del Índice de Infraestructura Adicional y Servicios (IYS) para una PTAR de categoría C.*

En este caso, se asigna un valor correspondiente a cada una de las condiciones de infraestructura y servicios con las que se dispone en la PTAR. Así, por ejemplo:

No.	INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA	C
			OBSERVACIONES	
1	Laboratorio equipado y en funcionamiento*	0	No tiene	
2	Caseta u Oficina (en uso) para operador en la PTAR	1	Inadecuado: La caseta se encuentra en malas condiciones	
3	Depósito con herramientas e insumos para O&M de la PTAR	1	Inadecuado: Deposito con herramientas en mal estado	
4	Baños o ambientes para aseo personal	1	Inadecuado: Dispositivos sanitarios en mal estado	
5	Servicios de energía eléctrica	2	Adecuado: Disponible las 24 horas	
6	Servicios de agua potable	1	Inadecuado: Dotación en algunas horas	
7	Señalización preventiva e informativa	2	Adecuada: Visible y dispuesta en distintos lugares	
8	Accesos y vías internas en la PTAR	1	Inadecuado: Asentamientos en los accesos.	
9	Cerco perimetral	2	Adecuado: Cerco perimetral en buen estado y en todo el perímetro	
10	Áreas verdes y forestación*	0	No tiene	
	Puntaje=	**11**		

** Al ser una PTAR de categoría C, está infraestructura no se contempla dentro de las exigencias mínimas de Infraestructura adicional y servicios requeridos.*

Cálculo del Índice:

$$IYS = \frac{Infraestructura\ y\ Servicios\ existentes}{Infraestructura\ y\ Servicios\ requeridos} * 100$$

$$IYS = \frac{11}{20^{**}} * 100 \qquad \boldsymbol{IYS = 55\%}$$

***** 20*** *es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas*

El valor de IYS está por encima del límite establecido de 45% (ver Tabla 7), por lo que las condiciones que presenta la PTAR son adecuadas. Realizando mejoras a la infraestructura adicional existente o mejorando los servicios (aquellos que tenga asignado un valor de 1), se favorece a las labores de operación y mantenimiento en la planta.

7.2.2 ÍNDICE DE GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (GPO)

Se refiere a la gestión del personal que dispone la PTAR para realizar trabajos de operación y mantenimiento en la misma. Se obtiene a partir de la relación entre el valor ponderado del personal operativo que existe en la planta, y el valor ponderado de condiciones de personal con las que la PTAR debería cumplir mínimamente; como se muestra la siguiente expresión:

$$GPO = \frac{Personal\ Operativo\ existente}{Personal\ Operativo\ requerido} * 100$$

Donde:

GPO [%]: índice de Gestión de personal operativo.
Personal Operativo existente: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de personal operativo con las que cumple la PTAR.

Personal Operativo requerido[18]: Se le asigna un valor igual a **16**, y representa la sumatoria total de ponderaciones asignadas para las condiciones de gestión de personal operativo en la planta.

A fin de evaluar objetivamente las condiciones de la gestión del personal operativo en la PTAR, en la **Tabla 8**, se consideran varios aspectos requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma,

Tabla 8. Componentes en la Gestión del Personal Operativo

No	CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Jefe o responsable principal de la PTAR	√	√	√	√
2	Jefe o responsable de laboratorio	√	√	-	-
3	Personal técnico calificado	√	√	√	-
4	Personal de apoyo capacitado	√	√	√	√
5	Personal capacitado en tareas de O&M de la PTAR	√	√	√	√
6	Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene	√	√	√	√
7	Personal con Equipo de Protección	√	√	√	√
8	Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)	√	√	√	√

La **Tabla 9,** establece una ponderación ante la existencia, presencia, desempeño y capacitación en las que se encuentre el personal operativo en una PTAR, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

Tabla 9. Ponderación de Datos Cualitativos Sobre Gestión del Personal Operativo

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia del personal
1	INADECUADO	Existencia del personal en incumplimiento de funciones, malas condiciones y/o deficiente organización
2	ADECUADO	Existencia del personal en cumplimiento de funciones, buenas condiciones y con eficiente organización

La **Tabla 10**, establece los rangos para el índice GPO para cada categoría de PTAR.

Tabla 10. Rangos de GPO para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (Rangos mínimos por categoría)	< 88%	< 88%	< 75%	< 56%	≥ 88%	≥ 88%	≥ 75%	≥ 56%

[18] Ponderación Total para la gestión del personal operativo: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.

Ejemplo. *Calcular el valor del Índice de Gestión de Personal Operativo (GPO) para una PTAR de categoría C.*

En este caso, se asigna un valor correspondiente a cada una de las condiciones de gestión de personal con las que cuenta la PTAR. Así por ejemplo:

No	CONDICIONES PARA LA GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA:	C
			OBSERVACIONES	
1	Jefe o responsable principal de la PTAR	2	Adecuado: Técnico presente en la PTAR	
2	Jefe o responsable de laboratorio*	0	No tiene	
3	Personal técnico calificado	2	Adecuado: Personal técnico presente en la PTAR	
4	Personal de apoyo capacitado	2	Adecuado: Personal de apoyo presente en la PTAR	
5	Personal capacitado en tareas de O&M de la PTAR	2	Adecuado: Se realizó una capacitación al personal	
6	Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene	0	No tiene	
7	Personal con Equipo de Protección	1	Inadecuado: EPP en malas condiciones	
8	Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)	1	Inadecuado: Botiquín incompleto	
	Puntaje=	**10**		

** Al ser una PTAR categoria C, este personal no se contempla dentro de las exigencias minimas de personal operativo requerido.*

Cálculo del Índice:

$$GPO = \frac{Personal\ Operativo\ existente}{Personal\ Operativo\ requerido} * 100$$

$$GPO = \frac{10}{16^{**}} * 100 \qquad \boldsymbol{GPO = 63\%}$$

*** **16** es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas*

La PTAR se encuentra por debajo del límite establecido de 75% (ver Tabla 10) por lo que debe mejorar las condiciones de la gestión de personal operativo asignado a la operación y mantenimiento de la planta para alcanzar un valor adecuado. Se recomienda incrementar las capacitaciones y mejorar las condiciones del equipo de seguridad personal y el botiquín de primeros auxilios.

7.2.3 ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE)

Este índice se obtiene a partir de la relación entre el valor asignado a la existencia, disponibilidad y manejo de manuales, esquemas, organigramas y planes de actividades en relación a la operación y mantenimiento de la planta, con el valor asignado a la documentación específica con la que la PTAR debería contar mínimamente para la operación y mantenimiento; como se muestra a continuación:

$$DTE = \frac{Documentación\ Técnica\ existente}{Documentación\ Técnica\ requerida} * 100$$

Donde:

DTE [%]: Índice de Documentación Técnica Específica
Documentación Técnica existente: Es la suma de ponderaciones de las condiciones de

disponibilidad y manejo de documentación técnica con las que cuenta la PTAR.
Documentación Técnica requerida[19]: Se le asigna un valor igual a **4**, que es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a la disponibilidad y manejo de documentación técnica específica.

A fin de evaluar objetivamente la disponibilidad y manejo de documentación técnica específica en la PTAR, en la **Tabla 11**, se consideran varios documentos requeridos en una PTAR (requerimientos mínimos no limitativos) tomando en cuenta la categoría de la misma.

Tabla 11. Componentes sobre Documentación Técnica Especifica

No	DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA	CATEGORIA PTAR			
		A	B	C	D
1	Esquema visible del sistema de tratamiento	√	√	√	√
2	Organigrama consolidado	√	√	√	√
3	Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en la PTAR	√	√	-	-
4	Plan de Actividades de O&M en la PTAR	√	√	√	√

La **Tabla 12,** establece una ponderación ante la existencia del documento técnico específico en la PTAR, las cuales se valoran bajo los siguientes criterios:

Tabla 12. Ponderación de Datos Cualitativos Sobre Documentación Técnica

CONSIDERACIONES DE EVALUACIÓN		
PONDERACIÓN	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
0	NO TIENE	Inexistencia del documento.
1	TIENE	Existencia del documento.

La **Tabla 13**, establece los rangos para el índice DTE para cada categoría de PTAR.

Tabla 13. Rangos de DTE para las PTAR

ÍNDICE	INADECUADO				ADECUADO			
	Categoría PTAR				Categoría PTAR			
	A	B	C	D	A	B	C	D
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECIFICA (Rangos mínimos por categoría)	< 75%	< 75%	< 50%	< 50%	≥ 75%	≥ 75%	≥ 50%	≥ 50%

[19] Ponderación Total para la disponibilidad y manejo de documentación técnica especifica en la PTAR: Es la sumatoria de todas las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas.

Ejemplo. *Calcular el valor de Índice de Documentación Técnica Especifica (DTE) para una EPSA de categoría C, que cuenta con la siguiente documentación técnica:*

No	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	VALOR ASIGNADO	CATEGORÍA: C OBSERVACIONES
1	Esquema visible del sistema de tratamiento	1	Tiene
2	Organigrama consolidado	0	No Tiene
3	Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en PTAR*	0	No Tiene
4	Plan Actividades de O&M en PTAR	0	No Tiene
	Puntaje=	**1**	

** Al ser una PTAR categoria C, este elemento o se contempla dentro de las exigencias minimas de documentacion técnia requerida.*

Cálculo del Índice

$$DTE = \frac{Documentación\ Técnica\ existente}{Documentación\ Técnica\ requerida} * 100$$

$$DTE = \frac{1}{4^{**}} * 100 \qquad \boldsymbol{DTE = 25\%}$$

*** 4 es la sumatoria total de las ponderaciones asignadas a cada uno de sus componentes en condiciones adecuadas*

El valor de DTE está por debajo del límite establecido de 50% (ver Tabla 13) por lo que se debe elaborar la documentación técnica específica (organigrama, Manual de O&M y Plan de actividades de O&M) en la planta para alcanzar un valor adecuado.

Para comprender cómo se obtiene el valor del indicador CBO, con base a los resultados obtenidos en los ejemplos anteriores, a continuación se ilustra la forma de cálculo de CBO:

Ejemplo. *Con base a la información reportada por una PTAR categoria C, se calculan los indices IYS, GPO y DTE, determinar el valor del indicador CBO.*

INDICE	VALOR
IYS	55%
GPO	63%
DTE	25%

Calcular el valor del Indicador CBO y emitir criterios tecnicos al respecto:

$$CBO = (IYS * 0{,}3 + GPO * 0{,}5 + DTE * 0{,}2) * 100$$

Sustituyendo:

$$CBO = (55\% * 0{,}3 + 63\% * 0{,}5 + 25\% * 0{,}2) * 100$$

$$\boldsymbol{CBO = 53\%}$$

El valor del indicador CBO está por debajo del límite establecido que es de 61% (ver Tabla 4). Este valor implica que las condiciones de operación y mantenimiento de la planta son INADECUADAS, por tanto, la EPSA debe implementar mejoras en las condiciones básicas de operación y mantenimiento. El valor del índice DTE refleja una mala gestión de documentación específica relacionada a las tareas de operación y mantenimiento en la PTAR.

En la **Tabla 14** del numeral 8 se describen las principales acciones a desarrollar con relación a los valores obtenidos para cada uno de los índices desarrollados, a fin de mejorar el desempeño de la PTAR.

7.3 INDICADOR "C": GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM)

Este indicador refleja el grado de cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que fueron oportunamente ejecutadas por el personal operativo de la PTAR, las cuales se promedian para tener el valor del indicador de Gestión del Mantenimiento (GEM) de la PTAR expresado en porcentaje.

Para obtener el valor de este indicador, se evalúan los índices de la Eficacia del Mantenimiento Preventivo (EMP) y de la Eficacia del Mantenimiento Correctivo (EMC); como se muestra a continuación en la siguiente expresión:

$$GEM = \frac{(EMP+EMC)}{2}$$

Donde:

GEM [%]: Gestión del mantenimiento de la PTAR
EMP [adimensional]: Eficacia del Mantenimiento Preventivo
EMC [adimensional]: Eficacia del Mantenimiento Correctivo

Los rangos establecidos para el indicador, así como para sus correspondientes índices son:

INADECUADO: < 85%
ADECUADO: **≥** 85%

La EPSA deberá registrar información referida a las actividades de operación y mantenimiento; así como el detalle de las situaciones imprevistas en la PTAR, de acuerdo al formato señalado en la **Planilla V y VI del Apéndice 1** de la presente Guía.

Así también en el **Apéndice 3**, se muestran variables de desempeño relacionadas a la Operación y Mantenimiento de la PTAR, señalándose algunos de los principales parámetros de control que deben ser tomados en cuenta por los operadores durante el proceso de mantenimiento. Esta información ayudará a identificar las principales causas de algunos de los problemas operativos más comunes para poder llevar a cabo las actividades correctivas que sean requeridas con una mayor eficacia, por tanto dicha información podrá ser utilizada para la ejecución de actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

7.3.1 ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP)

La eficacia del mantenimiento preventivo, es el grado de cumplimiento de las tareas o actividades programadas en el periodo de un semestre, las cuales pueden ser previstas a ejecutarse de forma diaria, semanal, mensual y semestralmente. Se obtiene al dividir la cantidad de actividades ejecutadas entre la cantidad de actividades programadas.

$$EMP = \left(\frac{Número\ de\ actividades\ ejecutadas}{Número\ de\ actividades\ programadas}\right) * 100$$

Donde:

EMP [%]: Eficacia del Mantenimiento Preventivo.
Número de Actividades Ejecutadas: Son el total de actividades de mantenimiento preventivo que fueron efectivamente realizadas en la PTAR en base a lo programado.
Número de Actividades Programadas: Son el total de actividades que deben ejecutarse periódicamente (semestralmente) relacionadas al mantenimiento preventivo en función de las características de las unidades de tratamiento de la PTAR. La programación de estas actividades debe realizarse en base a los manuales o planes de O&M particulares de cada PTAR.

En el **Apéndice 1, Planillas V** de la presente guía, se presenta de manera referencial un listado de actividades para el mantenimiento preventivo en la PTAR (mantenimiento diario, semanal, mensual y semestral), que deberán ser planificadas de acuerdo a las condiciones y características de cada planta, mismas que están relacionadas con los requerimientos particulares de sus sistemas de tratamiento, manuales y/o planes de O&M (en caso de que dispongan). De ser necesario, puede incluirse en esta planilla, otras actividades que sean requeridas para el mantenimiento de la planta.

Ejemplo. *Calcular el índice de Eficacia del Mantenimiento Preventivo de una PTAR de categoría D, que presenta su planilla de actividades del primer semestre del 2017, donde el número de actividades programadas suma un total de 326 y con un número de actividades ejecutadas igual a 257 como se muestra a continuación:*

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	TAREAS	PROGRAMADO Y EJECUTADO EN EL MES						TOTAL
			ENE	FEB	MRZ	ABR	MAY	JUN	
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL								
1	Limpieza de rejillas	PROGRAMADO	30	30	30	30	20	20	160
		EJECUTADO	22	28	22	28	20	20	140
	LAGUNA ANAEROBIA								
2	Remoción material flotante	PROGRAMADO	8	8	8	8	5	5	42
		EJECUTADO	5	6	8	4	3	4	30
3	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza de laguna	PROGRAMADO	4	4	4	4	3	3	22
		EJECUTADO	3	3	2	3	2	2	15
4	Remoción de vegetación	PROGRAMADO	4	4	4	4	4	4	24
		EJECUTADO	4	2	3	2	2	2	15
	LAGUNA FACULTATIVA								
5	Remoción de natas y material flotante	PROGRAMADO	7	7	7	7	5	5	38
		EJECUTADO	5	6	4	5	1	1	22
6	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza de laguna	PROGRAMADO	4	4	4	4	3	3	22
		EJECUTADO	4	3	4	3	3	3	20
7	Remoción de vegetación	PROGRAMADO	3	3	3	3	3	3	18
		EJECUTADO	2	3	2	2	3	3	15

TOTAL TAREAS PROGRAMADAS	326
TOTAL TAREAS EJECUTADAS	257

Cálculo del índice:

$$EMP = \left(\frac{Número\ de\ actividades\ ejecutadas}{Número\ de\ actividades\ programadas}\right) * 100$$

$$EMP = \frac{257}{326} * 100: \qquad \boldsymbol{EMP = 78,83\%}$$

El valor de EMP está por debajo del límite establecido de 85%, debe mejorar la eficacia en la ejecución de actividades para lograr un adecuado mantenimiento de la PTAR.

7.3.2 INDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC)

La eficacia del mantenimiento correctivo, es la capacidad de la EPSA para atender y resolver las situaciones imprevistas o problemas que se presentan dentro de las instalaciones de la PTAR. Esta relación, tiene por objetivo evaluar si el total de situaciones imprevistas fueron atendidas o solucionadas.

$$EMC = \left(\frac{Número\ de\ situaciones\ imprevistas\ atendidas\ o\ solucionadas}{Número\ de\ situaciones\ imprevistas\ presentadas}\right) * 100$$

Donde:

EMC [%]: Eficacia del mantenimiento correctivo
Número de situaciones imprevistas Atendidas o Solucionadas: Son el total de problemas presentadas en la PTAR que fueron atendidos o solucionados.
Número de situaciones imprevistas presentadas: Son el total de problemas presentados en la PTAR que debieron ser atendidos o solucionados.

En el **Apéndice 1, Planilla VI** de la presente guía, se presenta un formato de registro de las situaciones imprevistas que pudieran haber ocurrido y aquellas que fueron atendidas o solucionadas.

***Ejemplo**. En el informe semestral de una PTAR de categoría D se reportaron 17 situaciones imprevistas que debieron ser atendidas, de las cuales solo se atendieron 15. Indicando que los dos casos restantes no fueron atendidos por falta de repuestos. Calcular el valor del Índice EMC.*

Cálculo del índice:

$$EMC = \left(\frac{Número\ de\ situaciones\ imprevistas\ Atendidos\ o\ Solucionados}{Número\ de\ situaciones\ imprevistas\ presentados}\right) * 100$$

$$EMC = \frac{15}{17} * 100; \qquad \boldsymbol{EMC = 88,24\%}$$

Esto significa que el personal de la PTAR ha logrado resolver el 88,24% de los problemas que se presentaron, lo cual demuestra una eficacia adecuada en la atención de situaciones imprevistas.

Para comprender cómo se obtiene el valor del indicador GEM, el siguiente ejemplo ilustra su forma de cálculo:

Ejemplo. *En base a los cálculos realizados para determinar cada uno de los índices del indicador CBO para una PTAR categoría D, se tienen los siguiente valores:*

INDICE	VALOR
EMP	78,83%
EMC	88,24%

Calcular el valor del Indicador GEM y emitir criterios tecnicos al respecto:

$$GEM = \frac{(EMP + EMC)}{2}$$

Sustituyendo:

$$GEM = \frac{(78{,}83\% + 88{,}24\%)}{2}$$

$$\boldsymbol{GEM = 83{,}54\%}$$

El valor del indicador GEM está por debajo del límite establecido de 85%, implica que el personal de la PTAR no cumple eficazmente con las actividades programadas de mantenimiento preventivo siendo este, el índice que tiene un valor inferior e incide en el valor del indicador GEM. Ante el escenario o situación en que la PTAR es de reciente construcción y sus elementos no requieran aun de un mantenimiento correctivo, el indicador GEM será directamente el valor de EMP.

7.4 INDICADOR "D": EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EfPTAR).

La eficiencia del tratamiento, es el grado de remoción de la carga contaminante del agua residual que garantice un efluente con parámetros que cumplan los límites permisibles establecidos en la normativa. Para fines de la presente guía se consideran los parámetros de DBO_5, DQO y SST.
Para el cálculo del indicador es conveniente realizar una evaluación individual de cada parámetro para posteriormente comparar la eficiencia de tratamiento actual de la planta con la eficiencia de tratamiento de diseño. En caso de no contar con los datos de eficiencia de diseño, se procederá a verificar el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa ambiental (RMCH).

Para el cálculo de las eficiencias de remoción de SST y reducción de DBO_5 y DQO, se utiliza la siguiente expresión:

$$EfPTARx = \frac{Cx_{Afluente} - Cx_{Efluente}}{Cx_{Afluente}} * 100$$

Donde:

EfPTARx [%]: Eficiencia de remoción o reducción de la carga contaminante en la planta para el parámetro considerado (DBO_5, DQO o SST).

$Cx_{Afluente}\left[\frac{mg}{l}\right]$**:** Concentración media en afluente del parámetro considerado (DBO_5, DQO o SST).
$Cx_{Afluente}\left[\frac{mg}{l}\right]$**:** Concentración media en efluente del parámetro considerado (DBO_5, DQO o SST).
x: Parámetro (DBO_5, DQO o SST) considerado para la evaluación de la eficiencia de tratamiento de la PTAR.

El criterio de evaluación para comprobar si la PTAR tiene una adecuada eficiencia de tratamiento, es comparando el valor de la eficiencia actual de la planta con la eficiencia de tratamiento con la cual esta se ha diseñado, cumpliendo además con los límites permisibles exigidos en el RMCH para la descarga en cuerpos receptores; para ello se tiene la siguiente expresión:

$$EfPTARx \geq EfPTARx\ de\ Diseño$$

Donde:

EfPTARx [%]: Eficiencia actual de remoción o reducción de la carga contaminante en la planta para el parámetro considerado (DBO_5, DQO o SST).
EfPTARx de Diseño [%]: Eficiencia de diseño para remoción o reducción de la carga contaminante considerando el parámetro (DBO_5, DQO o SST)

En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento fuese menor a la eficiencia de diseño, significa que la PTAR no logra remover la cantidad de materia orgánica de manera eficiente en el periodo de análisis, ya sea por problemas de construcción en el sistema, falta de O&M en los componentes de tratamiento, variaciones de carga contaminante u otros.

En este sentido, se deberán buscar soluciones que permitan mejorar la eficiencia de tratamiento de la PTAR, como por ejemplo: mejorar los tiempos de retención hidráulica en sus unidades de tratamiento, incrementar y optimizar las labores de O&M, mejorar y ampliar la infraestructura de la PTAR.

Las concentraciones medias referidas a DBO_5, DQO o SST, serán determinadas a partir del promedio de los valores registrados y obtenidos durante un semestre, en función a la categoría de la PTAR con la frecuencia y tipo de muestreo establecidos en la **Tabla 3**.

Cabe remarcar que se debe tomar la muestra antes del ingreso a las unidades de tratamiento primario y elegir un lugar en el que el agua tenga características homogéneas (se recomienda tomar la muestra después de la reja), además de realizar la toma de muestra a contracorriente.

En cuanto al muestreo del efluente, se recomienda tomar la muestra después del último proceso de tratamiento de la PTAR, antes de la descarga al cuerpo receptor, a contracorriente y elegir un lugar en el que el agua tenga características homogéneas.

***Ejemplo**. El segundo informe semestral gestión 2017 de una EPSA reporta, para su PTAR de categoría A, los valores de concentración en su afluente y efluente; así como la eficiencia de diseño en los siguientes parámetros:*

PARÁMETRO	CONCENTRACIONES		EFICIENCIA DE DISEÑO [%]
	AFLUENTE $\left[\frac{mg}{l}\right]$	EFLUENTE $\left[\frac{mg}{l}\right]$	
DBO_5	429	78	80
DQO	1182	234	75
SST	331	104	70

Evaluar la eficiencia de tratamiento de la PTAR.

a) Comparación respecto a la eficiencia de diseño.

Se obtiene el cálculo de las eficiencias actuales como se muestra a continuación:

$$EfPTARx = \frac{Cx_{Afluente} - Cx_{Efluente}}{Cx_{Afluente}} * 100$$

$$EfDBO_5 = \frac{C_{DBO_5\ Afluente} - C_{DBO_5\ Efluente}}{C_{DBO_5\ Afluente}} * 100 = \frac{429 - 78}{429} * 100 = 81{,}8\%$$

$$EfDQO = \frac{C_{DQO\ Afluente} - C_{DQO\ Efluente}}{C_{DQO\ Afluente}} * 100 = \frac{1182 - 234}{1182} * 100 = 80{,}2\%$$

$$EfSST = \frac{C_{SST\ Afluente} - C_{SST\ Efluente}}{C_{SST\ Afluente}} * 100 = \frac{331 - 104}{331} * 100 = 68{,}6\%$$

El criterio de comparación respecto a la eficiencia de diseño es:

$$EfPTARx \geq EfPTARx\ de\ Diseño$$

N°	PARÁMETRO	Eficiencia Actual %	Eficiencia de Diseño %	CUMPLIMIENTO
1	DBO_5	81,8	80	Cumple
2	DQO	80,2	75	Cumple
3	SST	68,6	70	No Cumple

Según el análisis del parámetro SST, se observa que su eficiencia es inferior a la eficiencia de diseño.

b) Verificación del cumplimiento de los límites permisibles establecidos en el RMCH.

La comparación de los valores del efluente respecto a la normativa es:

N°	PARÁMETRO	$C_{x\ Efluente}\left[\frac{mg}{l}\right]$	$C_{x\ RMCH}\left[\frac{mg}{l}\right]$	CUMPLIMIENTO
1	DBO_5	78	80	Cumple
2	DQO	234	250	Cumple
3	SST	104	60	No Cumple

Como se puede apreciar, el valor del parámetro de SST en el efluente, no cumple con el límite establecido en la normativa vigente.

En conclusión, se tiene problemas en la eficiencia de remoción del parámetro SST, posiblemente debido a la presencia de algas en alguna de sus unidades de tratamiento. Se recomienda realizar adecuadamente las actividades de operación y mantenimiento en las mismas.

7.5 INDICADOR "E": TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG)

Este indicador refleja el nivel de tratamiento y manejo de los lodos generados en la PTAR. Se obtiene como una relación entre el volumen de lodos tratados sobre el volumen total de lodos extraídos o retirados de las distintas unidades de tratamiento. El valor del Indicador de Tratamiento de Lodos Generados (TLG) está expresado en porcentaje y se calcula con la siguiente expresión:

$$TLG = \frac{Volumen\ de\ lodos\ Tratados}{Volumen\ de\ lodos\ Generados} * 100$$

Donde:

TLG [%]: Tratamiento de lodos generados en la PTAR.
Volumen de Lodos Tratados $[m^3]$**:** Es el volumen de lodos procesados mediante un sistema de tratamiento durante un semestre, en función de las características requeridas para su valorización, reutilización o disposición final, de forma que no constituyan un riesgo para el medio ambiente ni para la salud pública.
Volumen de Lodos Generados $[m^3]$ **:** Es el volumen total de lodos que son generados y extraídos en las diferentes unidades de tratamiento en la planta durante un semestre, que no son utilizados para la recirculación del sistema, el mismo está en función al tipo de tecnología implementada en la PTAR.

Los rangos del presente indicador, son:

INADECUADO: <10%
ADECUADO: ≥10%

Para generar información referente a las variables que requiere éste indicador, en el **Apéndice 1 Planilla VIIIa**, se presenta una planilla de registro de volúmenes de lodos, tanto generados y extraídos como tratados.

Para efectos técnicos de la presente Guía, se aclara que un lecho de secado por sí solo, no constituye un sistema de tratamiento de lodos ya que el material aún es retirado con un alto grado de humedad, presencia de patógenos y materia orgánica, entre otros. Un sistema de tratamiento de lodos **solo es considerado como tal cuando el** producto resultante **puede ser dispuesto o aprovechado ecológicamente** cerrando el ciclo de saneamiento.

Por lo tanto el tratamiento de lodos es un proceso sistémico y ordenado cuyo objetivo es reducir el contenido de microorganismos patógenos, eliminar olores y vectores que puedan transmitir enfermedades, reducir su toxicidad y mitigar potenciales daños al ecosistema, tomando como referencia no limitativa las etapas de espesamiento, estabilización, acondicionamiento y deshidratación.

Ejemplo. *Una PTAR categoría D, mediante los procesos de limpieza de lodos del sedimentador primario, genera semestralmente 250 m³, que son dispuestos en sus lechos de secado. Por otro lado, genera 120 m³ de lodos provenientes del reactor RAFA, los cuales son tratados para la elaboración de compost.*

Cálculo del índice:

$$TLG = \frac{Volumen\ de\ \ Lodos\ Tratados}{Volumen\ de\ Lodos\ Generados} * 100$$

$$TLG\ = \frac{120}{250 + 120} * 100; \qquad \boldsymbol{TLG = 32,43\%}$$

Este valor indica que en la PTAR se trata adecuadamente el 32,43% de lodos generados, por lo que su evaluación con respecto al rango establecido se considera ADECUADO. (Los lechos de secado no constituyen por sí solos un tratamiento de lodos por lo que no se incluye en el numerador de la expresión anterior).

8 Lineas de acción para mejorar las condiciones de operación y mantenimiento de una PTAR

Las líneas de acción se conciben como estrategias de orientación y organización de diferentes actividades relacionadas con la gestión de una PTAR. A partir de los resultados obtenidos durante la evaluación de los indicadores de desempeño y el correspondiente análisis de los mismos se podrán definir las líneas de acción a corto, mediano o largo plazo para lograr paulatinamente la mejora de las condiciones de operación y mantenimiento de dicha PTAR.

Cada indicador identifica una problemática diferente pero que de alguna manera incide en la eficiencia de la PTAR. Los rangos de alerta temprana definidos para los indicadores (ACEPTABLE, RIESGO, ADECUADO o INADECUADO), permitirán planificar las acciones que deban realizarse a mediano plazo, o en su defecto mostrarán que se requiera adoptar acciones para evitar que las condiciones de operatividad de la PTAR se vean afectadas por la falta de atención oportuna.

La **Tabla 14**, presenta algunas de las principales acciones que deberán ser realizadas por las EPSA para mejorar sus indicadores y consecuentemente la situación operativa de sus PTAR.

Tabla 14. Principales acciones a implementar para mejorar el desempeño de la PTAR

INDICADOR / ÍNDICE			VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
A	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA DE LA PTAR (CTUP)	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO AL CAUDAL DEL AFLUENTE (CPTAR)	≥ 70%	!	Si el valor de CPTAR es mayor o igual a 70%, significa que la capacidad hidráulica de tratamiento de la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima de diseño, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que el volumen de agua residual que ingresa a la planta ya superó la capacidad hidráulica de diseño y la PTAR requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas para la gestión de mejoras o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad hidráulica actual de la PTAR es suficiente para atender la demanda existente sin comprometer aún su capacidad de diseño; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.
		ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO RESPECTO A LA POBLACIÓN ACTUAL SERVIDA (CTP)	≥ 70%	!	Si el valor de CTP es mayor o igual a 70%, significa que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima de diseño en relación a la población servida, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que la población servida ha superado la población de diseño, por lo que la PTAR requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas de mejora o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad de tratamiento actual de la PTAR es suficiente para atender la demanda actual de la población servida, sin comprometer el funcionamiento de la planta; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.
		ÍNDICE DE CAPACIDAD DE TRATAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LA CARGA ORGÁNICA (CCO)	≥ 70%	!	Si el valor de CCO es mayor o igual a 70%, significa que la PTAR se encuentra próxima a alcanzar su capacidad máxima con relación a la carga orgánica de diseño, por lo que considerando el tiempo que demanda el desarrollo y ejecución de proyectos de mejora o ampliación, se requiere que la EPSA asuma acciones a corto plazo. Si el valor supera el 100% significa que la carga orgánica que ingresa a la PTAR ha superado su capacidad de diseño, por lo que se requiere que la EPSA asuma acciones inmediatas de mejoras o ampliaciones a la planta.
			< 70%	✓	La capacidad de tratamiento de la PTAR es suficiente para atender la demanda actual de tratamiento de carga orgánica, sin comprometer el funcionamiento de la planta; no obstante las actividades de control, operación y mantenimiento no deben ser descuidadas.

INDICADOR / ÍNDICE			VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
B	CONDICIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR (CBO)	ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS (IYS)	A: < 90% B: < 75% C: < 45% D: < 40%	!	Las condiciones de infraestructura adicional y servicios de la PTAR no son las adecuadas para llevar a cabo satisfactoriamente las actividades de operación y mantenimiento en la PTAR. Se recomienda realizar mejoras y/o reemplazar de manera paulatina, parte de la infraestructura adicional y los servicios en el entorno de la PTAR, para así mejorar el valor del índice y en consecuencia el valor del indicador.
			A: ≥ 90% B: ≥ 75% C: ≥ 45% D: ≥ 40%	✓	La infraestructura adicional y servicios disponibles en la PTAR presentan las condiciones apropiadas para llevar a cabo de manera adecuada las actividades de operación y mantenimiento en la planta. Por lo tanto, no se requieren acciones inmediatas aunque las actividades de operación y mantenimiento no deben ser descuidas.
		ÍNDICE DE GESTIÓN DE PERSONAL OPERATIVO (GPO)	A: < 88% B: < 88% C: < 75% D: < 56%	!	La EPSA no cuenta con las condiciones mínimas en términos de gestión de personal para lograr un correcto desempeño de las actividades de operación y mantenimiento en la PTAR, por lo que de manera inmediata debe mejorar las condiciones de trabajo del personal operativo. Las acciones inmediatas a desarrollarse son: - Mejorar la capacidad del personal operativo en el desarrollo de sus funciones en relación a las actividades de operación y mantenimiento. - Mejorar las condiciones de seguridad ocupacional en la PTAR.
			A: ≥ 88% B: ≥ 88% C: ≥ 75% D: ≥ 56%	✓	La PTAR cuenta con personal adecuado en términos cuantitativos y cualitativos y éste tiene las condiciones adecuadas para realizar las actividades de operación y mantenimiento satisfactoriamente, por lo que no se requieren medidas inmediatas. No obstante, la gestión de personal operativo (organización, capacitaciones, seguridad, condiciones) de la PTAR no debe ser descuidada.
		ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA (DTE)	A: < 75% B: < 75% C: < 50% D: < 50%	!	La falta o deficiencia de la documentación técnica específica disponible para realizar las actividades de operación y mantenimiento de la PTAR constituye un problema que afecta el desempeño del personal de la planta, por lo que se debe elaborar y administrar la documentación mínima requerida en relación a la operación y mantenimiento de la planta.
			A: ≥ 75% B: ≥ 75% C: ≥ 50% D: ≥ 50%	✓	La documentación técnica específica está completa y disponible, contribuyendo a un mejor desarrollo de las actividades del personal operativo en relación a la operación y mantenimiento de la PTAR, por lo que no se requieren medidas inmediatas. No obstante, dicha documentación debe ser actualizada y mejorada de forma continua.

INDICADOR / ÍNDICE			VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
C	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR (GEM)	ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EMP)	< 85%	!	La EPSA debe optimizar las actividades de mantenimiento preventivo de la PTAR, ya que de lo contrario, se corre el riesgo de que las distintas unidades de tratamiento no funcionen de forma adecuada; así también, se debe mejorar el control y seguimiento de las mismas.
			≥ 85%	✓	Las actividades de mantenimiento preventivo son llevadas a cabo de manera consecuente y regular, sin embargo se recomienda realizar una evaluación periódica para mantener la eficiencia en el desarrollo de dichas actividades.
		ÍNDICE DE LA EFICACIA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO (EMC)	< 85%	!	La EPSA debe designar mayores recursos para dar solución a los problemas que se presenten de manera inesperada en el entorno de la PTAR y priorizar que se brinde solución a corto plazo, de los casos no atendidos. Se recomienda realizar monitoreos rutinarios para identificar los distintos casos que se presenten en la PTAR
			≥ 85%	✓	Las actividades de mantenimiento correctivo son llevadas a cabo de manera eficaz, sin embargo se recomienda realizar una evaluación periódica para mantener la eficiencia en el desarrollo de dichas actividades.

INDICADOR / ÍNDICE			VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
D	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR (EfPTAR)	ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA DBO5 (EfDBO5)	$EfPTAR_{DBO5} \geq EfPTAR_{DBO5}$ *de diseño*	NO	En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento fuese menor a la eficiencia de diseño, implica que debe realizarse un control de la cantidad de materia contaminante que ingresa a la PTAR ya que no se logra tratar de manera eficiente. Inadecuadas o nulas tareas de operación y mantenimiento tambien pueden afectar la eficiencia de tratamiento.
				SI	El nivel de reducción de la materia orgánica contaminante degradable en la PTAR es adecuado con relación a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado de la planta en términos de operación y mantenimiento y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.
		ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA DQO (EfDQO)	$EfPTAR_{DQO} \geq EfPTAR_{DQO}$ *de diseño*	NO	En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento de la DQO fuese menor a la eficiencia de diseño, debe realizarse un control sobre la carga orgánica contaminante que ingresa a la PTAR para determinar las causas, tomando en cuenta como el principal factor que contribuye a su incremento las descargas de agua residual industrial. Esta situación también puede deberse a que la eficiencia de la planta esté afectada por una mala operación y mantenimiento en la PTAR.
				SI	El grado de remoción de la materia contaminante en la PTAR es adecuado, en función a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado actual de la planta y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.
		ÍNDICE DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LA SST (EfSST)	$EfPTAR_{SST} \geq EfPTAR_{SST}$ *de diseño*	NO	En el caso de que la eficiencia actual de tratamiento de los SST, fuese menor a la eficiencia de diseño ademas de que no se cumplen los límites permisibles establecidos en la normativa, implica que debe realizarse un control a los sólidos en suspensión que ingresan a la PTAR, mejorando el sistema de pre tratamiento y de esa manera evitar comprometer el funcionamiento de las unidades de tratamiento de la planta, lo que afecta la eficiencia del sistema de tratamiento posiblemente por una mala gestión en la operación y mantenimiento.
				SI	El grado de remoción de la materia contaminante en la PTAR es adecuado, en función a la eficiencia de tratamiento de diseño, lo cual implica el buen estado actual de la planta y el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normativa.

INDICADOR / ÍNDICE		VALOR Y GRADO DE ALERTA		LÍNEAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES
E	TRATAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR (TLG)	< 10%	!	La EPSA debe mejorar, ampliar o implementar una línea técnicamente adecuada para el tratamiento, manejo y/o disposición ambiental de lodos. La AAPS deberá en el marco de sus atribuciones y competencias, informar a la autoridad ambiental competente para que se tomen las acciones necesarias para la protección del medio ambiente.
		≥ 10%	✓	La PTAR realiza esfuerzos para el manejo o disposición de los lodos que genera y extrae, no obstante, se debe realizar mejoras, ampliaciones y/o convenios interinstitucionales para que los mismos no constituyan un problema ambiental en coordinación y apoyo de las autoridades ambientales competentes.

Pretratamiento PTAR COSAP (Cotoca)

Sedimentadores Secundarios PTAR EMAPAS (Sacaba)

Lagunas Facultativas PTAR SeLA (Oruro)

Canal del Efluente y Lagunas de Maduración PTAR
COOPAGUAS (Santa Cruz)

9 Apéndices

9.1. APÉNDICE 1: INSTRUMENTOS PARA REPORTE Y REGISTRO DE DATOS

Para llevar a cabo un mejor control y seguimiento de los procesos de operación y mantenimiento de las PTAR a nivel nacional, se desarrollaron planillas de reporte, que deberán ser llenadas y remitidas a la AAPS en sus reportes semestrales con información específica relacionada a las condiciones actuales de operación y mantenimiento de PTAR por parte de los operadores de las EPSA; este mecanismo, permitirá contar con información general sobre el funcionamiento de las mismas, y a través del cual, se llevará a cabo el seguimiento, control y fiscalización de dichas actividades de operación, mantenimiento y gestión de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Institucionalmente, cada EPSA debe contar con un responsable de PTAR, quien será también responsable de la generación y registro de los reportes a través de estos instrumentos.

Como mecanismo de reporte alternativo, la AAPS podrá implementar un conjunto de planillas electrónicas y/o una plataforma virtual, las cuales serán difundidas y puestas en conocimiento de las EPSA para facilitar su labor de reporte de datos e información.

Si las EPSA cuentan con planillas o medios de seguimiento equivalentes a las aquí propuestas, podrán remitirlas en sus formatos particulares, siempre y cuando cuenten con toda la información requerida por la AAPS.

9.1.1 PLANILLAS DE REPORTE DE DATOS

A continuación, se presentan las planillas para reporte de datos:

I. Capacidad de tratamiento utilizada de la PTAR
II. Condiciones de infraestructura adicional y servicios en la PTAR
III. Gestión de personal operativo de la PTAR
IV. Documentación Técnica Especifica de la PTAR
V. Reporte de tareas de mantenimiento preventivo
VI. Reporte de situaciones de mantenimiento correctivo
VII. Reporte de calidad de afluente y efluente de la PTAR
VIII. Reporte de volúmenes de lodos generados y tratados provenientes de la PTAR; Reporte de volúmenes de lodos provenientes de ETRL descargados en la PTAR

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

Condiciones de Base para la O&M en el entorno de la PTAR

Nombre de la EPSA:
Nombre de la PTAR:
Departamento:
Municipio:

Fecha de reporte (DD-*MM-AA*): / /
Nombre y cargo del responsable:

I. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR

Período de diseño o de última ampliación		[años]
Año de operación o ultima ampliación		[años]
Caudal de diseño o ultima ampliación		[m^3/h]
Población de diseño o ultima ampliación		[hab]
Concentración DBO_5 de diseño		[mg/l]
Cuadal medio del afluente de la PTAR		[m^3/h]
Población servida con la PTAR		[hab]
Concentración media DBO_5 del afluente		[mg/l]
Volumen de Lodos de ETRL		[m^3/dia]
Concentración media DBO_5 de lodos de ETRL		[mg/l]

II. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS DE LA PTAR

DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			0: NO TIENE 1: TIENE INADECUADO 2: TIENE ADECUADO
	0	1	2	OBSERVACIONES
Laboratorio equipado y en funcionamiento				
Caseta/Oficina (en uso) para operador en la PTAR				
Depósito con herramientas e insumos para la PTAR				
Baños/ambientes de aseo personal				
Servicios de energía eléctrica				
Servicios de agua potable				
Señalización preventiva e informativa				
Accesos y vías internas en la PTAR				
Cerco perimetral				
Áreas verdes y forestación				

III. GESTION DE PERSONAL OPERATIVO DE LA PTAR

DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			0: NO TIENE 1: TIENE INADECUADO 2: TIENE ADECUADO	DATO INFORMATIVO NUMERO DE FUNCIONARIOS	
	0	1	2	OBSERVACIONES	DISPONIBLE	REQUERIDO
Jefe o responsable principal de la PTAR						
Jefe o responsable de laboratorio						
Personal técnico calificado						
Personal de apoyo capacitado						
Personal capacitado en tareas de OyM de la PTAR						
Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene						
Personal con Equipo de Protección						
Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)						

IV. DOCUMENTACION TECNICA ESPECIFICA DE LA PTAR

DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"		0: NO TIENE 1: TIENE
	0	1	OBSERVACIONES
Esquema visible del sistema de tratamiento			
Organigrama consolidado			
Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en la PTAR			
Plan de Actividades de O&M en la PTAR			

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.a. REPORTE DIARIO DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema, PTAR: _____ Mes: _____ Año: _____

Comunidad, Municipio, Localidad: _____

No.	Descripción de la tarea: Diaria	Día 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	No. Tareas Prog.	No. Tareas Ejecut.
TRATAMIENTO PRELIMINAR																																		
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL																																	
1	Limpieza de rejas																																	
2	Retiro de residuos previamente escurridos																																	
	REJILLAS AUTOMÁTICAS																																	
3	Verificación de carro de deslizamiento																																	
	DESARENADORES																																	
4	Medición del lecho de arena																																	
	CONTROL DE CAUDAL																																	
5	Verificación y control del estado de la unidad																																	
6	Medición y registro del caudal																																	
TRATAMIENTO PRIMARIO																																		
	TANQUE SÉPTICO Y TANQUE IMHOFF																																	
7	Verificación y control del estado de la unidad																																	
	DECANTADORES O SEDIMENTADORES																																	
8	Retiro de natas, espumas y solidos flotantes de malla deflectora																																	
9	Limpieza del canal perimetral																																	
10	Examinación de partes móviles o componentes metálicos																																	
TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO																																		
	FILTRO PERCOLADOR																																	
11	Limpieza de vertederos de distribución																																	
12	Limpieza de la superficie del lecho filtrante																																	
13	Control del nivel de agua sobre la superficie del lecho filtrante																																	
14	Control de las aberturas de los distribuidores																																	
	FILTRO ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)																																	
15	Verificación del medio filtrante																																	
	REACTOR ANAEROBIO DE LODO FLUIDIZADO (RALF)																																	
16	Limpieza de vertederos de distribución																																	
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS																																	
17	Medición de caudales																																	
18	Detecciones sensoriales (olores y colores)																																	
19	Control de niveles de agua																																	
20	Control de temperatura																																	
21	Remoción de natas y sólidos flotantes																																	
22	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza																																	

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.b. REPORTE SEMANAL DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema, PTAR: _____ Semestre: _____ Año: _____

Comunidad, Municipio, Localidad: _____

No.	Descripción de la tarea: Semanal	SEMANAS																								No. Tareas	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Prog.	Ejecut.
TRATAMIENTO PRELIMINAR																											
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL																										
1	Limpieza de rejilla 1er turno																										
2	Limpieza de rejilla 2do turno																										
	REJILLAS AUTOMÁTICAS																										
3	Lubricación de partes móviles																										
	DESARENADORES																										
4	Remoción de la arena																										
5	Estimación de volumen de arena removida																										
6	Lavado de paredes																										
	CONTROL DE CAUDAL																										
7	Limpieza de la unidad																										
TRATAMIENTO PRIMARIO																											
	TANQUE SÉPTICO																										
8	Medición de altura de lodos y natas																										
	TANQUE IMHOFF																										
9	Inspección y control de natas y lodos																										
10	limpieza y retiro de material flotante y exceso de espumas																										
11	Raspaje de muros de la cámara de sedimentación																										
12	Limpieza de canales de ingreso																										
	DECANTADORES O SEDIMENTADORES																										
13	Limpieza de canales con agua a presión																										
14	Descarga de lodos																										
TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO																											
	FILTRO PERCOLADOR																										
15	Retiro de lodo de la tubería de salida																										
16	Limpieza de la superficie del filtro con agua a presión																										
	FILTRO ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)																										
17	Control de colmatación del medio filtrante																										
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS																										
18	Inspección de taludes y membranas																										
	LAGUNAS AIREADAS																										
19	Inspección y limpieza de bordos y accesos																										
	HUMEDALES ARTIFICIALES																										
20	Limpieza de los distribuidores de caudal																										

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.c. REPORTE MENSUAL DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

No.	Descripción de la tarea: Mensual	Sistema, PTAR:						Semestre:			Año:			No. Tareas	
		Comunidad, Municipio, Localidad:													
		Primer Semestre						Segundo Semestre							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prog.	Ejecut.
TRATAMIENTO PRELIMINAR															
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL														
1	Lavado del contenedor de basura														
	BY - PASS														
2	Limpieza de compuertas														
	DESARENADORES														
3	Retiro de la arena a un sitio de disposición														
	ESTACIONES DE BOMBEO														
4	Lubricación y mantenimiento de bombas														
TRATAMIENTO PRIMARIO															
	TANQUE SÉPTICO														
5	Inspección y control de natas y lodos														
	TANQUE IMHOFF														
6	Control de nivel de lodos														
	DECANTADORES O SEDIMENTADORES														
7	Lubricación y reemplazo de partes móviles														
TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO															
	FILTRO PERCOLADOR														
8	Control de ventilacion en el Filtro														
	FILTRO ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)														
9	Revisión de tapas, valvulas y tuberías														
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS														
10	Control de calidad (DBO_5, DQO, pH, Nitrógeno, Fósforo, etc.)														
11	Limpieza de vegetación y malezas														
	LAGUNAS AIREADAS														
12	Revisión y lubricación de equipos mecánicos														
	LECHOS DE SECADO DE LODOS														
13	Remoción de lodos deshidratados														
14	Limpieza de vegetación y malezas														
15	Escarificación de la arena														

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.d. REPORTE SEMESTRAL DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

No.	Descripción de la tarea: Semestral	Sistema, PTAR:						Semestre:			Año:			No. Tareas	
		Comunidad, Municipio, Localidad:													
		Primer Semestre						Segundo Semestre							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prog.	Ejecut.
TRATAMIENTO PRELIMINAR															
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL														
1	Limpieza y pintado de rejas														
	BY-PASS														
2	Repintado y engrase de compuerta y vástago														
	REJILLAS AUTOMÁTICAS														
3	Limpieza y pintado de la unidad														
TRATAMIENTO PRIMARIO															
	TANQUE SÉPTICO														
4	Limpieza general del tanque														
	TANQUE IMHOFF														
5	Extracción de lodos digeridos														
TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO															
	FILTRO PERCOLADOR														
6	Pintado de componentes metálicos														
	FILTRO ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)														
7	Operación de limpieza del filtro														
8	Limpieza de tubería de extracción de lodos														
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS														
9	Medición de la profundidad de lodos														
	LECHOS DE SECADO DE LODOS														
10	Reemplazo de capa de arena														

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.e. REPORTE ANUAL DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

No.	Descripción de la tarea: Anual	Sistema, PTAR:						Semestre:			Año:			No. Tareas	
		Comunidad, Municipio, Localidad:													
		Primer Semestre						Segundo Semestre							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prog.	Ejecut.
TRATAMIENTO PRELIMINAR															
	ESTACIONES DE BOMBEO														
1	Inspección del estado de los equipos														
TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO															
	FILTRO ANAERÓBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)														
2	Remoción del material sólido del fondo														
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS														
3	Retiro de lodos vía húmeda														
4	Retiro de lodos vía seca														
	HUMEDALES ARTIFICIALES														
5	Corte y limpieza de plantas secas														

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

Condiciones de Base para la O&M en el entorno de la PTAR

VI. REPORTE MENSUAL DE SITUACIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Indique las acciones de mantenimiento correctivo que se realizan en la PTAR en el período. Señale también las situaciones a las que no pudo darse respuesta hasta la fecha de reporte.

REPORTE DEL PROBLEMA			DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES CORRECTIVAS			Tiempo de Respuesta	
Fecha	Hora	Descripción de la Situación	Fecha	Hora	Detalle de los trabajos	Días	Horas
		TOTAL DE SITUACIONES IMPREVISTAS PRESENTADAS			TOTAL DE SITUACIONES IMPREVISTAS ATENDIDAS O SOLUCIONADAS		
					TOTAL (DIAS/HORAS)		

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

VII. REPORTE CALIDAD DE AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR

FECHA	VALORES EN EL AFLUENTE								VALORES EN EL EFLUENTE							
	Qmed	Coliformes Termotol.	pH	TEMP.	DBO_5	DQO	SST	Conductividad	Qmed	Coliformes Termotol.	pH	TEMP.	DBO_5	DQO	SST	Conductividad
	l/s	NMP/100 ml		ºC	mg/l	mg/l	mg/l	µS/cm	l/s	NMP/100 ml		ºC	mg/l	mg/l	mg/l	µS/cm
MIN																
MED																
MAX																

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

VIII.a. REPORTE DE VOLÚMENES DE LODOS GENERADOS Y TRATADOS PROVENIENTES DE LA PTAR

Fecha	Procedencia del lodo	MEDICION DE VOLUMENES					Vol. Lodos Tratados	Descripción del proceso de tratamiento del lodo
		Vol Residuos Sólidos y Natas [L]	Área [m^2]	Altura de Lodo [cm]	Vol. Lodos [m^3]	Vol. Lodos Total [m^3]		
		a	b	c	d = b*c /100	e = a/1000 + d	[m^3]	
	TOTALES:							

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR				
VIII.b. REPORTE DE VOLÚMENES DE LODOS PROVENIENTES DE ETRL DESCARGADOS EN LA PTAR				
Fecha	Empresa - ETRL	SITIO DE DESCARGA	Volumen	DBO_5
			[m^3]	[mg/l]
		TOTAL / PROMEDIO:		

9.2. APÉNDICE 2: INSTRUCCIONES DE LLENADO DE LAS PLANILLAS

Para facilitar el proceso de llenado de las planillas y reportes que serán presentados por los operadores de una PTAR, a continuación, se realiza una descripción detallada sobre el proceso de llenado de los mismos.

Nombre de la EPSA:	**COSEPW**
Nombre de la PTAR:	**COSEPW**
Departamento:	**SANTA CRUZ**
Municipio:	**WARNES**

Se debe colocar los nombres respectivos de la EPSA, PTAR, Departamento y Municipio.

Si la PTAR no cuenta con un nombre, se debe asignar el mismo nombre de la EPSA.

Fecha de reporte (*XX-XX-XX*):	2	7	/	0	7	/	1	5	
Nombre y cargo del responsable:	**Ramiro Diaz Daza - Supervisor Técnico**								

Se debe indicar la fecha en la que se realiza y envía el reporte.

También se debe especificar el nombre de la persona responsable del llenado de los datos y su cargo en la EPSA.

I. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR		
Período de diseño o de última ampliación	20	[años]
Año de operación o ultima ampliación	2009	[años]
Caudal de diseño o ultima ampliación	378	[m^3/h]
Población de diseño o ultima ampliación	43000	[hab]

Año de operación o última ampliación: se refiere a cuando fue puesta en marcha la PTAR, en caso de que se haya realizado una ampliación o mejoramiento que incremente el tiempo de vida útil de la Planta, se debe introducir el año en el que se inició la operación de la misma una vez terminado el proyecto o su mejoramiento.

El **Periodo de diseño o de última ampliación:** se refiere al tiempo para el cual se ha proyectado el funcionamiento de la PTAR.

I. CAPACIDAD DE TRATAMIENTO UTILIZADA EN LA PTAR		
Período de diseño o de última ampliación	20	[años]
Año de operación o ultima ampliación	2009	[años]
Caudal de diseño o ultima ampliación	378	[m^3/h]
Población de diseño o ultima ampliación	43000	[hab]
Concentración DBO_5 de diseño	420	[mg/l]
Cuadal medio del afluente de la PTAR	90	[m^3/h]
Población servida con la PTAR	10328	[hab]
Concentración media DBO_5 del afluente	279	[mg/l]
Volumen de Lodos de ETRL	0	[m^3/día]
Concentración media DBO_5 de lodos de ETRL	0	[mg/l]

Caudal de diseño o última ampliación: se refiere al Caudal para el cual se diseñó la PTAR (generalmente este dato se encuentra disponible en el proyecto o informe de la empresa consultora y/o constructora de la PTAR).
Para convertir las unidades de (l/s) a (m^3/h), el caudal debe ser multiplicado por el factor de conversión 3,6.

Población de diseño o última ampliación: se refiere a la población para la cual fue diseñada la PTAR. Generalmente es una población proyectada hasta el año horizonte de vida útil de la planta.

La **Concentración DBO_5 de diseño:** se refiere a la concentración expresada en DBO_5, para la cual se ha proyectado el funcionamiento de la PTAR, para que el efluente cumpla con los límites permisibles establecidos en el RMCH.

Población servida con la PTAR: Es el número de habitantes que aportan al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y descarga hacia la PTAR.

Concentración media DBO_5 de lodos de ETRL: se refiere al valor medio de concentración de DBO_5 de lodos provenientes de las ETRL y descargados en la PTAR, evaluados en un semestre.

Concentración DBO_5 media del afluente: es el valor medio de la concentración de DBO_5 del afluente de la PTAR, obtenido mediante análisis de laboratorio durante el semestre. Considerado la frecuencia mínima de muestreo y análisis de agua residual planteado en la Tabla 3 de la Guía.

Caudal medio del Afluente de la PTAR: es el caudal de ingreso a la PTAR, que resulta de una media de las mediciones de caudales que se realice en el afluente de la misma.

Volumen de Lodos de ETRL: es el volumen de lodos provenientes de las ETRL y descargados en la PTAR. Se obtiene a partir del monitoreo de la EPSA durante un semestre, obteniendo un valor medio diario.

No.	II. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS DE LA PTAR				
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			INSTRUCCIONES DE LLENADO
		0	1	2	
1	Laboratorio equipado y en funcionamiento				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga un laboratorio. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga con un laboratorio pero no se encuentre en condiciones adecuadas de funcionamiento, su infraestructura se encuentre en mal estado, no tenga con el material requerido, insumos y/o tenga equipos dañados. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga con un laboratorio en condiciones adecuadas de funcionamiento, infraestructura, materiales, insumos y equipos; o si la PTAR no tenga un laboratorio, pero realiza los análisis respectivos en un laboratorio externo, describir esta situación en comentarios.
2	Caseta/Oficina (en uso) para operador en la PTAR				0: Elegir esta opción en caso de no tenga una caseta/oficina para el operador en la PTAR. 1: Elegir esta opción cuando la PTAR tenga esta infraestructura (Caseta/oficina) pero no se encuentre en condiciones adecuadas, no tenga con el material requerido y/o el mobiliario se encuentre en mal estado. 2: Elegir esta opción cuando la PTAR tenag esta infraestructura (Caseta/oficina) en buen estado y sea utilizada por el personal operativo de la planta.
3	Depósito con herramientas e insumos para la PTAR				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga un depósito con herramientas e insumos. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga con depósito con herramientas e insumos pero no se encuentre en condiciones adecuadas de infraestructura, no tenga materiales y/o las herramientas esten en mal estado. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenag un depósito con herramientas e insumos en condiciones adecuadas de infraestructura, materiales y herramientas.
4	Baños/ambientes de aseo personal				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga baños/ambientes de aseo en la PTAR. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga baños/ambientes de aseo en la PTAR pero no se encuentre en condiciones adecuadas de infraestructura, tenga instalaciones sanitarias defectuosas, no tenga utensilios de aseo y/o mobiliario de baño se encuenter en mal estado. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga baños/ambientes de aseo en condiciones adecuadas de infraestructura, instalaciones sanitarias, utensilios de aseo y/o mobiliario de baño.

No.	III. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS DE LA PTAR				
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			MARCAR CON UNA "X"
		0	1	2	
5	Servicios de energía eléctrica				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga servicios de energía eléctrica. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga servicios de energía eléctrica de forma discontinua y/o el funcionamiento de sus instalaciones internas no es óptimo 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga servicios de energía eléctrica de forma continua y el funcionamiento de sus instalaciones internas es óptimo.
6	Servicios de agua potable				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga con servicios de agua potable. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga con servicios de agua potable en condiciones de calidad y continuidad. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga servicios de agua potable en condiciones de calidad y continuidad.
7	Señalización preventiva e informativa				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga señalización preventiva e informativa. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga señalización preventiva e informativa, pero esta no sea visible, legible y/o esté mal ubicada. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga señalización preventiva e informativa y sea visible, legible y esté correctamente ubicada.
8	Accesos y vías internas en la PTAR				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga accesos y vías internas. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga accesos y vías internas, pero no se encuentren en buenas condiciones de transitabilidad para el flujo de personal, vehículos y/o maquinarias. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga accesos y vías internas en buenas condiciones de transitabilidad para el flujo de personal, vehículos y/o maquinarias.

No.	IV. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS DE LA PTAR				
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			MARCAR CON UNA "X"
		0	1	2	
9	Cerco perimetral				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga cerco perimetral. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga cerco perimetral pero este no restrinja el ingreso de personal no autorizado y/o animales a la PTAR o este en malas condiciones. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga cerco perimetral tal que restrinja el ingreso de personal no autorizado y/o animales a la PTAR además que este en buenas condiciones.
10	Áreas verdes y forestación				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga áreas verdes o forestación. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga vegetación o forestación, sin embargo no contribuye a disminuir la propagación de olores, visibilidad de los procesos de tratamiento de la PTAR y no coadyuva a mejorar la estética de los alrededores. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga vegetación o forestación que contribuya a disminuir la propagación de olores, visibilidad de los procesos de tratamiento de la PTAR y coadyuven a mejorar la estética de los alrededores.

II. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL Y SERVICIOS DE LA PTAR				
DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			0: NO TIENE 1: TIENE INADECUADO 2: TIENE ADECUADO
	0	1	2	OBSERVACIONES
Laboratorio equipado y en funcionamiento	X			No tiene
Caseta/Oficina (en uso) para operador en la PTAR		X		Inadecuado: La caseta se encuentra en malas condiciones
Depósito con herramientas e insumos para la PTAR		X		Inadecuado: Deposito con herramientas en mal estado
Baños/ambientes de aseo personal		X		Inadecuado: Dispositivos sanitarios en mal estado
Servicios de energía eléctrica			X	Adecuado: Disponible las 24 horas
Servicios de agua potable		X		Inadecuado: Dotación en algunas horas
Señalización preventiva e informativa			X	Adecuada: Visible y dispuesta en distintos lugares
Accesos y vías internas en la PTAR		X		Inadecuado: Asentamientos en los accesos
Cerco perimetral			X	Adecuado: Cerco perimetral en buen estado y en todo el perímetro
Áreas verdes y forestación	X			No tiene

Se debe llenar una descripción breve o justificación de porque no se tiene las condiciones de infraestructura adicional y servicios.

Marcar con una "X", en la casilla que corresponda, de acuerdo a que si la PTAR tiene o no tiene las condiciones de infraestructura adicional y servicios. Si existe, se pondera si es adecuado o inadecuado.

No.	II. GESTION DE PERSONAL OPERTIVO DE LA PTAR				
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			INSTRUCCIONES DE LLENADO
		0	1	2	
1	Jefe o responsable de la PTAR				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga un Jefe o responsable designado que esté presente en la planta. 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga un Jefe o responsable pero no cumpla sus funciones asignadas en la planta. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR se tenga un Jefe o responsable designado y cumpla con las funciones asignadas en la planta.
2	Jefe o responsable de laboratorio				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga un Jefe o responsable de laboratorio 1: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga un Jefe o responsable pero no cumpla con sus funciones asignadas en el laboratorio de la planta. 2: Elegir esta opción en caso de que la PTAR tenga un Jefe o responsable designado y éste cumpla con sus funciones asignadas en el laboratorio de la planta.
3	Personal técnico calificado				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga personal técnico calificado. 1: Elegir esta opción en caso de que el personal técnico de la PTAR no tenga estudios técnicos específicos. 2: Elegir esta opción en caso de que el personal técnico de la PTAR tenga estudios técnicos específicos.
4	Personal de apoyo capacitado				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga personal de apoyo capacitado. 1: Elegir esta opción en caso de que el personal de apoyo de la PTAR no tenga conocimiento o no haya sido capacitado en las labores específicas a desarrollar dentro de la planta. 2: Elegir esta opción en caso de que el personal de apoyo de la PTAR tenga conocimiento y haya sido capacitado en las labores específicas a desarrollar dentro de la planta.

No.	III. GESTION DE PERSONAL OPERTIVO DE LA PTAR				
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			INSTRUCCIONES DE LLENADO
		0	1	2	
5	Personal capacitado en tareas de OyM de la PTAR				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga el personal capacitado en tareas de O&M de la planta. 1: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR no haya sido capacitado en tareas de O&M a desarrollar dentro de la planta. 2: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR haya sido capacitado en tareas de O&M a desarrollar dentro de la planta.
6	Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene. 1: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR no haya sido capacitado, no cuente con conocimientos en temas de Seguridad Industrial e Higiene y/o no aplique las medidas impartidas durante las capacitaciones. 2: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR haya sido capacitado y cuente con conocimientos en temas de Seguridad Industrial e Higiene.
7	Personal con Equipo de Protección				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga el personal con equipo de protección personal. 1: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR tenga el equipo de protección personal pero estos no son los requeridos para las actividades a desarrollar o no se encuentren en buenas condiciones de uso. 2: Elegir esta opción en caso de que el personal de la PTAR tenga el equipo de protección personal correspondiente en buenas condiciones de uso para realizar sus funciones.
8	Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)				0: Elegir esta opción en caso de que la PTAR no tenga un equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado). 1: Elegir esta opción en caso de que el botiquín no se encuentre en los predios de la PTAR con los insumos minimos necesarios y vigentes. 2: Elegir esta opción en caso de que el botiquín se encuentre en los predios de la PTAR con los insumos necesarios y vigentes.

III. GESTION DE PERSONAL OPERATIVO DE LA PTAR						
DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"			0: NO TIENE 1: TIENE INADECUADO 2: TIENE ADECUADO	DATO INFORMATIVO	
					NUMERO DE FUNCIONARIOS	
	0	1	2	OBSERVACIONES	DISPONIBLE	REQUERIDO
Jefe o responsable principal de la PTAR			X	Adecuado: Técnico presente en la PTAR	1	1
Jefe o responsable de laboratorio	X			No tiene	0	1
Personal técnico calificado			X	Adecuado: Personal técnico presente en la PTAR	1	2
Personal de apoyo capacitado			X	Adecuado: Personal de apoyo presente en la PTAR	1	1
Personal capacitado en tareas de OyM de la PTAR			X	Adecuado: Se realizó una capacitación al personal	1	1
Personal capacitado en Seguridad Industrial e Higiene	X			No tiene	0	1
Personal con Equipo de Protección		X		Inadecuado: EPP en malas condiciones	2	3
Equipo de primeros auxilios (Botiquín equipado)		X		Inadecuado: Botiquín incompleto		

Marcar con una "X", en la casilla que corresponda, de acuerdo a que si la PTAR tiene o no, con las condiciones de personal operativo requeridas señaladas.

Se debe llenar una descripción breve o justificación de las condiciones del personal y su capacitación.

No.	IV. DOCUMENTACIÓN TÈCNICA ESPECÍFICA			
	DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X"		INSTRUCCIONES DE LLENADO
		0	1	
1	Esquema visible del sistema de tratamiento			0: Se considera inadecuado si la PTAR no tiene un banner o cartel que muestre un esquema del tren de tratamiento y la ubicación de las unidades de tratamiento de la PTAR ademas que debe estar colocado en un lugar visible.
				1: Se considera adecuado si la PTAR tiene un banner o cartel colocado en un lugar visible, que indique en un esquema del tren de tratamiento y la ubicación de las unidades de tratamiento de la PTAR.
2	Organigrama consolidado			0: Se considera inadecuado si la PTAR no tiene un Organigrama del personal destinado a la PTAR.
				1: Se considera adecuado si la PTAR tiene un Organigrama del personal destinado a la PTAR.
3	Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en PTAR			0: Se considera inadecuado si en oficinas de la PTAR no se dispone y no se utiliza el manual de Operación y Mantenimiento de la planta.
				1: Se considera adecuado si en oficinas de la PTAR se dispone y utiliza el manual de Operación y Mantenimiento de la planta.
4	Plan Actividades de O&M en PTAR			0: Se considera inadecuado si no se tiene una planificación de las labores de operación y mantenimiento a realizar en la PTAR con la respectiva asignación de personal.
				1: Se considera adecuado si se tiene una planificación de las labores de operación y mantenimiento a realizar en la PTAR con la respectiva asignación de personal operativo.

IV. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA DE LA PTAR

DESCRIPCIÓN	MARCAR CON UNA "X" 0	MARCAR CON UNA "X" 1	0: NO TIENE 1: TIENE OBSERVACIONES
Esquema visible del sistema de tratamiento		X	*Cuenta con esquema*
Organigrama consolidado	X		*Solo se cuenta con organigrama de la EPSA y no así de la PTAR*
Disponibilidad y utilización de manuales de O&M en la PTAR	X		*No cuentan con manuales*
Plan de Actividades de O&M en la PTAR	X		*No aplican planes*

Marcar con una "X" la casilla que corresponda, si la PTAR tiene o no con la documentación señalada.

Se debe llenar una descripción breve o justificación del por qué no se tiene el documento.

PROGRAMACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La programación de las tareas de mantenimiento, estará en función a las características de cada PTAR y a la cantidad de personal disponible; se debe seleccionar la periodicidad de las tareas de mantenimiento y se sombrean las casillas correspondientes al día de programación, esto determina la cantidad de tareas programadas.

Las tareas programadas, son las casillas sombreadas.

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.a. REPORTE DIARIO DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema, PTAR: CENTRAL | Mes: SEPTIEMBRE | Año: 2018

Comunidad, Municipio, Localidad: VILLAZON

No.	Descripción de la tarea: Diaria	Día 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	No. Tareas Prog.	Ejecut.
	TRATAMIENTO PRELIMINAR																																	
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL																																	
1	Limpieza de rejas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
2	Retiro de residuos previamente escurridos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
	DESARENADORES																																	
3	Medición del lecho de arena	■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			■	11	
	CONTROL DE CAUDAL																																	
4	Verificación y control del estado de la unidad	■				■				■				■				■				■				■				■			8	
5	Medición y registro del caudal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
	TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO																																	
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS																																	
6	Medición de caudales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
7	Detecciones sensoriales (olores y colores)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
8	Control de niveles de agua	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	31	
9	Control de temperatura		■			■			■			■			■			■			■			■			■			■			10	
10	Remoción de natas y sólidos flotantes		■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■	16	
11	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza			■				■				■			■	■				■				■				■				■	8	

Las tareas son programadas en función a las diferentes unidades de tratamiento, y al plan de O&M de la PTAR.

El total de tareas programadas, es igual al número de casillas sombreadas.

Una vez que la tarea ha sido realizada, se debe llenar la casilla correspondiente con las iniciales del operador o alguna marca que señale y distinga que la tarea se ejecutó efectivamente, de esta manera, el supervisor o jefe de la PTAR, podrá realizar el control correspondiente.

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

V.a. REPORTE DIARIO DE TAREAS SUGERIDAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema, PTAR: CENTRAL — Mes: SEPTIEMBRE — Año: 2018

Comunidad, Municipio, Localidad: VILLAZON

No.	Descripción de la tarea: Diaria	Día 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	No. Tareas Prog.	Ejecut.
	TRATAMIENTO PRELIMINAR																																	
	REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL																																	
1	Limpieza de rejas	JLL	JLL	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF		CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	JLL	JLL	JLL		DF	DF			31	27
2	Retiro de residuos previamente escurridos			CN	CN	CN			CN	CN	CN			DF	JLL	DF			JLL	JLL	JLL			DF	DF			JLL	JLL		JLL		31	17
	DESARENADORES																																	
3	Medición del lecho de arena	JLL						JLL			JLL						CN			CN			CN			CN			DF				11	8
	CONTROL DE CAUDAL																																	
4	Verificación y control del estado de la unidad	JLL								JLL								CN								CN							8	4
5	Medición y registro del caudal	JLL	JLL	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF		CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	JLL	JLL	JLL		DF	DF			31	27
	TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO																																	
	LAGUNAS ANAERÓBIAS Y/O FACULTATIVAS																																	
6	Medición de caudales	JLL		DF		DF		DF	DF		DF	DF	DF		CN	CN		CN	CN		CN	CN		CN	JLL		JLL		DF	DF			31	19
7	Detecciones sensoriales (olores y colores)	JLL		DF		DF		DF	DF		DF	DF	DF		CN	CN		CN	CN		CN	CN		CN	JLL		JLL		DF	DF			31	19
8	Control de niveles de agua	JLL						JLL			JLL						CN			CN			CN			DF			DF				31	8
9	Control de temperatura		JLL			CN			CN																		CN			CN			10	5
10	Remoción de natas y sólidos flotantes		JLL	JLL			CN	CN											JLL	JLL			CN	CN									16	8
11	Disposición de desechos sólidos procedentes de la limpieza			JLL				CN												JLL				CN									8	4

*JLL, DF y CIJ corresponde a las iniciales de los operadores que realizaron la tarea respectiva

Las tareas ejecutadas, son las casillas marcadas con las iniciales de los operadores.

La total de tareas ejecutadas, es igual a la sumatoria de casillas marcadas con las iniciales de los operadores.

De igual manera deben llenarse las planillas de tareas semanales, mensuales, semestrales y anuales (V. Reporte de tareas de mantenimiento preventivo).

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

Condiciones de Base para la O&M en el entorno de la PTAR

VI. REPORTE MENSUAL DE SITUACIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Indique las acciones de mantenimiento correctivo que se realizan en la PTAR en el periodo. Señale también las situaciones a las que no pudo darse respuesta hasta la fecha de reporte.

REPORTE DEL PROBLEMA			DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES CORRECTIVAS			Tiempo de Respuesta	
Fecha	Hora	Descripción de la Situación	Fecha	Hora	Detalle de los trabajos	Días	Horas
12-ene.	15:30	Desprendimiento de las barras de la rejilla de desbaste.	14-ene.	16:00	Las barras de la rejilla de desbaste fueron soldadas y pintadas.	2	0,50
2-mar.	08:00	Debido a la intensa lluvia de noche anterior, el desarenador presenta colmatación de arena.	3-mar.	10:00	El desarenador fue limpiado.	1	2,00
15-abr.	10:00	La compuerta del canal de by-pass, presenta severa corrosión.	17-abr.	12:00	La compuerta fue retirada, limpiada y recubierta con pintura anticorrosiva.	2	2,00

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

VII. REPORTE CALIDAD DE AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR

FECHA	VALORES EN EL AFLUENTE								VALORES EN EL EFLUENTE							
	Qmed	Coliformes Termotol.	pH	TEMP.	DBO_5	DQO	SST	Conductividad	Qmed	Coliformes Termotol.	pH	TEMP.	DBO_5	DQO	SST	Conductividad
	l/s	NMP/100 ml		ºC	mg/l	mg/l	mg/l	µS/cm	l/s	NMP/100 ml		ºC	mg/l	mg/l	mg/l	µS/cm
02-01-18	300,0	2,9E+07	6,93	19,0	440,0	652,0	288,0		285,0	2,4E+06	8,05	19,0	32,0	92,0	65,0	
20-01-18	325,0	7,5E+06	8,09	18,7	720,0	1040,0	410,0		299,0	2,1E+05	8,38	18,2	33,0	91,0	103,0	
09-02-18	285,0	5,7E+06	7,36	17,1	360,0	998,0	543,0		256,5	7,5E+05	7,99	16,9	14,0	70,0	261,0	
03-03-18	305,0	4,6E+08	8,32	16,7	440,0	799,0	315,0		289,8	9,1E+05	8,07	16,0	40,0	121,0	23,0	
12-03-18	318,0	1,1E+09	7,91	16,1	600,0	1080,0	552,0		286,2	4,6E+07	7,99	16,5	48,0	173,0	61,0	
22-03-18	332,0	1,5E+07	7,36	16,2	643,0	1043,0	322,0		305,4	2,0E+06	7,56	16,9	46,0	145,0	56,0	
02-04-18	302,0	4,6E+08	7,84	16,4	386,0	537,0	373,0		286,9	2,1E+06	8,63	17,9	28,0	111,0	127,0	
20-04-18	325,0	7,5E+07	7,44	18,0	540,0	945,0	469,0		308,8	3,9E+06	7,68	18,2	36,0	210,0	94,0	
MIN	285,0	5,7E+06	6,9	16,1	360,0	537,0	288,0		256,5	2,1E+05	7,6	16,0	14,0	70,0	23,0	
MED	311,5	2,7E+08	7,7	17,3	516,1	886,8	409,0		289,7	7,3E+06	8,0	17,5	34,6	126,6	98,8	
MAX	332,0	1,1E+09	8,3	19,0	720,0	1080,0	552,0		308,8	4,6E+07	8,6	19,0	48,0	210,0	261,0	

Se debe registrar los valores obtenidos de caudal y los siguientes parámetros: Coliformes termotolerantes (fecales), pH, temperatura, DBO_5, DQO, Sólidos suspendidos totales (SST), conductividad y oxígeno disuelto, medidos en el ingreso de la PTAR.

Se debe registrar los valores de caudales y parámetros ya mencionados, medidos en la salida de la PTAR.

Con los datos registrados, determinar los valores promedio para un semestre para los caudales y parámetros ya mencionados, medidos en la entrada y salida de la PTAR.

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

VIII.a. REPORTE DE VOLÚMENES DE LODOS GENERADOS Y TRATADOS PROVENIENTES DE LA PTAR

Fecha	Procedencia del lodo	MEDICION DE VOLUMENES					Vol. Lodos Tratados	Descripción del proceso de tratamiento del lodo
		Vol Residuos Sólidos y Natas [L]	Área [m^2]	Altura de Lodo [cm]	Vol. Lodos [m^3]	Vol. Lodos Total [m^3]		
		a	b	c	d = b*c/100	e = a/1000 + d	[m^3]	
30-ago.	Purga de lodos del Tanque sedimentador No 1	22,0	40,0	16,0	6,40	6,42	14,2	Compostaje mediante pilas aireadas
14-nov.	Purga de lodos del Tanque sedimentador No 2	8,0	40,0	20,0	8,00	8,01	26,0	Compostaje mediante pilas aireadas
21-dic.	Purga de lodos del Tanque Imhoff	250,0	40,0	18,0	7,20	7,45	0,0	
	TOTALES:	280,0			21,6	21,9	40,2	

Se debe describir brevemente la procedencia de los lodos generados y extraídos.

Se debe realizar estimaciones teóricas o mediciones del volumen de lodos generados y extraídos, natas y solidos; en función al tipo de tecnología instalada en la PTAR y registrarlos en las columnas correspondientes.

Se debe colocar el valor estimado del volumen de lodos que es tratado, además se debe especificar el proceso empleado.

Cada fila debe ser llenada de acuerdo a la fecha de limpieza y/o derivación de lodo generado para su tratamiento.

De acuerdo a los volumenes de lodos generados y que recibieron algun tipo de tratamiento, debe contabilizarce el total por cada semestre.

Variables de Desempeño y Parámetros de Control de O&M en PTAR

VIII.b. REPORTE DE VOLÚMENES DE LODOS PROVENIENTES DE ETRL DESCARGADOS EN LA PTAR

Fecha	Empresa - ETRL	SITIO DE DESCARGA	Volumen [m^3]	DBO_5 [mg/l]
5-ene.	ETRL No 1	Cámara de ingreso en la PTAR	4,8	610,0
15-ene.	ETRL No 2	Cámara de ingreso en la PTAR	6,0	485,0
2-feb.	ETRL No 3	Laguna Anaeróbica	3,5	302,0
10-mar.	ETRL No 1	Cámara de ingreso en la PTAR	4,8	523,0
25-abr.	ETRL No 2	Cámara de ingreso en la PTAR	6,0	477,0
5-jun.	ETRL No 3	Laguna Anaeróbica	3,5	367,0
		TOTAL / PROMEDIO:	**28,6**	**460,7**

Registrar la fecha.

Registrar nombre de la Empresa recolectora de lodos fecales (ETRL).

Especificar el sitio de descarga de los lodos fecales.

Estimar el volumen descargado a partir del volumen de la cisterna del vehículo de transporte de los lodos, conociendo además el porcentaje de llenado del mismo.

El valor de concentración de DBO_5, deberá ser colocado sólo aquellos días en los que se realiza el monitoreo respectivo, lo cual deberá ser lo más representativo posible pero en función a las capacidades técnicas de la EPSA.

9.3. APÉNDICE 3: PRINCIPALES VARIABLES DE DESEMPEÑO Y PARÁMETROS DE CONTROL [1]

Parámetros de control de calidad en el agua	Principales variables a ser registradas	Principales parámetros de Control	Principales Problemas Operacionales y sus Posibles soluciones
AGUA RESIDUAL CRUDA			
1. Caracterización y muestreo de agua residual (en AFLUENTE y EFLUENTE)			
• Dependiendo del proceso: Caudal • T(°C) • pH • SST • DBO_5 • DQO • Turbidez • coliformes u otros indicadores microbianos • Formas de N y P.	**Representatividad de muestras:** Disponibilidad de equipo adecuado y buena preservación de muestras. **Monitoreo de cantidad y calidad.**	**Muestras Compuestas Proporcionales al Caudal:** Las más representativas y requeridas por las regulaciones. **Muestras individuales:** Muestras discretas para parámetros inestables (T, pH, bacterias)	Elección inadecuada de puntos de muestreo (mal mezclado, presencia de sedimentos).
TRATAMIENTO PRELIMINAR			
2. Desbaste o cribado (en pozo, reja gruesa y/o reja fina)			
• Agua libre de sólidos gruesos (bolsas plásticas, palos, botellas PET, pañales, trapos, etc.)	**Situaciones de obstrucción:** en tuberías y/o ductos. **Daño de equipos eléctricos:** bombas **Manejo de residuos:** Facilidades de retiro, transporte y disposición de los sólidos retenidos.	Se debe controlar velocidades de aproximación (mantener entre 0.50 - 0.60 m/s). **Limpieza diaria de rejas:** (para rejas mecánicas el limpiado es automático) Se debe evacuar los sólidos acumulados también de forma diaria. **Conteo de obstrucciones** en PTAR y daños a succionadores de bombas impulsoras. **Evaluación visual de los alrededores de las rejas:** erosión, difícil limpieza o retiro de sólidos. **Mantenimiento de rejas mecánicas:** Tienen partes móviles que deben lubricarse periódicamente para	La pérdida de carga no debería sobrepasar los 0.15 m. para evitar sedimentación o arrastre de materia. Insuficiente desbaste mantiene sólidos en unidades subsecuentes. Falta de limpieza en rejas obstruye los ductos y daña los equipos, permite la descomposición de sólidos retenidos y genera olores. Las actividades de limpieza causan erosión alrededor de las rejas si no existe un área destinada al retiro y transporte de sólidos. Deben existir medios para transporte y disposición

[1] Adaptado de GIZ-AAPS (2015). *"Diseño e implementación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las PTAR en Bolivia"* - ANEXO 1

		evitar atascos (ver manual de la reja). A veces, se acumulan sólidos que requieren un retiro manual mediante rastrillo, antes de los cuales debe desconectarse el equipo. **Pintado de rejas y accesorios:** con pintura epóxica cada 6 meses. **Disposición de sólidos:** para su secado y escurrimiento, de manera semanal. Para su disposición final, puede ser con frecuencia mensual.	de sólidos.
3. Desengrasado			
• Aceites y grasas	**Situaciones de obstrucción:** en tuberías y/o ductos. **Manejo de residuos:** Frecuencia, retiro, transporte y disposición de las natas de grasas.	**Limpieza:** La frecuencia depende de la cantidad de residuos retenidos **Conteo de obstrucciones** en tuberías y ductos. **Identificación de taponamientos y formación de costras:** apreciables en canales y filtros **Evaluación visual de los alrededores de la unidad:** erosión, difícil limpieza o retiro de material limpiado. Su inexistencia o mal funcionamiento puede producir disminución de rendimiento de procesos biológicos.	Limpieza periódica: Caso contrario se generan problemas para la limpieza y des atascamiento de canales y filtros, así como reducción de eficiencia en las unidades de tratamiento biológico. Peligro de resbalones en la limpieza y acumulación de gases si la zona está cubierta (botas, EPP).
4. Desarenado			
• DBO_5 (5%) • DQO (5%) • Sólidos suspendidos (10%) • Sólidos Sedimentables, SST (<40%) • N total (2%) • P total (5%)	**Situaciones de obstrucción:** en tuberías y/o ductos. Deposición de arenas: en canales y tanques. **Manejo de residuos:** Frecuencia, retiro, transporte y disposición de los sólidos retenidos.	**Conteo de obstrucciones** en tuberías y ductos. **Evaluación visual diaria:** de desgaste en procesos de limpieza y mantenimiento de equipos; de material depositado en canales y tanques subsecuentes; de erosión en alrededores de la unidad, difícil limpieza o retiro de sólidos. El operador debe evaluar los niveles de abrasión de canales, bombas, equipos y material metálico. **Evaluación del grado de sedimentación:** mensualmente. **Olores:** En general pueden generarse olores por la putrefacción del material orgánico sedimentado. **Lubricación de compuertas y accesorios**: de forma semestral.	Inexistencia de compuertas para la limpieza de desarenadores en paralelo. Limpieza con palas manuales. Falta de limpieza periódica ocasiona costras de difícil limpieza. Falta de plataformas para la limpieza obligan al operador a ingresar al desarenador. Peligro de resbalones en la limpieza y acumulación de gases si la zona está cubierta. Inexistencia de vehículos para el transporte o lugar de retiro y disposición de los sólidos. En desarenadores de flujo variable se recomienda su limpieza cada 4 a 5 días como máximo.

MEDICION DE CAUDALES			
5. Medidor Parshall y vertederos			
• No existe remoción de parámetros contaminantes • Control de las unidades subsecuentes.	*Disponibilidad de Accesorios: Regletas de medición y tablas para cálculo de caudales.*	***Disponibilidad de accesorios:*** *regletas y tablas.* ***Control de limpieza:*** *Esta limpieza debe efectuarse una vez a la semana.*	*Es esencial mantenerlo limpio de acumulaciones de residuos, ya que de lo contrario las lecturas de caudal son erróneas.* *La falta de accesorios inutiliza la función principal de la unidad.* *Deficiencias constructivas causan problemas en el efectivo funcionamiento de la unidad.*
TRATAMIENTO PRIMARIO			
6. Tanque séptico			
• Sólidos suspendidos (50-80%) • DBO_5 (40-70%) • DQO (45-60%) • Grasas y aceites (70-80%) • N total (15%) • P total (15-25%) • *E-coli* (10-25%)	***Registro de fechas de limpieza de lodos, Limpieza de natas y espumas:*** *operación periódica (la frecuencia depende del requerimiento).* ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos, natas y otros sólidos.*	***Control de limpieza de lodos:*** *Inspección anual o semestral, dependiendo del uso.* ***Registro de fechas de limpieza de lodos:*** *se deben limpiar cuando su nivel alcance 30 cm debajo del tubo de salida.* ***Revisión y limpieza periódica de natas y espumas.*** ***Evaluación visual de los alrededores de la unidad:*** *erosión, difícil limpieza o retiro de lodos, natas y otros sólidos.*	*Falta de registros de operaciones de limpieza.Falta de cal, vehículos o herramientas para limpieza de natas y/o bombas para lodos.Se requieren sitios adecuados para el retiro y disposición de sólidos.Peligro de resbalones en la limpieza y acumulación de gases en el interior del tanque.*

7. Tanque Imhoff			
• Sólidos suspendidos (40-50%) • DBO_5 (25-35%) • DQO (25-40%), • Grasas y aceites (70-80%) • N total (30%) • P total (35) • *E-coli* (20-40%)	***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M.* ***Limpieza de natas y espumas:*** *operación periódica (la frecuencia depende del requerimiento).* ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos, natas y otros sólidos.*	***Registro de fechas de limpieza de lodos:*** *el nivel máximo de lodos debe estar 50 cm. bajo la cámara de sedimentación.* ***Revisión y limpieza periódica de natas y espumas.*** ***Evaluación visual de los alrededores de la unidad:*** *erosión, difícil limpieza o retiro de lodos, natas y otros sólidos.*	*Falta de registros de operaciones de limpieza.* *Falta de vehículos o herramientas para limpieza de natas y/o bombas para lodos.* *Dificultad en limpieza de sólidos: para evacuar gases, se debería disponer de un tubo de 8 pulg de diámetro. min., en posición casi vertical, con su extremo inferior abierto a unos 15cm por encima del fondo. La carga hidráulica mínima sobre el tubo de limpieza de lodos debe ser de 1.80 m. y el borde libre sobre agua residual de 0.30 m.* *Se requieren sitios adecuados para el retiro y disposición de sólidos. Existe acumulación de gases en el interior del tanque.*
8. Sedimentación Primaria			
• Sólidos Suspendidos (40-60%) y Sedimentables, Sólidos Totales y Volátiles • DQO (25-40%) • DBO_5 (25-35%) • PH • Concentración de Grasas y Aceites • N total (20-30%) • P total (30-45%) • E. Coli (20-40%). • Monitoreo de lodos	***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M.* ***Limpieza de natas y espumas:*** *operación periódica (frecuencia depende de requerimiento).* ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos.*	***Limpieza continua*** *de lodos.* ***Distribución de flujo*** *equitativa entre tanques múltiples* ***Remoción constante de natas y de sólidos flotantes*** ***Evaluación visual de los alrededores de la unidad:*** *erosión, dificultad en la limpieza o retiro de lodos, natas y otros sólidos.*	*La fermentación de lodo sedimentado (lodo flotante, lodo negro de AR, burbujeo de gases, olores).* *Sobrecarga Hidráulica con baja concentración de lodos.* *Falta de registros de limpieza o formas de gestión de lodos (limpieza, transporte y disposición).* *Peligro de resbalones en la limpieza y acumulación de gases en el interior del tanque si no hay adecuada ventilación.*

TRATAMIENTO SECUNDARIO			
9. FAFA			
• Sólidos suspendidos (50-60%) • DBO_5 (65-80%) • DQO (60-80%) • N total (30-50%) • P total (50-60) • *E. coli* (70-80%)	***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M.* ***Registro periódico de obstrucciones:*** *Conformación de bolas de lodos.* ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos.*	***Control de la temperatura:*** *La mayor parte de la biomasa bacteriana de los FAFA se acumula como flóculos, en los filtros descendentes, la biomasa está casi totalmente retenida en las paredes del reactor y el material de soporte. El rango mesofílico de temperaturas debe estar entre 25 y 38 ºC.* ***Limpieza de lodos:*** *según Manual de O&M (existe poca producción de lodos en comparación a otras tecnologías).* *Revisión y limpieza periódica de bolas de lodos y flóculos aglomerados encima del filtro.* ***Registro del estado de tapas, válvulas, tuberías y material metálico en general:*** *Las unidades tratamiento son susceptibles a corrosión por lo que incluso el hormigón de la unidad debería estar protegido contra la corrosión.* *Los filtros con flujo descendente no pueden usarse para tratar aguas con fracciones apreciables de sólidos en suspensión, ya que pueden provocar problemas de atascos; en los flujos ascendentes los espacios entre piedras (bolones) son más grandes y eso previene la generación de atascos.*	***Seguridad Industrial - Precaución con los gases:*** *El gas metano que emite un FAFA en contacto con el aire es inflamable (reacción de combustión). Se forman además gases de ácido sulfhídrico (H_2S) que aparte de generar olores pueden resultar tóxicos, incluso en concentraciones bajas; además es muy corrosivo en presencia de aire y humedad.* *Por estas razones, el operador debe usar máscara y la unidad debe estar muy bien ventilada; nunca se debe trabajar solo en el interior del FAFA (desde afuera debe haber una persona con una cuerda atada a la cintura de la persona que trabaja en el interior en caso de pérdida de conciencia); nunca se debe fumar, utilizar fuego abierto ni producir chispas eléctricas o mecánicas.* ***Limpieza:*** *la limpieza del filtro debe realizarse a través de las tapas (siempre dejando ventilar al menos 30 min.) utilizando chorros de agua para destruir eventuales acumulaciones de lodos. La limpieza también debe hacerse a través del adaptador de la tubería que entra al filtro inyectando agua a presión.*

10. RALF			
• Sólidos suspendidos (50-60%) • DBO_5 (80-90%) • DQO (70-85%) • N total (20-45%) • P total (20-45) • *E. coli* (30-60%)	***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M. Los lodos ya salen estabilizados.* ***Registro periódico de obstrucciones.Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos.*	***El control de la tasa de flujo es fundamental para mantener el lecho fluidificado:*** *Los reactores son trifásicos gas-líquido-sólido y la biomasa se encuentra en su mayoría adherida al lecho. Si existen grandes variaciones en la tasa, podría funcionar solamente como un FAFA mejorado.* ***Bombeo:*** *En caso de que exista, debe ser constante para lograr la recirculación en el lecho fluidificado.* ***Distribución del afluente:*** *Debe ser uniforme para evitar zonas muertas y debe generar una buena mezcla para favorecer el contacto afluente-biomasa*	***Aumento del lecho fluidificado:*** *Si este aumenta mucho puede ocurrir el lavado de la masa bacterial; si éste es muy bajo pueden faltar nutrientes para el desarrollo y supervivencia de la biomasa generada. En el primer caso, el operador debería reducir la velocidad a través del uso del by-pass; en el segundo caso se puede realizar siembras de bacterias anaerobias de otros sistemas.* ***Bombeo:*** *No se admiten interrupciones prolongadas del bombeo, ya que se afecta la biomasa generada. El operador debe solucionar problemas mecánicos de la forma más efectiva posible o utilizar otras bombas.* ***Capacitación:*** *en cualquier caso, el operador debe ser altamente capacitado para operar estas unidades.*
11. UASB/RAFA			
• Sólidos suspendidos (60-70%) • DBO_5 (70-80%) • DQO (65-85%) • *E. coli* (40-70%)	***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M y calidad de materiales de construcción. Los lodos ya salen estabilizados a diferentes niveles de acuerdo a su diseño (en este sentido existe una variación denominada "RAFAEL" en el que el Reactor se denomina Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Estabilización de Lodos).*	***Control de limpieza en la cámara de alimentación:*** *para evitar taponamientos en las tuberías de alimentación al reactor (se recomienda que el borde del reactor esté a 0,50 - 1,00 m sobre el nivel del suelo).* *Los agregados poseen buenas cualidades de sedimentación y alta densidad (spaghetti) y no son susceptibles al lavado del sistema bajo condiciones prácticas del reactor.* *También deberá limpiar el lodo floculento que se acumula en el interior del separador Gas-Sólido-Líquido (GSL) y velar por el funcionamiento normal del reactor, siendo necesaria su presencia por lo menos una vez por semana.* *La altura del Reactor sobre el suelo y la disponibilidad de hacer ingresar maquinaria para la limpieza determinan la factibilidad de un buen mantenimiento.*	***Limpieza del Reactor:*** *Consiste en remover el material sólido del fondo del reactor cuando éste obstruye las salidas de la tubería de alimentación (esto se observa por taponamiento frecuente a la salida de la tubería de alimentación)* *Puede resultar dificultoso vaciar el reactor cuando se tiene solo una unidad. Generalmente se prefiere contar con dos UASB para permitir la limpieza intermitente, además de que el lodo de uno puede resultar como inoculante para la otra unidad limpiada. Se recomienda en general realizar este trabajo cada 5 a 10 años (OPS).*

	Registro periódico de obstrucciones. ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos.*	***Control periódico del funcionamiento (eficiencia de remoción):*** *Este control debe ser por lo menos una vez cada mes.* *Se recomienda una altura de 0,50 m entre el fondo de las cajas de distribución y la superficie del agua.*	***Capa flotante:*** *Cuanto las canaletas de salida están provistas de bafles, siempre se formará una capa flotante en la superficie. Esta capa alcanzará un espesor de unos centímetros y no causará molestias. Si existe sobrecarga o presencia de grasas en altas concentraciones, la capa tiende a crecer; en este caso se debe quitar la capa periódicamente para evitar que dañe los bafles. En ningún caso se debe devolver esta capa (que tiene una alta carga orgánica) al reactor por el sistema de distribución.*
12. Lagunas anaerobias			
• pH (debe ser casi neutro) • Sólidos suspendidos (70%) • DBO_5 (25-50%) • DQO (50-70%) • N total (10-20%) • P total (15-25%) • E. coli (50-60%) • Las cargas volumétricas empleadas normalmente en lagunas pequeñas y profundas están en el intervalo 100-400 g DBO_5/m3*día, dependiendo de la naturaleza del vertido a tratar.	***Registro de limpieza de materias flotantes*** *(basuras).* ***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M.* ***Costras/cobertura artificial y burbujas:*** *Conformación de costras, generación de burbujas.* ***Coloración de laguna (gris).*** ***Limpieza de taludes.*** ***Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos, natas y otros sólidos.* ***Aparición de vectores.***	***Frecuencia de limpieza de lodos****: En un año su mineralización es del 80-85 %, (mayor compactación y menor volumen). La frecuencia de limpieza (cada 3-6 años) está en función a la naturaleza de las AR, la carga y el clima.* ***Coloración normal de la laguna:*** *gris.* ***Generación de gases y burbujeo:*** *por procesos de metanogénesis.* ***Fluctuación de cargas orgánicas (control de DBO_5)*** *- produce desequilibrio entre fases de depuración, acumulación de ácidos, descenso del pH y generación de olores* ***Control Bajos niveles de carga orgánica en la alimentación, o caudal inferior al mínimo utilizado en el diseño:*** *En este caso pueden formarse algas en la zona superficial, y un aumento del pH.* ***Grandes variaciones respecto al caudal de diseño:*** *influye negativamente en procesos de hidrolisis, acidogéneis y metanogénesis* ***Caída de temperatura:*** *ralentización de mecanismos de depuración.*	***Sobrecarga de materia orgánica:*** *- El operador puede disminuir la carga aplicando el by-pass, poniendo en servicio otra laguna anaerobia (modular) o aumentando la profundidad de trabajo de la laguna* *- Puede "sembrar" bacterias metanógenas de alguna otra PTAR que use digestores anaerobios.* *- Ajustar el pH del medio. Añadiendo disolución de amoniaco o carbonato sódico, hasta alcanzar un medio neutro (pH=7).* ***Formación de espumas o costras.*** *Se recomienda mantenerlas en la laguna y/o cubrirla artificialmente, para prevenir pérdidas de calor, pero prever pantallas o limpiar a la salida antes del tratamiento subsecuente.* ***Bajos niveles de carga orgánica en la alimentación, o caudal inferior al mínimo utilizado en el diseño.*** *- El operador debe aumentar la carga aplicada disminuyendo la profundidad de la laguna o reducir su número (modulares)* *- Puede "sembrar" bacterias metanógenas,*

13. Lagunas facultativas y de maduración			
Facultativas: • Sólidos suspendidos (70%) • DBO_5 (60-80%) • DQO (50%) • N total (30-60%) • P total (30%) • *E coli* (95%) **Maduración:** • Sólidos suspendidos (40-80%) • DBO_5 (75-85%) • DQO (70-80%) • N total (45-60%) • P total (30-60%) • *E. coli* (99%). • Eliminación de Nitrógeno Amoniacal	***Registro de limpieza de materias flotantes*** *(basuras, grasas, aceites, costras, lodos flotantes, conglomerados de algas y otros).* ***Limpieza de lodos:*** *periodicidad según Manual de O&M.* ***Coloración de laguna*** *(verde).* ***Limpieza de taludes.Manejo de residuos:*** *Frecuencia, retiro, transporte y disposición de lodos, natas y otros sólidos.* ***Aparición de vectores.Cortocircuitos o zonas muertas.***	***Control de limpieza:*** *Requiere limpieza de lodos cada 2 a 5 años.* ***Control de Materias flotantes, basuras, grasas, aceites, costras, lodos flotantes y conglomerados de algas:*** *Impiden la adecuada iluminación del agua (UV) e ingreso de oxígeno. Algas verdi-azules producen olores al descomponerse.* ***Sobrecarga.*** *Se detecta por la disminución en la intensidad de coloración verde, mal olor, descenso de OD y pH. Siempre que hay fallas en lagunas anaerobias hay sobrecarga en lagunas facultativas. A veces se produce por mala distribución de caudales de ingreso, (que reduce el área efectiva de la laguna) o vertidos estacionales.* ***Detección de olores:*** *El operador debe informar de inmediato a la EPSA quien debe ocuparse de identificar emisiones irregulares.* ***Periodos prolongados de mal tiempo, con bajas temperaturas e insolación.Cortocircuitos y "zonas muertas",*** *Pueden detectarse midiendo OD en varios puntos de la laguna (lecturas muy desiguales pueden ser indicativas de esta anomalía). En ocasiones los caminos preferenciales pueden incluso detectarse visualmente por diferencias en la coloración en distintas zonas de la laguna. Se generan malos olores. Pueden deberse a un deficiente diseño de las entradas y salidas, morfología poco adecuada de las lagunas o vientos dominantes que provocan corrientes, desarrollo de estratificación, presencia de plantas acuáticas en el interior de las lagunas, acumulación de lodos en el fondo (en especial en lagunas facultativas primarias).* ***Reducción en la mezcla inducida por el viento.*** *Puede deberse a "aislamiento" por árboles, vallas/muros o edificios que bloqueen el viento.*	***Materias flotantes, basuras, grasas, aceites, costras, lodos flotantes y conglomerados de algas:*** *Se recomienda su limpieza constante.Los agregados de algas y lodos flotantes pueden destruirse mediante chorros de agua con manguera desde la orilla de las lagunas. Si la PTAR no dispone de puntos de agua, se puede esperar a que el viento los arrastre hacia uno de los bordes romper los agregados con un rastrillo. Se puede utilizar también redes de limpieza para piscinas o similares.* ***Olor en Lagunas:*** *Si existe más de una laguna facultativa y sólo una presenta olores, puede tratarse de un desequilibrio en el reparto de caudales.* ***Cortocircuitos y "zonas muertas":*** *Se debería idealmente rediseñar entradas y salidas de la laguna con objeto de obtener una mejora en el régimen de flujo (considerando el viento e intentando romper la estratificación térmica mediante la colocación de entradas y salidas en profundidad, mejorando así la mezcla en la laguna); el operador debe eliminar las plantas acuáticas y retirar los depósitos de sedimentos acumulados en el fondo.* ***Malas hierbas y plantas en taludes y lagunas:*** *El operador debe evitar su crecimiento ya que en ellas se desarrollan mosquitos, moscas, ratas y otros roedores.* ***Dotación de Herramientas:*** *disponibilidad de rastrillos, barcazas y herramientas de limpieza.* ***Tóxicos:*** *Al ser biológico, deterioran o matan los microorganismos responsables del tratamiento y generan olores.*

14. Lagunas con macrófitas			
• Sólidos suspendidos (90-97%) • DBO_5 (80-95%) • DQO (80-95%) • N total (50-80%) • P total (50-80) • *E. coli* (99%)	***Vectores.*** ***Cantidad de algas****: si las mismas se presentan en gran cantidad, es un indicador de eutrofización.* ***Limpieza:*** *se debe llevar un registro de limpieza periódica, así como un registro de la limpieza de lodos (similares condiciones a las lagunas de maduración).* ***Coloración.*** *Casi transparente.* ***Herramientas:*** *disponibilidad de rastrillos, barcazas y herramientas de limpieza.*	***Identificación de eutrofización:*** *son susceptibles a este suceso.* ***Control de vectores:*** *generalmente aparecen mosquitos, moscas u otros insectos, con mayor frecuencia en climas cálidos.* ***Control de la temperatura:*** *Son susceptibles a cambios de temperatura*	***Biomasa y vegetales****: la limpieza de la biomasa, vegetales y macrófitas, puede generar materia adecuada para abono.* *En general su mantenimiento es complicado por su sensibilidad y dificultad de limpieza. Suele ser resultado de un cuidado y observación continua por parte del operador.* ***Macrófitas acuáticas fijadas al sustrato o Macrófitas flotantes libres:*** *Su uso entraña problemas relacionados a la aclimatación y adaptación a condiciones artificiales y también a la posibilidad de uso de especies extrañas a los lugares donde se requiere el tratamiento de aguas, esto puede resultar en un riesgo para los ecosistemas locales ya que por lo general se usan especies de un alto potencial biótico y mecanismos eficientes de dispersión que pueden favorecer el desplazamiento de especies nativas.*

15. Humedales artificiales con macrófitas			
• Sólidos suspendidos (95-99%) • DBO_5 (75-90%) • DQO (70-85%) • N total (20-30%) • P total (10-20) • *E. coli* (99%)	***Fechas de poda:*** *Anual* ***Estado del sistema de distribución:*** *Semanal* ***Formación de encharcamientos:*** *Debería registrarse este evento siempre que suceda, con un esquema del lugar donde el encharcamiento se haya producido.* ***Deshierbe:*** *Se debe registrar frecuencia de deshierbe.*	**Actividades de poda:** Una vez por año después del primer año, en época de poda (otoño) se debe cortar la parte vegetativa (superior) de las macrófitas; esto permite brindar oxígeno al humedal. Cuando las macrófitas están secas (como en invierno) no aportan oxígeno al humedal si no están cortadas, sin embargo cuando se las corta, el aire circula por la parte hueca de la macrófita y activa sus rizomas, oxigenando el humedal. Los humedales verticales son más compatibles con climas rigurosos, mientras que los horizontales son más sensibles al congelamiento. **Sistema de distribución:** Todo aumento de caudal de diseño sobrecarga los lugares del filtro que tienden a recibir más aguas y dejan mayores áreas muertas. Más allá de las variaciones de rendimiento, estas situaciones pueden igualmente perturbar el crecimiento de las macrófitas, especialmente en fases críticas (puesta en marcha y reinicio de crecimiento vegetal luego de la fase invernal). **Identificación de taponamientos:** Se producen dependiendo del sistema de distribución y de los caudales a ser tratados. **Deshierbe:** La frecuencia depende del lugar. En lugares cálidos y húmedos es necesario un deshierbe más frecuente. **Lodos:** Se recomienda en general cada 10 años. Salvo que en el Manual de O&M se especifique lo contrario. **Distribución:** El sistema de distribución debe ser revisado semanalmente, si es intermitente se debe contar con un panel de control eléctrico y no parar su funcionamiento más de un mes. Se debe inspeccionar el crecimiento de las plantas (debe ser homogéneo) como indicador de mala distribución, Si no es así el problema se debe solucionar el primer año de funcionamiento.	**Poda:** Las cañas deben cortarse a unos 20 a 30 cm de la superficie del humedal, para que el agua residual no entre por los tallos cortados (si el agua se congela dentro de las macrófitas, las hará reventar). **Taponamientos:** En especial en los sistemas de distribución, producidos por bajas remociones de sólidos en tratamientos preliminares o basuras en inmediaciones. El Operador debe realizar limpieza constante (diaria o mínimo semanal) y evitar malas distribuciones de agua residual en los humedales. Debe revisar en especial las tuberías perforadas y destapar diariamente los orificios (idealmente en la fase de intermitencia). **Encharcamientos:** Si se producen, se debe revisar problemas en el sistema de distribución. En algunos casos una plancha en el lugar de descarga de las Aguas Residuales permite distribuir mejor los flujos. **Deshierbe:** manualmente (utilizando guantes) el operador debe quitar las malas hierbas y pastos que crezcan en el humedal y no dejar las hierbas en el mismo humedal. Evitar pisar las plantas pequeñas (amarillas) ya que podrían tener problemas en recuperarse y crecer.

TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO			
16. Radiación Ultravioleta			
• Caudal • Intensidad de rayos UV • Transmitancia UV Turbidez (opcional) • Microorganismos indicadores	***Intensidad UV**: Por monitoreo de la intensidad de rayos UV, Intensidad UV más transmitancia o dosis UV calculada* ***Caudal*** ***Altura de lámina de agua***	*Fuente de alimentación de poder.* *Envejecimiento de la lámpara (control de horas de funcionamiento).* *Sistemas de limpieza.*	*Excesiva acumulación de suciedad en la(s) lámpara(s)* *Baja Intensidad UV y consecuente baja eficiencia de desinfección.* *Fallo de la tarjeta de lastre.* *Necesidad de reemplazo de lámpara muy frecuente.*
17. Cloración			
• Cloro Residual Total • Microorganismos	*Dosificación de cloro (Break-point)* *Microorganismos*	*Dosis de cloro (gas cloro (Cl2), hipoclorito de sodio (NaOCl) hipoclorito de calcio (CaOCl2) o dióxido de cloro (ClO2)* *Tiempo de contacto.* *Manipulación de productos de cloro.* *Control de cloro residual (libre o combinando)* *Temperatura* *pH.*	*Fallas de los equipos de cloración.* *Pobre eficacia de la desinfección debido a la mala calidad del agua residual.* *La cloración no destruye completamente los bacilos de la tuberculosis o huevos de gusanos o los microorganismos resistentes.*

OTRAS ACTIVIDADES Y CUIDADOS MÍNIMOS DEL OPERADOR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR
✓ ***Registro de actividades:*** *Toda actividad de O&M debe ser registrada en planillas dispuestas para tal efecto, de acuerdo a este cuadro, al manual de O&M y a las políticas de la EPSA.*
✓ ***Limpieza general:*** *Todas las conducciones y cámaras de limpieza deben mantenerse limpios. La acumulación de sedimentos en cámaras provoca que los caudales se vayan desviando de los valores del proyecto. Como regla general, debe efectuarse la limpieza una vez por semana, cuando la inspección diaria detecte materiales acumulados y después de las lluvias.*
✓ ***Mantenimiento de taludes:*** *Se recomienda rellenar las grietas con tierra o con arcilla, igualar el terreno y compactarlo; eliminar las malas hierbas que crecen en los taludes; si existen zonas arboladas, impedir el desarrollo de árboles muy próximos a las unidades de tratamiento (idealmente los árboles deben generar un perímetro de protección a la PTAR a manera de "cortina verde".*
✓ ***Mantenimiento de caminos, cercos perimetrales y otros****: Es importante que el cerco no actúe de cortavientos, el operador debe inspeccionarlo una vez por semana; los caminos también deben ser limpiados y deshierbados siempre.*
✓ ***Áreas verdes:*** *No sólo es deseable sino necesario contar con áreas verdes y de preferencia con árboles en el perímetro de la PTAR; sin embargo no se debe permitir el crecimiento de árboles cerca de las lagunas. Cuando el viento queda bloqueado por edificios, laderas de montaña u otros obstáculos de carácter permanente, debe considerarse la instalación de agitación artificial (aireadores de superficie), aunque puede ser más costosa.*
✓ ***Señalización preventiva, informativa y flujograma del proceso de tratamiento:*** *Por su seguridad, el operador debe exigir, que la PTAR cuente con una señalización completa y con un flujograma visible del sistema de la PTAR.*
✓ ***Botiquín equipado:*** *Una PTAR siempre tiene riesgos de accidentes, heridas, raspones, etc. por esta razón se debe tener equipo de primeros auxilios disponible con los antisépticos y desinfectantes mínimos (esparadrapo, algodón, alcohol, gasa, una disolución desinfectante tijeras y pinzas); también repelente para evitar picaduras.*
✓ ***Medidas de Higiene:*** *Es normal que con el paso del tiempo el operador «pierda el miedo» a los riesgos para la salud que implican operar una PTAR. Precisamente en este caso la probabilidad de que surjan accidentes aumenta. Es aconsejable colocar en un lugar visible una lista de instrucciones higiénicas que le sirvan de recordatorio. Asimismo la PTAR debe contar con un depósito de agua limpia y jabón (incluso alcohol en gel). Preferiblemente no se debe comer o beber en la PTAR pero si se requiere, hay que designar un área cerrada y horarios específicos para este fin. Siempre que se vaya a comer a beber, o incluso encender un cigarrillo, hay que lavarse las manos. Todas las herramientas de trabajo deben limpiarse con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso. Los cortes, arañazos y raspones deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido. Si la planta dispone de electricidad, el operador debe asegurarse de que sus manos, ropas y calzados estén secos para su uso y/o mantenimiento. Es importante recordar los riesgos higiénicos a los visitantes. El operador debe vacunarse contra el tétanos y fiebre tifoidea, así como otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias del área; debe someterse a un chequeo médico periódico e idealmente contar con capacitación en primeros auxilios.*
✓ ***EPP:*** *El operador debe disponer de guantes y botas de goma, casco de trabajo y al menos dos overoles. Todas las prendas utilizadas en la PTAR deben permanecer en ella al finalizar la jornada laboral. Asimismo, debe disponerse de guantes y herramientas con aislamiento eléctrico. El acceso a la PTAR debe ser siempre controlado y restringido a personas sin permiso. Para las personas que cuentan con autorización se debe tener EPP de visitas. PTAR con lagunas deben contar con una pequeña embarcación, cuerda y salvavidas.*

10 Bibliografía

Directiva 91/271/CEE Sobre Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas. (1998).

ATV, A. A. (1988). DETERMINACIÓN DEL GRADO DE EFICIENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. CAPRE.

Canada, A. A. (2013). MAINTENANCE MANAGEMENT PLAN GUIDE FOR DRINKING WATER AND WASTEWATER SYSTEMS IN FIRST NATIONS COMMUNITIES.

GIZ – AAPS. (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE SEGUIMIENTO, MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PTARS EN BOLIVIA. La Paz: AAPS.

MMAyA, M. d. (2013). SISTEMATIZACIÓN SOBRE TRATAMIENTO Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES. La Paz: PROAGRO.

MPD BOLIVIA, E. P. (2015). PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL EN EL MARCO DEL DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN 2016-2020. La Paz.

Reutelshöfer, T. (2015). GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. La Paz: PERIAGUA.

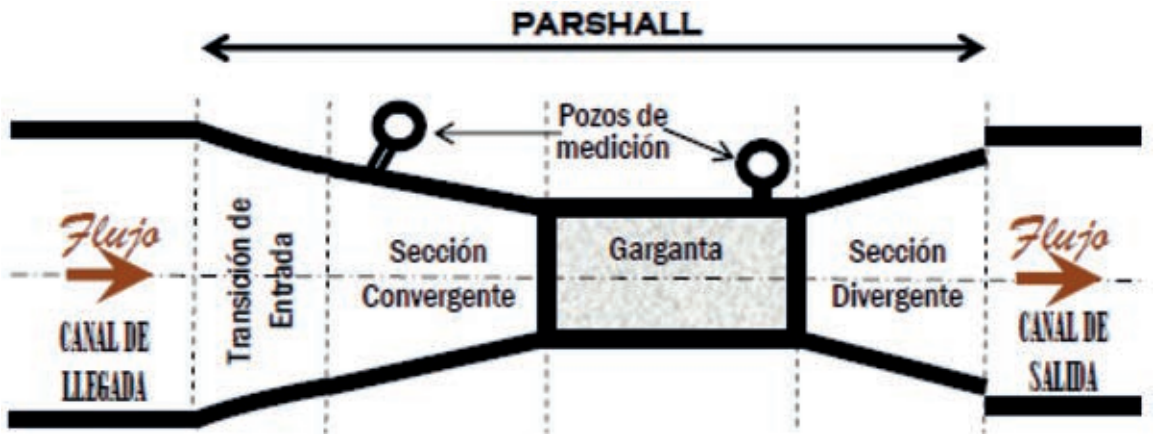
Secretariado Alianza por el Agua/ Ecología y Desarrollo. (2008). MANUAL DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES URBANAS.

11 Anexos

ANEXO A
MEDICION DE CAUDAL

CANAL PARSHALL

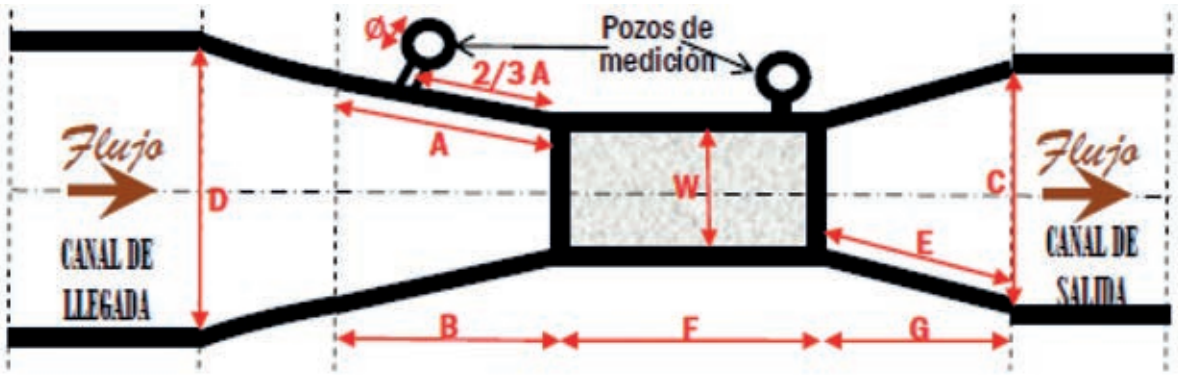
Es un medidor de flujo de lámina libre, en el cual, la determinación del caudal se lleva a cabo midiendo la pérdida de carga generada por la introducción de un estrangulamiento en la conducción, esto permite determinar el caudal de entrada conociendo la diferencia de altura de lámina de agua entre la sección de convergencia y sección de la garganta, mediante tablas estándar, siempre y cuando se respeten las dimensiones del aforador.



Es preciso tener flujo laminar (caudal horizontal, sin remolino) y no debe haber obstrucciones ni en la boca de entrada ni en la salida del canal. Antes del punto de medición, el canal debe extenderse por lo menos diez veces la anchura de la sección de entrada del canal.

Se puede acoplar un medidor de altura de lámina mediante ultrasonidos para registrar los datos del caudal en cada instante y enviarlos a una terminal de control.

Dimensiones de un canal Parshall



W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
[pies]	[cm]	(medidas [cm])								
0,083	2,50	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
0,25	7,62	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7
0,5	15,24	62,1	61	39,4	40,3	45,7	30,5	61	7,6	11,4
0,75	22,86	88	86,4	38	57,5	61	30,5	45,7	7,6	11,4
1	30,48	137,2	134,4	61	84,5	91,5	61	91,5	7,6	22,9
1,5	45,72	144,9	142	76,2	102,6	91,5	61	91,5	7,6	22,9
2	60,96	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
3	91,44	167,7	164,5	122	157,2	91,5	61	91,5	7,6	22,9
4	121,92	183	179,5	152,5	193,8	91,5	61	91,5	7,6	22,9
5	152,40	198,3	194,1	183	230,3	91,5	61	91,5	7,6	22,9
6	182,88	213,5	209	213,5	266,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
7	213,36	228,8	224	244	303	91,5	61	91,5	7,6	22,9
8	243,84	244	239,2	274,5	340	91,5	61	91,5	7,6	22,9
10	304,80	274,5	427	366	475,9	122	91,5	183	15,3	34,3

Para calcular el caudal en un canal Parshall, se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = K*Ha^{n}$$

Donde:

Q: Caudal en l/s
Ha: Altura de la lámina de agua, medida a 2/3 de la longitud A, medida a partir de la garganta del canal
K, n: Son coeficientes que dependen del tipo de canal, estos valores pueden ser obtenidos a partir de la siguiente tabla:

W		n	K	
[pies]	[cm]		Sistema Ingles	Sistema Internacional
0,25	7,62	1,547	0,992	0,176
0,5	15,24	1,580	2,060	0,381
0,75	22,86	1,530	3,070	0,535
1	30,48	1,522	0,690	4,000
1,5	45,72	1,538	6,0	1,054
2	60,96	1,550	8,0	1,426
3	91,44	1,566	12,0	2,182
4	121,92	1,578	16,0	2,935
5	152,40	1,587	20,0	3,728
6	182,88	1,595	24,0	4,515
7	213,36	1,601	28,0	5,306
8	243,84	1,606	32,0	6,101

VERTEDEROS

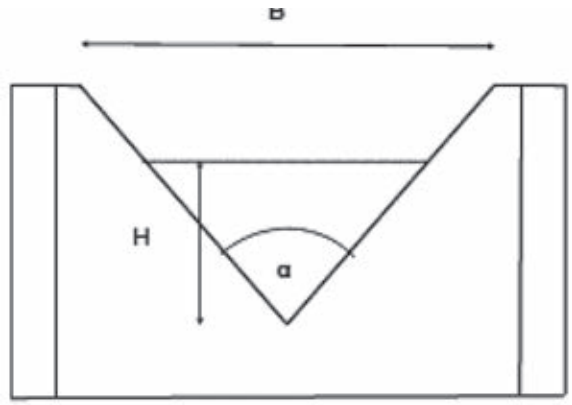
Para pequeños caudales, son recomendables los vertederos de sección triangular e isósceles: los catetos del triángulo que convergen hacia el vértice inferior o escotadura, deben ser iguales. El esquema y expresiones de cálculo se explican a continuación:

VERTEDERO TRIANGULAR

$$Q = [m^3 / s] = 1.4 * h^{5/2}$$

Donde:

Q: Caudal en m^3/s
h: Altura de la lámina de agua sobre la escotadura inferior del vertedero



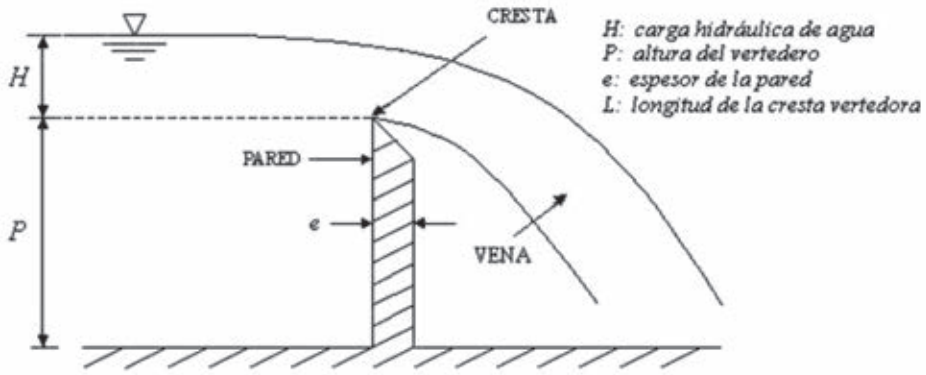
Ubicación e instalación del vertedero

El vertedero triangular debe estar ubicado, de preferencia, a la salida de las unidades de pre tratamiento (si las hay) o, en todo caso, en un punto anterior al ingreso de las unidades de tratamiento primario.

Debe cuidarse que la bisectriz del ángulo de la escotadura inferior esté colocada en forma perpendicular. Por lo tanto, la parte superior del vertedero debe estar perfectamente nivelada.

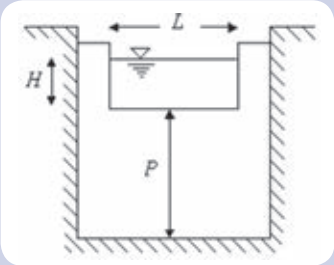
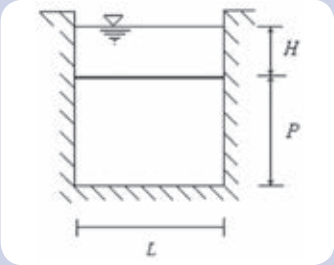
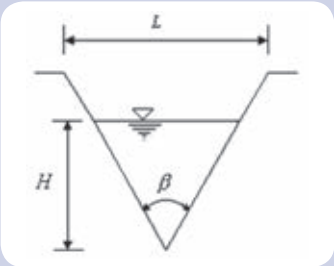
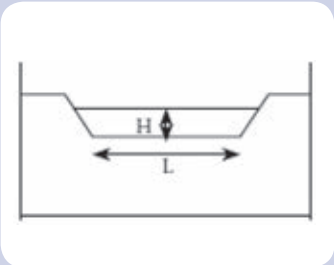
Toma de la medida de la carga de agua

La medición de la altura de agua h, debe hacerse de preferencia a una distancia equivalente a cuatro veces la carga de agua:



El nivel del vértice inferior del vertedero triangular puede ser transportado a una referencia fija en las paredes del canal o cajón de acceso del agua, a la distancia recomendada (4h). Sobre esa referencia fija, el operador efectuará la medida con una exactitud de milímetros (o líneas) valiéndose de un metro o de una regla graduada.

FORMULA PARA OTRO TIPO DE VERTEDEROS

TIPO DE VERTEDERO	DIAGRAMA	ECUACIÓN
Rectangular con dos contracciones		$Q = 1.84 * (L-0.2 * H)*H^{1.5}$
Rectangular sin contracción		$Q = 1.84 * L*H^{1.5}$
Triangular		Ø = 90° $Q = 1.4 * H^{2.5}$ Ø = 60° $Q = 0.775 * H^{2.47}$
Trapezoidal		$Q = 1.86 * L*H^{1.5}$

Donde:

Q: Caudal [m^3/s]
L: Longitud de cresta [m]
H: Cabeza o carga hidráulica [m]

ANEXO B
ESTIMACIÓN DEL CAUDAL ACTUAL DE AFLUENTE A LA PTAR

En el caso en el que no se cuente con dispositivos de medición de caudal, o no se tengan registros de los caudales de ingreso a las PTAR, podrá hacerse la estimación de este valor a partir del caudal medio doméstico, el cual se evalúa a partir de la siguiente fórmula:

$$Qmd = \frac{C*P*D}{86400}$$

Donde:

Qmd: Caudal medio doméstico (l/s)
C: Coeficiente de retorno
P: Población conectada (Habitantes)
D: Consumo de agua per cápita (l/hab/día, lppd)

El Caudal medio diario, debe ser calculado en base a la población conectada, el cual puede obtenerse a partir de la densidad poblacional o número de conexiones, así tenemos las siguientes opciones:

- Población Conectada a partir del número de conexiones:

$$P = No_Conex*Hab_por_Conex$$

Donde:

P: Población conectada (Habitantes)
No_conex: Número de conexiones que descargan a la PTAR.
Hab_por_conex: Número promedio de habitantes por cada conexión de agua, que en la mayoría de los casos no es lo mismo que el número de habitantes por familia, este valor está en el rango de 3 a 5, salvo en casos excepcionales.

- Población Conectada a partir del área de aporte y densidad poblacional:

$$P = Area_conectada*Densidad_Poblacional$$

Donde:

P: Población conectada (Habitantes)
Area_conectada: Se refiere al área que descarga sus aguas residuales a la PTAR (ha.)
Densidad_Pob.: Es el valor promedio de habitantes por unidad de área (hab./ha.).

La Dotación, o consumo de agua per cápita se obtiene a partir de la población total facturada y el volumen de facturación (consumo) anual.

$$D = \frac{Vol.Facturado}{Población\ medida} *2,74$$

Donde:

D:	Consumo de agua per cápita (l/hab/día)
Vol.Facturado:	Volumen total facturado (m^3/año)
2,74:	Factor de conversión de unidades

Población medida: Es la población que entra dentro de la cobertura de micromedición, este valor puede obtenerse multiplicando el número de conexiones por el índice de habitantes por conexión.

Finalmente, el valor del coeficiente de retorno puede ser asumido como 0,80 salvo que la EPSA cuente con estudios previos que ayuden a definir un valor más acorde a su realidad.

Ejemplo. La EPSA, reporta un volumen de agua facturado de 6.164.077 m^3, un total de conexiones de agua de 21.905, una cobertura de alcantarillado de 60,35% y su índice de habitantes por conexión de 6.

De acuerdo a estos valores, se tiene el cálculo de la dotación de la siguiente manera:

$$D = \frac{6.164.077}{21.905*6}*2,74 = 128,5\ lppd$$

La población conectada (asumiendo que todas las conexiones de alcantarillado sanitario, conducen sus aguas a la PTAR), se estima con la siguiente relación:

$$P = 21.905*6*0,6035 = 79.318\ hab.$$

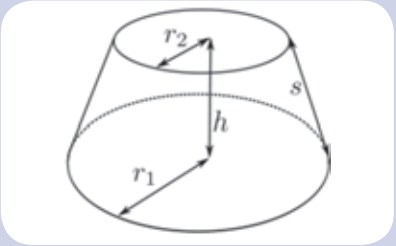
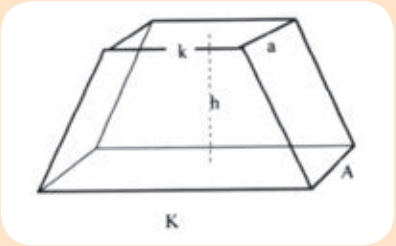
Finalmente, el valor del caudal medio de afluente a la PTAR, se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = \frac{0,8*79.318*128,5}{86.400} = 94,4\frac{l}{s} = 339,8\ m^3/h$$

ANEXO C
ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SOLIDOS Y LODOS

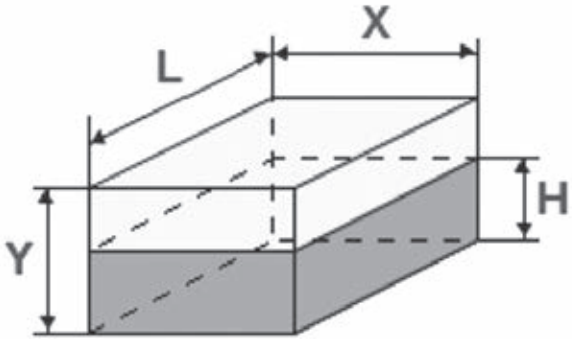
El volumen de lodos que es retirado durante el proceso de limpieza o purga de las diferentes unidades que comprenden el sistema de tratamiento de aguas residuales, puede ser estimado para su registro en las planillas proporcionadas u otras, a continuación se propone un par de métodos que pueden ser aplicados en esta labor:

1. Mediante conteo de las veces que son utilizadas las herramientas para el retiro o transporte de lodos:

Recipiente	Volumen	Fórmulas para el cálculo del volumen
	Balde: **20 [l]**	 $V = \frac{h\pi}{3}\ (r1^2 + r2^2 + ri*r2$
	Carretilla de: 4 ft³ (Nom) = **65 [l]** 5 ft³ (Nom) = **80 [l]** 6 ft³ (Nom) = **100 [l]**	 $V = \frac{h}{6}\ [A(2k + K) + a(2K + k)]$
	Bolsa de yute parcialmente llena: **40 [l]**	

2. Midiendo la altura de lodo acumulado antes de proceder a la limpieza, y multiplicando éste por el área superficial.

$$V = L*X*H$$



Estos métodos son aplicables para PTAR menores, ya que grandes volúmenes de lodos requerirán de otro tipo de dispositivos de medición como caudalímetros o macro medidores.

AAPS

Autoridad de Fiscalización y Control Social
de Agua Potable y Saneamiento Básico

OFICINA CENTRAL LA PAZ
Av. Mariscal Santa Cruz Nº 1392 - Edificio Cámara Nacional de Comercio
Piso 16 Teléfono: (2) 2310801 - Fax: (2) 2310554

OFICINA REGIONAL COCHABAMBA
Calle Av. Santa Cruz Nº 1451 entre calle Portales y Esq. Buenos Aires
Edificio Vargas 2do. Piso - Teléfono: (4) 4660320

OFICINA REGIONAL SANTA CRUZ
Calle Teniente Rivero Nº 225 media cuadra del Segundo Anillo
Teléfono: (3) 3327729 - Fax: (3) 3485369

800-10-3600 / LÍNEA GRATUITA NACIONAL

www.aaps.gob.bo

AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT