

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO DE
JARDINES DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

JULIO CÉSAR RAYMI ROMÁN

LIMA – PERÚ

2023

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales del presente trabajo
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO DE JARDINES DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.ana.gob.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	flowen.com.pe Fuente de Internet	1%
4	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
5	CONSULTORA DE GESTION INTEGRADO Y AUDITORIA AMBIENTAL E.I.R.L.. "EIA-SD de Incremento de Capacidad de la Planta de Congelado de 103 t/día a 163.64 t/día, Ubicado en el Distrito de San Juan de Miraflores, Lima-IGA0008010", R.D. N° 011-2019-PRODUCE/DGAMPA, 2020 Publicación	<1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO DE
JARDINES DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. JULIO CÉSAR RAYMI ROMÁN

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dra. LIA RAMOS FERNÁNDEZ

Presidente

Mg. Sc. ROSA MARIA MIGLIO TOLEDO

Asesor

Dr. JOSUÉ ELIEZER ALATA REY

Miembro

Dra. TAICIA HELENA NEGRIN MARQUEZ

Miembro

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de suficiencia profesional es dedicado a los seres que amo, ya que sin la motivación que ellos me transmiten y toda la experiencia de vida que alcancé gracias a ellos, no podría llegar a cumplir este gran reto. Por estos motivos, se lo dedico a mi familia nuclear, el amor de mi vida Yessenia Díaz Gutiérrez, mis queridos hermanos Luis Eduardo y Marcela Cecilia, y finalmente a mis tres grandes amores en el cielo, mi hijo Gael Raymi Díaz, mis padres Luis y Cecilia, mis ángeles que me acompañan siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo de los responsables de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para el riego de los jardines del distrito de San Miguel, ya que me facilitaron información técnica para el logro del presente trabajo de suficiencia profesional para optar mi título. Asimismo, agradezco a la profesora asesora Rosa Miglio, a quien admiro y respeto mucho, y gracias a su guía e importantes consejos pude lograr terminar este trabajo. También debo de agradecer al decano Dr. Abel Mejía Marcacuzco, al personal administrativo, tanto de la facultad como de la oficina de estudios, quienes tuvieron la paciencia necesaria, me brindaron todas las facilidades y la atención debida y oportuna para lograr la gestión necesaria para optar por esta modalidad de titulación. Finalmente, debo agradecer también a los ingenieros designados como jurados, porque estoy seguro que gracias a sus importantes aportes lograré enriquecer este trabajo, que fue un reto debido a situaciones personales y a las muchas responsabilidades del trabajo municipal que bajo la coyuntura que vivimos nos demanda mucho tiempo.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problemática	1
1.2. Objetivos	2
II. REVISIÓN LITERARIA	3
2.1. Importancia del recurso hídrico	3
2.2. Demanda de agua para áreas verdes	3
2.3. Aguas residuales	3
2.4. Sistemas y procesos de tratamiento de aguas residuales	4
Marco legal	7
2.4.1 Priorización de inversiones.....	7
2.4.2 Calidad del agua residual.....	8
2.4.3. Operación y mantenimiento de las PTAR	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Demanda de agua de riego en el distrito.....	12
3.1.1. Caudal de Tratamiento de la PTAR II.....	12
3.1.2. Cálculo de la Demanda de agua para riego	13
3.2. Ubicación geográfica de la PTAR II.....	13
3.3. Descripción de la PTAR II y sus componentes	15
3.3.1 Obras Preliminares	17
3.3.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales II.....	17
3.3.3 Sistema de Impulsión y Distribución	21
3.4 Calidad del agua residual tratada	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	24
4.1. Cobertura de riego lograda con la PTAR 2	24
4.1.1. Demanda vs Oferta	24
4.1.2. Horarios para el riego	25
4.1.3. Actividades de supervisión del riego.....	25
4.1.4. Control de calidad de agua	25
4.2. Control de operación de la PTAR 2.....	26
4.2.1. Actividades de control	26
4.2.2. Debilidades en el control	27

4.3. Control del sistema de impulsión y distribución de la PTAR 2	29
4.3.1. Actividades de control	29
4.3.2. Debilidades en el control	29
4.4. Control de mantenimiento de la PTAR 2	30
4.5. Control documentario	31
4.6. Costos del agua residual tratada	33
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. BIBLIOGRAFIA.....	39
VIII. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Cálculo de la demanda.	13
Tabla 2: Características red complementaria de alcantarillado.	17
Tabla 3: Parámetro de diseño de la PTAR San Miguel II.	17
Tabla 4: Calidad del efluente tratado.....	18
Tabla 5: Características líneas de impulsión de agua tratada.	22
Tabla 6: Frecuencia de Mantenimiento	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Oferta / demanda de agua y escasez hídrica	3
Figura 2: Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	5
Figura 3: Distribución de la demanda de riego, distribuido en áreas verdes.....	12
Figura 4: Ubicación de la PTAR II en el Distrito de San Miguel.	14
Figura 5: Etapa del proceso de tratamiento de la PTAR II, del distrito de San Miguel.	16
Figura 6: Áreas verdes totales vs áreas que cubre riego la PTAR 2.....	24

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Resumen de áreas de parques y bermas regados con agua residual tratada.	41
Anexo 2: Resultados del análisis de calidad de agua del agua tratada.	44
Anexo 3: Carta de Aguas San Miguel para sustentar el servicio.....	45
Anexo 4: Reporte mensual presentado por la empresa concesionaria.....	46
Anexo 5: Factura de la PTAR II por el mes de Julio.....	47
Anexo 6: Importe facturado por el consumo de agua potable por el riego de parques	48
Anexo 7: Acuerdo de Concejo N° 065 – 2013 - MDSM.	50
Anexo 8: Frecuencia. Operatividad y mantenimiento de la infraestructura de tratamiento.51	
Anexo 9: Cumplimiento de estándares de calidad del agua tratada.	52
Anexo 10: Evaluación de cumplimiento de parámetros por la PTAR II.....	53
Anexo 11: Cumplimiento de medidas de protección ambiental según EIA.....	54
Anexo 12: Evaluación según los manuales de operación y mantenimiento de la PTAR II.55	
Anexo 13: Cámara de rejas o criba.....	56
Anexo 14: Equipo compacto que separa las áreas, residuos sólidos y grasas	57
Anexo 15: Reactores biológicos (donde se incorpora los carrier).....	58
Anexo 16: Biofiltros o carrier.....	59
Anexo 17: Clarificador	60
Anexo 18: Baterías de filtros de membrana	61
Anexo 19: Sistema de retrolavado para el mantenimiento de los filtros.....	63
Anexo 20: Reservorio de 1200 m ³	64
Anexo 21: Prueba Hidráulica en punto de toma del parque	65
Anexo 22: Medición del manómetro	66

RESUMEN

La municipalidad de San Miguel ha venido desarrollando proyectos en los últimos años, y ejecutando obras que se orientan al mejoramiento del ornato y conservación de las áreas públicas, cuyo fin es la conservación y mejora de la calidad de vida de la población del distrito. Por ello, a través del mecanismo de financiamiento de Asociación Público-Privada (APP), firma el contrato de concesión para el tratamiento de aguas residuales con fines de reúso para el servicio de riego de parques y jardines del distrito. El contrato se firmó con la empresa Aguas de San Miguel S.A.C en el año 2011, y tiene una vigencia de 30 años. En él se estipula que la empresa concesionaria se debe encargar de la elaboración del expediente técnico y estudio de impacto ambiental, de la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Miguel II (PTAR II) y de la instalación de las líneas de impulsión para la distribución del agua tratada a los 49 parques y cinco avenidas del distrito; asimismo debe encargarse de la operación y mantenimiento de la PTAR II. Durante el periodo de concesión, la municipalidad pagará mensualmente a la empresa por el tratamiento y distribución del agua tratada en los parques y avenidas seleccionadas. Bajo el escenario actual de escasez de agua dulce a nivel mundial, las ciudades costeñas de nuestro país tienen que afrontar esta problemática, por lo cual resulta una buena alternativa el tratamiento y reúso de las aguas residuales, porque se evita el uso indiscriminado del agua potable. La tecnología instalada quedará para la municipalidad al término del periodo del contrato, y se ha determinado un ahorro de 32,286.07 soles mensuales por el uso del agua residual tratada, ya que el importe facturado por Aguas de San Miguel es de S/. 123,467.33 y el monto que se pagaba a SEDAPAL para el riego de jardines era de S/ 155,753.40.

Palabras clave: Planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR, municipalidad de San Miguel, operación y mantenimiento.

ABSTRACT

The municipality of San Miguel has been developing projects in recent years, and executing works aimed at improving the ornamentation and conservation of public areas, whose purpose is the conservation and improvement of the quality of life of the district's population. Therefore, through the Public-Private Partnership financing mechanism, it signed the concession contract for the treatment of wastewater for reuse for the irrigation of parks and gardens in the district. The contract was signed with Aguas de San Miguel S.A.C. in 2011 and is valid for 30 years. The contract stipulates that the concessionaire is responsible for preparing the technical file and environmental impact study, building the San Miguel II Wastewater Treatment Plant and installing the impulsion lines for distributing treated water to the district's 49 parks and five avenues; it is also responsible for operating and maintaining. During the concession period, the municipality will pay the company monthly for the treatment and distribution of treated water to the selected parks and avenues. In the current scenario of worldwide freshwater scarcity, our country's coastal cities have to face this problem, which makes wastewater treatment and reuse a good alternative because it avoids the indiscriminate use of potable water. The installed technology will remain for the municipality at the end of the contract period, and a saving of 32,286.07 soles per month has been determined for the use of treated wastewater, since the amount billed by Aguas de San Miguel is S/. 123,467.33 and the amount paid to SEDAPAL for garden irrigation was S/. 155,753.40.

Key words: Wastewater treatment plant, municipality of San Miguel, operation and maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

La demanda de servicios básicos de agua y desagüe en las ciudades costeñas del país es elevada, debido a su natural crecimiento poblacional; además de la migración de la población rural hacia las áreas urbanas, y el desmesurado ingreso de extranjeros a nuestras ciudades. Todo ello genera un incremento en la producción de las aguas residuales y conlleva el problema de su disposición final al medio ambiente. Por otro lado, la escasez de los recursos hídricos para la agricultura, como para el riego y para el riego y mantenimiento de áreas verdes genera también una problemática por su falta de disponibilidad.

En el Perú existen 202 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), de las cuales 171 están operativas y solo el dos por ciento es administrado por operadores privados a través de contratos de concesión o convenios. De las 171 plantas de tratamiento operativas, el 50% reusa las aguas tratadas y solamente 8 plantas la reutilizan para el riego de áreas verdes urbanas (SUNASS, 2022). En el distrito de San Miguel, se cuenta con dos PTAR para aguas residuales domésticas, las cuales suministran agua tratada para el riego de jardines. Esta agua debe cumplir con la normativa para reúso, y/o con las Directrices de la OMS sobre calidad del agua residual para reúso.

La construcción de las dos PTAR en el distrito de San Miguel se ejecutó en los años 2015 y 2016 respectivamente. Actualmente la primera planta (PTAR I) produce 250 metros cúbicos por día, y la segunda (PTAR II) 800 metros cúbicos por día. El presente trabajo tuvo como objetivo describir los procesos de operación y mantenimiento de la PTAR II; así como determinar si la alternativa de concesión y compra del agua residual tratada, es más económica que el uso del agua potable.

La PTAR I entrega el agua residual tratada a un reservorio de concreto armado enterrado de 54 m³, desde donde se extrae el agua mediante un sistema de bombeo automatizado, y se

distribuye a través de un sistema de riego por aspersión móvil en toda la berma central de la avenida Precursores.

La PTAR II distribuye el agua residual tratada a 49 parques y bermas centrales de 5 avenidas principales en San Miguel: La Mar, Universitaria, Leyendas, Brígida Silva y La Marina. Para ello existe un sistema de bombeo, cuyo cabezal de riego incluye 4 electrobombas que brindan una presión a cada uno de los puntos de toma de agua en cada uno de los parques y bermas antes mencionadas, para el riego de áreas verdes.

La construcción de estas dos Plantas de Tratamiento en el distrito de San Miguel se realizó bajo la modalidad de proyectos de Asociación Público Privado (APP), los cuales son importantes para el desarrollo y ejecución de obras de este tipo, con una inversión en capacidad instalada de una importante tecnología tanto para los procesos de tratamiento como para el monitoreo y control de estos procesos.

1.2.Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo describir los procesos de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR II, ubicada en el parque Juan Pablo II del distrito de San Miguel y el reúso del agua residual tratada en el riego de áreas verdes del distrito. Los procesos de tratamiento y equipos utilizados en cada una de las etapas del tratamiento de aguas residuales y posterior reúso en el riego de áreas verdes del distrito de San Miguel. Además de comparar el costo del suministro de agua potable con el costo del suministro de agua residual tratada para el riego de áreas verdes del distrito de San Miguel.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1.Importancia del recurso hídrico

Las Naciones Unidas estableció el valor $1\,700\text{ m}^3\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ como el umbral mínimo del “índice de escasez de agua intermitente o localizada” debajo del cual se define un estado de “estrés hídrico”. De la misma manera, el valor de $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ es el umbral del “índice de escasez de agua crónica” que determina una situación de “Escasez Hídrica”. Perú tiene una disponibilidad media nacional de $64\,000\text{ m}^3\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; sin embargo, el valor para habitantes en las cuencas Chillón–Rímac–Lurín alcanza una disponibilidad de $125\text{ m}^3\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; lo cual indica que el país enfrenta una escasez hídrica (UNESCO, 2005 citado por MINAGRI 2018).

La potabilización del agua para Lima y Callao es compleja y costosa, por las altas concentraciones de metales procedentes de la minería y de la industria. La producción media anual de agua potable equivale a $23,5\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (ANA, 2015 en MINAGRI 2018).

Existe una variabilidad temporal y espacial en la disponibilidad y usos del agua en las regiones geográficas del Perú, que se agrava con un crecimiento poblacional desigual (ANA, 2013 en MINAGRI 2018). En la Figura 1 se observa como la disponibilidad del agua del río y agua potable satisfacen su demanda en el pasado, en el presente la disponibilidad del agua potable es menor a la demanda actual y finalmente en el futuro la disponibilidad del agua de río no cubriría la demanda futura.

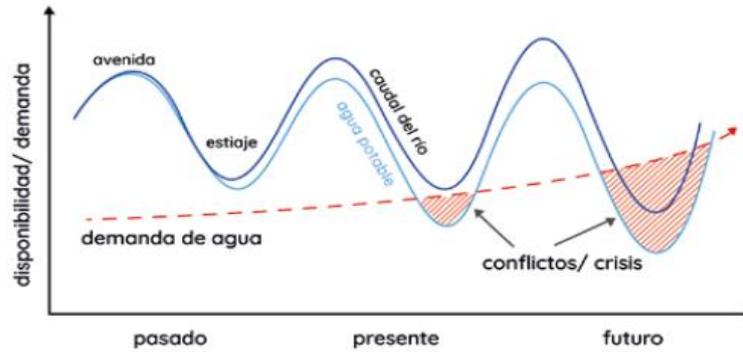


Figura 1: Oferta / demanda de agua y escasez hídrica

Fuente: Kaser et al. (2004) en MINAGRI 2018

2.2. Demanda de agua para áreas verdes

Según el Plan de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica (PEAIE-2015) elaborado por la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML-2014), se estimó que el área verde útil habilitada para riego en los 43 municipios distritales de Lima acumulaba 2 715 ha, y que la demanda de agua asociada alcanzaba 2 361 L.s⁻¹.

La principal fuente para atender esta demanda era el río Rímac (a través de los canales), ya que el Chillón y Lurín se destinan, principalmente, al uso poblacional y agrícola. Esta fuente sólo cubre el 50% de la demanda. Las otras fuentes son:

- Aguas residuales tratadas (20%); a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), públicas y privadas.
- Agua Potable (30%): suministrada por conexiones domiciliarias de SEDAPAL y camiones cisterna que captan el agua de pozos municipales o privados ubicados en los valles de Chillón o Lurín.

Según el ANA (2015), en Lima Metropolitana existe un total de 24 PTARs municipales cuyos efluentes son destinados al riego de áreas verdes.

2.3. Aguas residuales

Zarza (2023) menciona que cualquier agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica, es agua residual. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su

calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. Según la UNESCO (2017), el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, siendo uno de los grandes desafíos del agua.

OEFA (2014) menciona que las aguas residuales son aquellas, cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

El agua residual no es un desecho; pueden recuperarse y obtenerse varios recursos a partir de ella: agua, energía, biosólidos y nutrientes, puede satisfacer la demanda de diferentes sectores, incluida la industria y la agricultura, incluso llegar a reutilizarse como agua potable. El tratamiento del agua residual es una solución al problema de escasez de agua, y también para el problema de seguridad hídrica, puesto que se liberan recursos hídricos para otros usos o para su conservación.

Así también el Decreto Supremo N°001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos en el inciso a) del Artículo 131 define las aguas residuales como aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo.

Según el informe de la ONU (2017), indica que en un mundo donde la demanda de agua potable crece y los limitados recursos hídricos se estresan por la sobre extracción, la contaminación y el cambio climático, desaprovechar las oportunidades de una mejor gestión de las aguas residuales es impensable en el contexto de una economía circular.

2.4.Sistemas y procesos de tratamiento de aguas residuales

Las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales urbanas constan de tres elementos principales:

- Recogida y conducción de las aguas residuales hasta la estación de tratamiento.
- Tratamiento de las aguas residuales propiamente dicho.
- Evacuación de los productos resultantes del tratamiento: efluentes depurados y lodos.

Para que las aguas residuales municipales puedan alcanzar una aptitud microbiológica y fisicoquímica para el reúso, es necesario someterla a procesos de tratamiento los cuales contarán con objetivos de remoción específicos para un determinado elemento.

En la Figura 2 se presenta un tren de tratamiento, aplicable a las aguas residuales domésticas.

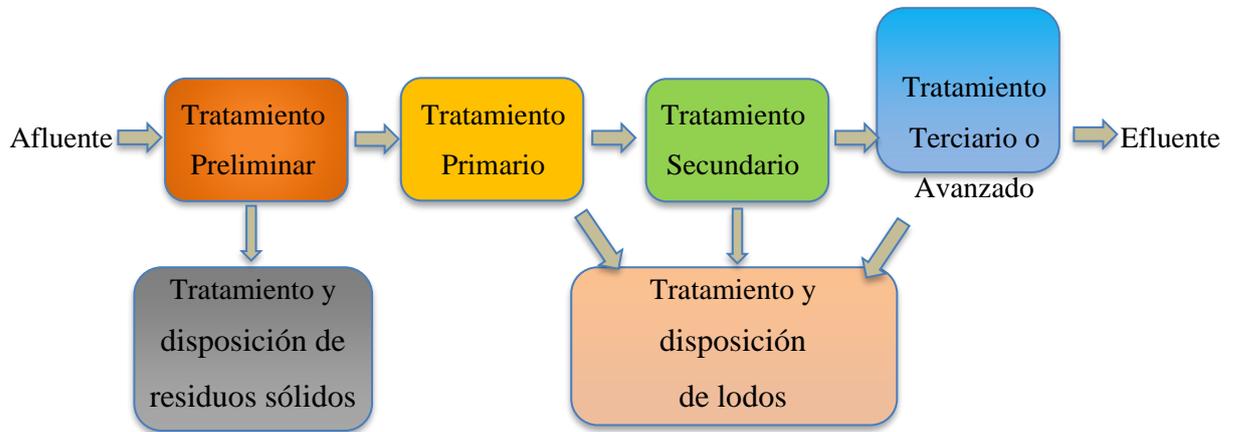


Figura 2: Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Proyecto Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos en Zonas Urbanas al Cambio Climático con la Participación del Sector Privado (2018).

Moscoso (2016), define cinco etapas para el tratamiento de aguas residuales:

- **Pre-tratamiento:** Permite la retención de sólidos gruesos y arenas mediante cribas o rejillas y desarenadores respectivamente, el objetivo es separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, de esta manera se evita problemas en las etapas posteriores. Dentro del pretratamiento se incluyen las operaciones de separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado y desarenado - desengrase.
- **Tratamiento primario:** Es un proceso para sedimentar sólidos finos mediante un sedimentador primario (tanques sépticos e Inhoff). Loose,2015 en Moscoso 2016 menciona que el tratamiento primario remueve considerablemente la materia en suspensión, sin incluir la materia coloidal o disuelta. En el tratamiento primario se produce lodo orgánico que requiere un tratamiento (estabilización) adicional.
- **Tratamiento secundario:** Busca remover los sólidos disueltos, generalmente bajo la forma de materia orgánica soluble (DBO soluble). Normalmente el efluente de esta etapa alcanza los niveles de calidad en sólidos y DBO, normados para disponerlos en los

ambientes naturales. El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se consiga la eliminación de materia orgánica, se realiza con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias) que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

- **Tratamiento terciario:** Para efluentes que no son aptos para su disposición por tener elevadas concentraciones de patógenos y nutrientes, que pueden impactar a la salud y el ambiente. Se trata de procesos para la remoción de los nutrientes y desinfección. Los tratamientos terciarios (conocidos también como tratamientos avanzados, más rigurosos, complementarios, etc.) permiten obtener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados. La eliminación de materia particulada y coloidal presente en los efluentes depurados puede lograrse mediante la aplicación de tratamientos fisicoquímicos (coagulación, floculación) y la posterior etapa de separación (decantación, filtración).
- **Tratamiento de lodos:** Los lodos o fangos generados en el tratamiento primario y secundario de las aguas residuales son estabilizados y deshidratados para su disposición final, mediante espesadores, digestores y lechos de secado. Cabe distinguir entre lodos primarios (sólidos decantados en el tratamiento primario) y lodos secundarios o biológicos (sólidos decantados en el clarificador tras el paso de las aguas por el reactor biológico).

Existen varios sistemas que realizan la sedimentación, tales como los tanques sépticos, tanques Imhoff, sedimentadores primarios, tanques de flotación y tamices rotatorios. Esta sedimentación puede reducir de 20 a 40 % de materia orgánica y 40 a 60 % los sólidos. El tratamiento secundario está orientado a la remoción de la materia orgánica disuelta mediante procesos biológicos realizados por biomasas de bacterias en suspensión o adheridas a sustratos, bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas. En ese sentido hay que destacar los dos grandes grupos de procesos aeróbicos y anaeróbicos.

En el tratamiento terciario al agua biológicamente tratada es sometida principalmente a procesos de remoción de huevos de parásitos para su posterior desinfección final. En estos procesos se generan lodos, la legislación actual DS N°015-2017-VIVIENDA señala que

los lodos deben ser estabilizados y dispuestos correctamente, o reutilizados como biosólidos. Actualmente no existe una norma nacional específica para el reúso de agua residual, por lo que se utiliza como referencia las directrices de la OMS (1989) y Guías de la EPA (2012).

Marco legal

Según el diagnóstico de plantas de tratamiento de aguas residuales, SUNASS (2022), mencionan el marco legal de la siguiente manera:

2.4.1 Priorización de inversiones

– Criterios de priorización del sector saneamiento

En cumplimiento de lo dispuesto por el Decreto Legislativo 14325, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), mediante la Resolución Ministerial 013-2020-VIVIENDA, aprueba los “Criterios de Priorización Sectoriales” para la asignación de recursos a proyectos de inversión en el sector Saneamiento.

Dichos criterios son aplicados en la fase de Programación Multianual de Inversiones en los tres niveles de gobierno y son de aplicación obligatoria a las solicitudes de financiamiento a los proyectos de inversión que se presenten en el marco de la normatividad vigente.

– Financiamiento del sector Saneamiento

Actualmente el estado peruano financia las inversiones de proyectos de saneamiento (agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales); principalmente, a través de transferencias (subsidios) del Gobierno nacional a los gobiernos regionales, locales y prestadores de servicios. Para ello aplica los criterios de priorización, aunque en algunos casos el MVCS directamente contrata la ejecución de obras.

Otro mecanismo de financiamiento es a través de las asociaciones público-privadas (APP), que son modalidades de participación de inversión privada para desarrollar, ejecutar, operar o mantener la PTAR a través de contratos de concesión.

2.4.2 Calidad del agua residual

– Ley de Recursos Hídricos

Los capítulos VI y VII de la Ley de Recursos Hídricos y su reglamento regulan el procedimiento para la obtención y autorización de vertimiento de agua residual tratada a un cuerpo de agua o su reúso; y define a la Autoridad Nacional del Agua como responsable del control de los vertimientos y reúso autorizados. A través de esta norma se prohíbe el vertimiento de las aguas residuales tratadas a cuerpo de aguas marítimas o continentales, sin la autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Establece además que, para obtener la autorización de vertimiento del efluente de la PTAR a un cuerpo natural, se deben cumplir los Límites Máximos Permisibles (LMP), con excepción de plantas de tratamiento preliminar avanzado, cuyo efluente se descargue mediante emisor submarino, así como asegurar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA-Agua) en el cuerpo de agua receptor.

Para obtener la autorización de reúso de las aguas residuales tratadas, se debe contar con el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) aprobado por la autoridad ambiental sectorial de la actividad a la que se destine el reúso, y se viene adoptando como criterio técnico general, para el reúso en riego, el cumplimiento de las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

No obstante, ante la realidad que la mayoría de los prestadores carecen de sus IGA y los efluentes de sus PTAR incumplen los LMP, consideró necesario establecer medidas para la adecuación progresiva de los prestadores de servicios de saneamiento a las disposiciones contenidas en los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley de Recursos Hídricos; es así que el Estado promulgó el Decreto Legislativo 1285 otorgando un plazo no mayor de nueve (9) años para la adecuación progresiva a la autorización de vertimiento y la aprobación de los respectivos IGA.

– Límites Máximos Permisibles (LMP)

De acuerdo con el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP es “la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. Definen la calidad del efluente de las PTAR

cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables. Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento.

Las empresas prestadoras deben reportar al MVCS el cumplimiento de los LMP y efectuar el monitoreo frecuente del afluente y efluente de sus PTAR, según el protocolo de monitoreo señalado en la Resolución Ministerial 273-2013-VIVIENDA. Este protocolo define: los puntos de la toma de muestras, los parámetros que se deben monitorear en el afluente y efluente de la PTAR, la frecuencia del monitoreo y el procedimiento de la toma de muestras y el análisis de las muestras.

Cabe mencionar que la exigencia normativa no limita a las empresas prestadoras a efectuar la medición de parámetros adicionales o ampliar la frecuencia de algunos parámetros dentro de sus programas de operación y control de los procesos de tratamiento de las PTAR. Asimismo, según el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, la fiscalización del cumplimiento de los LMP está a cargo del MVCS, a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA). Por lo expuesto, es necesario que las empresas prestadoras consideren dentro de sus costos anuales, la toma y análisis de los LMP, el cual debe efectuarse con un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), a fin de cumplir con la normativa vigente. En el marco de esta función, el MVCS, mediante el Decreto Supremo 024-2017-VIVIENDA, aprueba la tipificación de infracciones administrativas y escala de sanciones en materia ambiental en el sector Saneamiento.

– Estándares de Calidad del Agua (ECA-Agua)

El Decreto Supremo 004-2017-MINAM compila las disposiciones aprobadas mediante los decretos supremos 002-2008-MINAM, 023-2009-MINAM y 015-2015-MINAM que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecen el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.

Cuando se vierte el efluente de la PTAR al cuerpo receptor de agua, se origina una zona de mezcla, luego de la cual, el cuerpo receptor de agua debe cumplir los valores del ECA-Agua, que dependen de la categoría de uso del cuerpo receptor.

El control de los vertimientos autorizados está a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que es la responsable de la caracterización del cuerpo receptor, información necesaria para evaluar si la tecnología de la PTAR permite el cumplimiento de los ECA-Agua, según el protocolo de monitoreo del ANA establecido con Resolución Jefatural 010-2016-ANA.

– Valores Máximos Admisibles (VMA)

El Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA regula las descargas de aguas no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario y establece los Valores Máximos Admisibles (VMA). En este decreto se definen los VMA como aquella concentración de determinados parámetros físicos o químicos, contenidos en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario y que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a la infraestructura y equipos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

– Niveles de calidad del agua residual tratada con fines para riego

Actualmente, para la evaluación de solicitudes de autorización del reúso de efluentes tratados, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en virtud a lo dispuesto en el artículo 150 del reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, que señala que para la evaluación de las solicitudes de autorización de reúso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o que, en su defecto, se utilicen las guías de la OMS. Con relación al control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas para riego, el mencionado reglamento señala que le corresponde a la Autoridad Administrativa del Agua. En el caso del reúso para riego de parques y áreas verdes de uso público es vigilado por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DGAA-MVCS).

2.4.3. Operación y mantenimiento de las PTAR

La operación y mantenimiento de las PTAR está a cargo de los prestadores de servicios, que en el caso del ámbito urbano son las empresas prestadoras municipales casi en su totalidad,

y la fiscalización está a cargo de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

En ese sentido, la SUNASS cuenta con un marco normativo establecido en el Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento (RCPSS), aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo 11-2007-SUNASSCD y sus modificatorias, el cual regula la calidad de la prestación de los servicios de saneamiento a cargo de las empresas prestadoras.

Con relación al tratamiento de las aguas residuales, esta norma establece que las empresas prestadoras están obligadas a implementar acciones necesarias para controlar los procesos de tratamiento de las aguas residuales con la finalidad de asegurar la calidad del efluente para su disposición final, cumpliendo con las disposiciones sectoriales vigentes. Además, deben monitorear las descargas de los usuarios que pudieran afectar el servicio de alcantarillado sanitario e interferir en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Su fiscalización y sanción, lo que debe tenerse en cuenta respecto a los sectores a cargo de la autorización/fiscalización de vertimientos y cumplimientos de LMP.

– Monitoreo de los procesos de tratamiento de aguas residuales

Con la finalidad de asegurar el proceso de tratamiento de las PTAR, las empresas prestadoras deben cumplir con una frecuencia mínima de monitoreo y el registro de los principales parámetros operacionales. Las empresas prestadoras pueden realizar los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de monitoreo en sus propios laboratorios, aunque no estuvieren acreditados por el INACAL, toda vez que se efectúa para fines de control operacional; sin perjuicio que el cumplimiento de la frecuencia de monitoreo pueda complementarse con lo efectuado para el control de los LMP remitidos periódicamente a la DGAA-MVCS.

– Actividades mínimas de operación y mantenimiento en las PTAR

Las empresas prestadoras deben operar y mantener en condiciones adecuadas las PTAR, cumpliendo con realizar, como mínimo, las actividades señaladas o establecidas en el programa de operación y mantenimiento de las instalaciones, infraestructura y equipos de la PTAR.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Demanda de agua de riego en el distrito

El Distrito de San Miguel tiene 1,342,009.87 m² de áreas verdes distribuidos en: 607,713.11m² entre parques, plazas y boulevard, 466,855.00 m² de bermas centrales y laterales de avenidas, 92,253.94 m² de calles y jirones y 175,187.82 m² de retiros municipales.

En la actualidad el distrito de San Miguel cuenta con dos PTAR, las cuales contribuyen en cubrir parte de esta demanda para el riego de jardines en un 19.67 %, ver figura 3.

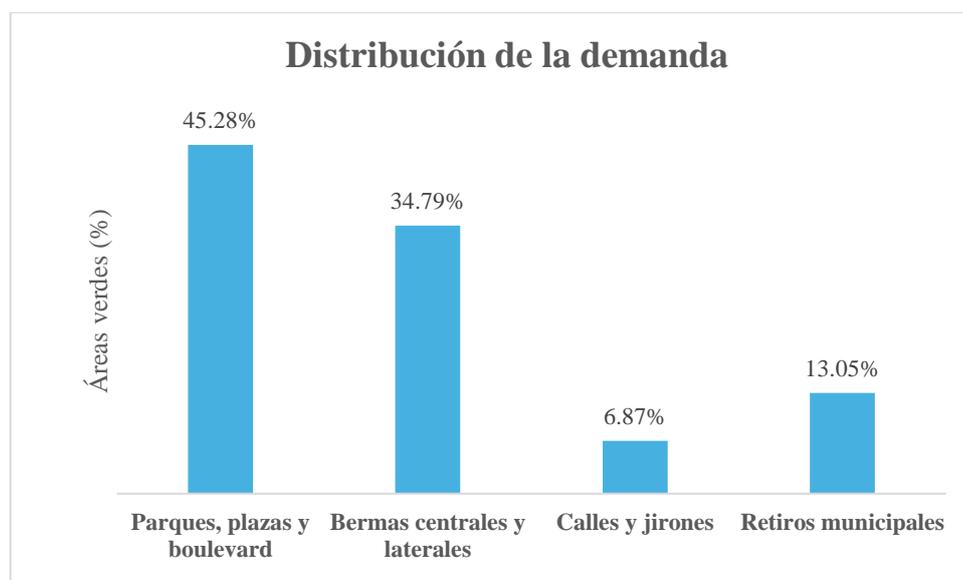


Figura 3: Distribución de la demanda de riego, distribuido en áreas verdes

3.1.1. Caudal de Tratamiento de la PTAR II

La PTAR II produce 800 m³ de agua residual diariamente, con la cual se riegan las áreas verdes de 49 parques y 5 bermas centrales de avenidas principales del distrito de San Miguel. Esto corresponde a un área de aproximada de 227,225.55 m², las cuales se presentan en el Anexo 1.

3.1.2. Cálculo de la Demanda de agua para riego

Inicialmente se determinó el caudal unitario de riego por metro cuadrado de área verde, dividiendo el caudal de consumo promedio total ($\text{m}^3.\text{día}^{-1}$) entre el área total (m^2). En la Tabla 1 se muestra el cálculo de la demanda (la distribución de caudales por área de influencia).

Tabla 1: Cálculo de la demanda.

Descripción	Unidad	Cantidad
Total de áreas verdes	m^2	227,226.55
Capacidad de la PTAR	$\text{m}^3.\text{d}^{-1}$	800.00
Caudal unitario de riego	$\text{l}.\text{m}^{-2}$	3.52
Caudal promedio	$\text{l}.\text{s}^{-1}$	9.26
Acero soldado en espiral	Hrs	12
Fierro Fundido		1.20
Caudal de bombeo	$\text{l}.\text{s}^{-1}$	22.20

Fuente: ECOPROJET.

El caudal promedio fue de $9.26 \text{ l}.\text{s}^{-1}$, equivalente a $800 \text{ m}^3.\text{día}^{-1}$, caudal con el que fueron diseñados todos los procesos de la planta de tratamiento. En cuanto a la determinación de los equipos de bombeo y los diámetros de las líneas de impulsión, estas se determinaron con un caudal de bombeo de $22.2 \text{ l}.\text{s}^{-1}$, es decir para el riego de parques consideró un periodo de 12 horas al día. Por lo tanto, el caudal de riego o máximo diario fue de $18.5 \text{ l}.\text{s}^{-1}$ lo que resulta de dividir 800000 litros entre 43200 segundos (lo que equivale a convertir 12 horas a segundos 3600×12); a este caudal se le ha multiplicado un factor 1.2 de acuerdo con el material de la tubería (fierro fundido) ver Tabla 1.

3.2. Ubicación geográfica de la PTAR II

La planta de tratamiento de aguas residuales PTAR II, se encuentra ubicada en el parque Juan Pablo II, en la esquina de las avenidas Riva Agüero y La Mar, en un área de 1210.30 m^2 . Cuenta con líneas de impulsión que permiten regar los parques y bermas de la poligonal comprendida entre la Av. Parque de las Leyendas, Av. La Mar, Av. Universitaria, Av. la Marina, Jr. General Juan José Salas, Jr. José de San Martín, Jirón Arica, Jirón Libertad, Av. Brígida Silva, Jr. Padre Guatemala, Av. Los Patriotas, calle Reque y Av. la Marina en el

distrito de San Miguel. En la Figura 4 se muestra la ubicación de la PTAR II, así como también de la línea de distribución y puntos de entrega del agua tratada.

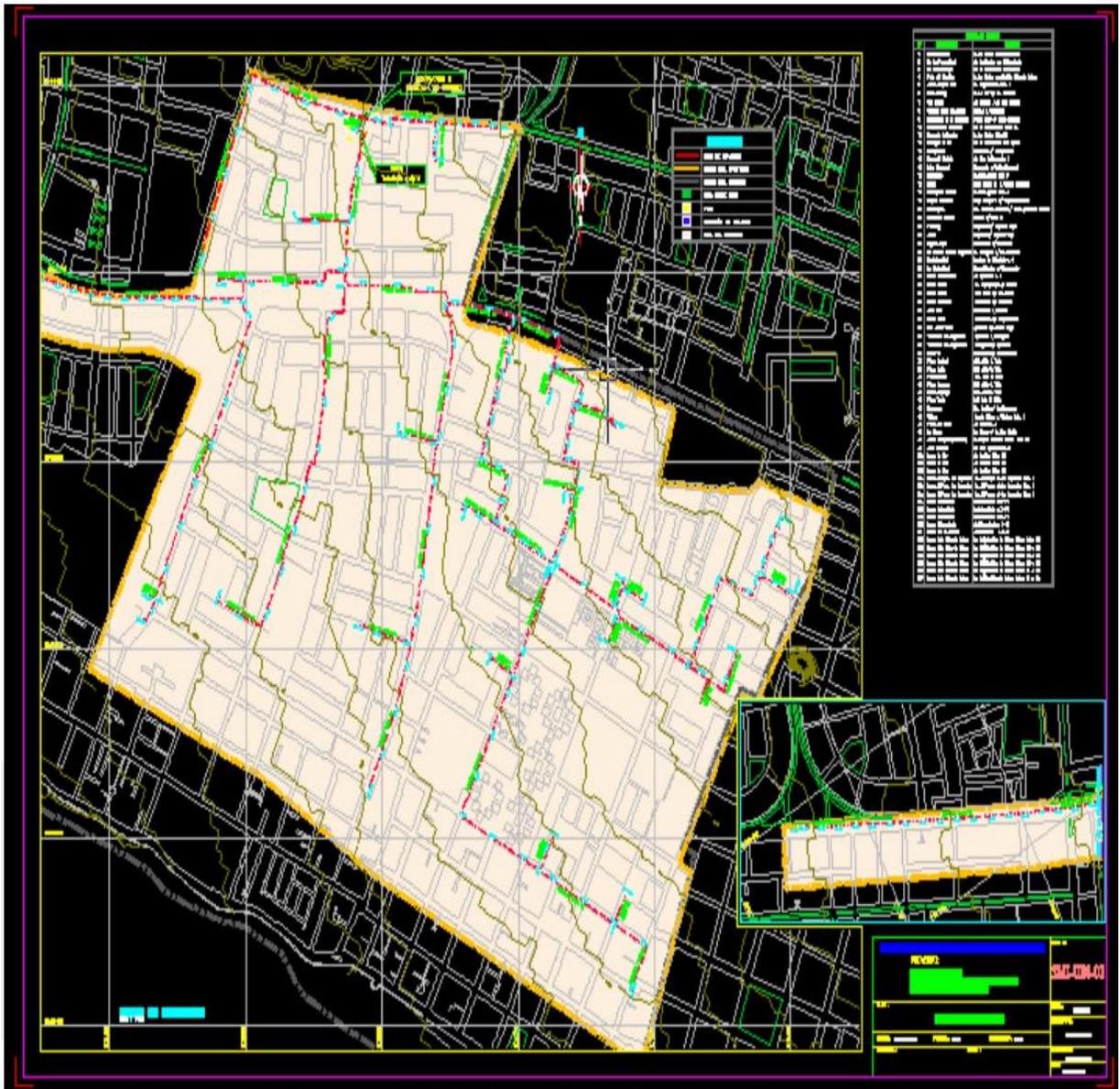


Figura 4: Ubicación de la PTAR II en el Distrito de San Miguel.

Fuente: ECOPROJECT.

3.3.Descripción de la PTAR II y sus componentes

La PTAR II produce 800 m³ de agua tratada por día lo cual se distribuye a 49 parques y 5 bermas de avenidas principales del distrito. El riego de las áreas verdes es competencia de la municipalidad. Para realizar el tratamiento es necesario captar el agua residual cruda desde la red de alcantarillado hasta la planta y para tales fines se cuenta con obras preliminares, luego se tiene la planta de tratamiento, seguidamente el sistema de impulsión y distribución y finalmente existe instalaciones complementarias, que se enumeran a continuación:

- Captación de aguas residuales domésticas.
- Red Complementaria.
- Pretratamiento mediante un equipo “Huber”.
- Tanque de homogeneización.
- Reactores biológicos.
- Mezclador.
- Sedimentador de placas.
- Cisterna de 50 m³.
- Filtros de anillas.
- Dosificador de cloro.
- Reservorio de 1200 m³.
- Sistema de impulsión y distribución de agua tratada
- Instalaciones complementarias: baño, cuarto eléctrico, cuarto de sopladores, cerco perimétrico y jardines interiores.

En la Figura. 5 se presenta el esquema de tratamiento en la PTAR II, donde se muestra la ubicación de todas las etapas, según su diseño. Por ejemplo, en la etapa inicial los sólidos provenientes de la cámara de rejillas son eliminados en bolsas y trasladados con un camión recolector de la EPS-RS hacia un relleno sanitario autorizado. En la etapa de pre tratamiento los sólidos provenientes del HUBER son eliminados en bolsas y llevados en el camión recolector de la EPS-RS hacia el relleno sanitario autorizado. En el caso del sedimentador de placas o clarificador tipo lamellas, donde los sedimentos o lodos producidos (al 1%) son evacuados a un relleno de seguridad autorizado, y finalmente en el reservorio de 1200 m³, los sedimentos y lodos exceso de caudal también se disponen a un relleno de seguridad autorizado. La EPS-RS es contratada por la empresa.

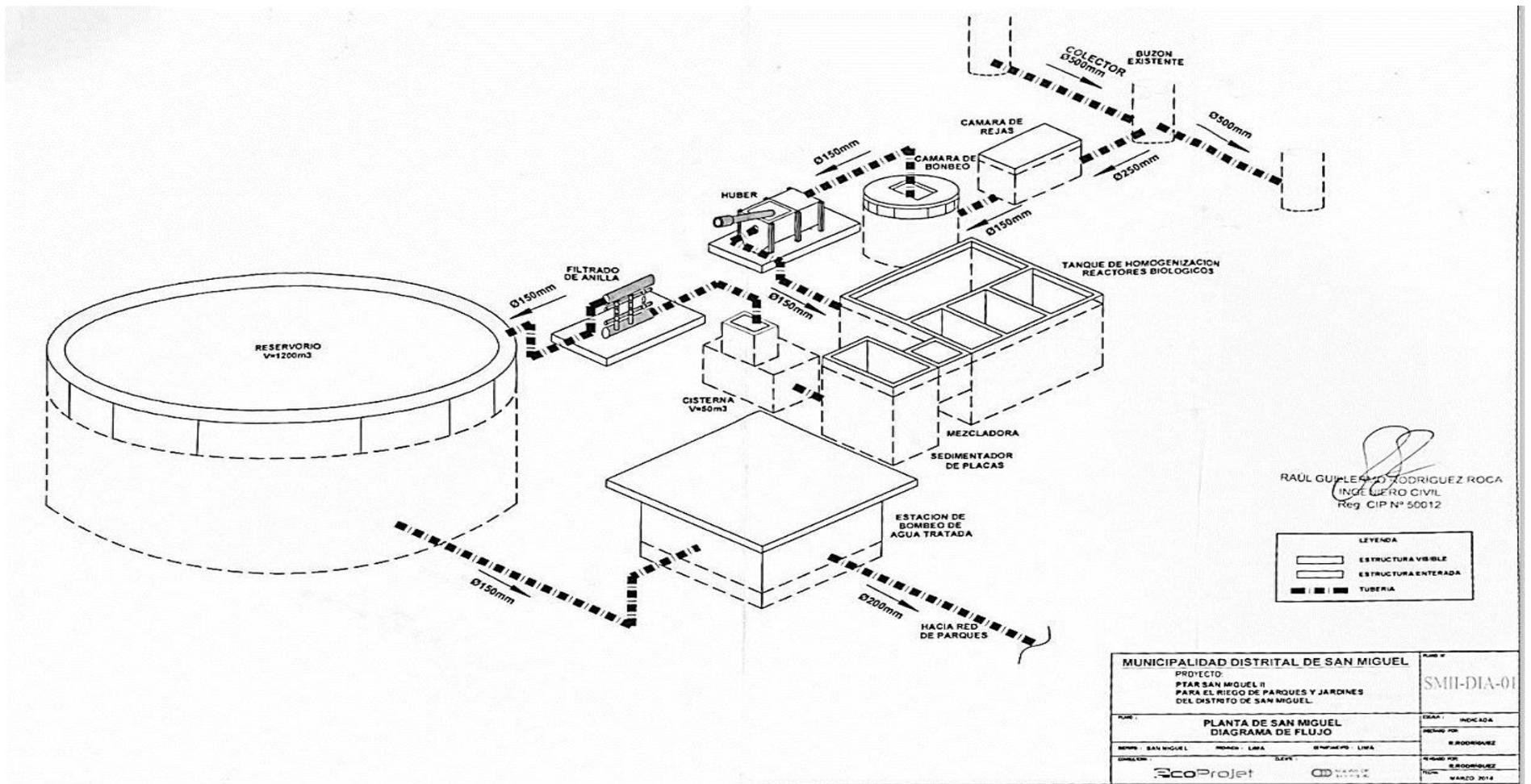


Figura 5: Etapa del proceso de tratamiento de la PTAR II, del distrito de San Miguel.

Fuente: ECOPROJECT.

3.3.1 Obras Preliminares

– Captación de Aguas Residuales

Las aguas residuales domésticas se captan en un buzón sobre el colector Universidad la Católica, con un DN 350 mm, el cual se encuentra ubicado en la Av. Riva Agüero esquina con Av. La Mar. El volumen captado es de 800 m³.día⁻¹.

– Red complementaria

Para la derivación de las aguas residuales captadas hacia la planta de tratamiento, se instaló una red complementaria de alcantarillado de 20 m de longitud y un DN 250 mm (Tabla 2). Esta red complementaria fue aprobada por el equipo de recolección y disposición final de SEDAPAL.

Tabla 2: Características red complementaria de alcantarillado.

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Serie
250	20.00	SN 4/ S 20
TOTAL	20.00	

Fuente ECOPROJET.

3.3.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales II

La planta de tratamiento San Miguel II tiene un sistema de tratamiento biológico mediante la tecnología MBBR o reactor de lecho móvil. Los parámetros de diseño y de calidad del efluente se mencionan a continuación, en tabla 3 y tabla 4:

Tabla 3: Parámetro de diseño de la PTAR San Miguel II.

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal	m ³ .día ⁻¹	800
Demanda química de Oxígeno	mg.L ⁻¹	800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg.L ⁻¹	400
Sólidos Suspendidos Totales	mg.L ⁻¹	350
Nitrógeno Total	mg.L ⁻¹	50
Aceite y Grasas	mg.L ⁻¹	< 40
pH	mg.L ⁻¹	6 - 8
Coliformes Termotolerantes	und	40,000.00
Coliformes Totales	und	50,000.00

Fuente: ECOPROJET.

Tabla 4: Calidad del efluente tratado.

Parámetro	Unidad	Valor
Demanda química de Oxígeno	mg.L ⁻¹	50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg.L ⁻¹	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg.L ⁻¹	10
Nitrógeno Total	mg.L ⁻¹	40
Coliformes Termotolerantes	und	1,000
Coliformes Totales	und	5,000

Fuente: ECOPROJET.

Los procesos y estructuras hidráulicas de la PTAR II son:

– **Cámara de bombeo de desagües**

Esta estructura tiene la finalidad de almacenar el desagüe doméstico que ingresa a la PTAR 2 para luego ser impulsada al sistema inicial del tratamiento. Está conformada por una cámara de rejas para sólidos gruesos, una cámara húmeda, donde ingresan los desagües para su impulsión, es allí donde se encuentran instaladas dos electrobombas que trabajan en forma alternada, en el anexo 13 se puede observar de rejas o criba.

– **Pretratamiento Equipo Huber**

Las aguas residuales procedentes de la red pública de desagües domésticos son pretratadas mediante un equipo mecánico que separa los sólidos, arena y materias grasas que están presentes en las aguas residuales, para evitar sobrecargar el sistema, en el anexo 14 se observa el equipo mecánico.

– **Tanque de homogenización**

Esta estructura hidráulica almacena y homogeniza las aguas pretratadas por el equipo HUBER. El tiempo de retención es de 3 horas y su función principal es la de regular el caudal de abastecimiento a los reactores. Esta estructura cuenta con dos electrobombas sumergibles de 2 HP que impulsan las aguas pretratadas hacia los reactores biológicos. El funcionamiento de estos equipos es alternado.

– **Reactores biológicos**

Los reactores biológicos están conformados por tres estanques o estructuras hidráulicas que tratan los desagües domésticos mediante la tecnología de MBBR; específicamente

son los reactores biológicos de lecho móvil con el proceso AGAR, en el anexo 15 se observa el reactor biológico.

El principio básico del proceso del lecho móvil es el crecimiento de la biomasa en soportes plásticos o bio portadores de biomasa (carriers). que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por un sistema de aireación (reactores aerobios), en el anexo 16 se puede observar los Carrier.

Los soportes son de material plástico con densidad próxima a 1 gr.cm^{-3} que les permite moverse fácilmente en el reactor incluso con porcentaje de llenado del 70%.

La biopelícula que se forma en las paredes del relleno se caracteriza por una mayor efectividad que los flóculos biológicos. A su vez, los soportes plásticos empleados contienen una elevada superficie específica por unidad de volumen. Estas dos particularidades hacen que los reactores de lecho móvil sean de un volumen mucho menor que los de fangos activados.

El crecimiento de la biopelícula en el soporte hace que las capas más internas entren en anaerobiosis haciendo que se desprenda parte de esta de forma automática; este hecho hace que la formación de biopelícula sea necesaria según la carga y, se dé de forma automática. A su vez estos sólidos desprendidos del soporte conforman el exceso de fangos que se tiene que extraer del sistema (purga de fangos) y por tanto no requiere una recirculación de los mismos al reactor. La operación de la planta es muy simplificada, ya que la extracción de fangos en exceso del reactor es automática y no requiere de una recirculación.

Los reactores biológicos se encuentran interconectados por un niple de tubería de 200 mm de acero inoxidable AISI 304 empotrada en el muro y a 1 m debajo del nivel de agua en la estructura hidráulica. Este niple cuenta en uno de sus extremos con una canastilla de fierro galvanizado que permite el paso del agua más no el paso de los accesorios (carrier) necesarios para este proceso de tratamiento.

Los reactores biológicos están compuestos por 3 zonas de igual capacidad (73.43 m^3). Cada reactor biológico tiene un sistema de aireación que cuenta con un sistema de tuberías

las cuales inyectan aire al cuerpo de agua, iniciándose así el proceso de degradación de la materia orgánica. El aire inyectado en cada zona de aireación proviene de 2 Sopladores GD de 20 HP de capacidad.

Posterior al proceso de degradación, se cuenta con un efluente el mismo que por gravedad pasa desde el tercer reactor hacia una caja de reunión o caja de mezcla rápida. Este componente cuenta con un vertedero; el cual genera una caída de agua que contribuye a la formación de una pequeña turbulencia que permite que este punto sea aprovechado para la adición del coagulante (sulfato de aluminio) previo a su ingreso al tanque de mezcla.

Es el tanque de mezcla rápida donde es producido tal como su nombre lo indica la mezcla del agua proveniente de los reactores con el coagulante, para ello cuenta con un motor de 0.5 HP de capacidad del cual acciona la paleta que permite la mezcla.

– **Clarificador Tipo Lamellas**

A diferencia de un clarificador convencional (circular) o simple, cuenta con una zona no turbulenta que brinda el tiempo suficiente a los sólidos suspendidos para que reposen y luego resbalen hacia el fondo de las estructuras, en el anexo 17 se muestra el clarificador. El clarificador tipo Lamellas es un equipo que haciendo uso de un procedimiento físico separa los sólidos del agua en un espacio menor al que pueda hacer un clarificador convencional (tercera parte de lo normal), para ello cuenta con placas inclinadas que a su vez utilizan un mínimo de espacio en comparación a los clarificadores convencionales.

Estos clarificadores son construcciones de acero al carbón con recubrimientos epóxicos internos y externos, o bien de acero inoxidable. Tienen una capacidad de tratamiento de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, así mismo en el fondo cuentan con una tubería para la salida de los lodos generados en el proceso de degradación y eliminación de la materia orgánica que los conecta hacia la cámara de bombeo de lodos. Desde el clarificador el agua tratada salió por gravedad hacia la cisterna de 50 m^3 que alimenta al sistema terciario.

– **Cisterna de 50 m³**

Esta cisterna tiene la finalidad de poder almacenar el agua proveniente del clarificador, esta estructura de concreto armado, utiliza dos electrobombas sumergibles de 4 HP de potencia, las cuales impulsan las aguas hacia el sistema de filtros.

– **Sistema de Filtros**

Este sistema de filtros tiene la finalidad de lograr una mejor eficiencia en cuanto a los sólidos en suspensión, bacterias, virus, endotoxinas y otros patógenos, y de esta manera logran un efluente óptimo para la desinfección lo cual cumplió con la normativa vigente respecto a aguas tratadas para el riego de parques y jardines, en el anexo 18 se observa los filtros.

El sistema de filtros implementado es denominado filtro de anillas y está diseñado para un caudal de 35 m³.h-1. Existe un sistema de retrolavado el cual se muestra en el anexo 19.

El agua filtrada es derivada mediante una tubería a presión hacia la cisterna de almacenamiento de 1200 m³, previa desinfección.

– **Reservorio semienterrado**

Esta estructura hidráulica de concreto armado tiene una capacidad de 1200 m³ para el almacenamiento de agua tratada que es utilizada para el riego de parques y jardines. Este reservorio es semienterrado, es decir enterrado 2 m y 3 m sobresalido del nivel del terreno y cuenta con un área de 254.47 m², en el anexo 20 se observa el reservorio.

3.3.3 Sistema de Impulsión y Distribución

Para el abastecimiento del agua tratada se cuenta con:

– **Cuarto de Electrobombas**

Estructura de albañilería confinada en cuyo interior se alojan los equipos electromecánicos que permiten la succión e impulsión del agua almacenada en el reservorio semienterrado, para el abastecimiento de los parques y bermas.

Está equipado con 4 electrobombas de caudal constante de $7 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ y 35 HDT, de los cuales operan un máximo de 3 electrobombas, mientras que una en reserva siempre alternándose.

– **Línea de Impulsión y Distribución**

Considerando el área de influencia del proyecto para la distribución del agua residual tratada hacia los parques aledaños, se instaló una línea de impulsión de 12724.01 m de tubería polietileno HDPE; la misma que cuenta con tramos de tuberías de 200 mm, 160 mm, 110 mm, 90 mm y 50 mm hacia los puntos de abastecimiento, con este cambio de diámetros se garantiza la presión necesaria en todos los puntos de la red de abastecimiento para más detalle tabla 5.

Tabla 5: Características líneas de impulsión de agua tratada.

Diámetro Nominal (mm)	Longitud (m)
200	358.04
160	538.71
110	889.76
90	3,419.96
50	7,517.54
Total	21,724.01

Fuente: ECOPROJET.

Es preciso indicar que en la línea de impulsión se ha instalado válvulas de aire (en puntos altos) y de purga (en puntos bajos) para facilitar su operación y mantenimiento.

– **Válvulas de aire**

Se ha instalado 8 válvulas de aire automáticas de triple efecto bridada. Estas válvulas se encuentran ubicadas en cámaras de concreto armado de tipo circular con diámetro interno de 1.5 m, con profundidad determinada por el perfil de la tubería instalada. Las cámaras cuentan con abertura para el ingreso de personal, con marco y tapa de hierro fundido dúctil con doble sistema de seguridad.

– **Válvulas de purga**

Asimismo, se han instalado 8 válvulas de purga. Estas válvulas se encuentran ubicadas en cámaras de concreto armado de tipo circular con diámetro interno de 1.5 m, con

profundidad determinada por el perfil de la tubería instalada. Las cámaras cuentan con abertura para el ingreso del personal, además de marco y tapa de fierro fundido dúctil con doble sistema de seguridad.

– **Válvulas de cierre**

Se han instalado 8 válvulas de cierre para una mejor operación y mantenimiento de la red de tubería de riego, con la finalidad de aislar los diversos ramales del sistema de redes. Estas válvulas de cierre son de tipo compuerta.

– **Válvula de alivio**

Dado que el sistema de abastecimiento fue por impulsión, se ha instalado una válvula de alivio en la red de distribución y tiene la finalidad de aliviar la presión cuando el fluido del agua tratada supera el límite preestablecido.

3.4 Calidad del agua residual tratada

La calidad del agua residual tratada es evaluada mensualmente con los resultados de análisis de parámetros de calidad de agua recomendados, de acuerdo con el ECA Agua DS 004-2017-MINAM calidad de agua realizada por la empresa Servicios Analíticos Generales SAC, cuyo laboratorio está acreditado ante INACAL. En el Anexo 2 se presenta el resultado del análisis de calidad de agua residual tratada del mes de Julio del 2023 y en el Anexo-8 se presenta la evaluación que realizo a estos resultados, con la finalidad de evidenciar si la empresa concesionaria está cumpliendo con los estándares de calidad de agua tratada establecidos en la normativa vigente a la fecha de cierre para su reutilización en usos recreacionales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Cobertura de riego lograda con la PTAR 2

4.1.1. Demanda vs Oferta

Para la subgerencia de parques y jardines la demanda son las áreas verdes del distrito de San Miguel expresada en m². En total la PTAR 2 produce 800 m³ diariamente de agua tratada, cubriendo la necesidad hídrica de un área de 227,226 m², equivalente a un 14.15% de las áreas verdes totales del distrito, (Figura 6).

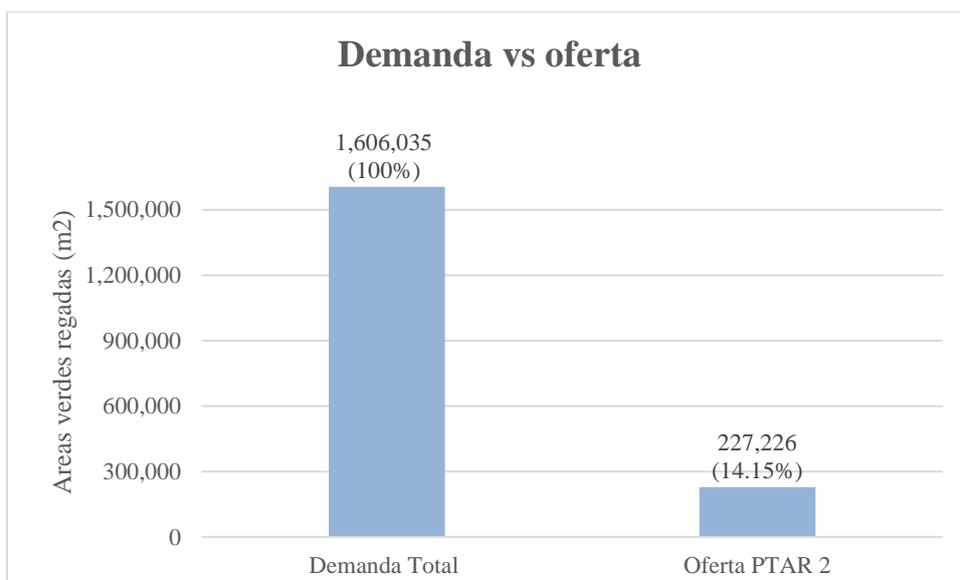


Figura 6: Áreas verdes totales vs áreas que cubre riego la PTAR 2

La oferta de agua para el riego de áreas del distrito se distribuye de la siguiente manera:

- Agua potable: se utiliza para regar un área de 401,855.33 m² lo que equivale al 29.94 % de la demanda total para riego.
- Agua subterránea: se utiliza para regar un área de 676,128.99 m² lo que equivale al 50.38 % de la demanda total para riego.

- Agua tratada: se utiliza para regar un área de 264,025.55 m² lo que equivale al 19.67 % de la demanda total para riego, ya que se cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales.

4.1.2. Horarios para el riego

El agua de la PTAR 2 es distribuida diariamente, en un horario establecido desde las 6:00 a.m. hasta las 2:00 pm, porque es el horario de trabajo del personal de la municipalidad responsable del mantenimiento de las áreas verdes del distrito.

4.1.3. Actividades de supervisión del riego

Controlar el caudal del agua tratada tomando lecturas diarias de tal manera que se pueda verificar que se cumpla con el tratamiento y distribución de 800 m³, en el anexo 21 y 22 se puede observar como se realizaban los trabajos de medición de caudal.

Visitas a cada uno de los puntos de entrega de agua tratada para verificar que la misma llegue sin alguna observación, caso contrario se coordina con el ingeniero responsable de planta para que se levante la observación presentada. En algunas ocasiones se ha evidenciado un menor caudal el cual se repone al día siguiente, así mismo cuando hay un corte de fluido eléctrico en la zona donde se encuentra ubicada la PTAR 2, durante ese día (rara vez se ha presentado un corte por más de un día) no cumplirían con el tratamiento y distribución de los 800 m³, por lo que en los días siguientes tendrían que distribuir este faltante. Habido casos en el que en la tubería matriz se obstruye el ingreso a la tubería de derivación que alimenta la captación de la PTAR 2, en estos casos la empresa Aguas de San Miguel solicita los servicios de mantenimiento de una empresa contratista de SEDAPAL, con la finalidad de obtener el caudal de agua residual cruda necesario para realizar el tratamiento, igual como en el caso anterior reponen el caudal faltante en los días siguientes.

4.1.4. Control de calidad de agua

Se realiza visitas inopinadas y opinadas a la planta de tratamiento para verificar si cumplen con las actividades según el manual de operación y mantenimiento, así mismo se controla la calidad del agua con una muestra de agua extraída del clarificador, de tal manera que se pueda evidenciar si existe turbidez y olor en el agua residual tratada o en proceso de

tratamiento. En caso se evidencie se informará al ingeniero responsable para que se levante la observación en el menor tiempo posible.

Los jardineros de la municipalidad están capacitados para evidenciar cualquier observación en el agua tratada, en caso de que ocurra me informarán inmediatamente de tal manera que pueda coordinar con el ingeniero responsable de la PTAR 2 para que se levante lo más antes posible.

Todos estos controles de calidad del agua tratada diariamente de manera organoléptica, es decir con ayuda de nuestros sentidos. Así mismo la empresa concesionaria Aguas de San Miguel contrata los servicios del laboratorio SGS, para realizar el análisis de la calidad del agua residual tratada.

El control que realizamos de la calidad del agua tratada para riego mejoraría de manera significativa con la utilización de instrumentos portátiles de medición tales como turbidez, ph, DBO₅ y concentración de cloro libre en el agua.

4.2. Control de operación de la PTAR 2

4.2.1. Actividades de control

En las actividades de control verifico la correcta operación de cada uno de los procesos del tratamiento de aguas residuales según el manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR II, dentro de las cuales tenemos:

- a) En la Captación del agua residual cruda (cámara de rejillas): superviso el mantenimiento de la reja el cual se realiza de manera manual, según ésta se encuentre obstruida, para lo cual el operario debe revisar dos veces durante los tres turnos de trabajo.
- b) En el Pretratamiento: superviso que se realicen actividades de lavado con manguera al área donde se encuentra ubicada la cámara de rejillas y el Huber, empleando una solución desinfectante y clorada. Esta actividad debe ser realizada dos veces por cada turno.

- c) Tanque de homogenización: Superviso que se inspeccione constantemente el agitador y las electrobombas sumergibles, con la finalidad de asegurar que funcionen siempre, verificando si existen sonidos fuertes o señales de fallas mecánicas. En esta etapa debo anotar el flujo que entra a la planta cada mañana al comenzar el turno matutino.
- d) Sedimentador de placas: en esta fase de superviso la determinación de la turbiedad con una frecuencia de 8 veces al día y el color de una vez al día, las actividades realizadas son las siguientes:
- e) Filtración: en lo que respecta a la limpieza o lavado de filtros superviso que los filtros no estén tapados, el operario deberá revisar la presión de salida de en la bomba de filtración la cual no deberá superar en los 3.1 bar ni ser menor a 2.5 bar, esta actividad se realiza diariamente. Así mismo superviso que se realice el lavado manual para cada filtro, presionando el botón de presión en la puerta del tablero de control y se revisa que se ejecute apropiadamente.
- f) Desinfección: superviso que se utilice para la cloración una solución de hipoclorito de sodio al 10%, para la desinfección. El agua una vez filtrada, es conducida hacia la cloración, la cual consiste básicamente en un sistema de inyección de cloro a través de una bomba dosificadora.
- g) Almacenamiento de agua tratada: superviso el normal funcionamiento de las electrobombas sumergibles. Si el operario detecta ruidos extraños o vibraciones, notificará al ingeniero responsable de la planta. Se registra el volumen de agua entregado diariamente. Los sedimentos y lodos exceso de caudal se disponen a un relleno de seguridad autorizado a través de una EPS-RS.

4.2.2. Debilidades en el control

- a) En la Captación del agua residual cruda (cámara de rejas): En esta etapa del proceso he constatado la presencia de residuos extraños, es decir no habituales a una red domiciliaria de desagüe público, los cuales fueron: sangre animal, aceites de vehículos y combustibles, probablemente son provenientes del Parque de las Leyendas y estaciones de venta de combustibles cercana. Estos hechos fueron informados al área de fiscalización municipal

para que se tomen las medidas correspondientes. En el manual de operación y mantenimiento de la PTAR 2 no se indica el tratamiento de estos desechos encontrados en la reja, por lo que no es frecuente que existan estos hallazgos, pero se ha evidenciado que cuando ocurren los residuos son llevados a un tacho del cual se disponen en un relleno sanitario autorizado a través de la EPS-RS. Para la mejora de los procesos sería importante considerar estos hallazgos y el procedimiento a seguir para su tratamiento y en caso sea necesario su disposición final.

- b) En el Pretratamiento: se han podido evidenciar algunos casos de descuido por parte del personal reemplazante, al parecer debido a una desatención por una falta de verificación del operario, ocurrió una obstrucción en el Huber y ocasionó un rebose de las aguas residuales sin tratar a los jardines aledaños, lo cual fue solucionado inmediatamente, sin embargo quedo el malestar en algunos transeúntes que se encontraban en ese momento, probablemente este hecho haya sido debido a una rotación del personal operario de planta, que en este último año se ha visto con mayor frecuencia. Desde mi punto de vista es mejor no realizar rotaciones de operarios tan frecuentemente, de tal manera que no ocurran fallas humanas que puedan causar malestar en la población, ya que estas PTAR, están ubicadas en zonas de alto tránsito.
- c) Tanque de homogenización: existe una mala ubicación del medidor magnético de flujo, el cual no se encuentra ubicado al final de los procesos de tratamiento e impide verificar el volumen mensual de agua residual tratada. Este equipo se utiliza para la toma de datos, los cuales se totalizan mensualmente para presentar el volumen de producción de agua tratada ya que es el único equipo que tiene la capacidad de guardar los datos en su memoria.
- d) Sedimentador de placas: cuando se realiza una parada de periodo largo (mayor de 24 horas) debe mantenerse un residual de cloro, por lo menos de 5 ppm o se vacía la unidad para evitar la fermentación de los lodos de ser necesario. La propuesta de mejora sería que cuando exista una parada de más de 24 horas, se coordine con el equipo de supervisión, para programar inmediatamente el mantenimiento del reservorio de 1200 m³. Es decir, se deberá de aprovechar esta parada para realizar el mantenimiento, sobre todo en época de verano.

- e) Filtración: para una mejor supervisión es necesario contar con las especificaciones técnicas de los filtros, y tener las recomendaciones del fabricante.
- f) Desinfección: se ha evidenciado que no se cuenta con una bomba dosificadora de repuesto por si se malogra la que está en operación, de tal manera que no se interrumpa la desinfección.
- g) Almacenamiento de agua tratada: Los sedimentos y lodos en exceso, se disponen a un relleno de seguridad, sin embargo, estos residuos sólidos podrían estabilizarse y recibir un tratamiento para reusarlos como un abono orgánico, para las áreas verdes del distrito.

4.3. Control del sistema de impulsión y distribución de la PTAR 2

4.3.1. Actividades de control

Superviso el normal funcionamiento de las tres electrobombas horizontales. Si el operario detecta ruidos extraños o vibraciones, notificará al ingeniero responsable de la planta para reemplazar la electrobomba en mal estado por la cuarta electrobomba que tiene esa finalidad. Se verifica en campo que no exista filtraciones, si se llegara a evidenciar coordino con el ingeniero responsable de la PTAR 2 para que gestione y planifique los trabajos de termofusión, es decir se suelda la tubería que tiene filtración con accesorios normados de polietileno.

4.3.2. Debilidades en el control

Al inicio de la operación de la planta de tratamiento se evidenciaron obstrucciones en las tuberías secundarias de distribución, exactamente en los accesorios ubicados antes de la toma de entrega o válvula compuerta de 1". Esto ocurrió debido a la falta de limpieza de las tuberías de polietileno, en las cuales se encontraban pequeñas piedras o gravillas que obstruían el paso del caudal del agua tratada, y se evidenciaba por la falta de presión a pesar de realizar pruebas hidráulicas solamente en esos puntos, lo cual informé oportunamente a la empresa concesionaria para que le den solución a la falta de caudal. Recabando información pude llegar a conocer que los procesos constructivos de la planta de tratamiento ocurrieron años después de la instalación del sistema de distribución, lo cual desde mi punto de vista se debió instalar el sistema de tuberías después de la construcción de la PTAR 2 con

la finalidad de realizar la prueba hidráulica seguidamente y de esta manera identificar las posibles obstrucciones y darle solución inmediatamente.

Cuando se realizó la prueba hidráulica se pudo evidenciar que las tapas metálicas de protección de los puntos de toma en los parques y avenidas estaban oxidadas por la falta de mantenimiento y cuando las abrían se reventaban las bisagras en algunos casos se descuadraban y ya no se podían cerrar, por lo que le solicité a la empresa concesionaria que realice el mantenimiento de los puntos de toma de agua tratada en los jardines, lo que refuerza mi punto de vista que se debe de instalar el sistema de distribución después de la construcción de la PTAR 2. Así mismo evidencié e informé del mal estado de los puntos de toma, es decir las válvulas compuerta y sus accesorios en algunos caso necesitaban ser reemplazados; inicialmente esto fue aceptado por la empresa concesionaria, sin embargo en un siguiente año se volvió a solicitar el mantenimiento de los puntos de toma para lo cual esta empresa no aceptó la responsabilidad del mantenimiento debido a que consideran que las tomas son parte del sistema de riego y por lo tanto la responsabilidad es de la municipalidad. Mi propuesta es definir en el contrato las competencias y los alcances de la municipalidad y de la empresa concesionaria, así como también definir hasta donde comprende el sistema de distribución, en el presente caso argumento que los puntos de tomas son parte del sistema de distribución, ya que si no existiera estas válvulas compuerta de 1” los tubos de distribución serían tubos ciegos, por lo tanto, es necesario la instalación de válvulas de paso para darle seguridad al sistema de distribución,

4.4. Control de mantenimiento de la PTAR 2

Las unidades que superviso en la PTAR 2 para su mantenimiento y la frecuencia del mismo, se detallan en la Tabla 6:

Tabla 6: Frecuencia de Mantenimiento

Proceso	Frecuencia
Cámara de rejas	Diario
Cámara de bombeo alimenta al pretratamiento	Trimestral
Pretratamiento	Diario
Homogenización	Anual
Reactores biológicos	Anual
Cámara de floculación	Diario
Unidad de sedimentación	Diario
Cámara de bombeo de agua sedimentada	Semanal
Sistema de filtración de membrana - NUF*	Diario
Cloración	Diario
Almacenamiento de agua tratada	Cuatrimstral
Tableros	Anual

Fuente: Elaboración propia

4.5. Control documentario

Es el trabajo de gabinete que realizo elaborando formatos de evaluación de la operación y mantenimiento de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de presentar un informe técnico que sirva al área administrativa de la municipalidad para otorgar la conformidad y justificar el pago del servicio de tratamiento y suministro de ambas plantas de tratamiento. Con los reportes mensuales entregados por la empresa concesionaria (Anexo 2,3 y 4), determino el cumplimiento de la operación y mantenimiento de la PTAR, con la siguiente evaluación:

- En el Anexo 8 presento el formato de evaluación mensual de la operación y mantenimiento en cada una de las etapas del proceso, en donde se identifica al personal tanto de planta como técnico de mantenimiento quienes están a cargo de dicha planta, así mismo describo la frecuencia de mantenimiento y las observaciones que se presentaron.
- En el Anexo 9 presento el formato de evaluación mensual del cumplimiento de los estándares de calidad de agua tratada establecidos en la normativa vigente (de acuerdo con el ECA Agua DS 004-2017-MINAM), para lo cual utilizo los reportes presentados por la empresa concesionaria, en donde se incluyen los resultados de la calidad de agua

tratada. En primer lugar, describo el documento presentado, seguidamente registro la verificación de la acreditación ante INACAL del laboratorio que realizó los análisis de calidad de agua tratada y finalmente registro la evaluación de cumplimiento de los parámetros más importantes, como DBO5, DQO, TSS, N° Coliformes totales, así como alguna observación que se pueda presentar.

- En el Anexo 10 presento el formato de evaluación mensual de la disponibilidad del recurso hídrico bajo condiciones de normalidad y continuidad, en esta evaluación se mantiene la discrepancia en la falta de mantenimiento por parte de la empresa concesionaria de los puntos de toma de agua, lo cuales como explique en puntos anteriores, considero forman parte del sistema de distribución puesto que no existe una válvula de control por cada punto de toma que cierre el sistema de distribución y /o abastecimiento de agua tratada. Además, aquí se evalúa caudal, olor y operación de la PTAR II, con respecto al caudal se dejó constancia de la observación en la toma de datos ya que esta no se realiza al final de todos los procesos, incluso una de mis recomendaciones fue que existan tantos medidores de caudal como puntos de toma que hayan en los parques y avenidas que forman parte de la cobertura de suministro de esta planta de tratamiento, sin embargo en vista que se continua con este procedimiento de cálculo de volumen diario el cual no garantiza el caudal según contrato mantengo mi observación en este formato de evaluación.
- En el Anexo 11 presento la evaluación mensual de las medidas de protección ambiental, básicamente se evalúa tomando como instrumento el estudio de impacto ambiental, cabe mencionar que algunas medidas de mitigación respecto a variables medioambientales en la operación de esta PTAR II, no aplica ya que no están incluidos en su EIA, sin embargo, podría ser materia de incluirse en los contratos para futuros proyectos de este tipo.
- Finalmente, en el Anexo 12 presento la evaluación mensual de la operatividad y mantenimiento conforme a los manuales y procedimiento y planes internos de la planta de tratamiento de aguas residuales II, cabe mencionar que a raíz de la pandemia y el riesgo epidemiológico se incluyeron algunos planes e instructivos como son: Plan para la vigilancia, prevención y control de covid -19 en el trabajo y el instructivo para control de temperatura.

4.6. Costos del agua residual tratada

La inversión para la construcción de la PTAR II fue de S/. 8'147,663.99, el costo de operación y mantenimiento anual de esta planta es de S/. 159,432.00, así mismo SEDAPAL S.A. mediante convenio suscrito con la empresa Aguas de San Miguel, le dio en cesión parte de los desagües provenientes del colector de la avenida Riva Agüero, los cuales serán tratados en la PTAR II para su posterior reúso en el riego de los jardines, para lo cual la empresa concesionaria tendrá que pagar de S/. 0.345 m⁻³ de agua residual, es decir la empresa privada pagaría un importe de S/. 100,740.00 al año; en conclusión.

La ventaja del contrato de concesión para la municipalidad es el ahorro en una inversión inicial de S/. 8'147,663.99 para el diseño y ejecución de la construcción de la PTAR II, así mismo ahorraría S/. 260,172.00 por conceptos de operación, mantenimiento y cesión por reúso de desagües anualmente, por un período de 30 años que dura la concesión.

Así mismo si comparamos el servicio de agua potable con el suministro de agua tratada tenemos:

El monto facturado por la empresa Aguas de San Miguel fue de S/. 123,467.33 (anexo 5: factura del mes de julio) por el suministro de agua tratada para el riego de 49 parques y 5 avenidas principales como se aprecia en la Tabla 1, lo que equivale a un área total de 227,225.55 m². Si comparamos con un área equivalente de 227,051.35, es decir lo que corresponde a regar 53 parques con agua potable, es así que en el anexo 6 se muestra la suma total por el consumo de agua potable por un importe de S/. 156,493.90. De esta manera comparando la sumatoria de los recibos facturados por SEDAPAL, con lo facturado por el servicio de tratamiento y distribución de agua residual tratada para áreas equivalentes, se demostraría que existe un ahorro de S/. 33,026.57 (21.1 %), lo cual confirmaría además lo indicado en el documento de: “Acuerdo de Concejo N° 065-2013-MDSM” con fecha 20 de Julio 2013 (anexo 7), en donde además de aprobar la instalación de la PTAR II, señala que la puesta en ejecución generaría un ahorro para la entidad del 22%.

Por todo lo expuesto y como se demostró anteriormente la alternativa de tratamiento de aguas residuales para su posterior reúso en el riego de áreas verdes, viene representando un ahorro económico, además una importante inversión en capacidad instalada de tecnología para los fines de tratamiento y reúso de esta agua residual tratada.

Si bien es cierto esta alternativa es más rentable comparándolo con el suministro de agua potable, en el presente caso del contrato de concesión de la PTAR II, desde mi punto de vista tiene una deficiencia con respecto a la forma de pago, lo cual describo a continuación:

La empresa concesionaria presenta los resultados del análisis de la calidad de agua tratada en la semana siguiente que ha culminado el mes del servicio. Es allí donde radica la deficiencia, puesto que a la empresa se le paga automáticamente culminado el mes según contrato, sin tener evidencia de la calidad y cantidad de agua residual tratada suministrada, si bien existe una penalidad en este contrato por atraso en la entrega del volumen requerido de agua residual tratada luego de otorgado el plazo de subsanar que viene a ser de 1% UIT por cada día de atraso, sin embargo, como describí anteriormente las observaciones radican tanto en la calidad como en la metodología del cálculo del volumen entregado. Por lo tanto, la propuesta de mejora sería incluir en el contrato, penalidades en cuanto a la calidad del agua tratada y en cuanto al volumen mensual entregado. La observación es que este instrumento no se encuentra a la salida de todos los procesos, sino que está ubicado a la altura de los reactores biológicos, lo cual no garantiza que dicho instrumento determine el caudal diario de 800 m³ según el contrato.

V. CONCLUSIONES

Procesos de tratamiento y equipos

La planta de tratamiento está diseñada bajo parámetros internacionales, cumpliendo las normas y legislaciones nacionales vigentes.

En general, el estudio destaca la importancia de procesos eficientes de operación y mantenimiento en una planta de tratamiento de aguas residuales, así mismo describe los procesos de tratamiento y las especificaciones técnicas de los equipos utilizados. También enfatiza los beneficios económicos y ambientales del uso de aguas residuales tratadas para fines de riego. Así como también el control que se realiza a través de los análisis de calidad de agua tratada con fines de reúso para el riego de áreas verdes. Estos hallazgos pueden servir como base para mejorar proyectos similares y promover el uso de aguas residuales tratadas como un recurso valioso.

Operación y mantenimiento de la PTAR II

El presente trabajo describe la operación y mantenimiento de la PTAR II, así como también observaciones técnicas presentadas en el desarrollo de la supervisión que realizo, y enfatizo la importancia de esta alternativa; la cual como se ha demostrado para el diseño y construcción de plantas de tratamiento financiados por la modalidad de asociación público-privada (APP) son ventajosos para una labor municipal y resulta una excelente alternativa para el reúso del agua tratada para el riego de áreas verdes.

Comparación del costo suministro de agua potable con el costo del suministro de agua residual tratada

La comparación económica entre el suministro de agua tratada y agua potable muestra que el uso de aguas residuales tratadas genera un ahorro de costos para el municipio. Esta es una consideración importante, especialmente en áreas donde los recursos hídricos son limitados o costosos de obtener, por lo tanto, el uso de aguas residuales tratadas para riego en jardines

es una solución sostenible y rentable. Para ciudades ubicadas en la desértica costa peruana, el riego de áreas verdes es un lujo, debido a la escasez hídrica que actualmente tenemos, es sabido que las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, principales fuentes de abastecimiento de Lima Metropolitana, se encuentran en estado de “escasez hídrica”, ya que la disponibilidad hídrica es menor a $1\ 000\ \text{m}^3.\text{hab}^{-1}.\text{año}^{-1}$. Así también la OMS recomienda un área de $9\ \text{m}^2$ de área verde por habitante para poder vivir mejor y saludablemente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, en donde se le incorpora el servicio de suministro de agua tratada para el riego de jardines, sería importante considerar el diseño de los sistemas de riego, es decir en nuestro caso donde tenemos una PTAR II que suministra agua tratada a 49 parques y 5 avenidas principales, no es aprovechada la presión debido a que en la actualidad el riego realizado es por punto fijo con la utilización de mangueras de 50 metros de largo de tipo jardín, es por este motivo que desaprovechamos la presión del sistema de distribución y más bien perdemos toda la presión con la utilización de estas mangueras flexibles de longitudes considerables. Esto debería estar bajo la responsabilidad de la entidad edil sin embargo en mi opinión estos proyectos deberían de incluir un sistema de riego por aspersión móvil el cual sería una alternativa económica y segura para zonas públicas.
2. Para la operación de estas plantas de tratamiento se recomienda que el personal técnico sea perenne o se rote con un solo operario descansero, debido a que por la experiencia que he podido alcanzar la rotación frecuente trajo como consecuencia fallas operativas con este personal.
3. Se considere dentro del contrato de concesión un ítem para medidas de contingencia, es decir en los casos que escapen a la competencia de la empresa concesionaria se deberían tener medidas que se consideren para dar solución a estos casos que se pueden presentar, por ejemplo, en casos donde haya alguna contaminación en el afluente que viene aguas arriba de las líneas de desagüe, es decir medidas de contingencia que puedan evitar el retraso del servicio o el incumplimiento en la dotación del recurso hídrico el cual es fundamental para el mantenimiento de las áreas verdes del distrito.
4. En distritos como San Miguel donde existen zonas comerciales y de esparcimiento altamente concurridas no solamente por los vecinos del distrito, es recomendable el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados (MBBR),

como ya se describió representan una alternativa amigable al medio ambiente y su diseño arquitectónico y paisajístico hace que se mimetice con el parque donde se encuentran ubicados.

5. Para la supervisión de plantas de tratamiento y también para el servicio de suministro de agua residual tratada, es necesario la adquisición de equipos o instrumentos manuales para la medición de algunos parámetros como por ejemplo DBO₅, turbidez, ph y caudales.
6. Para la medición de cloro en el suelo se utilizaría un kit de prueba de cloro, con la finalidad de descartar una posible contaminación.
7. Cuando se ejecuten proyectos de construcción de plantas de tratamiento y sistema de abastecimiento de agua residual tratada, que por su procedimiento constructivo involucran etapas, recomendaría primero se termine con la ejecución de la planta y después la instalación de la línea de abastecimiento, con la finalidad de evitar algún problema en la realización de la prueba hidráulica de estas líneas de distribución con el respectivo sistema de bombeo ubicado en esta planta de tratamiento.
8. La sensibilización de la población es muy importante, en nuestro distrito tuvimos problemas al inicio y se mantuvo por un buen tiempo, por lo que es necesario incidir con una buena comunicación y sensibilización a la población beneficiaria y cercana a los parques que contarán con este recurso de agua tratada.
9. No sólo es importante reportar resultados de análisis de calidad de agua residual tratada sino también realizar análisis de suelo, para poder garantizar que no se esté contaminando el mismo, tal vez por un uso indiscriminado de algún químico.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Arce, F. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales*. [Tesis Grado] Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bieberach, J. (2019). *Sostenibilidad para una red de reúso de agua residual urbana en la ciudad de Lima*. [Tesis Magistral] Pontificia Universidad Católica del Perú. Consultado 03 de agosto 2023. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15172>
- FAO (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en américa latina y el caribe: estado, principios y necesidades*. Consultado 03 de agosto 2023. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4517>
- Méndez, J. (2016). *Tecnologías para el reuso de aguas residuales*. Repositorio institucional – ANA. Consultado 11 de agosto 2023. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4196/ANA0002737.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Metcalf & Eddy, INC (2005). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Mcgraw-HILL Education.
- MINAGRI (2021) *Decreto Supremo N° 025-2021-SA*. Consultado 11 de agosto 2023. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/2109329-025-2021-sa>
- Ministerio de Agricultura y Riego & Autoridad Nacional del Agua (2018). *Guía técnica para reusó municipal de aguas residuales tratadas en el riego de áreas verdes de Lima metropolitana*. Repositorio institucional – ANA. Consultado 11 de agosto 2023. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/guia-tecnica-para-reuso-municipal-de-aguas-residuales-tratadas-en-el-riego-de-areas>
- Ministerio de Agricultura y Riego & Autoridad Nacional del Agua (2018). *Reúso municipal de aguas residuales tratadas en el riego de áreas verdes de Lima Metropolitana*. Repositorio institucional – ANA. Consultado 11 de agosto 2023. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/207>
- Moscoso, J (2016). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. Repositorio institucional – ANA. Consultado 11 de agosto

2023. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/guia-tecnica-para-reuso-municipal-de-aguas-residuales-tratadas-en-el-riego-de-areas>
- Moscoso, J. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en lima metropolitana Lima*. https://www.lima-water.de/documents/jmoscoso_informe.pdf
- Municipalidad Metropolitana de Lima (2015). Plan de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica Consultado 11 de julio 2023.
- OEFA (2014). Agencia de Evaluación y Control Ambiental. Control ambiental en aguas residuales. Ministerio del Ambiente Perú
- ONU (2017). Aguas residuales municipales y urbanas Consultado 22 de febrero 2024.: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247671_spa
- Rodríguez., Serrano, H., Delgado, A., Nolasco, D., & Saltiel, G. (2020). *Agua residual: de residuo a recurso*, Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes Banco Mundial. Consultado 11 de agosto 2023. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/4f1d1637-77ce-5814-a39a-320bebe96069/content>
- SUNASS (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras. dirección de fiscalización*.
- UNESCO. (2017). Agua | Naciones Unidas. Consultado 22 de febrero 2024.: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Universidad Politécnica De Cataluña. Capítulo 2 Introducción a la Regeneración y Reutilización de las Aguas Residuales 2.1 Consultado 22 de febrero 2024.: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94371/05CAPITULO2.pdf?sequence=6>
- Zarza, L. (2022). ¿Qué son las aguas residuales? Consultado 22 de febrero 2024. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Resumen de áreas de parques y bermas regados con agua residual tratada.

N°	Denominación	Ubicación	m ²
1	Plaza Comercio	Av. La Marina c/ Universitaria	6,000.00
2	De la Prosperidad	Av. La Marina c/ Universitaria	800.00
3	De la Metalurgia	Av. La Marina c/ Universitaria	800.00
4	Feria del Pacífico	Av. La Marina c/ Brígida Silva	300.00
5	Jardín Brígida Silva	Av. Brígida Silva cuadra 1	2,000.00
6	Isaac Lindley	Av. La Mar c/ Av. Dinthilac	6,000.00
7	San Carlos	Av. La Mar c/ Av. Riva Agüero	2,000.00
8	Cultural Plaza San Miguel	Calle A c/ Chamaya	4,7779.75
9	Defensores de la Amazonía	Pedro Villar c/ Pablo Martínez	2,967.00
10 ^a	Boulevard de la Cultura	Av. La Marina cuadra 22 - 24	2,800.00
10B	Boulevard de la Cultura	Av. La Marina cuadra 22 - 24	700.00
11	Plaza de la Bandera	Av. La Marina cuadra 21	300.00
12	Ecológico N° 08	Av. La Marina c/ Riva Agüero	3,500.00
13	Miroquesada	Benvenuto c/ Miroquesada	5,123.00
14	Plaza del Trabajo	Av. Riva Agüero cuadra 8	9,835.00
15	Luisa Dammert	Benvenuto c/ Luisa Dammert	4,563.00
16	Las Rosas	Av. Riva Agüero cuadra 3	8,410.00
17	Israel	Diego Quispe c/ María Egusquiza	5,080.00
18	Sagrada Familia	Av. Riva Agüero cuadra 2	2,0436.00
19	Virginia Candamo	Diego Quispe c/ Virginia Candamo	5,126.00
20	El Campillo	Laureano Martínez c/ Rosa Ayarza	3,591.80
21	Bartolomé Herrera	Calle B con calle C	2,000.00
22	Pershing	Copérnico c/ Lope de Vega	2,800.00
23	Junín	Eurípides c/ Lope de Vega	2,500.00
24	Miguel Alegre	Mamá Runter c/ Dianderas	2,200.00

25	La Amistad	M. Rodríguez c/ Umachiri	1,750.00
26	Confraternidad	Condesa de Chinchón c. 1	200.00
27	La Fraternidad	Manuel Medina c/ Mamá Runter	2,500.00
28	Isabel de Mendaña	Jr. Ayacucho cuadra 1	690.00
29	Santa Eulalia	Jr. Moyocpampa c/ Huinco	3,800.00
30	María Rey	San Bruno c/ San Guido	2,600.00
31	Santa Florencia	San Bruno c/ Unamuno	2,500.00
32	Juan XXIII	Benvenuto c/ Castilla	8,960.00
33	Santa Rosa	Benvenuto c/ Independencia	6,350.00
34	San Judas Tadeo	Ayacucho c/ Amalia Puga	9,800.00
35	Torres de San Miguelito I	Ayacucho c/ Bolognesi	3,349.00
36	Torre de San Miguelito II	Bolognesi con Ayacucho	3,190.00
37	Pablo Sexto	Las Chiras c/ Cucardas	3,900.00
38	Plaza Punkurí	C.H. Julio C. Tello	2,800.00
39	Plaza Palka	C.H. Julio C. Tello	2,500.00
40	Plaza Sechín	C.H. Julio C. Tello	3,500.00
41	Plaza Moxseque	C.H. Julio C. Tello	2,820.00
42	Plaza Aspillaga	C.H. Julio C. Tello	3,200.00
43	Plaza Verde	C.H. Julio C. Tello	2,500.00
44	Macarena	Pje. Sevilla c/ la Macarena	2,500.00
45	Udima	Pje. Udima c/ Bolívar c. 5	2,090.00
46	Plaza Ana María	Jr. Sucre cuadra 4	800.00
47	La Virgen	Av. Tacna c/ Jr. San Martín	480.00
48	Jesús Vázquez (La Huaca)	Av. Brígida Silva cuadra 2	2,500.00
49	Juan Pablo II	Av. Riva Agüero cuadra 2	23,800.00
50A	Berma La Mar	Av. La Mar cuadra 22	666.67
50B	Berma La Mar	Av. La Mar cuadra 23	666.67
50C	Berma La Mar	Av. La Mar cuadra 24	666.67
51A	Berma Parque Las Leyendas	Av. Parque Las Leyendas c.1	250.00
51B	Berma Parque Las Leyendas	Av. Parque Las Leyendas c.2	750.00
51C	Berma Parque Las Leyendas	Av. Parque Las Leyendas c.3	500.00
52A	Berma Universitaria	Av. Universitaria c.3 - 11	900.00
52B	Berma Universitaria	Av. Universitaria c.3 - 11	3,600.00
52C	Berma Universitaria	Av. Universitaria c.3 - 11	1,800.00

52D	Berma Universitaria	Av. Universitaria c.3 - 11	2,700.00
53A	Berma La Marina	Av. La Marina c.16 - 36	1,439.37
53B	Berma La Marina	Av. La Marina c.16 - 36	2,402.37
53C	Berma La Marina	Av. La Marina c.16 - 36	1,857.25
53D	Berma La Marina	Av. La Marina c.16 - 36	568.78
54A	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	72.22
54B	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	1,227.78
54C	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	288.89
54D	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	144.44
54E	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	794.44
54F	Berma Brígida Silva	Av. Brígida Silva c.1 - 5	72.22
TOTAL (m²)			227,225.55

Fuente: Ecoproject.

Anexo 2: Resultados del análisis de calidad de agua del agua tratada.



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL-951



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 174831-2023 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : AGUAS DE SAN MIGUEL S.A.C.
DOMICILIO LEGAL : JR. CONSTITUCIÓN NRO. 250 (4TO PISO) - CALLAO - CALLAO - CALLAO
SOLICITADO POR : FRANCISCO MORALES
REFERENCIA : PTAR. SAN MIGUEL II / MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA
PROCEDENCIA : SAN MIGUEL - LIMA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2023-07-14
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2023-07-13 AL 2023-07-21
FECHA(S) DE MUESTREO : 2023-07-13
MUESTREADO POR : SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.⁽¹⁾

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
pH (medición en campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.	no aplica	Unid. pH
Temperatura (medición en campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature, Laboratory and Field Methods.	---	° C
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 ^(a)	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales (Coliformes Termotolerantes)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant coliform test (EC medium).	1.8 ^(a)	NMP/100ml
Huevos de Helminthos en Aguas	SAG-141024 Rev. 01 (Válidado), 2017. Referenciado en el Método de Bailegger modificado. Identificación y Cuantificación de Huevos de Helminthos en Aguas.	1	Huevos/L

L.C.: Límite de cuantificación.
 (1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 174831 procedimiento PI-009.
 (a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.
 (b) Expresado como límite de detección del método.


**ING. TELLO PAUCAR
MARILU
SERVICIOS ANALÍTICOS
GENERALES SAC**
 Firmado con www.focapu.pe
DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA y del Organismo Internacional de Acreditación IAS, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/multinacional de los miembros firmantes de IAS o ILAC.

OBSERVACIONES: • Esta prohíbe la reproducción parcial o total de presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al protocolo de preservación de muestras analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. • Luego será eliminadas.

IMPORTANTE: • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puede comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, sobre el sello "Validar de firma" "firma válida", de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: datos@agsagperu.com si su informe no está autenticado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
 Laboratorios: INACAL-DA (Sede Lima 1): Av. Naciones Unidas N° 1560 Urb. Ciudad Río de Janeiro - Lima y Organismo Internacional de Acreditación (IAS-951) y INACAL-DA (Sede Lima 2):
 P.O. Box Chorrillos Matucana de Surco N° 2079 Urb. Chorrillos Norte - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6085 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

Código: SI-009 / Versión: 03 / F.E.: 06/2023

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 3: Carta de Aguas San Miguel para sustentar el servicio.

#206



#16961-23

Carta N° 98-2023- CW-ASM

Callao, 07 de agosto de 2023

Señores
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MIGUEL
 Enviado por Mesa de Partes Virtual



Atención : Gerencia de Gestión Ambiental y Servicios a la Ciudad

Asunto : Remite reportes mensuales de producción y facturas – PTAR San Miguel I y San Miguel II.

Referencia : Contrato de Concesión del Tratamiento de Agua Residual y Suministro de Agua Tratada para el Servicio de Riego de Parques y Jardines de la Municipalidad de San Miguel y adendas.

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, nos dirigimos a usted en nuestra calidad de Concesionarios del Contrato de Concesión de la referencia, a fin de remitir los reportes mensuales de producción de la PTAR San Miguel I y San Miguel II, los informes de laboratorio y las facturas, correspondientes al **mes de julio del 2023**, según el siguiente detalle:

PTAR	Mes de Producción	Reporte N°	Informe de Laboratorio N°
San Miguel I	Julio	007-2023-PTAR San Miguel I-San Miguel	175418-2023
San Miguel II	Julio	007-2023-PTAR San Miguel II-San Miguel	174831-2023

Ante lo expuesto, mediante la entrega de los reportes adjuntos, damos por cumplido lo dispuesto en el numeral 10.12 de la Cláusula Décima del referido Contrato de Concesión, en relación al mes antes señalado.

Sin otro particular, quedamos de usted.

Atentamente,



GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIO A LA CIUDAD

PASE: 56PJ

PARA: Sr. Concesionario

FECHA: _____ HORA: _____

[Signature]
 IRMA CHAMOCHUMBI GARCIA
 GERENTE GENERAL
 AGUAS DE SAN MIGUEL S.A.C.

Jr. Constitución 250, Callao - Perú.
 Tel. (511) 500 5670

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 4: Reporte mensual presentado por la empresa concesionaria.



**REPORTE MENSUAL DE PRODUCCIÓN
AGUAS DE SAN MIGUEL S.A.C.**



**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
"SAN MIGUEL II"**

Jr. Constitución, 250 – Callao
Telef: +51 7121212

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 5: Factura de la PTAR II por el mes de Julio

<p>AGUAS DE SAN MIGUEL S.A.C. JR. CONSTITUCION 250 4TO PISO CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO</p>	<p>FACTURA ELECTRONICA RUC: 20545785634 E001-148</p>																								
<p>Fecha de Emisión : 07/08/2023</p> <p>Señor(es) : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MIGUEL</p> <p>RUC : 20131372184</p> <p>Dirección del Cliente : JR. FEDERICO GALLESE TARICCHI 370 URB. SAN MIGUEL LIMA-LIMA-SAN MIGUEL</p> <p>Tipo de Moneda : SOLES</p> <p>Observación : DETRACCION 12%</p>	<p>Forma de pago : Contado</p>																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Cantidad</th> <th style="text-align: left;">Unidad Medida</th> <th style="text-align: left;">Descripción</th> <th style="text-align: right;">Valor Unitario</th> <th style="text-align: right;">ICBPER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">UNIDAD</td> <td>SERVICIO DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA PTAR SAN MIGUEL II, POR EL MES DE JULIO 2023.</td> <td style="text-align: right;">104633.33</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> </tbody> </table>		Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER	1.00	UNIDAD	SERVICIO DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA PTAR SAN MIGUEL II, POR EL MES DE JULIO 2023.	104633.33	0.00														
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER																					
1.00	UNIDAD	SERVICIO DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA PTAR SAN MIGUEL II, POR EL MES DE JULIO 2023.	104633.33	0.00																					
<p>Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : S/ 0.00</p> <p>SON: CIENTO VEINTITRES MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y SIETE Y 33/100 SOLES</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sub Total :</td> <td style="text-align: right;">S/ 104,633.33</td> </tr> <tr> <td>Ventas :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anticipos :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Descuentos :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Valor Venta :</td> <td style="text-align: right;">S/ 104,633.33</td> </tr> <tr> <td>ISC :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>IGV :</td> <td style="text-align: right;">S/ 18,834.00</td> </tr> <tr> <td>ICBPER :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Otros Cargos :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Otros Tributos :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Monto de redondeo :</td> <td style="text-align: right;">S/ 0.00</td> </tr> <tr> <td>Importe Total :</td> <td style="text-align: right;">S/ 123,467.33</td> </tr> </table>	Sub Total :	S/ 104,633.33	Ventas :		Anticipos :	S/ 0.00	Descuentos :	S/ 0.00	Valor Venta :	S/ 104,633.33	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 18,834.00	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Monto de redondeo :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 123,467.33
Sub Total :	S/ 104,633.33																								
Ventas :																									
Anticipos :	S/ 0.00																								
Descuentos :	S/ 0.00																								
Valor Venta :	S/ 104,633.33																								
ISC :	S/ 0.00																								
IGV :	S/ 18,834.00																								
ICBPER :	S/ 0.00																								
Otros Cargos :	S/ 0.00																								
Otros Tributos :	S/ 0.00																								
Monto de redondeo :	S/ 0.00																								
Importe Total :	S/ 123,467.33																								
<p><i>Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.</i></p>																									

Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 6: Importe facturado por el consumo de agua potable por el riego de parques

N°	Denominación	Ubicación	m2	Importe S/.
1	200 millas	Los Huancas c/ Los Quechuas	6,107.00	2,600.90
2	Agricultura y Alimentación	Av. La Marina c/ Insurgentes	6,740.00	9,338.40
3	Araoz Pinto o José Martí	José Martí c/ Hernán Cortez	7,893.00	11,714.30
4	Argentina	Av. Insurgentes c/ Javier Heraud	6,594.00	3,031.10
5	Aurelio García y García	Pasaje Isla Corcovado c/ Stgo. Aurelio García	1,800.00	712.20
6	Ayacucho	José Gabriel Aguilar Cdra. 4	5,200.00	1,578.20
7	Brasil	Canamelares c/ Patapó	3,800.00	2,001.70
8	Cap. Aparicio Robles	Pasaje Punta Restín c/ Capitán Aparicio Robles	900.00	1,017.70
9	Cap. Astete	Av. La Marina c/ Insurgentes	2,800.00	2,008.90
10	Cap. Manuel Galindo	Ca. Teniente Guimaraes y Av. Venezuela	2,000.00	1,271.40
11	Carabobo	Maypu c/ Boyaca	3,354.00	2,382.60
12	Cesar Vallejo	Choquehuanca c/ E. La Torre	9,784.00	3,186.30
13	Chepen	Calle Chepen c/ Talambo	1,800.00	492.30
14	Chicama Pucalà	Manco II c/ Pucalà	8,000.00	1,351.20
15	Ciudad de Papel	Av. La Paz cd. 20	2,800.00	1,385.20
16	Ciudades Hermanas	Isidoro Suarez c/ Reyna Farje	9,848.00	6,615.10
17	Continental	Av. Los Patriotas c/ Chongoyape	4,500.00	6,755.60
18	De las Naciones	Av. La Marina con Av. E. Faucett	11,869.00	9,263.40
19	Fogoneros	Fogoneros I. Alcibar c/ Bahía de Paracas	900.00	1,323.40
20	Garcilaso de la vega	Pasaje Santa Rosa c/ San Martín de Porres	1,800.00	1,172.70
21	Gral. Armando Artola	Av. La Paz cuadra 19	2,800.00	1,424.90
22	Isla Corcobado	Pasaje Isla Corcovado c/ Isla Mazorca	900.00	355.20
23	Isla del Gallo	Fca. Zubiaga c/ Isla del Gallo	1,400.00	720.30
24	José A. Quiñones	Chinchaysuyo c/ Intisuyo	15,960.00	9,512.50
25	José María Morellos	Bahía de Independencia c/ Bahía de San Nicolás	900.00	312.90
26	La Amistad de las Leyendas	Av. Rafael Escardo Cdra. 10 y 11	3,500.00	4,746.90
27	La Cruz de Pando	Calle Napo/ Av. La Mar	1,800.00	545.50

28	Las Tradiciones de Ricardo Palma	Ampay c/ Miguel Hidalgo	7,180.00	2,433.20
29	Los Jazmines	Calle Los Jazmines c/ Los Nardos	890.00	265.70
30	Machu Picchu	Mollomarca c/ Carmenca	1,700.00	610.00
31	Mariscal Andrés A. Cáceres	Sara Sara c/ Incahuasi	3,800.00	4,450.40
32	Miguel Grau	Pascual de Andagoya cdra. 2	3,400.00	2,109.60
33	Miramar	Av. Libertad c/ Calle Miramar	400.00	151.80
34	Monitor Huáscar	Puna c/ Pedrerías	7,180.00	3,798.00
35	Paititi	Manco II c/ Paititi	5,200.00	5,259.50
36	Paul Harris	Renán Elías c/ Isidoro Suarez	5,482.00	3,747.00
37	Pileta Faucett	Av. Faucett c/ Av. Venezuela	3,500.00	9,263.40
38	Plaza Simón Bolívar	Manco II c/ Mesones Muro	9,000.00	7,650.30
39	Polo Jiménez	Collagate c/ Cahuricachi	4,000.00	2,577.90
40	Punta Brava	Pasaje Punta Brava c/ Pasaje Punta sal	3,500.00	1,591.80
41	Punta Malpelo	Pasaje Punta Malpelo c/ Aurelio García y García	800.00	103.40
42	Residencial Callao	Londres c/ Viena	5,960.00	4,289.90
43	Rosa Merino	Manco II c/ Américo Vespucio cdra.6	5,200.00	1,598.10
44	Salón Comunal Rigel	Tnte. Enrique Palacios Cdra.2	600.00	2,516.70
45	Santiago Acuña	Ubinas c/ Añaquito	8,274.00	4,453.10
46	Santiaguito	Calle Ricardo Pazos Cdra. 2	2,500.00	1,956.90
47	Solidaridad	Bahía de Huarmey c/ Bahía de Independencia	1,000.00	1,316.80
48	Tercera Edad	Av. Bertolotto c. 1	800.00	1,098.30
49	Tungasuca	Inés Huaylas c/ Tungasuca	2,980.00	1,335.00
50	Túpac Amaru I	Pasaje Santa María Reyna c/ Santa Ana	2,056.35	923.40
51	Vilcahuara	Paititi c/ Vilcahuara	5,700.00	2,882.30
52	Virgen de Guadalupe	José Gabriel Aguilar Cdra. 5	5,200.00	1,681.50
53	Virgen de la Medalla Milagrosa	José Gabriel Aguilar Cdra. 7	5,000.00	1,609.10

Área total de los jardines de los 53 parques 227,051.35

Total del importe facturado por SEDAPAL durante el mes de Julio S/.156,493.90

Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 7: Acuerdo de Concejo N° 065 – 2013 - MDSM.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MIGUEL
PROVINCIA DE LIMA

ACUERDO DE CONCEJO N° 065 - 2013 - MDSM

San Miguel, 20 JUL. 2013

VISTOS, en sesión ordinaria de concejo celebrada en la fecha, el memorando N°727-2013-GM/MDSM emitido por Gerencia Municipal, el informe N°071-2013-GAF/MDSM emitido por la Gerencia de Administración y Finanzas, el informe N°208-2013-GAJ/MDSM emitido por la Gerencia de Asuntos Jurídicos, el memorando N°250-2013-GPP/MDSM emitido por la Gerencia de Planeamiento y Presupuesto, el informe N°161-2013-SGPR-GPP/MDSM emitido por la Subgerencia de Presupuesto y Racionalización, el memorando N°128-2013-GSCMA/MDSM emitido por la Gerencia de Servicios a la Ciudad y Medio Ambiente, el memorando N°241-2013-GDU/MDSM emitido por la Gerencia de Desarrollo Urbano y el informe N°134-2013-SGEOP/GDU/MDSM emitido por la Subgerencia de Estudios y Obras Públicas, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Acuerdo de Concejo N°028-2010-MDSM se autoriza la entrega en concesión al sector privado del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales para el riego de parques y jardines en el distrito de San Miguel;

Que, con fecha 03 de mayo del 2011, se celebra el contrato de concesión entre la Municipalidad Distrital de San Miguel y el Consorcio CTG Capital S.A.C. – ETP Perú .S.A.C. con el objetivo que la municipalidad otorgue al consorcio la concesión del tratamiento de agua residual y suministro de agua tratada que la entidad destinará al servicio público de riego de parques y jardines de la jurisdicción, concretamente la instalación y ejecución de la planta de tratamiento N°1 de aguas residuales en la berma central de la avenida Precursores, límite con el cruce de la avenida Faucett, lado norte, supeditando en la cláusula novena numeral 9.6. que el incremento de capacidad y/o construcción de nuevas plantas, en ejecución de las subsecuentes etapas, será acordado con la municipalidad, conforme a las adendas que se negociarán e incorporarán de pleno derecho al contrato;

Que, mediante informes de vistos la Gerencia de Asuntos Jurídicos señala que el artículo 33° del Decreto Supremo N°059-96-PCM que aprueba el Texto único ordenado de las normas con rango de ley que regulan la entrega en concesión al sector privado de la obras públicas de infraestructura y de servicios públicos, establece que cuando resulte conveniente modificar la concesión, las partes procurarán respetar, la naturaleza de la concesión, las condiciones económicas y técnicas contractualmente convenidas y el equilibrio financiero para ambas partes;

Que, mediante informes de vistos la Gerencia de Administración y Finanzas solicita la implementación de la planta de tratamiento N°2 de aguas residuales que estará ubicada en el Parque Juan Pablo II, en la intersección de la prolongación avenida La Mar y avenida Riva Agüero, distrito de San Miguel, para un volumen de 800 metros cúbicos diarios, que la municipalidad destinará al servicio público de riego de parques y jardines en su jurisdicción, por cuanto su puesta en ejecución generaría un ahorro para la entidad del 22% respecto al gasto que ocasiona actualmente, por ende, el monto de costo beneficio queda satisfecho;

Estando a lo expuesto, y en ejercicio de las facultades conferidas al concejo municipal por el artículo 9° de la ley N°27972, Ley Orgánica de Municipalidades;



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 8: Frecuencia. Operatividad y mantenimiento de la infraestructura de tratamiento.

OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO - MES DE JULIO 2023						
OPERACIÓN:		Realizan la Operación durante las 24 horas del día de cada una de las Plantas de Tratamiento dos operarios los cuales rotan 15 días de noche y 15 días de día, quienes están a cargo de un Ingeniero Responsable, así mismo cuentan con un técnico responsable del mantenimiento de todos los equipos de ambas plantas.				
PERSONAL:						
INGENIERO RESPONSABLE:		FRANCISCO MORALES				
TÉCNICO MANTENIMIENTO:		HÉCTOR CASSIANO				
OPERARIOS:		PTAR II CRISTIAN GONZALES HANZ EVANGELISTA				
MANTENIMIENTO:						
ETAPAS DEL PROCESO	MES	MANTENIMIENTO		Jul-23		
	PTAR	FRECUENCIA	SI	NO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
CÁMARA DE REJAS	II	Diario	X		Mantenimiento	
CAMARA DE BOMBEO ALIMENTA AL PRETRATAMIENTO	II	Trimestral			Mantenimiento	
PRETRATAMIENTO	II	Diario	X		Mantenimiento	
HOMOGENIZACIÓN	II	Anual			-	
REACTORES BIOLÓGICOS	II	Anual			-	
CÁMARA DE FLOCULACIÓN	II	Diario	X		Mantenimiento	
UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN	II	Diario	X		Mantenimiento	
CÁMARA DE BOMBEO DE AGUA SEDIMENTADA	II	SEMANAL	X		Mantenimiento	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE MEMBRANA - NUF*	II	Diario	X		Mantenimiento	Se les realiza una limpieza química anualmente.
CLORACIÓN	II	Diario	X		Mantenimiento	
ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	II	CUATRIMESTRAL			-	
TABLEROS	II	ANUAL			-	

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 9: Cumplimiento de estándares de calidad del agua tratada.

CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO DE LOS ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA TRATADA ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA VIGENTE A LA FECHA DE CIERRE PARA SU REUTILIZACIÓN EN USOS RECREACIONALES

MES	PTAR II	LABORATORIO	ACREDITADO POR INACAL
Jul-23	Informe de Ensayo N° 174831 - 2023	Servicios Analíticos Generales S.A.C.	Cumple acreditación

MES	PTAR	DBO5 mg/L	DQO O2 mg/L	TSS mg/L	N° Coliformes Totales NMP/100ml	Observación
Jul-23	II	7.83	19.2	7.15	< 1.8	No Cumple con TSS

Parámetros de Calidad de Agua Recomendados, de acuerdo al ECA Agua DS 004-2017-MINAM

N°	PARÁMETRO	VALOR ECA AGUA CATEGORIA 3 - SUB CATEGORIA D1: RIEGO DE VEGETALES - AGUA PARA RIEGO NO RESTRINGIDO	UNIDADES
1	Conductividad Eléctrica	2500	µS/cm
2	Sólidos Totales Disueltos		
3	Bicarbonatos	518	mg/L
4	Cloruros	500	mg/L
5	Sulfatos	1000	mg/L
6	Amonio		
7	Boro	1	mg/L
8	Detergentes	0.2	mg/L
9	Escherichia Coli	1000	NMP/100mL
10	Demanda Bioquímica de Oxígeno	15	mg/L
11	Demanda Química de Oxígeno	40	mg/L
12	Aceites y Grasas	5	mg/L
13	Sólidos Suspendidos Totales	3	mg/L
14	pH	6.5 – 8.5	Unidad de pH
15	Temperatura	Δ3	°C
16	Coliformes Fecales	1000	NMP/100mL
17	Huevos de Helminfos	1	Huevo/L

Notas:

Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b): Después de filtración simple

Δ3: Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 10: Evaluación de cumplimiento de parámetros por la PTAR II.

SI REALIZO EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PONIÉNDOLA A DISPOSICIÓN DE LA MUNICIPALIDAD EN EL PUNTO DE SALIDA DE LAS INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DURANTE LAS 24 HORAS DEL DÍA; ASÍ MISMO, DEBERÁ INDICAR SI EL SERVICIO SE REALIZÓ EN CONDICIONES DE NORMALIDAD Y CONTINUIDAD - MES JULIO DEL 2023.

PTAR II

MES	CUMPLE		OBSERVACIONES EN EL PUNTO DE TOMA DE AGUA
	SI	NO	
Jul-23	X	-	-

PARÁMETRO			EVALUACIÓN	
DESCRIPCIÓN	PTAR	UNIDAD	DE CUMPLIMIENTO	
			Jul-23	
			SI CUMPLE	NO CUMPLE
CAUDAL *	II	M3	X	-
OLORES **	II	GLB	X	-
OPERACIÓN DEL PTAR***	II	GLB	X	-

* Con respecto al Caudal se observó la toma de datos ya que el único instrumento de medición de caudal que guarda estos datos en su memoria y del cual se presentan diariamente, no se encuentra ubicado al final del tratamiento de aguas residuales, por lo que se viene recomendando que se instale un instrumento de medición al final del tratamiento.

** Con respecto a presencia de malos olores se levantan éstas observaciones con el mantenimiento que los operarios de las PTAR I y II realizan una vez notificados, sin embargo se esta evidenciando errores de parte del personal operativo lo que es informado por el ingeniero responsable,

*** Con respecto a la Operación de las PTAR se realizan visitas de inspección opinadas cuando haya alguna anomalía en los puntos de entrega e inopinadas para verificar los procesos, comprobando la adecuada operación según cada uno de los procedimientos de cada uno de los procesos. Estas visitas consisten en la inspección y verificación de cada uno de las etapas del proceso de tratamiento que se siga una operación y un mantenimiento conforme al manual de Operacion y Mantenimiento.

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 11: Cumplimiento de medidas de protección ambiental según EIA.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.

PLANTAS DE TRATAMIENTO: SAN MIGUEL II.

PERÍODO DE EVALUACIÓN: JULIO 2023.

N°	PLAN/PROGRAMA SEGUN EIA	SI	NO	OBSERVACIONES
1.0	Plan de Manejo Ambiental			
1.1.	¿Se están tomando medidas para evitar, mitigar, los impactos ambientales negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto durante la etapa de operación?	X		
1.2.	¿Se están tomando medidas para mitigar los impactos producidos al componente atmosférico como calidad de aire por la pérdida de la calidad del aire por emisión de material particulado y el incremento de niveles de ruido?		X	NO APLICA, en lo que respecta a niveles de ruido anualmente evalúan el nivel de ruido producido.
1.3.	¿Se están tomando medidas para mitigar los impactos producidos al componente: el incremento de niveles de ruido?	X		Los Sopladores cuentan con cabina acustica que garantiza el nivel de ruido en promedio de 72 dcb.
2.0	Programa de Manejo de Residuos Sólidos			
2.1.	¿Se están manejando adecuadamente los residuos que se generan en la etapa de operación de la planta?	X		
2.2.	¿Se están disponiendo adecuadamente los residuos que se generan en la etapa de operación de la planta?	X		
3.0	Programa de Monitoreo Ambiental			
3.1.	¿Se están evaluando periódicamente las variables ambientales (calidad de aire y ruido) durante la etapa de operación de la planta?		X	NO APLICA, esta actividad no genera contaminación por material particulado y los niveles de ruido son de 72 dcb.
3.2.	¿Se están elaborando informes periódicos sobre la situación ambiental del proyecto?	X		Informes mensuales sobre la Calidad de agua.
4.0	Programa de educación y capacitación ambiental			
4.1.	¿Se están desarrollando actividades referidas a la educación y capacitación ambiental?		X	
5.0	Programa de Seguridad y Salud Ocupacional			
5.1.	¿Se están tomando medidas para identificar, evaluar, controlar los riesgos asociados a los trabajos de operación de la planta?	X		Constantemente.
6.0	Plan de vigilancia, control y seguimiento ambiental			
6.1.	¿Se están desarrollando actividades para la vigilancia, control y seguimiento ambiental?	X		Informes mensuales sobre la Calidad de agua.
7.0	Programa de Contingencias			
7.1.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia en la etapa de operación de la planta?	X		
7.2.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por eventos naturales (sismos) en la etapa de operación de la planta?	X		
7.3.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por accidentes laborales en la etapa de operación de la planta?	X		Capacitación al Personal.
7.4.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por incendios en la etapa de operación de la planta?	X		
7.5.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por derrames de aceites y/o combustibles en la etapa de operación de la planta?	X		
7.6.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por problemas técnicos en la etapa de operación de la planta?	X		Capacitaciones al personal.
7.7.	¿Se han desarrollado actividades para afrontar situaciones de emergencia por problemas sociales en la etapa de operación de la planta?		X	
8.0	Programa de Participación Ciudadana			
8.1.	¿Se han desarrollado actividades para establecer buenas relaciones con la población?		X	
9.0	Programa de Cierre, Abandono y Restauración			
9.1.	¿Se han desarrollado actividades para el cierre, abandono y/o restauración para algún componente del proyecto?	X		Capacitación al Ingeniero Responsable.

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 12: Evaluación según los manuales de operación y mantenimiento de la PTAR II.

OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO CONFORME LOS MANUALES - MES DE JULIO DEL 2023

PTAR II

MES	CAPTACIÓN Y CAMARA DE BOMBEO		PRETRATAMIENTO		HOMOGENIZACIÓN		REACTORES BIOLÓGICOS		CÁMARA DE FLOCULACIÓN		UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN		CÁMARA DE BOMBEO DE AGUA SEDIMENTADA		SISTEMA DE FILTRACIÓN DE MEMBRANA - NUF		CLORACIÓN		ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA		TABLEROS	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Jul-23	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

PROCEDIMIENTOS	MES	
	Jul-23	
	SI	NO
PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DEL VOLUMEN DEL AFLUENTE Y EFLUENTE	X	
PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE INFORMACIÓN OPERACIONAL	X	
PROCEDIMIENTO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS	X	
PROCEDIMIENTO PARA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y PARADA	X	
PROCEDIMIENTO PREVENTIVOS DE OPERACIÓN	X	
PROCEDIMIENTO NORMALES DE OPERACIÓN	X	
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	X	
PLAN PARA LA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID -19 EN EL TRABAJO	X	

Fuente: Municipalidad distrital de San Miguel.

Anexo 13: Cámara de rejas o criba



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 14: Equipo compacto que separa las áreas, residuos sólidos y grasas



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 15: Reactores biológicos (donde se incorpora los carrier)



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 16: Biofiltros o carrier



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 17: Clarificador



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 18: Baterías de filtros de membrana





Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 19: Sistema de retrolavado para el mantenimiento de los filtros



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 20: Reservorio de 1200 m³



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 21: Medición de caudal en punto de toma del parque



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.

Anexo 22: Medición de caudal con el uso de un manómetro



Fuente: Municipalidad Distrital de San Miguel.