

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:** Bach. Luis Alberto CABRERA GARCÍA.

Bach. Lixon Alfredo ZEVALLOS JULCA.

**Asesor:** Mag. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO

**JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2019.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Autor: Bach. Luis Alberto CABRERA GARCÍA.**

**Bach. Lixon Alfredo ZEVALLOS JULCA.**

**Asesor: Mag. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO**

**JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2019.**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 26 de noviembre del año 2019, siendo las ~~11:28~~... horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg Marco Antonio Aguirre Camacho

Secretario: Mg Billy Alexis Cayatopa Calderón

Vocal: Mg Erick Mac Key Delgado Bazán, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( **X** ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN,**

presentado por los Bachilleres **Luis Alberto Cabrera García y Lixon Alfredo Zevallos Julca** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( **X** ) Aprobar ( ) Desaprobar ( **X** ) Unanimidad ( ) Mayoría

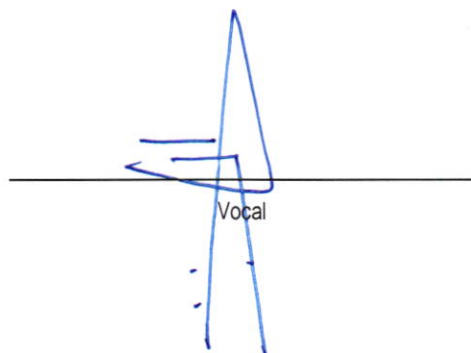
Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <b>15</b> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )           |

Siendo las ~~12:48~~... horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1.	Bases Teóricas. ....	16
1.1.1.	Aguas Residuales. ....	16
1.1.2.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). ....	17
1.2.	Términos Básicos.....	18
1.2.1.	Aguas Residual doméstica. ....	18
1.2.2.	Aguas Residual Municipal. ....	18
1.2.3.	Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO). ....	18
1.2.4.	Demanda Química de Oxígeno (DQO). ....	18
1.2.5.	Eficiencia: ....	19
1.2.6.	Lagunas anaeróbicas. ....	19
1.2.7.	Lagunas facultativas.....	19
1.2.8.	Límites Máximos Permisibles (LMP). ....	19
1.2.9.	pH.....	19
II.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.1.	Objetivo General. ....	20
2.2.	Objetivos Específicos. ....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1.	Objeto de Estudio. ....	21
3.1.1.	Ubicación Geográfica. ....	21
3.2.	Tipo de Investigación. ....	22
3.2.1.	Investigación Básica. ....	22
3.2.2.	Investigación Aplicada.....	22
3.2.3.	Línea de Investigación. ....	22
3.2.4.	Variables. ....	22
a.	Dependiente. ....	22
b.	Independiente.....	23
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	23
3.3.1.	Técnicas. ....	23
	La Observación.....	23
3.3.2.	Instrumentos. ....	23

a.	Materiales:.....	23
b.	Equipos. ....	23
c.	Software. ....	24
d.	Formatos. ....	24
3.3.3.	Recolección de datos.....	24
	Fuente primaria.....	24
	Fuente secundaria .....	24
3.3.4.	Procesamiento de la información.....	24
3.3.5.	Metodología. ....	25
3.3.6.	Trabajo de campo.....	26
3.3.6.1.	Localización de PTAR.....	26
3.3.6.2.	Inspección Ocular. ....	26
a.	Caseta de vigilancia. ....	27
b.	Canales de aproximación. ....	27
c.	Rejillas. ....	28
d.	Aforadores Parshall.....	29
e.	Repartidor de caudales.....	32
f.	Lagunas de estabilización. ....	32
➤	Laguna anaeróbica N°01 .....	33
➤	Laguna Anaeróbica N°02.....	34
➤	Laguna anaeróbica N°03 .....	34
➤	Laguna facultativa N°01.....	35
➤	Laguna facultativa N°02.....	36
➤	Lagua facultativa N°03.....	36
g.	Puntos de Efluentes:.....	36
➤	Punto de Efluencia N° 01 .....	36
➤	Punto de Efluente N° 02 y 03.....	36
3.3.6.3.	Estudio Topográfico.....	38
3.3.6.4.	Estudio de mecánica de suelos.....	40
➤	Exploración Geotécnica. ....	41
➤	Extracción de Suelos.....	41
➤	Geología.....	42
3.3.6.5.	Estudio de la Calidad del Agua Residual.....	44
➤	Extracción de Agua Residual.....	44

3.3.7.	Trabajo de gabinete:.....	46
3.3.7.1.	Ensayos para determinar la calidad de agua residual.....	46
3.3.7.2.	Ensayos de mecánica de suelos.....	46
3.3.7.3.	Cálculo de la población futura. ....	46
➤	Método Aritmético:.....	47
➤	Método Geométrico. ....	47
➤	Método exponencial:.....	48
3.3.7.4.	Caudales de diseño.....	48
➤	Caudal promedio (Qas).....	50
➤	Caudal máximo diario (Qmd). ....	50
➤	Caudal máximo horario (Qmh). ....	50
➤	Gasto o caudal de diseño (Lt/seg). ....	50
3.3.7.5.	Diseño de la PTAR. ....	51
➤	Cálculo de la carga de diseño.....	52
➤	Carga de diseño “Cs” (NTP – OS 090).....	53
➤	Carga superficial removida “Csr” (según CONAGUA).....	54
➤	Volumen de la laguna “V” (según CONAGUA). ....	55
➤	Relación larga/ancho “X” (L/W) según CONAGUA.....	55
➤	Tiempo de retención (según CONAGUA) ....	55
➤	Tiempo de remoción de sólidos y limpieza de las lagunas.....	56
➤	Determinación de caudales. ....	56
IV.	RESULTADOS. ....	58
4.1.	Cálculo de la población a futuro. ....	58
4.2.	Cálculo de Caudales al año 2019. ....	60
4.3.	Dimensionamiento de la PTAR-J al 2019. ....	60
4.4.	Caudales para diseño de la laguna de Estabilización al año 2025.....	61
4.5.	Dimensionamiento de la laguna de estabilización al año 2025.....	61
4.6.	Registro de caudales recibidos en la PTAR-J, marzo – agosto 2019. ....	63
4.7.	DBO y DQO. ....	76
4.8.	Potencial de Hidrógeno (pH). ....	81
4.9.	Estado de los componentes de la PTAR observados. ....	83
4.10.	Estado de las lagunas de estabilización.....	85
4.11.	Comités vecinales prestadores de servicio.....	87
4.12.	Buzones y Redes de Desagüe. ....	88

4.13. Carteles de Señalización Interna y cerco perimétrico. ....	89
4.14. Comparación de parámetros de la PTAR con DS 004 -2017 MINAM. ....	90
V. DISCUSIÓN.....	91
VI. CONCLUSIONES.....	92
VII. RECOMENDACIONES. ....	93
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	94
AGRADECIMIENTO.....	98
DEDICATORIA.....	99
ANEXOS.....	101

## INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Ubicación de la PTAR.....	21
Tabla 2: Límites de Caudales Aplicados a Medidores Parshall. ....	29
Tabla 3: Dimensiones Típicas de medidores Parshall en cm. ....	30
Tabla 4: Profundidad de calicatas.....	41
Tabla 5: Ubicación de toma de muestra en Afluente.....	45
Tabla 6: Ubicación de toma de muestra en Efluente. ....	45
Tabla 7. Ensayos de la calidad del agua residual (LMP) para Efluentes de PTAR.....	46
Tabla 8: Normatividad.....	46
Tabla 9: Aportes de Agua Per cápita por persona ....	48
Tabla 10: Clasificación de climas por Temperatura.....	49
Tabla 11: Dotaciones de agua potable.....	49
Tabla 12: Parámetros para el diseño de Lagunas de Oxidación Año – 2019. ....	52
Tabla 13: Parámetros para diseño de Lagunas de Oxidación según Regiones Estudiadas .	52
Tabla 14: Coeficientes de Correlaciones de Carga de DBO ....	54
Tabla 15: Valores de Exponente “n” y Coeficiente “k” .....	57
Tabla 16: Cálculo de la población futura.....	58
Tabla 17: Cálculo de la población futura.....	59
Tabla 18: Cálculo de la población futura.....	59
Tabla 19: Cálculo del Gasto al 2019 .....	60
Tabla 20: Resumen de Cálculos para Diseño de la PTAR de Jaén – Año 2019 .....	60
Tabla 21: Cálculo de caudales al 2025 .....	61
Tabla 22: Parámetros de diseño.....	61
Tabla 23: Medición del caudal en PTAR mes marzo 2019:.....	63
Tabla 24: Medición del Caudal en PTAR mes abril 2019.....	65
Tabla 25: Medición del Caudal en PTAR mes- mayo 2019.....	67
Tabla 26: Medición del caudal en PTAR mes -junio 2019 .....	69
Tabla 27: Medición del caudal en PTAR: mes - julio 2019 .....	71
Tabla 28: Medición del caudal en PTAR: mes - Agosto 2019.....	73
Tabla 29: Resumen Promedio de los Caudales Observado por mes .....	75
Tabla 30. Resultados de Análisis de Agua Residual Afluente. ....	77
Tabla 31. Resultados de Análisis de Agua Residual Efluente.....	77
Tabla 32: Grado de Eficiencia de Remoción de Parámetros Observados en la PTAR-J ....	77

Tabla 33. Clasificación de Aguas Residuales según su DBO. ....	78
Tabla 34. Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de PTAR. ....	78
Tabla 35. Resultados de Laboratorio del Afluente .....	79
Tabla 36. Resultados de Laboratorio del Efluente .....	80
Tabla 37: Grado de Eficiencia de Remoción de DBO <sub>5</sub> -DQO en la PTAR-J .....	81
Tabla 38. Medición del pH de la PTAR-J. ....	83
Tabla 39. LMP del Agua para Riego de vegetales y bebida de animales.....	83
Tabla 40: Componentes de la PTAR – Jaén, NTP OS - 090. ....	83
Tabla 41: Relación de Comités de Agua. ....	87
Tabla 42. Comparación de parámetros. ....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N° 1. Ubicación de PTAR de la Ciudad de Jaén.....	22
Figura N° 2. Esquema del Desarrollo de Investigación. ....	25
Figura N° 3. Ubicación de PTAR de la Ciudad de Jaén.....	26
Figura N° 4. Caseta de vigilancia. ....	27
Figura N° 5 Canales de aproximación de lagunas antigua y de la más actual respectivamente. ....	28
Figura N° 6. Rejas Rectas de limpieza manual (reja de desbaste de gruesos) .....	28
Figura N° 7. Aforadores Parshall de ambas lagunas. ....	29
Figura N° 8: Dimensiones típicas del Medidor Parshall. ....	30
Figura N° 9. Vista en Planta de Canal de aproximación de Laguna Anaerobia Nueva. ....	31
Figura N° 10. Vista en Planta del Aforador Parshall de Laguna de Anaerobia Nueva. ....	31
Figura N° 11. Vista en Planta Canal de aproximación de la laguna anaerobia Antigua. ....	31
Figura N° 12. Vista en Planta del Aforador Parshall de Laguna de Anaerobia Antigua. ....	32
Figura N° 13. Repartidor de caudales.....	32
Figura N° 14. Laguna de Estabilización Anaeróbica N°1 Antigua. ....	33
Figura N° 15. Laguna de Estabilización Anaeróbica Antigua (LA1). ....	33
Figura N° 16. Laguna de oxidación anaerobia Antigua N°2 en mantenimiento. ....	34
Figura N° 17. Laguna de Estabilización Anaerobia N° 3.....	35
Figura N° 18. Laguna Anaeróbica con estructuras de Concreto para interconexiones. ....	35
Figura N° 19. Superficie de las lagunas de oxidación.....	37
Figura N° 20. Vista de perfil de Laguna de Oxidación Anaerobia. ....	38
Figura N° 21. Levantamiento topográfico de PTAR de la Ciudad de Jaén.....	39
Figura N° 22. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén. ....	39
Figura N° 23. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén. ....	39
Figura N° 24. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén. ....	40
Figura N° 25. Plano topográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	40
Figura N° 26. Calicata N° 01.....	42
Figura N° 27. Calicata N° 02.....	42
Figura N° 28. Mapa Geológico de Jaén.....	43
Figura N° 29. Muestreo en el afluente de la PTAR.....	45
Figura N° 30. Muestreo en el efluente de la PTAR.....	45

Figura N° 31. Vista en Perfil del medidor Parshall. ....	56
Figura N° 32. Vista en planta de PTAR al 2025. ....	62
Figura N° 33. Corte y elevación de la laguna anaerobia .....	62
Figura N° 34. Muestras de AR. para DBO5 y DQO. ....	81
Figura N° 35. Medición del pH de la PTAR-J. ....	82
Figura N° 36. Lectura del pH de la Muestra de la Extraída de la PTAR-J .....	82
Figura N° 37. Laguna anaerobia primaria .....	85
Figura N° 38. Lagunas Anaerobias Recibiendo caudal en exceso. ....	86
Figura N° 39. Afluente de la Laguna Antigua recibiendo exceso de caudales. ....	86
Figura N° 40. Canaleta Parshall de PTAR Nueva. ....	87
Figura N° 41. Hidrojet desatorando las redes de desagüe. ....	88
Figura N° 42. Lagunas de oxidación sin señales reglamentarias. ....	89
Figura N° 43. Laguna anaerobia con señales de informativa. ....	89

## **RESUMEN.**

Esta investigación tiene por objetivo, Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Jaén conforme a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana (NTP) OS – 090, la metodología empleada es de dos formas; El trabajo en campo, comprendido por la inspección ocular a los componentes de la planta, estado actual de las lagunas, superficie y forma geométrica, topografía y estudio de suelos; registrados en libreta de campo y fotografías. El trabajo en gabinete comprendido por cálculo de caudales, análisis de laboratorio realizados en la Universidad Nacional de Jaén y OIKOSLAB.Sac; siendo los resultados en un primer momento en el afluente una DBO5 de 1 840 mg/L y DQO de 2 200 mg/L, en el efluente una DBO5 de 1 200 mg/L y DQO de 1 680 mg/L arrojando una eficiencia para una DBO5 de 34.78%, y la DQO de 23.64%; en un segundo análisis los resultados según OIKOSLAB.SAC en el afluente son DBO5 de 216 mg/L y DQO de 568 mg/L, en el efluente una DBO5 de 190 mg/L y DQO de 417 mg/L con una eficiencia para una DBO5 de 11.75% y DQO. De 26.56%, concluyendo que la PTAR es deficiente.

**Palabras clave:** Eficiencia, lagunas de estabilización, aguas residuales.

## **ABSTRACT.**

The purpose of this research is to evaluate the efficiency of the wastewater treatment plant (PTAR) of the city of Jaen in accordance with the provisions of the Peruvian Technical Standard (NTP) OS - 090, the methodology used is two shapes; The field work, included by the ocular inspection of the plant components, current state of the lagoons, surface and geometric shape, topography and soil study; Registered in field book and photographs. Cabinet work comprised of flow calculation, laboratory analysis performed at the National University of Jaen and OIKOSLAB.SAC; the results being initially in the tributary a BOD5 of 1840 mg / L and COD of 2200 mg / L, in the effluent a BOD5 of 1200 mg / L and COD of 1680 mg / L yielding an efficiency for a BOD5 of 34.78 %, and the COD of 23.64%; in a second analysis the results according to OIKOSLAB.SAC in the tributary are BOD5 of 216 mg / L and COD of 568 mg / L in the effluent a BOD5 of 190 mg / L and COD of 417 mg / L with an efficiency for BOD5 of 11.75% and COD. Of 26.56%, concluding that the WWTP is breaking the NTP.

**Keywords:** Efficiency, stabilization gaps, wastewater.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Desde principios en que el hombre empezó su vida sedentaria en la tierra, formó pequeñas agrupaciones, las cuales de alguna manera han ido contaminando las fuentes de agua del medio donde se desarrollaban, dando origen o generando de esta manera a las aguas residuales, cabe mencionar que la purificación de estas inicialmente fue realizada de manera natural, pero a medida que el hombre empieza su gran desarrollo y a formar las ciudades del mundo, sus actividades domésticas, educacionales, comerciales, industriales, etc. crecieron y con ellas también creció la contaminación de las aguas volviéndola sin valor, nocivas y ya no purificables por medios naturales sino más bien que ameritan un tratamiento efectivo y adecuado al agua residual, mediante el empleo de mecanismos o tecnologías eficientes, las cuales tengan un adecuado o correcto diseño que permitan volverlas aptas o aceptadas dentro de los LMP estipulados en la normativa vigente, para ser empleadas ya sea en casos de vertimientos a cuerpos receptores de agua, o en su reuso para actividades agrícolas, forestales y áreas verdes.

Para el tratamiento de dichas aguas no aptas para el consumo humano ni para el uso directo en agricultura nos ayudan dichos sistemas que actualmente se les denomina plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR, las cuales son herramientas tecnológicas muy importantes para coadyuvar en la preservación del medio ambiente, en el reuso del agua y al control de enfermedades, particularmente las gastrointestinales, por lo que promover su diseño y construcción en todo el territorio nacional es altamente conveniente como parte de acciones de saneamiento básico en la población.

Las aguas residuales generadas en las actividades diarias de la ciudad de Jaén, son evacuadas hacia el sector Linderos y receptionadas por la PTAR aquí existente, las cuales al tener una inadecuada fiscalización de descargas al alcantarillado público, por parte de la entidad administradora, día a día vienen originando problemas ya que por su excesiva carga hidráulica y orgánica que estas arrastran hacen que la PTAR no realice un eficiente

tratamiento, al tener éstas deficiencias técnicas, hace que se generen indicios tales como emanación de olores nauseabundos que son arrastrados por los vientos y que afectan a la población que se encuentra casi próxima a ella (Sector Linderos, Campus UNJ, lotizaciones informales), así como también el vertimiento de los efluentes al río Amojú, causando contaminación de sus aguas, que son aprovechadas en la agricultura, en la irrigación de un aproximado de 400 has de cultivos de (arroz, maíz, cacao, yuca), árboles frutales (paltas, mangos, ciruelas) y pastos para la crianza de ganado; éstos productos al ser consumidos causarían problemas de salud pública. Dada esta problemática nos conlleva a realizar la siguiente interrogante. ¿Cuál es el grado de eficiencia que presenta la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén? para esto se propone la siguiente hipótesis; al comparar los parámetros de diseño de la PTAR de la ciudad de Jaén con los de la Norma Técnica Peruana OS – 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones y los LMP aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se evidenciará que esta presenta una inadecuada eficiencia para estabilizar las aguas residuales.

El crecimiento de la población de forma desproporcional y con ello la demanda de agua en la ciudad de Jaén, exigen cada vez más el cuidado de nuestra única fuente de agua dulce, el Río Amojú; entonces; ¿Por qué no aprovechar algunas de las oportunidades que nos brindan las aguas residuales? Frente a esta interrogante en el Informe Mundial sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017 se demuestra que una mejor gestión de las aguas residuales implica no solo la reducción de la contaminación en las fuentes, sino también la eliminación de contaminantes de los flujos de aguas residuales, la reutilización de las aguas regeneradas y la recuperación de los subproductos útiles. Conjuntamente, estas cuatro acciones generan beneficios sociales, ambientales y económicos para toda la sociedad, contribuyendo así al bienestar y a la salud, a la seguridad del agua y la alimentaria, y al desarrollo sostenible. La importancia transversal de las aguas residuales se ve reflejada en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 dedicado al agua y al saneamiento y, especialmente, en la Meta 6.3 que propone reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentar considerablemente el reciclado y la reutilización segura a nivel mundial. (UNESCO, 2017)

Últimamente el tratamiento de Aguas Residuales “AR” es un tema que se ha vuelto relevante no solo para la población afectada sino también para las autoridades políticas, ecologistas e ingenieros, es por eso que la experta en agua y saneamiento del Banco Mundial, Yee-Batista (2013) en conferencia en Buenos Aires (Argentina), aclara que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos, el tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública, debido a lo complejo del problema, se debe revisar el proceso de producción de agua de una manera integral: suministro, saneamiento y aguas residuales y drenaje urbano, es decir, invertir en sistemas de alcantarillado que evacuen el agua de las lluvias. Y todo esto sin perder de vista la planificación urbana.

Según Lizarazo y Orjuela (2013) en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia, se aprecia que las empresas prestadoras del servicio incumplen las normas de vertimiento de aguas residuales; algunos incumplen el protocolo de operación, no hacen el mantenimiento adecuado a la infraestructura y son vulnerables a fenómenos naturales; a esto se suman las deficiencias técnicas y operativas de los sistemas, lo que generan un impacto negativo en lo social y ambiental en las comunidades, especialmente en las más pobres. En este mismo país, en el municipio de Bojacá – Cundinamarca se conoce que las AR son un problema de gran magnitud, ya que la PTAR no se encuentra en capacidad de tratar caudales picos, especialmente en semana santa y festivos del casco urbano, por tal motivo solo realiza su proceso con el caudal de diseño, el restante es vertido a la laguna el Juncal generando una contaminación en ella, sin considerar las características físico-químicas de éstas, como lo son la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST), grasas y aceites (Gonzales, 2016)

Por su parte Fernández (2015) en su Informe País en el Taller Internacional sobre el Uso de Aguas Residuales en la Agricultura; cuyo título es “Aguas Residuales en el Perú, Problemática y uso en la Agricultura” nos demuestra que, en el país, de un total de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), pocos son los proyectos que puedan

llamarse exitosos. Ello se debe, por un lado, a la visión sesgada de las EPS que no llega a descubrir el potencial socio económico de las aguas residuales tratadas, la cual se manifiesta al calificar como castigo para el trabajador la designación de personal para efectuar actividades de operación y mantenimiento de las PTAR y, por otro lado, a la ausencia de una cultura de protección del ambiente como parte de la misión de las EPS; además el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017) en su conferencia sobre Tratamiento y Reúso de las Aguas Residuales Perú, ¿un reflejo de la región? Concluye que: la cobertura de tratamiento de aguas residuales (TAR) es baja, aunque ha mejorado considerablemente entre 2013 y 2015; La cobertura nominal de TAR en el sector urbano se sitúa alrededor del 70% de la población urbana servida al final de 2015 por las 50 EPS, incluyendo SEDAPAL. Si se excluye a SEDAPAL, esta cobertura se reduce a 44%.

A nivel local no existe trabajos de investigación referentes a determinar la eficiencia y funcionalidad de una PTAR, pero se puede resaltar la investigación realizada por Montenegro (2016) quien ha determinado la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, PTAR del distrito El Parco, Bagua, Amazonas durante abril – octubre, 2013; en el afluente de la PTAR El Parco superó el límite máximo permisible ( $10 \times 10^3$  CF/100mL), de igual manera en el efluente la DQO (210 mg/L) y la DBO5 (117,50 mg/L) superó los límites máximos permisibles, indicando que no se cumple con la normatividad vigente.

Ante la problemática anteriormente presentada se expone que el presente trabajo de investigación se justifica por que surge de la necesidad de conocer si la PTAR de la Provincia de Jaén cumple con los estándares de diseño para estabilizar el volumen total de agua residual llegante y de esta manera brindar un adecuado servicio a la ciudadanía, la cual se verá reflejada en la no afectación de la salud pública generando calidad de vida en sus usuarios.

## **1.1. Bases Teóricas.**

### **1.1.1. Aguas Residuales.**

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – (OEFA) “Son aquellas aguas 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” (p. 2). A su vez estas aguas se pueden clasificar en Aguas residuales domésticas, Aguas residuales industriales y Aguas residuales municipales; cada una de ellas con sus características y particularidades.

Jaén por ser una ciudad de clima cálido durante casi todo el año, con la finalidad de cubrir sus necesidades básicas de saneamiento, originaron la creación de diversos comités de agua informales y que hasta la fecha vienen funcionando sin fiscalización alguna. Dichos comités actualmente son los que sobrecargan los niveles per cápita con aportes excesivos de aguas residuales, ya que manejan caudales y/o cargas orgánicas mayores que el máximo permitido por el diseño; problemática que se visualiza en otras PTARs de todo el país y que es sustentada en investigaciones hechas por la OEFA en la Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales donde manifiesta que:

Hay sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, lo cual origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población. (p. 05)

### **1.1.2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).**

Según la NTP OS 090 nos define que “es una infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales” (p.198); donde dicha planta debe eliminar los contaminantes de las mismas para alcanzar los límites máximos permisibles (LMP) - Decreto Supremo N. 003-2010-MINAM,

Jaén es una ciudad que cuenta con una EPS, la cual en su plan de saneamiento ha construido su PTAR años atrás, con la finalidad de brindar un servicio de calidad en cuanto a saneamiento, pero contrariamente a esto los diversos comités de aguas no formales los cuales son aportantes a dicha planta en forma descontrolada, ocasionan esto una sobrecarga en aguas residuales; pese a que la EPS es conocedora de esta problemática poco y casi nada realiza por dar una solución inmediata a dicho problema; problema que en el Perú es de gran consideración, tal como lo afirma Larios y otros (2015) en un informe de la Revista Saber y Hacer: Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú, donde manifiesta que:

“De la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008), se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de aguas alguno; asimismo,

que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006 – 2015. (p. 14)

La evaluación hecha por SUNASS deja en claro que los problemas antes mencionados son muy relevantes y por ende necesitan una atención primordial y una propuesta de solución inmediata, debido a que el proceso operacional de las plantas no cumple con los objetivos propuestos en diseño, funcionalidad y construcción; aquí entonces cabe reflexionar que nosotros como profesionales tenemos la obligación de calcular los parámetros de diseño con la finalidad de gestionar y ejecutar los proyectos acordes con la NTP y el RNE, desterrando errores en diseño y en construcción.

El ingeniero civil como persona también debe ser un ente promotor de respeto por el medio ambiente y la cultura del cuidado del agua en la población, generando conciencia ciudadana para que no se tengan exceso de contaminantes ni de aguas residuales; permitiendo con esto un rápido tratamiento en las PTARs sin saturarlas por exceso de aporte de A.R. De esta manera se logrará que las estructuras cumplan con los estándares de calidad y que tengan un tiempo de vida o de funcionamiento perdurable en el tiempo.

## **1.2. Términos Básicos.**

### **1.2.1. Aguas Residual doméstica.**

Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana. (RNE, 2018).

### **1.2.2. Aguas Residual Municipal.**

Es la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas de origen industrial. (RNE, 2018).

### **1.2.3. Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO).**

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, tales como las bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, requieren para la estabilización de la materia orgánica. La DBO es un proceso biológico y delicado, requiere de un tiempo mínimo de 5 días de manera estándar a una temperatura de 20 °C, denominándose DBO<sub>5</sub>.

### **1.2.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica de las aguas residuales por medios químicos y convertirla en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y para ello se emplea

como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio. Se expresa también en  $\text{mgO}_2/\text{l}$ .

#### **1.2.5. Eficiencia:**

Término que se refiere a que una planta de aguas residuales está operando en perfectas condiciones en un 100%, junto con adecuados niveles de operación y mantenimiento. Los efluentes tratados tendrán calidad físico- química y bacteriológica que los convertirán según la norma en aptos para el reúso, sin ocasionar riesgos para la salud (Sorrequieta, 2004).

#### **1.2.6. Lagunas anaeróbicas.**

Se diseña para tratar aguas residuales con concentraciones altas de materia orgánica, su función es permitir la sedimentación de sólidos y la remoción de materia orgánica en ausencia de oxígeno. (CONAGUA, 2005).

#### **1.2.7. Lagunas facultativas.**

Las lagunas facultativas se utilizan frecuentemente y pueden encontrarse como un primer tratamiento o como un tratamiento posterior a las lagunas anaerobias. (CONAGUA, 2005)

#### **1.2.8. Límites Máximos Permisibles (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”.

#### **1.2.9. pH.**

Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno; expresado en moles por litro; con este examen solo determinamos si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de fierro), neutra, básica o alcalina. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina. (CEPIS, 2002).

## **II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Objetivo General.**

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén conforme a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana OS – 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones y los límites máximos permisibles para aguas residuales.

### **2.2. Objetivos Específicos.**

- a. Evaluar los parámetros de diseño de la PTAR-J, en conformidad con los estipulados en la NTP OS 090.
- b. Comparar los Parámetros de aguas residuales de la PTAR-J con los estipulados en la Normativa vigente DS 004-MINAM 2017.
- c. Identificar las causas que generarían la problemática del tratamiento inadecuado.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Objeto de Estudio.

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica.

El área de estudio (PTAR) está ubicada en el nororiente del Perú, en el distrito de Jaén, provincia de Jaén y región de Cajamarca; a unos 5 Km al N.E a las afueras de la ciudad y a tan solo 0+156.60 metros al S.E de la vivienda más próxima a esta, en el sector Linderos, a la altura del kilómetro 23+200 en la margen derecha de la Carretera Jaén – San Ignacio, cuyo acceso principal es una trocha carrozable.

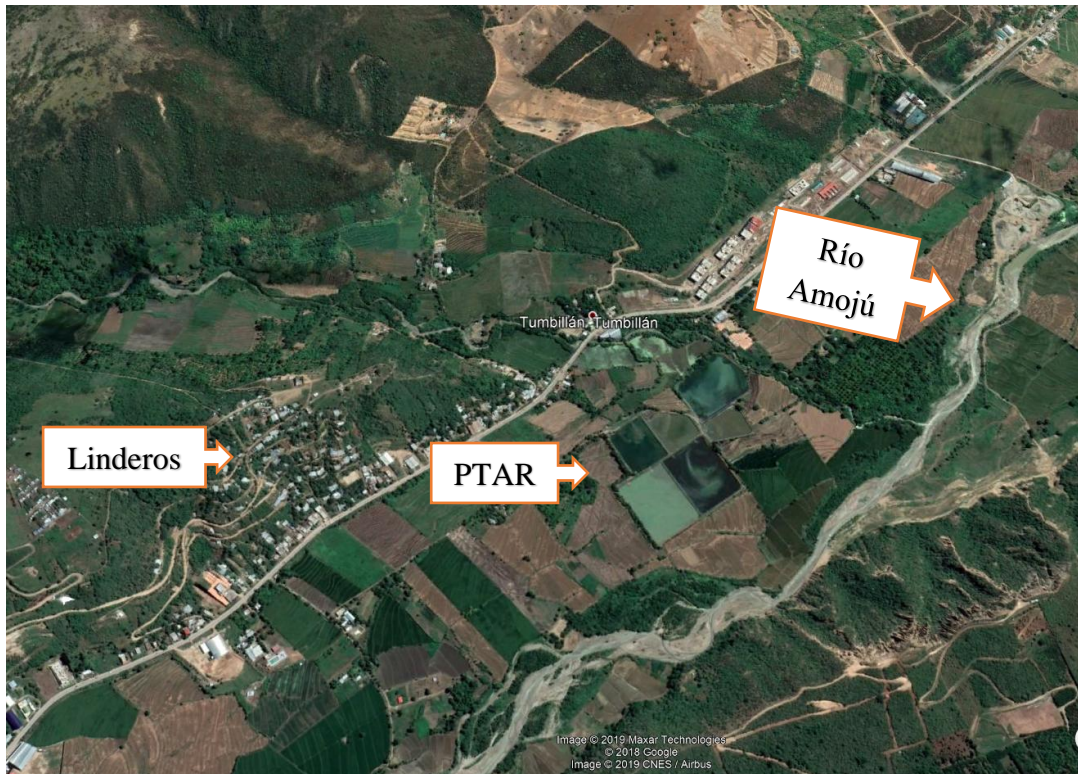
La PTAR colinda por el Este, Oeste, Sur con terrenos de cultivos de arroz y por el Norte con el sector de Linderos, así como también con el campus de la Universidad Nacional de Jaén; lo que evidencia que esta se encuentra ubicada muy cerca a la mancha urbana.

A continuación, se presenta una tabla de ubicación de la PTAR según coordenadas UTM.

*Tabla 1: Ubicación de la PTAR.*

Zona	Coordenadas		Ubicación
	Este	Norte	
17 M	746058.00 M	9371678.00 M	Sector Linderos

Fuente: Elaboración Propia



*Figura N° 1. Ubicación de PTAR de la Ciudad de Jaén.*

### **3.2. Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación empleada para el presente trabajo es básica y aplicada.

#### **3.2.1. Investigación Básica.**

Es básica porque sirve para generar y/o ampliar conocimiento sobre un tema, para el presente trabajo de investigación es sobre la eficiencia de la PTAR-J.

#### **3.2.2. Investigación Aplicada.**

Es aplicada porque nos sirve para solucionar o proponer soluciones a problemas específicos, y porque esta parte desde la investigación básica.

#### **3.2.3. Línea de Investigación.**

Obras de Saneamiento.

Obras Hidráulicas.

#### **3.2.4. Variables.**

##### **a. Dependiente.**

- Eficiencia de la PTAR.
- LMP (aceites y grasas, coliformes termo tolerantes, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, sólidos totales en suspensión, temperatura.

**b. Independiente.**

- Caracterización de aguas residuales domésticas e industriales.
- Información básica: geológica, geotécnica y topográfica.
- Determinación de caudales actuales y futuros.
- Aportes per cápita.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.

**3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

**3.3.1. Técnicas.**

**La Observación.**

La observación es una técnica que consiste precisamente en observar el desarrollo del fenómeno que se desea analizar, esta tuvo un rol muy importante en nuestro trabajo ya que se estudiará en situ mediante ella, todas las características físicas existentes en la PTAR de la ciudad de Jaén.

**3.3.2. Instrumentos.**

**a. Materiales:**

Para el presente proyecto se ha empleado los siguientes materiales:

- Suelos
- Clavos
- Yeso.
- Pintura.
- Corrector.
- Suelos.
- Aguas residuales
- Depósitos de vidrio para muestreo.
- Caja refrigerante.

**b. Equipos.**

Para el presente proyecto se han empleado los siguientes equipos:

- Equipo topográfico (Estación total Topcom ES-105)
- Equipo topográfico (Receptor GPS Garmin)
- 03 bastones con su respectivo prisma marcan Topcom.
- 03 radios marca Abel.
- Huincha métrica manual.
- Libreta de campo.

- Laptop ASUS CORE i7.
- Laptop HP CORE i3.
- Impresora HP.
- Cámara Fotográfica.
- EPP (casco, chaleco, guantes quirúrgicos, anteojos).

**c. Software.**

- Software Civil 3d 2016.
- Software AutoCAD 2016.
- Software Microsoft office 2010.
- Software vicio.
- Software Math Type.

**d. Formatos.**

- Formatos para la medición diaria de niveles de agua residual en los 02 puntos de aforación Parshall.
- Formatos para la realización de los ensayos de LMP.

**3.3.3. Recolección de datos.**

**Fuente primaria:** Cálculo de parámetros de diseño de la PTAR, cálculo de poblaciones, cálculo de caudales, registros de mediciones diarias de los niveles de agua residual, topografía de la zona de interés, imágenes fotográficas del área de estudio entre otros registros importantes para determinar la eficiencia de la PTAR.

**Fuente secundaria:** Información citada de diferente bibliografía como libros, artículos, monografías y otras fuentes de información relacionadas con estudios de PTARS para determinar su eficiencia.

**3.3.4. Procesamiento de la información.**

Es el trabajo en gabinete que se realizará analizando la información obtenida de campo que permitirá validar la hipótesis a través de los resultados obtenidos y con valores de los parámetros de diseño, los que deben cumplir con caudales, áreas para lagunas de estabilización, tiempo de retención de aguas, tiempo de mantenimiento de lagunas de estabilización, ensayos para límites máximos permisibles (LMP), estipulados en la Norma Técnica Peruana OS.090 del RNE, así como en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAN.

Los procesamientos de los datos obtenidos se harán a través de softwares o programas computarizados adecuados para la contribución en el trabajo de investigación.

### 3.3.5. Metodología.

Para la realización del presente trabajo se ha plasmado seguir el esquema de trabajo que se presenta en la figura N° 2, el cual demuestra que la metodología empleada consta de dos etapas:

**Etapa del trabajo de campo:** comprendido por la localización, determinación de sus coordenadas UTM de la PTAR, levantamiento topográfico, la inspección ocular directa entre ellas los registros de alturas de AR en el medidor Parshall, toma de muestras de aguas y suelos.

**Etapa del trabajo de gabinete:** comprendido por el cálculo de caudal expresado en L/s y m<sup>3</sup>/d, cálculo de los parámetros de las lagunas de estabilización para un dimensionamiento de las mismas y de los análisis de las muestras de AR en los laboratorios para contrastar con los LMP y de los suelos donde se ubica la PTAR.

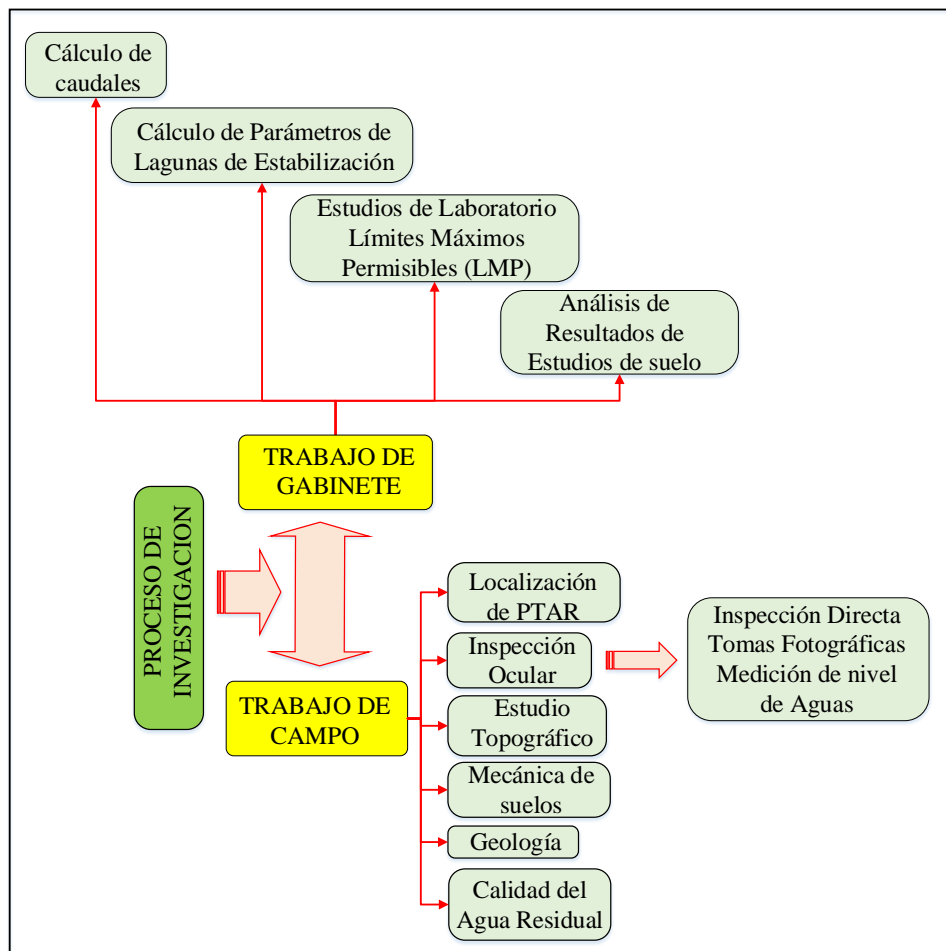


Figura N° 2. Esquema del Desarrollo de Investigación.

### 3.3.6. Trabajo de campo.

#### 3.3.6.1. Localización de PTAR.

Con la finalidad de encontrar el área de ubicación de la PTAR se realizó un recorrido desde la ciudad de Jaén en dirección N.E hacia el sector de Linderos ubicada aproximadamente a 5 Km de nuestra ciudad, a la altura del kilómetro 23+200 en la margen derecha de la Carretera Jaén – San Ignacio, cuyo acceso principal es una trocha en mal estado, sus coordenadas se muestran en la tabla N°1.

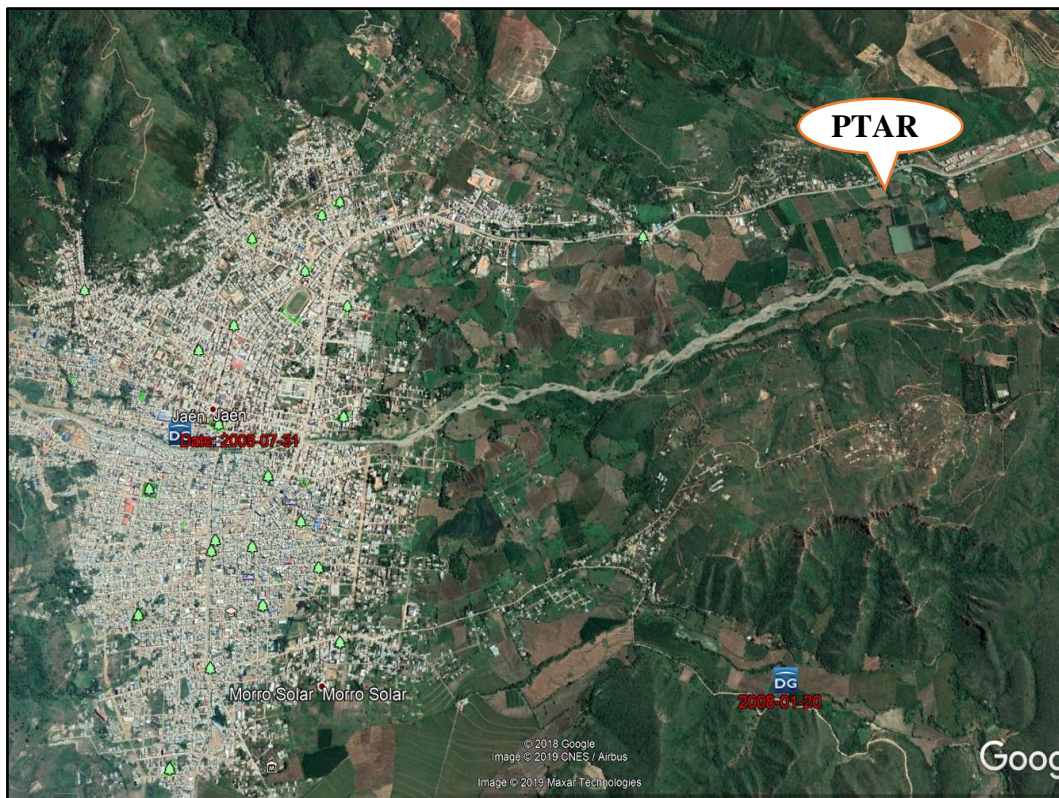


Figura N° 3. Ubicación de PTAR de la Ciudad de Jaén.

#### 3.3.6.2. Inspección Ocular.

Se hizo las visitas a campo para realizar observaciones y toma de imágenes fotográficas para reconocer el área de estudio y las partes o componentes de la infraestructura de la PTAR existente de la ciudad de Jaén, así constatar su actual estado situacional, y el procedimiento seguido o realizado en el tratamiento de los volúmenes de aguas residuales llegantes, en las etapas de ingreso, tamizado, medición, repartición, almacenamiento y efluencia del mismo hacia el cuerpo receptor.

Según el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Jaén al 2025, la PTAR estuvo compuesta por dos módulos de lagunas de estabilización las cuales se construyeron en el año

2005; cada módulo consta de una laguna anaeróbica seguida de una laguna facultativa, con la ejecución del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua potable y Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Jaén de la Región Cajamarca”, se ha realizado la ampliación de la cobertura de tratamiento de aguas servidas con la construcción de un tercer módulo de laguna de estabilización y la proyección de un cuarto modulo a ser construido en el año 2017. (Plan de desarrollo urbano ciudad de Jaén, 2013).

Descripción de los componentes de la PTAR:

**a. Caseta de vigilancia.**

Situada en la zona de entrada a la PTAR, con un área de 21.944 m<sup>2</sup>, cuenta con una estructura en buenas condiciones y es empleada para funciones como: Albergue, aseo, protección y confort para el personal de seguridad, así como para labores de almacenamiento.



*Figura N° 4. Caseta de vigilancia.*

**b. Canales de aproximación.**

Existen 02 estructuras cuyas secciones son rectangulares, el primero con dimensiones de 0.55 m de base por 1.00 m de altura respectivamente y el segundo con dimensiones variables que va desde 1.15 en su base hasta 0.75 en su entrada y salida; y con una profundidad de 1.20 m, su función es de transportar el agua residual desde los puntos de

llegada en la PTAR hasta los repartidores de estas. Aquí se logró detectar la acumulación de arenas producto de la sedimentación de las mismas y falta de mantenimiento.



Figura N° 5 Canales de aproximación de lagunas antigua y de la más actual respectivamente.

**c. Rejillas.**

Tiene la finalidad de separar los elementos gruesos que arrastran las aguas residuales tales como: restos de madera, raíces, sintéticos, desperdicios desechados por el camal municipal, empaquetaduras plásticas, etc. (Ver Figura 6). Los cuales no pueden ser degradados en corto tiempo y que son retirados manualmente para ser llevados al relleno sanitario. La separación entre rejas es de 50 mm; es decir es para un desbaste de sólidos gruesos y cuya geometría de las rejas son rectas verticales.



Figura N° 6. Rejas Rectas de limpieza manual (reja de desbaste de gruesos)

**d. Aforadores Parshall.**

Son 02 componentes que presentan buen estado estructural, con dimensiones de 0.105 m de base por 1.20 m de altura y de 0.457 m de base por 1.20 m de altura respectivamente, cuya función es medir los niveles de aguas residuales pasantes a cada batería de lagunas de estabilización, cuya veracidad de resultados se ven alterados por la acumulación de arenas, y por la falta de una escala de medición (Limnómetro).



*Figura N° 7. Aforadores Parshall de ambas lagunas.*

*Tabla 2: Límites de Caudales Aplicados a Medidores Parshall.*

Ancho de Garganta W		Caudal Q (L/s)	
Pulgadas	cm	mínimo	máximo
3"	7.6	0.85	53.80
6"	15.2	1.52	110.40
9"	22.9	2.55	251.90
1'	30.5	3.11	455.60
1 1/2'	45.7	4.25	696.20
2'	61.0	11.89	936.70
3'	91.5	17.26	1426.30
4'	122.0	36.79	1921.50
5'	152.5	62.80	2422.00
6'	183.0	74.40	2929.00
7'	213.5	115.40	3440.00
8'	244.0	130.70	3950.00
10'	305.0	200.00	5660.00

*Fuente:* De Azevedo (2005), Manual de hidráulica p. 458

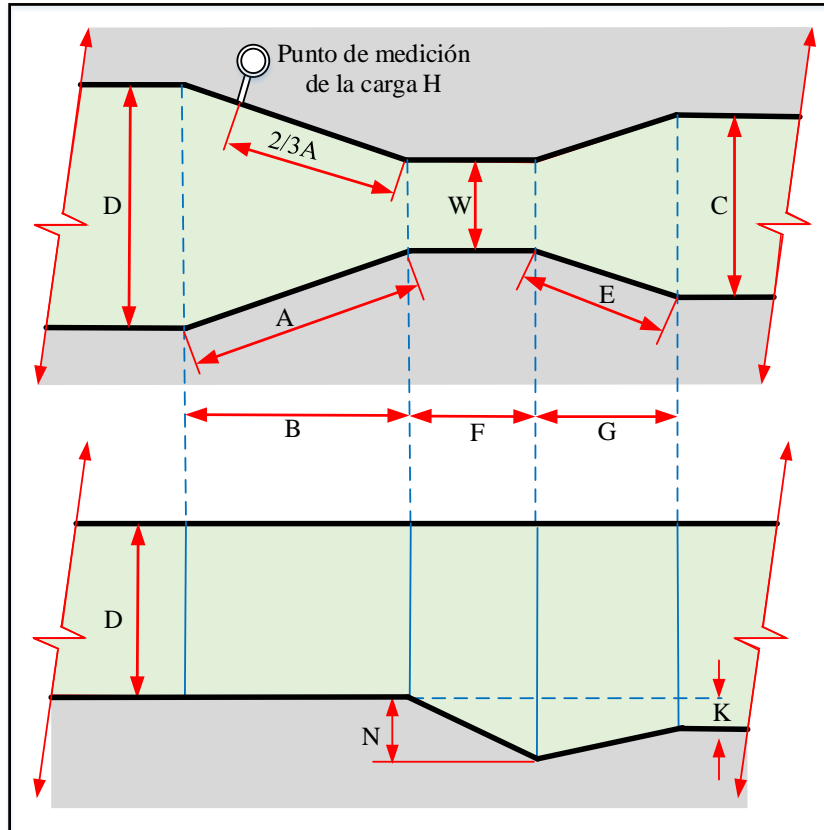


Figura N° 8: Dimensiones típicas del Medidor Parshall.  
Fuente. De Azevedo (2005), Manual de hidráulica p. 454.

La tabla N° 3 incluye las dimensiones típicas para los medidores hasta de 10 pies (3.05 m), cuyos elementos se presentan en la Figura N° 8.

Tabla 3: Dimensiones Típicas de medidores Parshall en cm.

	W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
<b>1"</b>	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
<b>3"</b>	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
<b>6"</b>	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
<b>9"</b>	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4
<b>1'</b>	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>1 1/2'</b>	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>2'</b>	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>3'</b>	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>4'</b>	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>5'</b>	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>6'</b>	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>7'</b>	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>8'</b>	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
<b>10'</b>	304.8	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Fuente: De Azevedo (2005), Manual de hidráulica p. 455

Según la inspección ocular se muestra una vista en planta de las estructuras de las cuales es parte la canaleta Parshall.

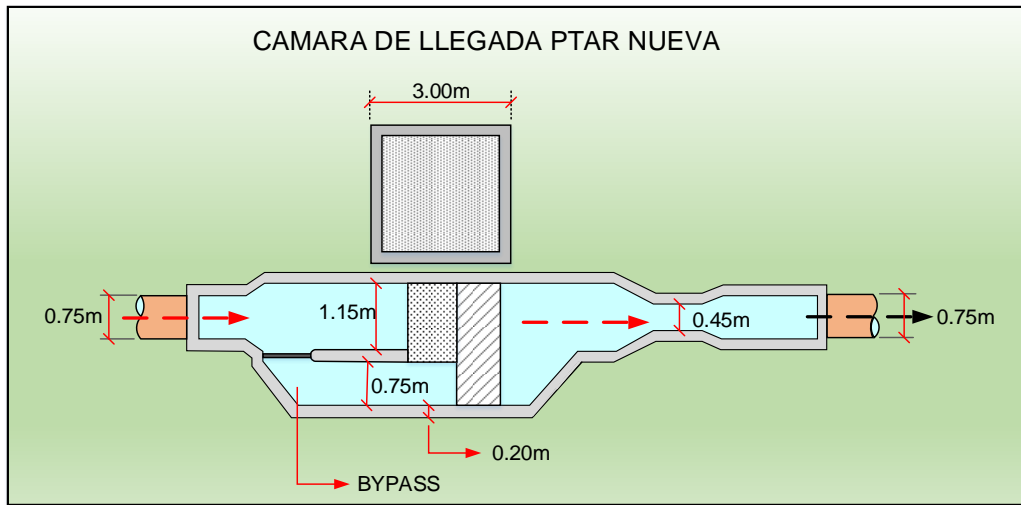


Figura N° 9. Vista en Planta de Canal de aproximación de Laguna Anaerobia Nueva.

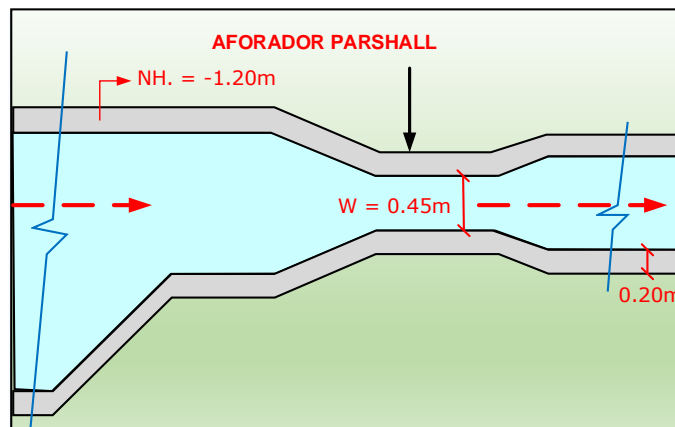


Figura N° 10. Vista en Planta del Aforador Parshall de Laguna de Anaerobia Nueva.

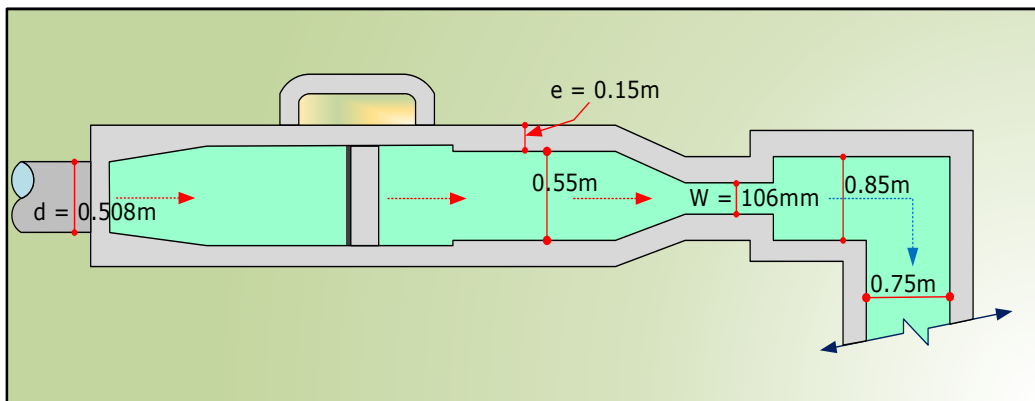


Figura N° 11. Vista en Planta Canal de aproximación de la laguna anaerobia Antigua.

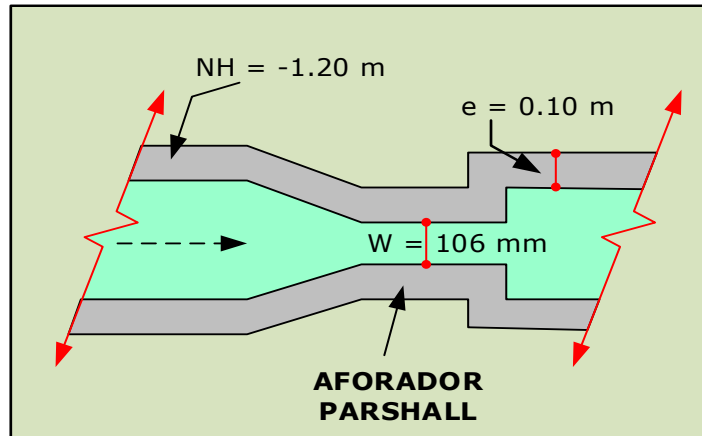


Figura N° 12. Vista en Planta del Aforador Parshall de Laguna de Anaerobia Antigua.

**e. Repartidor de caudales.**

Estructura de concreto armado cuya función es repartir las aguas residuales en partes iguales, hacia el área de entrada (compuertas) de las lagunas de estabilización anaeróbicas, cuya estructura se encuentra en buen estado.



Figura N° 13. Repartidor de caudales.

**f. Lagunas de estabilización.**

Existen 02 áreas bien definidas donde están ubicadas las 03 baterías o arreglos de lagunas de estabilización, las cuales tienen un esquema de funcionamiento en paralelo, compuesto por 03 lagunas anaeróbicas y 03 lagunas facultativas.

➤ **Laguna anaeróbica N°01**

Las paredes de sus taludes se encuentran sin recubrimiento y totalmente desgastados, posee 02 entradas y 03 salidas (compuertas) para la circulación de las aguas residuales, es de forma regular con dimensiones aproximadas de 121.48 m de largo por 94.58 m de ancho (posee un área equivalente de 11481.632 m<sup>2</sup>), inicialmente se construyó con 3.00 m de profundidad y con un borde libre de 0.50 m; pero por causa del azolve y el descuido del mantenimiento adecuado esta ha perdido profundidad.

Por la turbidez de las aguas de las lagunas no nos permite apreciar si la profundidad aún es la adecuada y si está cumpliendo con la NTP (ver figura N° 14) pero la figura N° 15; que es la misma laguna nos presenta indicadores que ha colapsado y por tanto la profundidad ahora puede ser en algunas partes de 5 a 10 cm de profundidad y en otras las medidas de profundidad son variables.



*Figura N° 14. Laguna de Estabilización Anaeróbica N°1 Antigua.*



*Figura N° 15. Laguna de Estabilización Anaeróbica Antigua (LA1).*

Las imágenes antes expuestas son muy explícitas, nos dan a entender que el desazolve nunca se habría realizado, en consecuencia; estamos frente a un problema de magnitud considerable; ya que con exceso de acumulación de lodos y con excesos de caudales su Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) sería mínimo.

➤ **Laguna Anaeróbica N°02**

Las paredes de sus taludes evidencian que ya no presentan recubrimiento, posee 02 entradas y 02 salidas (compuertas) para la circulación de las aguas residuales, tiene forma semi trapezoidal, con una construcción inicial de 3.00 m de profundidad y un borde libre de 0.50 m, posee un área equivalente de 9019.717 m<sup>2</sup> cuyo nivel de acumulación de sedimentos (lodos) es elevado, para poder realizar su desazolve se ha tenido que cortar el ingreso de aguas residuales, actualmente está inoperativa en proceso de secado de los lodos sedimentados, para ingresar con excavadoras y realizar la extracción de los sedimentos. (Figura N° 16).



*Figura N° 16. Laguna de oxidación anaerobia Antigua N°2 en mantenimiento.*

Esta imagen de la laguna nos ilustra con mucha claridad la realidad que está atravesando la laguna anterior mencionada, por tener ambas el mismo año de construcción y operatividad y por realizar iguales funciones frente a AR cuyos caudales constantemente están llegando en exceso y sobrepasando los máximos empleados en el diseño.

➤ **Laguna anaeróbica N°03**

Las paredes de sus taludes se encuentran cubiertas por una geo membrana, posee 03 entradas mediante tuberías de acero de Ø 12 pulgadas (ver Figura N° 17) y 03 salidas a través

de estructuras de concreto (cámaras de interconexión) para la circulación de las aguas residuales (ver Figura N° 18), su forma geométrica es trapezoidal, con 3.00 m de profundidad y un área equivalente de 7028.788 m<sup>2</sup>, no se aprecia aún el nivel de acumulación de sedimentos. En esta laguna de estabilización se observa la presencia de natas y además se percibe o evidencia olores desagradables.



Figura N° 17. Laguna de Estabilización Anaerobia N° 3



Figura N° 18. Laguna Anaeróbica con estructuras de Concreto para interconexiones.

➤ **Laguna facultativa N°01.**

Las paredes de sus taludes no presentan recubrimiento, posee 03 entradas y 04 salidas (compuertas) para la circulación de las aguas residuales, tiene forma rectangular de dimensiones aproximadas de 160.95 m de largo, 122.529 m de ancho, de 2.50 m de profundidad, con un área equivalente de 19661.714 m<sup>2</sup>, su nivel de acumulación de sedimentos o lodo es notorio.

➤ **Laguna facultativa N°02.**

Las paredes de sus taludes no presentan recubrimiento, cumple función de laguna de estabilización facultativa y a la vez de laguna de estabilización terciaria, posee 05 entradas y 02 salidas (compuertas) para la circulación de las aguas residuales, tiene forma rectangular de dimensiones aproximadas 162.339 m de largo, 123.547 m de ancho, de 2.50 m de profundidad, con un área equivalente de 19842.094 m<sup>2</sup>, su nivel de acumulación de sedimentos es notorio, así como la vegetación y algas en sus bordes.

➤ **Lagua facultativa N°03.**

Presenta taludes cubiertas por un geo membrana, posee 03 entradas y 03 salidas mediante estructuras de concreto (cámaras de interconexión) para la circulación de las aguas residuales, tiene forma irregular, con 2.50 m de profundidad, con un área equivalente de 19448.148 m<sup>2</sup>, no se aprecia aún el nivel de acumulación de sedimentos. Además, se observa que a esta llegan escorrentías superficiales (aguas de canal de riego) provenientes de las áreas de cultivos.

**g. Puntos de Efluentes:**

➤ **Punto de Efluencia N° 01**

Es la parte final del tratamiento que se da en la PTAR, aquí se observa que el agua residual saliente contiene gran cantidad de espumas (detergentes), además se percibe la presencia de olores nauseabundos, luego de salir de la laguna facultativa N° 03 y dirigirse a el cuerpo receptor (quebrada Tumbillán) cuyas aguas desembocan en el río Amojú, en este punto no existe un dispositivo o estructura para medir niveles de agua residuales salientes.

➤ **Punto de Efluente N° 02 y 03**

Es el punto final del tratamiento dado en la PTAR, aquí se observa que las aguas residuales forman grandes cantidades de espuma (detergentes), así como la presencia olores fétidos, luego de salir de las lagunas de estabilización facultativas N° 01 y 02 para dirigirse al cuerpo receptor (canales de riego de áreas de cultivos) cuyas aguas finalmente desembocan en el río Amojú, en este punto no existe un dispositivo o estructura para medir niveles de agua residuales salientes.

Datos genéricos de la PTAR:

➤ Entidad administradora: E.P.S. Marañón S.R.L.

- Actividades en planta: Vigilancia y limpieza manual de maleza.
- Superficie total de lagunas de Estabilización según topografía: 83984.98 m<sup>2</sup>
- Número de lagunas Anaeróbicas: 03
- Número de lagunas Facultativas: 03
- Topografía: Llana.
- Vegetación: Presencia de poca vegetación, pero de abundantes cultivos.
- Fauna: Presencia de abundantes aves de rapiña y canes.
- Distancia mínima a zonas de cultivos: 0 m está rodeada por estos.
- Distancia mínima a la mancha urbana: 156.60 m. a la vivienda más próxima.
- Cuerpo receptor 01: Quebrada Tumbillán cuyas aguas desembocan en el río Amojú.
- Cuerpo receptor 02 y 03: Áreas de cultivos con desembocadura en el río Amojú.
- Uso: Aprovechamiento de las aguas residuales para irrigación de distintos cultivos (arroz, mango, plátanos, pastos, etc.)

### VISTA EN PLANTA DE LAS LAGUNAS EXISTENTES -2019

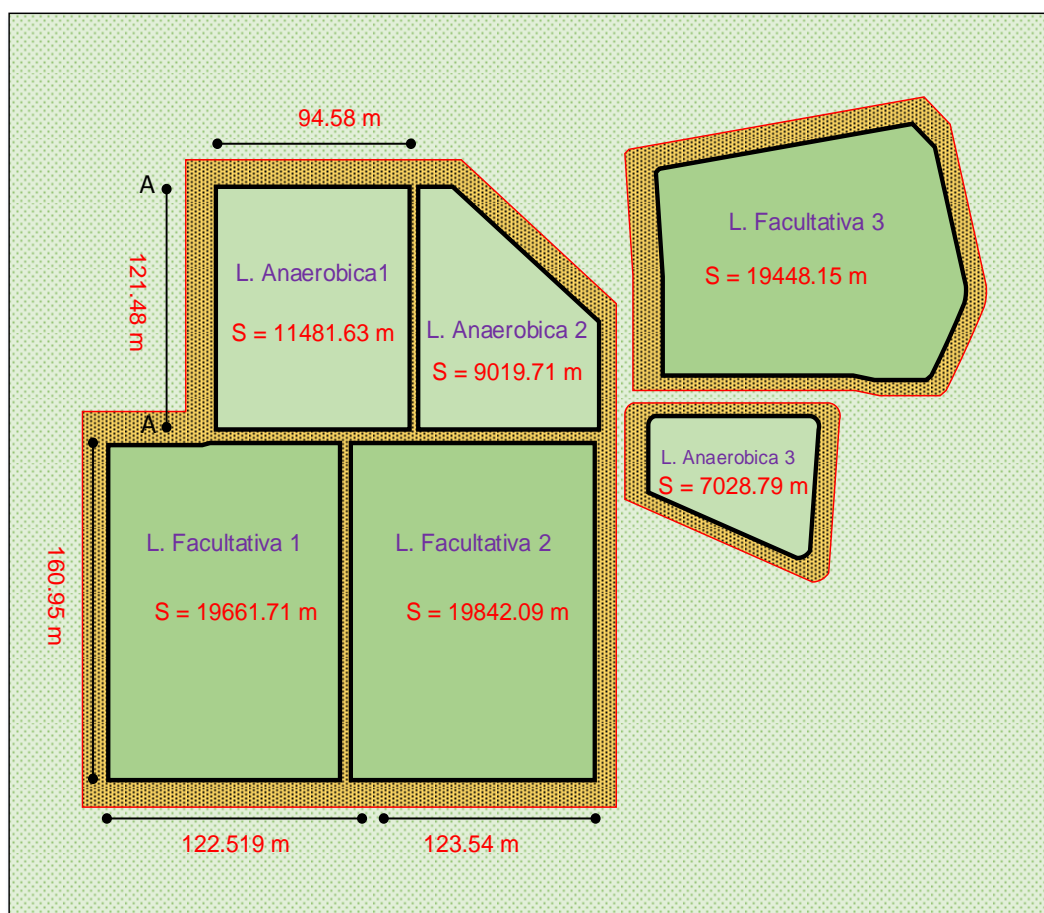


Figura N° 19. Superficie de las lagunas de oxidación

### Vista en Perfil de Laguna de estabilización Anaeróbica N° 01

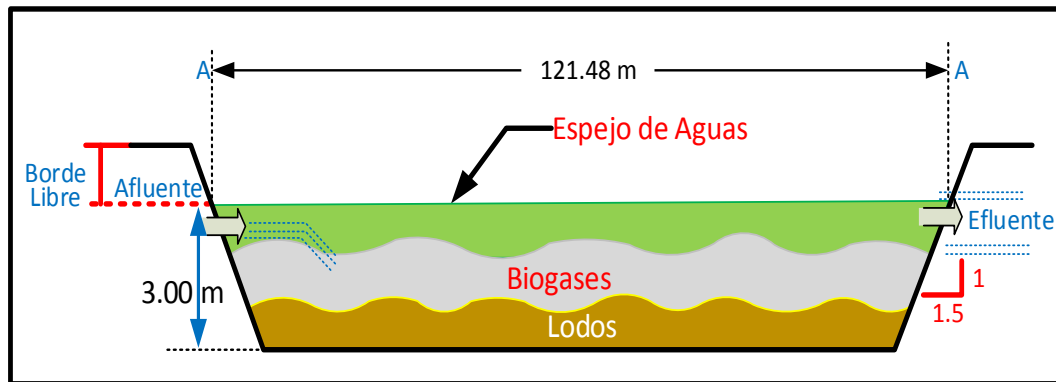


Figura N° 20. Vista de perfil de Laguna de Oxidación Anaerobia.

#### 3.3.6.3. Estudio Topográfico.

Estuvo a cargo del grupo de investigación, se realizó a partir de 02 puntos de control BMs ubicados en la vereda de la caseta de vigilancia y obtenidos mediante un receptor de GPS, se colocó una poligonal de apoyo conformada a base de puntos en lugares estratégicos que abarcaron toda el área de interés o influencia de la PTAR, para luego mediante esta realizar el levantamiento taquimétrico de detalles de interiores, empleando una Estación Total digital Topcom ES-105 y prismas, con la cual se obtuvo y a la vez registró las lecturas de coordenadas y cotas de todos los puntos físicos existentes (cambios de pendiente, desniveles y presencia de las estructuras existentes).

Se determinó que la zona de estudio presenta un relieve no accidentado (llano), con altitudes que varían desde 619.421 a 634.710 msnm evidenciándose que la PTAR se ubica por debajo del nivel de producción de aguas residuales (ciudad de Jaén) cuya altitud es de 729.00, el área correspondiente a las lagunas de estabilización es de 83984.98 m<sup>2</sup> y con coordenadas de ubicación establecidas en la tabla N° 1



*Figura N° 21. Levantamiento topográfico de PTAR de la Ciudad de Jaén.*



*Figura N° 22. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén.*



*Figura N° 23. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén.*



Figura N° 24. Levantamiento topográfico de PTAR de Jaén.

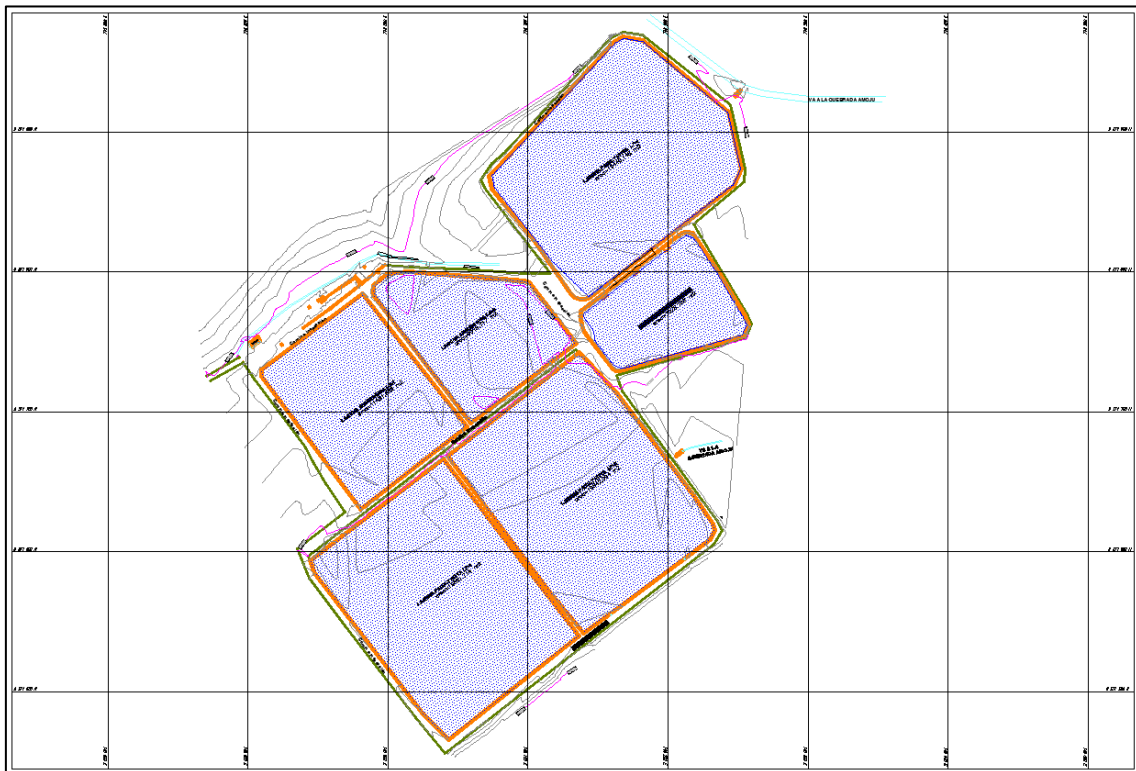


Figura N° 25. Plano topográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### 3.3.6.4. Estudio de mecánica de suelos.

El objetivo del estudio de mecánica de suelos es determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación (plantas de tratamiento, lagunas, captaciones, reservorios, líneas de conducción, redes, etc.) Con este estudio se busca clasificar el subsuelo, determinar la profundidad mínima de fundación, la capacidad de

soporte admisible del material de apoyo, ensayos de permeabilidad para los materiales que serán utilizados para la impermeabilización de las lagunas y entregar recomendaciones técnicas y constructivas que resulten convenientes para la ejecución de las obras.

➤ **Exploración Geotécnica.**

La exploración geotécnica estuvo a cargo del grupo de investigación de tesis, esta se inició con el reconocimiento de las áreas donde están emplazados los 03 arreglos de las lagunas de estabilización (antigua y nueva), para la recopilación de la información de cualquier singularidad que presente el terreno y que deba ser considerada en el estudio.

➤ **Extracción de Suelos.**

Se empleó el Método de la Calicata ya que es el método más apropiado para examinar un perfil de suelo en su estado natural. Puede excavar con herramientas comunes (manuales) o con equipos especiales (perforadoras, excavadora de zanjas, etc.) para obtener muestras de los horizontes (capas) de una calicata.

Se trazaron 02 calicatas en las áreas de influencia de las lagunas de estabilización (arreglos de lagunas) seleccionadas previamente, de dimensiones 0.70 m x 1.50 m respectivamente, con el empleo de herramientas manuales se realizó la excavación para obtener paredes verticales de las mismas con 1.50 m de profundidad, con la finalidad de alcanzar sus fondos y obtener el perfil estratigráfico natural para su consecuente muestreo.

Al finalizar las excavaciones, se examinó las paredes verticales de las 02 calicatas con el objetivo de determinar los horizontes o capas presentes en suelo, se procedió a realizar su respectivo muestreo (extracción), del cual se obtuvieron muestras de los horizontes presentes, estas muestras fueron etiquetadas, envasadas y llevadas al área de laboratorio de suelos LABSUC S.A.C.

*Tabla 4: Profundidad de calicatas*

Nº Calicata	Estructura	Profundidad	Coordenadas	
			Este	Norte
1	Lagunas de estabilización antigua	1.50 m	745961.274	9371632.884
2	Lagunas de estabilización nueva	1.50 m	746227.311	9371835.477



Figura N° 26. Calicata N° 01.



Figura N° 27. Calicata N° 02.

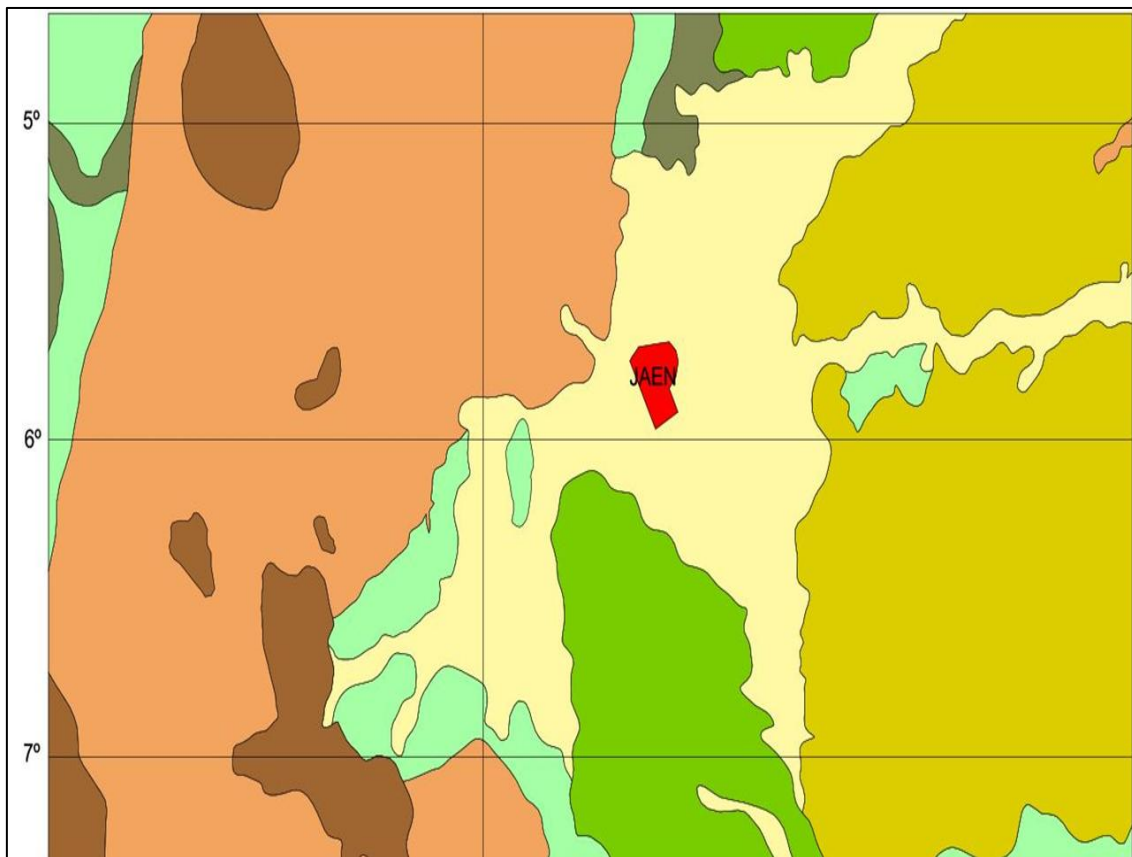
➤ **Geología.**

La ciudad de Jaén está flanqueada por afloramientos rocosos de areniscas, lutitas y conglomerados de color pardo rojizos, perteneciendo probablemente a la formación Bellavista, aflorante en la margen derecha del Valle de Jaén, desde Fila Alta hasta la confluencia de la ciudad de Bellavista y el río Marañón, asignándole a estas formaciones rocosas al tercio superior de la Era Cenozoica.

En la margen izquierda y derecha del valle Jaén los suelos están compuestos por bloques de roca entre 2 a 4 metros de diámetro, cantos rodados, grava y gravilla, englobados

en matriz arena limo arcillosa, estos bloques de roca tienen origen en rocas intrusivas (granodioritas), volcánicas (dacitas) y sedimentarias (calizas), asignándole a la edad Cuaternaria de la serie Pleistocénica.

Las edades de estos afloramientos rocosos son de origen volcánico, probablemente de la formación Calipuy, comprendida entre el terciario superior al Terciario Medio de la Era Cenozoica, es así que las características de las rocas del sub suelo de la ciudad de Jaén pertenecen a las formaciones Calipuy, Bellavista y Tamborapa. (Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén, 2005).



LEYENDA		
ERATEMA	SISTEMA	SERIE UNIDADES UTC ESTRATIGRAFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIA	HOLOCENO Depósitos aluviales
		PLEISTOCENO Fam. Tamborapa
	MIOCENO	MIOCENO Fam. Bellavista
MESOZOICA	CRETACEO	Fam. Chulec
		Fam. Gollarisquisga
	JURÁSICO	Fam. Oyutun



PROYECTO: INDECI - PNUD - PER / 02 / 051	
<b>CIUDADES SOSTENIBLES</b>	
ESTUDIO: PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE JAÉN	
DESCRIPCIÓN: MAPA GEOLÓGICO	LAMINA Nº: 11
FECHA:	ESCALA:

Figura N° 28. Mapa Geológico de Jaén.

### 3.3.6.5. Estudio de la Calidad del Agua Residual.

Con la finalidad de conocer si el trabajo de purificación dado en la planta de tratamiento a las aguas residuales producidas en la ciudad de Jaén es eficiente, se realizó el muestreo (extracción) de aguas residuales, para realizar el análisis de la calidad de estas.

➤ **Extracción de Agua Residual.**

Se tuvo en cuenta los 04 principios (protocolo) fundamentales para la toma de muestras tales como: Tiempo, lugar, frecuencia y técnica.

**Tiempo.** Se tuvo en cuenta el clima y la hora del día, pues el equipo de investigación realizó el muestreo en días en que no existió precipitaciones en la zona para que cuya dilución no influya en los resultados, además se prefirió el horario de la mañana, por razones de tener en cuenta la mayor incidencia de la producción o generación de aguas residuales en nuestra ciudad.

**Lugar.** Se procedió a identificar los lugares más adecuados o estratégicos recomendados por la NTP-090, esto se realizó en 02 puntos, tanto en la entrada como en la salida de las 02 áreas que contienen los arreglos de las algas de estabilización (antigua y nueva) de la PTAR.

Se verifico que el agua residual tenga un mezclado uniforme, esto se da en lugares donde tenga gran velocidad o exista una caída de las mismas, lo cual se logra después de las rejillas de pretratamiento específicamente en el aforador Parshall (afluente) y en la salida de las lagunas facultativas 01, 02 y 03 (efluente).

**Frecuencia.** Se realizó el muestreo en 02 fechas distintas en los meses de julio y septiembre del año 2019.

**Técnica.** En cuya labor se utilizó equipos de protección personal (mandil, guantes quirúrgicos, mascarilla, etc.), para proceder a realizar el muestreo y obtener una cantidad representativa del objeto a analizar, se empleó recipientes de vidrio de boca ancha, esterilizados y debidamente etiquetados, para cada tipo de ensayo a realizar con el afán de investigar lo estipulado en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - LMP para los efluentes en plantas de tratamiento de aguas residuales. Los recipientes para las muestras a analizar (agua residual), una vez llenados, fueron sellados herméticamente y colocados en la

caja refrigerante para su respectivo traslado al área del laboratorio de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, así como al laboratorio Oikoslab.Sac

*Tabla 5: Ubicación de toma de muestra en Afluente.*

Zona	Coordenadas		Ubicación
	Este	Norte	
17 M	745950.197 m	9371778.804 m	Canaleta Parshall



*Figura N° 29. Muestreo en el afluente de la PTAR.*

*Tabla 6: Ubicación de toma de muestra en Efluente.*

Zona	Coordenadas		Ubicación
	Este	Norte	
17 M	746209.729 m	9371672.073 m	Punto de Efluencia



*Figura N° 30. Muestreo en el efluente de la PTAR.*

### 3.3.7. Trabajo de gabinete:

#### 3.3.7.1. Ensayos para determinar la calidad de agua residual.

Los ensayos que se aplican para el estudio de eficiencia de una PTAR son diversos, pero para el presente trabajo de investigación prescindiremos de algunos de ellos, por tanto, solo realizaremos los más relevantes como es los ensayos de DBO, DQO, Coliformes Fecales, pH, Temperatura.

*Tabla 7. Ensayos de la calidad del agua residual (LMP) para Efluentes de PTAR.*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites Y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno En 5 Días (DBO5)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
PH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-MINAM RNE, 2010

#### 3.3.7.2. Ensayos de mecánica de suelos.

Se realizaron de acuerdo con las normas que se indican en el RNE E – 030 TABLA N° 2.2.5.

*Tabla 8: Normatividad*

ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
A. Granulométrico	ASTM D 422
C. de humedad	ASTM D 2216
Clasificación (SUCS)	ASTM D 2487
Límite Líquido y Plástico	ASTM D 4318

#### 3.3.7.3. Cálculo de la población futura.

Este cálculo hace referencia al crecimiento aproximado previsto, en el número de habitantes de la ciudad de Jaén para un año futuro pronosticado con la

finalidad de que la PTAR cumpla con el objetivo de diseño; se ha calculado el crecimiento de la población para el presente año 2019, con el fin de verificar si está respondiendo a la eficiencia, así como también al 2025 para cumplir con los métodos de diseño; para ello existen diversos métodos para calcular una población futura, se ha optado por sólo tres de ellos, método Aritmético, Método Geométrico y Método Exponencial.

➤ **Método Aritmético:**

Se ha empleado este método de proyección por ser completamente teórico, ya que se puede presentar en una población en crecimiento similar al de la provincia de Jaén. En la estimación de la población de diseño, a través de este método, sólo se necesitado el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

A continuación, se presenta la ecuación empleada para el cálculo de la población futura por el método aritmético.

$$Pd = Pa + r * t$$

Donde:

Pd = Población de diseño.

Pa = Población actual.

r = Tasa de crecimiento (hab/año).

t = Periodo de diseño.

➤ **Método Geométrico.**

Mediante este método, se ha observado que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético, pero con crecimientos más pronunciadas a las dadas por los censos según el INEI.

$$Pd = Pa(1 + r)^t$$

Donde:

Pd = Población de diseño.

Pa = Población actual.  
 r = Tasa de crecimiento.  
 t = Periodo de diseño.

➤ **Método exponencial:**

Para este método, se ha asumido que el crecimiento de nuestra población se ajusta al tipo exponencial y la población de diseño se puede calcular con la ecuación.

$$Pd = Pa * e^{k*t}$$

Donde:

Pd = Población de diseño.  
 Pa = Población actual.  
 k = Constante Promedio.  
 t = Periodo de diseño.

**3.3.7.4. Caudales de diseño.**

Para determinar los caudales de diseño de la PTAR de Jaén se ha consultado la bibliografía de varios autores, algunos de ellos consideran el consumo diario de agua en la población según lo presentado en la tabla N° 9, pero otros recomiendan además del aporte per cápita por persona que se debe tener en cuenta varios factores que afectan y alteran el consumo como el clima, la temperatura, la radiación solar, sensación térmica, etc.

*Tabla 9: Aportes de Agua Per cápita por persona*

<b>CONSUMO DOMÉSTICO (L/hab x día)</b>	
Para beber y cocinar	30
Para lavado de ropa	50
Fugas y desperdicios	25
Descarga de WC	20
Aseo personal	25
Consumo por influencia del clima	20
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>

Fuente: CONAGUA

Según RNE, recomienda que se debe emplear por persona 220 L/hab. x día por ser una ciudad con clima cálido (*ver tabla 11*) y una contribución al alcantarillado con un coeficiente de retorno al 80% del caudal de agua consumida.

*Tabla 10: Clasificación de climas por Temperatura*

<b>Temperatura media anual °C</b>	<b>Tipo de clima</b>
Mayor que 22	Cálido
De 18 a 22	Semicálido
de 12 a 17.9	Templado
de 5 a 11.9	Semifrío
Menores que 5	Frío

Fuente: SAHOP (1979)

Otra alternativa de propuesta para diseño de lagunas de estabilización es considerar los caudales según el clima y la cantidad de habitantes establecidas en la presente tabla.

*Tabla 11: Dotaciones de agua potable*

<b>POBLACIÓN DE PROYECTO (Habitantes)</b>	<b>TIPO DE CLIMA</b>		
	<b>CALIDO (L/hab-día)</b>	<b>TEMPLADO (L/hab-día)</b>	<b>FRIO (L/hab-día)</b>
De 2,500 a 15,000	150	125	100
De 15,000 a 30,000	200	150	125
De 30,000 a 70,000	250	200	175
De 70,000 a 150,000	300	250	200
De 150,000 o más	350	300	250

Fuente: SAHOP (1979)

Dicha tabla nos permite mayorar las cargas de caudales con la finalidad de darle seguridad al proyecto a ejecutar.

Para la obtención del gasto en nuestros cálculos se ha respetado el RNE con su normatividad OS. 090; es por eso que se ha empleado el coeficiente de aporte de agua residual para un retorno del 80 % del gasto de la población abastecida, se emplea la siguiente relación:

➤ **Caudal promedio (Qas)**

$$Q_{as} = \frac{P * D * C_a}{86400}$$

Donde:

Qas = Caudal de aguas residuales expresado en litros/segundo

P = Población de diseño, en número de habitantes.

D = Dotación de agua Potable, en litros/habitante x día

Ca = Coeficiente de aporte de agua residual, se considera un valor de 0.80

➤ **Caudal máximo diario (Qmd).**

$$Q_{md} = K_1 \times Q_p$$

Donde:

Qmd = Caudal máximo diario.

Qp = Caudal promedio.

K<sub>1</sub> = 1.3 para localidades urbanas y rurales.

➤ **Caudal máximo horario (Qmh).**

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

Donde:

Qmh = Caudal máximo horario.

Qp = Caudal promedio.

K<sub>2</sub> = 1.8 – 2.5 para localidades urbanas,

K<sub>2</sub> = 1.5 para localidades rurales.

➤ **Gasto o caudal de diseño (Lt/seg).**

Para la obtención del caudal se ha tenido en cuenta (regresando al año de planificación) que Jaén es una ciudad pujante y progresista; entonces, con base a lo expuesto tomando en cuenta a futuro la creación de pequeñas industrias se proyectará un porcentaje de caudal para Caudal Industrial (Qi) el cual será del 10% del Qmh.

Un Caudal Comercial (Qc), quien al tener en cuenta la proyección de comercio, la presencia de diversos lugares donde se expenden alimentos preparados para consumo humano, el camal municipal quien aporta sus desechos en forma directa a los desagües, los

dos mercados, Hospital General de Jaén, Hospital de ESSALUD, clínicas privadas, lavaderos de vehículos motorizados, hoteles y demás empresas cuyas aguas desechadas terminan directamente incrementado el nivel de aguas residuales; entonces bajo esta perspectiva para el área de proyección al 2025 se asume un aporte del 15 % del Qmh.

Además se ha considerado el aporte generado por el Caudal de Infiltración ( $Q_i$ ); ya que las lagunas cuentan con una presencia aledaña de terrenos agrícolas dedicados al cultivo de arroz y cuyas aguas de sus canales constantemente se desbordan y culminan en la PTAR; parte del caudal de lluvias infiltrados, entonces se ha considerado un 5% del Qmh; y por último se ha considerado el Caudal institucional ( $Q_{INS}$ ), con un retorno del 25% del gasto debido a que es un aproximado a la población que asiste a establecimientos de educación inicial, primaria, secundaria y superior.

De lo enunciado anteriormente se puede enunciar que el caudal medio de diseño sería calculado del siguiente modo según la Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado propuesto por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en Lima del 2005:

$$QD = Q_{mh} + Q_C + Q_{Ins} + Q_{Ind} + Q_{Inf}$$

#### **3.3.7.5. Diseño de la PTAR.**

Luego los resultados obtenidos se muestran en la tabla N° 20 con los cuales se diseñará el físico de las lagunas de estabilización; pero cabe resaltar que se ha de emplear un diseño con cálculos al 2019 y más adelante con resultados de población futura al 2025 para luego realizar una breve comparación de resultados.

Para iniciar el diseño de una laguna de estabilización, se consideró diferentes datos previos antes de obtener resultados del dimensionamiento y los requerimientos de calidad del agua en el efluente, considerando que las lagunas de estabilización se diseñan para diferentes periodos es que se ha considerado en primer lugar un dimensionamiento hasta el 2019 por ser año actual y posteriormente un diseño para un periodo de 20 años es decir hasta el 2025 para realizar una evaluación comparativa de

dimensionamiento y capacidad volumétrica. Por tanto, a continuación, se detallan los parámetros de diseño y el año.

*Tabla 12: Parámetros para el diseño de Lagunas de Oxidación Año – 2019.*

Datos	Símbolo	Cantidad	Unidad
Población	Po	110602	hab
Concentración DBO	Si	50	mg/L
T° mínima prom.	T	17	°C
Profundidad	h	3	m
Relación (L/W)	X	3	
Gasto (caudal de diseño)	Q	453.9804412*	L/s
	Q	39223.91012	m <sup>3</sup> /d
N° de lagunas primarias		3	

\*Considerando incrementos de aportes per – cápita al Qmd

➤ **Cálculo de la carga de diseño.**

La carga orgánica crítica (superficial o volumétrica) es el principal criterio de diseño de las lagunas de estabilización. Este valor debe ser determinado atendiendo a las condiciones climáticas que afectan a la laguna tales como la temperatura, la radiación solar, la velocidad del viento, etc.; la tabla N° 13 nos recomienda algunos intervalos considerables a emplear sobre la carga de diseño según regiones y/o climas en cuanto al diseño de una PTAR.

*Tabla 13: Parámetros para diseño de Lagunas de Oxidación según Regiones Estudiadas*

REGIÓN	Cs, Kg DBO5/ha.d
California	56 - 67
Norte de Israel	100- 120
Sur de Israel	100- 120
Climas subtropicales	80- 160
Climas tropicales	120-200
Climas templados	40-80
<b>Para EUA en época invernal:</b>	
Temperatura del aire mayor de 15° C	45-90
Temperatura aire entre 0 y 15° C	22-45
Temperatura del aire menor, de 0° C	11-22

Fuente: CONAGUA

Según investigaciones realizadas para diferentes autores en cuanto a diseño de lagunas de estabilización se encontró que Martínez (2017) afirma:

Afini (1989 citado por Rolim, 2000) realizó estudios acerca de la contribución de materia orgánica por persona y concluye y propone los parámetros siguientes: 45 g/hab./día para ciudades pequeñas; 60 g/hab./día para ciudades medianas, y 75 g/hab./día para ciudades grandes; por su parte Karl Imhoff realizó en Alemania estudios para determinar la carga orgánica por persona y finalmente determinó 54 g/hab./día. Otros estudios efectuados en Brasil en 1963, establecieron desde 51 y hasta 59 g/hab./día (Lothar, 1980). En México, la CONAGUA considera la contribución de la DBO por persona de 54 g/hab./día. (p. 34).

Por su parte el Perú no es ajeno a este parámetro, y ha establecido para un diseño según los aportes per cápita de aguas residuales domésticas en la NTP – OS 090 para una DBO<sub>5</sub> la cantidad de 50 g/hab./día a diferencia de otros países que presentan cantidades superiores (claro que es otra realidad) y catalogadas como baja, media y alta; cada una de ellas con su cantidad respectiva. A continuación, se muestra la tabla que nos determina el nivel de concentración dicha carga orgánica.

A continuación, se presenta los cálculos y resultados de los parámetros empleados en el diseño de la PTAR - Jaén al 2019 por ser el año actual para verificar la eficiencia de la misma.

➤ **Carga de diseño “Cs” (NTP – OS 090)**

$$C_s = 250 * (1.05)^{T-20}$$

Donde:

C<sub>s</sub> = Carga de diseño.

T = Temperatura promedio (mes más frío)

$$C_s = 215.96 \text{ kgDBO/ha.d}$$

➤ **Carga superficial removida “Csr” (según CONAGUA)**

$$C_{sr} = A + B * C_s$$

Donde:

Csr = Carga superficial removida

A y B = Coeficientes obtenido de la tabla N° 14 propuestos por la CONAGUA

Cs= Carga de diseño.

$$C_{sr} = 196.409 \text{ kgDBO/ha.d}$$

*Tabla 14: Coeficientes de Correlaciones de Carga de DBO*

TIPO DE LAGUNAS	COEFICIENTES		CORR %	N° OBS.	INTERVALO kg/hab.d
	A	B			
Cuatro primarias (a)	7.67	0.806	99.60	71	200 – 1158
Una primaria (b)	-23.46	0.998	98.90	26	113 – 364
Cinco Primarias ©	20.51	0.777	99.00	97	113 – 1158
Cuatro primarias ©	1.46	0.801	97.90	46	467 – 1158
Tres primarias ©	0.75	0.906	85.70	15	251 – 335
4 primarias + 1 secundaria	-7.81	0.819	99.80	139	42 – 1158
una secundaria (b)	-0.80	0.765	98.60	63	42 – 248
Una secundaria (b)	-7.14	0.923	94.70	33	31 – 14
Una terciaria (b)	-7.16	0.941	97.00	26	18 – 90
Primaria+secundaria+ terciaria	.8.53	0.942	99.60	85	18 – 466

a) Primera Fase

b) segunda Fase

c) Primera y segunda fase

Fuente: Yáñez, 1993

**Área de la laguna de estabilización según CONAGUA**

$$A = \frac{S_i * Q}{C_s * 1000}$$

Donde:

Si = Concentración DBO.

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/d).

Cs = Carga de diseño

$$A = 15.01 \text{ ha} \equiv 150191 \text{ m}^2$$

- **Volumen de la laguna “V” (según CONAGUA).**

$$\nabla = A * h$$

Donde:

$\nabla$  = Volumen.

A = Superficie.

h = Altura

$$\nabla = 450572.9758 \text{ m}^3$$

- **Relación larga/ancho “X” (L/W) según CONAGUA**

$$X = \frac{L}{W}$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

Donde:

X = Relación largo-ancho.

L = Largo.

W = Ancho

$$\text{Área: } L \times W = 671 \times 224$$

- **Tiempo de retención (según CONAGUA)**

$$T = \frac{V}{Q}$$

Donde:

T = Tiempo de retención (d)

V = Volumen.

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/d)

$$T = 5.5 \text{ días} \equiv 6 \text{ días}$$

➤ **Tiempo de remoción de sólidos y limpieza de las lagunas.**

$$T = \frac{0.5V}{3 * TaP}$$
$$Ta = 0.03 - 0.04$$

Donde:

V = Volumen.

Ta= Tasa de acumulación de lodos.

P = Población (al 2019)

T = 6 a 7.5 años

➤ **Determinación de caudales.**

Para la determinación de caudales se ha tomado en campo la medición de los niveles de altura de aguas residuales en las Canaletas Parshall, estos se han registrados en las dos estructuras de los emisores existentes siendo estos tal como se muestra en la figura N° 7 y figura N° 40.

La ecuación fundamental para el cálculo del flujo de un medidor Parshall es:

$$Q = KxH^n$$

Q = flujo o gasto del canal Parshall, para condiciones de descarga libre en m<sup>3</sup>.

K = Constante específica para cada tamaño de Parshall.

H = altura del flujo en el Parshall, medido en la sección convergente, en m.

n = constante específica para cada tamaño de Parshall.

W = ancho de garganta del Canal Parshall en m.

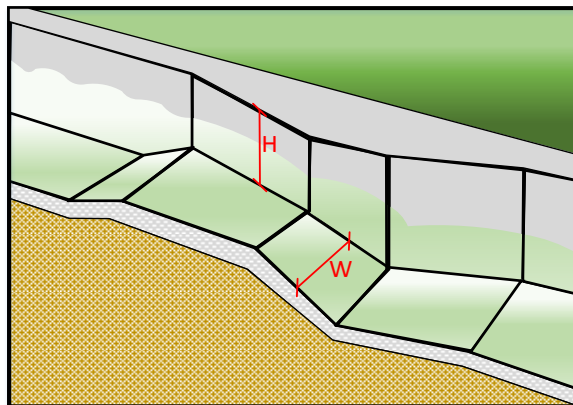


Figura N° 31. Vista en Perfil del medidor Parshall.

Los valores de “n” y “K” se obtienen de la tabla N° 19 que a continuación se presenta.

*Tabla 15: Valores de Exponente “n” y Coeficiente “k”*

<b>S.I.</b>	<b>W</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	
	m		Unidades métricas	Unidades inglesas
<b>3"</b>	0.076	1.547	0.176	0.992
<b>6"</b>	0.152	1.580	0.381	2.060
<b>9"</b>	0.229	1.530	0.535	3.070
<b>1'</b>	0.305	1.522	0.690	4.000
<b>1 1/2'</b>	0.457	1.538	1.054	6.000
<b>2'</b>	0.610	1.550	1.426	8.000
<b>3'</b>	0.915	1.566	2.182	12.000
<b>4'</b>	1.220	1.578	2.935	16.000
<b>5'</b>	1.525	1.587	3.728	20.000
<b>6'</b>	1.830	1.595	4.515	24.000
<b>7'</b>	2.135	1.601	5.306	28.000
<b>8'</b>	2.440	1.606	6.101	32.000

Fuente: de Azevedo (2005)

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. Cálculo de la población a futuro.

Para el cálculo de la población se ha considerado tres métodos, aritmético geométrico y exponencial los cuales a continuación demuestran los posibles resultados de cómo ha ido creciendo la población, y quienes van a servir de punto de partida para el rediseño de la PTAR-J y luego contrastar con la PTAR que actualmente viene funcionando.

*Tabla 16: Cálculo de la población futura.*

<b>METODO ARITMÉTICO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>POBLACION</b>
<b>1993</b>	45,929
<b>2005</b>	70657
<b>2007</b>	71,565
<b>2010</b>	77747
<b>2013</b>	89,030
<b>2015</b>	93151
<b>2017</b>	94,153
<b>2019</b>	98274
<b>2025</b>	111870

En la tabla N° 16 se aprecian los resultados calculados por el método aritmético de la población promedio futura para los años desde el 1993 – 2025, se ha considerado el 2019 por ser el año actual y el 2025 por ser el año de proyección de la PTAR.

*Tabla 17: Cálculo de la población futura.*

<b>METODO GEOMÉTRICO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>POBLACION</b>
<b>1993</b>	45,929
<b>2005</b>	97151
<b>2007</b>	71,565
<b>2010</b>	78584
<b>2013</b>	89,030
<b>2015</b>	95628
<b>2017</b>	102,716
<b>2019</b>	109721
<b>2025</b>	124542

*Tabla 18: Cálculo de la población futura.*

<b>METODO EXPONENCIAL</b>	
<b>AÑO</b>	<b>POBLACION</b>
<b>1993</b>	45,929
<b>2005</b>	67094
<b>2007</b>	71,565
<b>2010</b>	78800
<b>2013</b>	89,030
<b>2015</b>	95398
<b>2017</b>	102,716
<b>2019</b>	110602
<b>2025</b>	126202

En la Tabla N° 17 y N° 18 se aprecian los resultados del incremento de la población promedio futura para los años desde el 1993 – 2025, se muestran que la población pronosticada para los años 2019 y 2025 es mayor en comparación con los resultados del método aritmético.

Luego de haber comparado los cálculos de la población a futuro por los tres métodos se consideró los cálculos obtenidos por el método exponencial por ser confiable y para situaciones de seguridad para los cálculos del gasto y por recomendación bibliográfica de diferentes autores en diseños de cálculos de PTARs.

#### 4.2. Cálculo de Caudales al año 2019.

*Tabla 19: Cálculo del Gasto al 2019*

GASTOS TOTALES		2019
<b>Qas</b>	$\frac{110602 \times 220 \times 0.8}{86400}$	= 225.30 Lt/seg
<b>Qmd</b>	1.3 x 25.30	= 292.89 Lt/seg
<b>Qmh</b>	2.15 x 225.30	= 484.40 Lt/seg

#### 4.3. Dimensionamiento de la PTAR-J al 2019.

*Tabla 20: Resumen de Cálculos para Diseño de la PTAR de Jaén – Año 2019*

Parámetros	Símbolo	Cantidad	Unidad
Población	Po	110602	hab
Concentración DBO	Si	50	mg/L
Carga de diseño	Cs	215.96	kgDBO/ha.d
Carga superficial removida	Csr	196.409	kgDBO/ha.d
T° mínima prom.	T	17	°C
Área de la laguna	A	150191	m <sup>2</sup>
		15.02	ha
Volumen de la laguna	∇	450572.9758	m <sup>3</sup>
Profundidad	h	3	m
Relación (L/W)	X	3	
Dimensiones (L/W)		671 x 224*	m
Gasto (caudal de diseño)	Q	750.81	L/s
N° de lagunas primarias		5	Unid.
TRH mínimo	T	6	días
Periodo de Desazolve	T	6.0 – 7.5	años

\*Medidas reajustables  $2 \leq \frac{L}{W} \leq 5$

La NTP y la CONAGUA de México establecen que para diseños de lagunas de estabilización se debe considerar un periodo de diseño de 20 a 30 años, motivo por el cual se realizó dicho cálculo para el año 2025, teniendo como año de partida el 2005, pero previamente se ha calculado para el año 2019, con la finalidad de ir conociendo la evolución de los caudales, y por ser el año actual.

#### 4.4. Caudales para diseño de la laguna de Estabilización al año 2025

Tabla 21: Cálculo de caudales al 2025

<b>GASTOS TOTALES</b>						
<b>QP</b>	$\frac{126202 \times 220 \times 0.8}{86400}$	=	257.08			Lt/seg
<b>Qmd</b>	1.3 x	257.08	=	334.20		Lt/seg
<b>Qmh</b>	2.15 x	257.08	=	552.72		Lt/seg

#### 4.5. Dimensionamiento de la laguna de estabilización al año 2025

Tabla 22: Parámetros de diseño

Datos	Símbolo	Cantidad	Unidad
Población al 2025	Po	126202	hab
Concentración DBO	Si	50	mg/L
Carga de diseño	Cs	215.96	kgDBO/ha.d
Carga superficial removida	Csr	188.310	kgDBO/ha.d
T° mínima prom.	T	17	°C
Área de la laguna	A	171374.6654	m <sup>2</sup>
		17.14	ha
Volumen de la laguna	∇	514124	m <sup>3</sup>
Profundidad	h	3	m
Relación (L/W)	X	3	
Dimensiones (L/W)		717 x 239*	m
Gasto (caudal de diseño)	Q	856.71	L/s
N° de lagunas primarias	NL	5	
Periodo de desazolve	T	7.5	años

\*Medidas reajustables  $2 \leq \frac{L}{W} \leq 5$  según OS-090

Del cálculo obtenido para el año 2025, se presenta un esquema a manera de propuesta del arreglo o batería de lagunas de estabilización, las cuales tendrán una funcionalidad en serie, conformadas por 5 lagunas anaeróbicas seguidas de 5 lagunas facultativas, de las cuales presentamos sus dimensiones a continuación.

### VISTA EN PLANTA DE PROPUESTA DE LA PTAR AL AÑO 2025

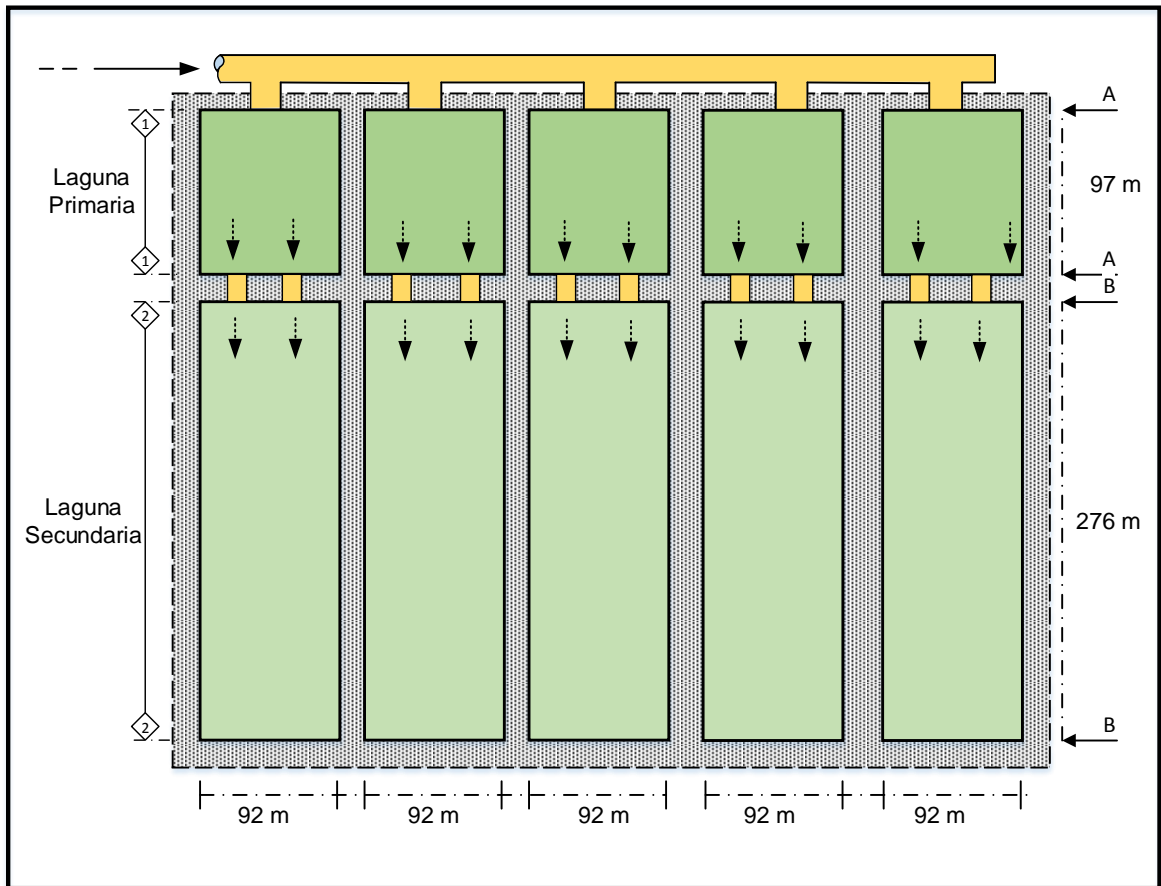


Figura N° 32. Vista en planta de PTAR al 2025.

### CORTE "A - A" DE LA LAGUNA ANAEROBIA PRIMARIA

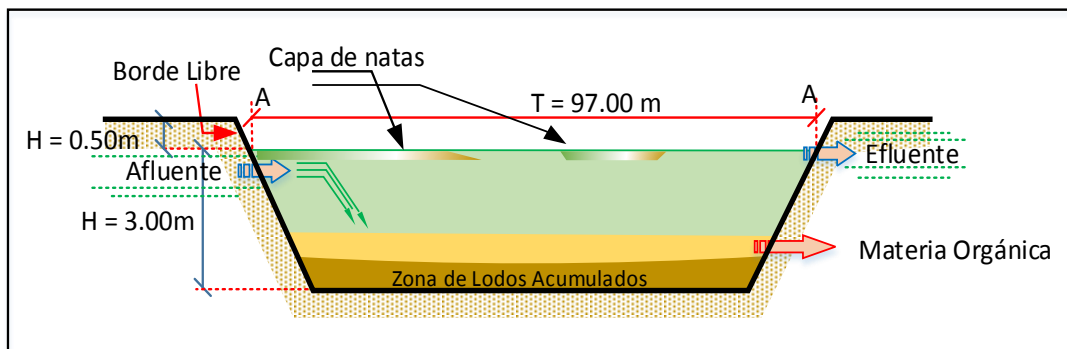


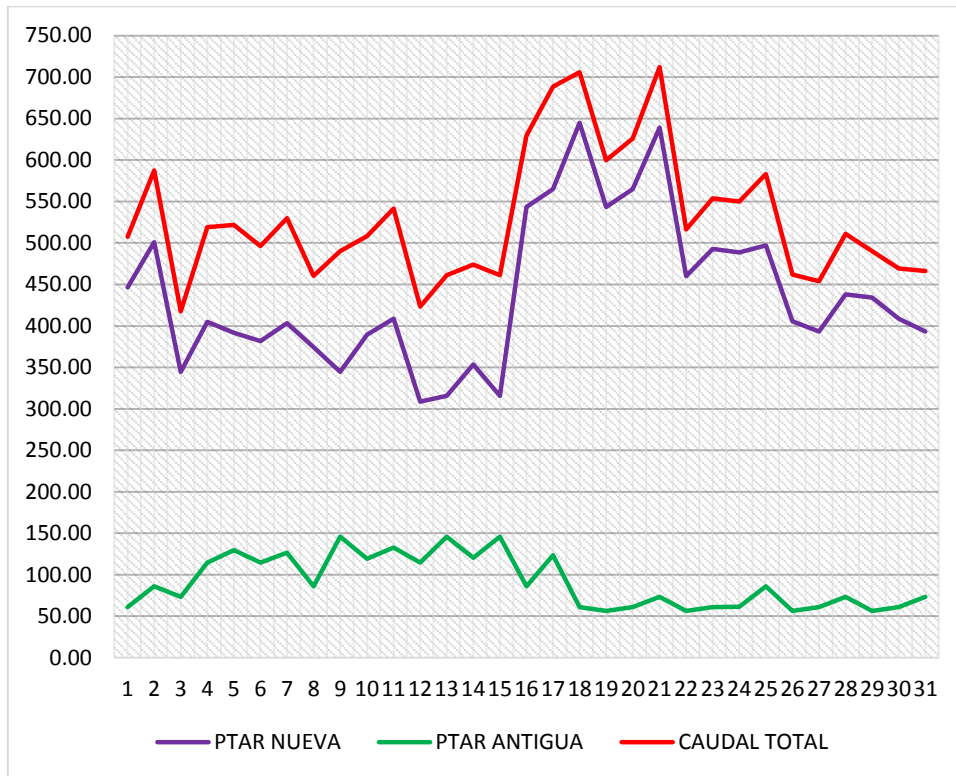
Figura N° 33. Corte y elevación de la laguna anaerobia.

#### 4.6. Registro de caudales recibidos en la PTAR-J, marzo – agosto 2019.

Tabla 23: Medición del caudal en PTAR mes marzo 2019:

FECHA	HOR A	W		LAG. NUEVAS		LAG. ANTIGUAS		TOTAL L/s
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	
1	08:14	0.57	0.40	0.44666	446.66	0.06088	60.88	507.53
2	08:20	0.62	0.50	0.50112	501.12	0.08620	86.20	587.32
3	08:18	0.48	0.45	0.34452	344.52	0.07315	73.15	417.66
4	08:25	0.54	0.60	0.40469	404.69	0.11454	114.54	519.24
5	08:15	0.53	0.65	0.39188	391.88	0.12977	129.77	521.65
6	08:20	0.52	0.60	0.38173	381.73	0.11454	114.54	496.28
7	08:00	0.54	0.64	0.40341	403.41	0.12667	126.67	530.07
8	08:16	0.51	0.50	0.37418	374.18	0.08620	86.20	460.39
9	08:21	0.48	0.70	0.34452	344.52	0.14566	145.66	490.18
10	08:18	0.52	0.62	0.38933	389.33	0.11904	119.04	508.37
11	08:38	0.54	0.66	0.40857	408.57	0.13289	132.89	541.46
12	08:15	0.45	0.60	0.30866	308.66	0.11454	114.54	423.20
13	08:14	0.46	0.70	0.31572	315.72	0.14566	145.66	461.38
14	08:20	0.49	0.62	0.35333	353.33	0.12055	120.55	473.88
15	08:24	0.46	0.70	0.31572	315.72	0.14566	145.66	461.38
16	08:26	0.65	0.50	0.54338	543.38	0.08620	86.20	629.58
17	08:18	0.67	0.63	0.56495	564.95	0.12360	123.60	688.55
18	08:25	0.73	0.40	0.64502	645.02	0.06088	60.88	705.90
19	08:17	0.65	0.38	0.54338	543.38	0.05620	56.20	599.57
20	08:23	0.67	0.40	0.56495	564.95	0.06088	60.88	625.83
21	08:18	0.72	0.45	0.63896	638.96	0.07315	73.15	712.11
22	08:25	0.58	0.38	0.46007	460.07	0.05620	56.20	516.26
23	08:19	0.61	0.40	0.49281	492.81	0.06088	60.88	553.68
24	08:23	0.61	0.40	0.48867	488.67	0.06127	61.27	549.94
25	08:18	0.61	0.50	0.49696	496.96	0.08620	86.20	583.16
26	08:15	0.54	0.38	0.40559	405.59	0.05620	56.20	461.78
27	08:17	0.53	0.40	0.39315	393.15	0.06088	60.88	454.03
28	08:20	0.57	0.45	0.43802	438.02	0.07315	73.15	511.16
29	08:24	0.56	0.38	0.43405	434.05	0.05620	56.20	490.25
30	08:20	0.54	0.40	0.40857	408.57	0.06088	60.88	469.44
31	08:25	0.53	0.45	0.39315	393.15	0.07315	73.15	466.30
<b>PROMEDIO</b>					438.57		91.03	529.60

Gráfico 1. Registro de Caudales durante el mes de marzo 2109.



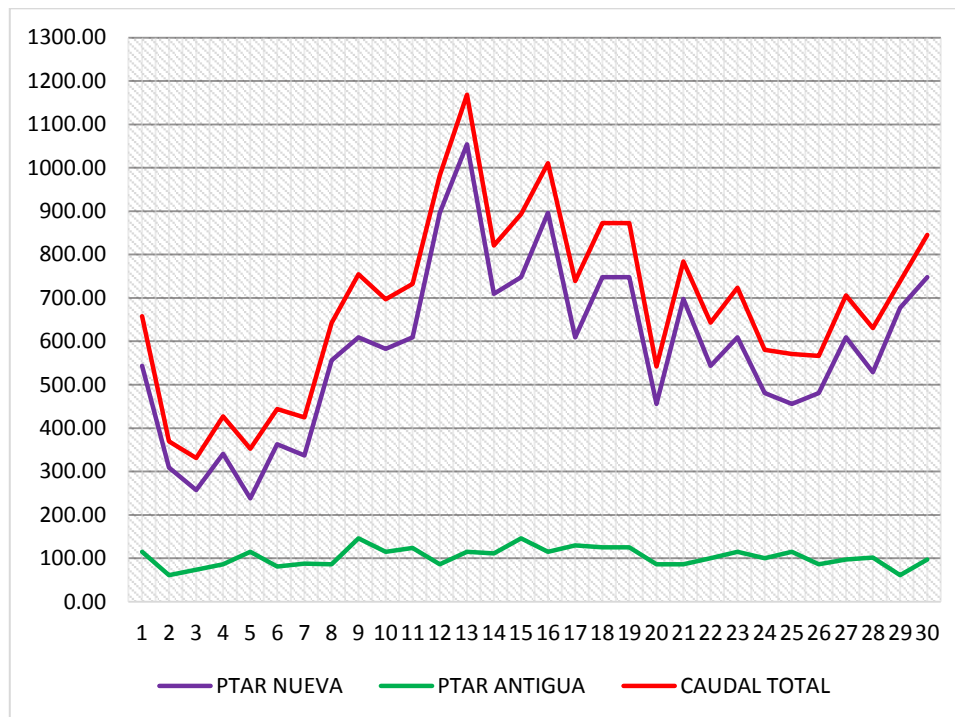
Del presente gráfico se observa que el caudal total que ha llegado a la PTAR de Jaén durante el mes de marzo oscila desde los 417.664 L/s hasta los 712.110 L/s lo cual nos muestra que, desde su caudal mínimo se ha incrementado en 294.446 L/s demostrando en el gráfico que estamos ante un caudal de variación muy evidenciable, específicamente desde el día 16 al día 21. Dicho mes nos está demostrando que los caudales que está recibiendo nuestra PTAR son excesivos.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 24: Medición del Caudal en PTAR mes abril 2019

FECHA	HORA	W	W	LAGUNAS NUEVAS		LAGUNAS ANTIGUAS		TOTAL
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	L/s
1	08:14	0.65	0.60	0.54338	543.38	0.11454	114.54	657.92
2	08:20	0.45	0.40	0.30866	308.66	0.06088	60.88	369.54
3	08:18	0.40	0.45	0.25752	257.52	0.07315	73.15	330.67
4	08:25	0.48	0.50	0.34087	340.87	0.08620	86.20	427.07
5	08:15	0.38	0.60	0.23798	237.98	0.11454	114.54	352.53
6	08:20	0.50	0.48	0.36296	362.96	0.08089	80.89	443.85
7	08:00	0.48	0.51	0.33724	337.24	0.08755	87.55	424.79
8	08:16	0.66	0.50	0.55629	556.29	0.08620	86.20	642.49
9	08:21	0.70	0.70	0.60898	608.98	0.14566	145.66	754.64
10	08:18	0.68	0.60	0.58242	582.42	0.11454	114.54	696.97
11	08:38	0.70	0.63	0.60898	608.98	0.12360	123.60	732.57
12	08:15	0.90	0.50	0.89633	896.33	0.08620	86.20	982.53
13	08:14	1.00	0.60	1.05400	1054.00	0.11454	114.54	1168.54
14	08:20	0.77	0.59	0.70982	709.82	0.11109	111.09	820.91
15	08:24	0.80	0.70	0.74781	747.81	0.14566	145.66	893.47
16	08:26	0.90	0.60	0.89633	896.33	0.11454	114.54	1010.87
17	08:18	0.70	0.65	0.60898	608.98	0.12977	129.77	738.75
18	08:25	0.80	0.63	0.74781	747.81	0.12500	125.00	872.81
19	08:17	0.80	0.63	0.74781	747.81	0.12500	125.00	872.81
20	08:23	0.58	0.50	0.45603	456.03	0.08620	86.20	542.23
21	08:18	0.76	0.50	0.69776	697.76	0.08620	86.20	783.96
22	08:25	0.65	0.55	0.54338	543.38	0.10001	100.01	643.39
23	08:19	0.70	0.60	0.60898	608.98	0.11454	114.54	723.52
24	08:23	0.60	0.55	0.48044	480.44	0.10001	100.01	580.45
25	08:18	0.58	0.60	0.45603	456.03	0.11454	114.54	570.57
26	08:15	0.60	0.50	0.48044	480.44	0.08620	86.20	566.64
27	08:17	0.70	0.54	0.60898	608.98	0.09719	97.19	706.17
28	08:20	0.64	0.56	0.52845	528.45	0.10191	101.91	630.36
29	08:24	0.75	0.40	0.67715	677.15	0.06088	60.88	738.03
30	08:20	0.80	0.54	0.74781	747.81	0.09719	97.19	845.01
<b>PROMEDIO</b>					581.32		102.82	684.14

Gráfico 2. Registro de caudales durante el mes de abril 2019.



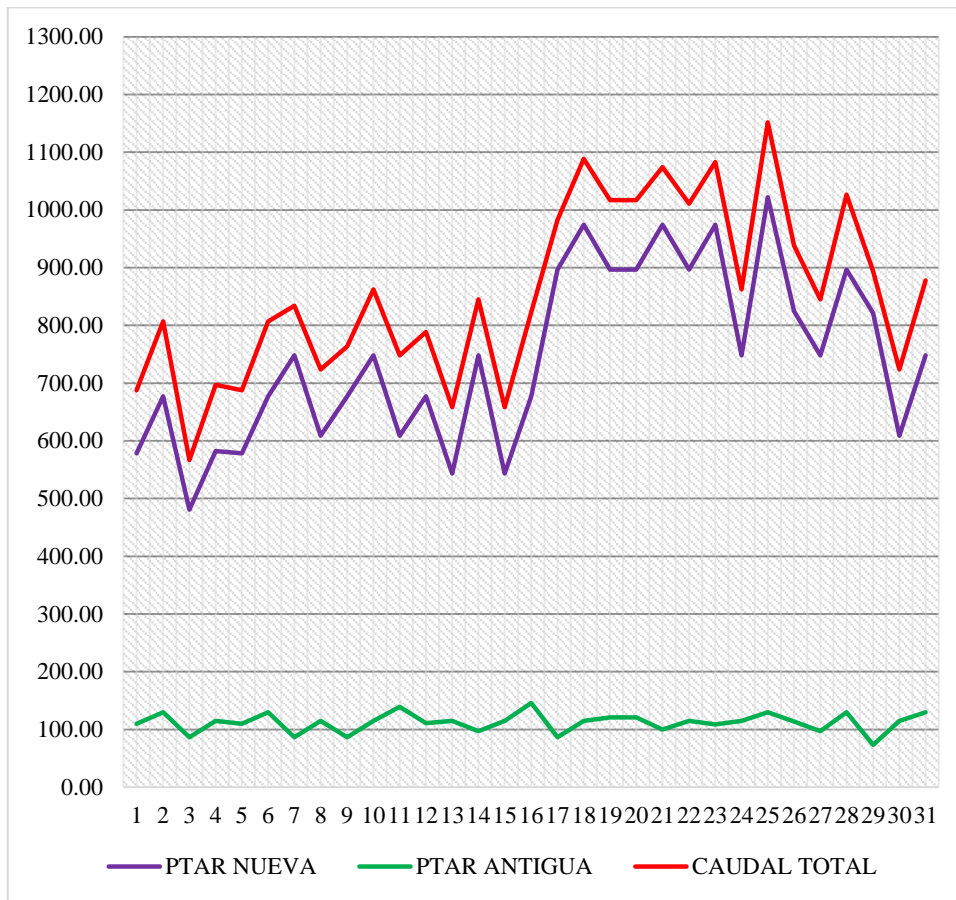
Del presente gráfico se observa que el caudal total que llega a la PTAR de Jaén durante el mes de Abril tiene un mínimo de 330.665 L/s y un máximo de 1168.544 L/s lo cual nos muestra que, para este mes la tendencia de aumento de caudal ha sido muy fuerte ya que desde su caudal mínimo se ha incrementado en 837.879 L/s demostrando esto que estamos presenciando un incremento desmesurado, específicamente desde el días 12 al día 19. Dicho mes también nos está demostrando que los caudales que está recibiendo nuestra PTAR son excesivos.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 25: Medición del Caudal en PTAR mes- mayo 2019

DIA	HORA	W	W	LAGUNAS NUEVAS		LAGUNAS ANTIGUAS		TOTAL
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	L/s
1	08:14	0.68	0.58	0.57804	578.04	0.10962	109.62	687.66
2	08:20	0.75	0.65	0.67715	677.15	0.12977	129.77	806.92
3	08:18	0.60	0.50	0.48044	480.44	0.08620	86.20	566.64
4	08:25	0.68	0.60	0.58242	582.42	0.11454	114.54	696.97
5	08:15	0.68	0.58	0.57804	578.04	0.10962	109.62	687.66
6	08:20	0.75	0.65	0.67715	677.15	0.12977	129.77	806.92
7	08:00	0.80	0.50	0.74781	747.81	0.08620	86.20	834.02
8	08:16	0.70	0.60	0.60898	608.98	0.11454	114.54	723.52
9	08:21	0.75	0.50	0.67715	677.15	0.08620	86.20	763.35
10	08:18	0.80	0.60	0.74781	747.81	0.11454	114.54	862.36
11	08:38	0.70	0.68	0.60898	608.98	0.13922	139.22	748.20
12	08:15	0.75	0.59	0.67715	677.15	0.11109	111.09	788.24
13	08:14	0.65	0.60	0.54338	543.38	0.11454	114.54	657.92
14	08:20	0.80	0.54	0.74781	747.81	0.09719	97.19	845.01
15	08:24	0.65	0.60	0.54338	543.38	0.11454	114.54	657.92
16	08:26	0.75	0.70	0.67715	677.15	0.14566	145.66	822.81
17	08:18	0.90	0.50	0.89633	896.33	0.08620	86.20	982.53
18	08:25	0.95	0.60	0.97405	974.05	0.11454	114.54	1088.59
19	08:17	0.90	0.62	0.89633	896.33	0.12055	120.55	1016.88
20	08:23	0.90	0.62	0.89633	896.33	0.12055	120.55	1016.88
21	08:18	0.95	0.55	0.97405	974.05	0.10001	100.01	1074.06
22	08:25	0.90	0.60	0.89633	896.33	0.11454	114.54	1010.87
23	08:19	0.95	0.58	0.97405	974.05	0.10865	108.65	1082.69
24	08:23	0.80	0.60	0.74781	747.81	0.11454	114.54	862.36
25	08:18	0.98	0.65	1.02175	1021.75	0.12977	129.77	1151.52
26	08:15	0.85	0.60	0.82432	824.32	0.11363	113.63	937.95
27	08:17	0.80	0.54	0.74781	747.81	0.09719	97.19	845.01
28	08:20	0.90	0.65	0.89633	896.33	0.12977	129.77	1026.09
29	08:24	0.85	0.45	0.82089	820.89	0.07315	73.15	894.04
30	08:20	0.70	0.60	0.60898	608.98	0.11454	114.54	723.52
31	08:18	0.80	0.65	0.74781	747.81	0.12977	129.77	877.58
<b>PROMEDIO</b>					744.39		111.96	856.35

Gráfico 3. Registro de caudales durante el mes – mayo 2019



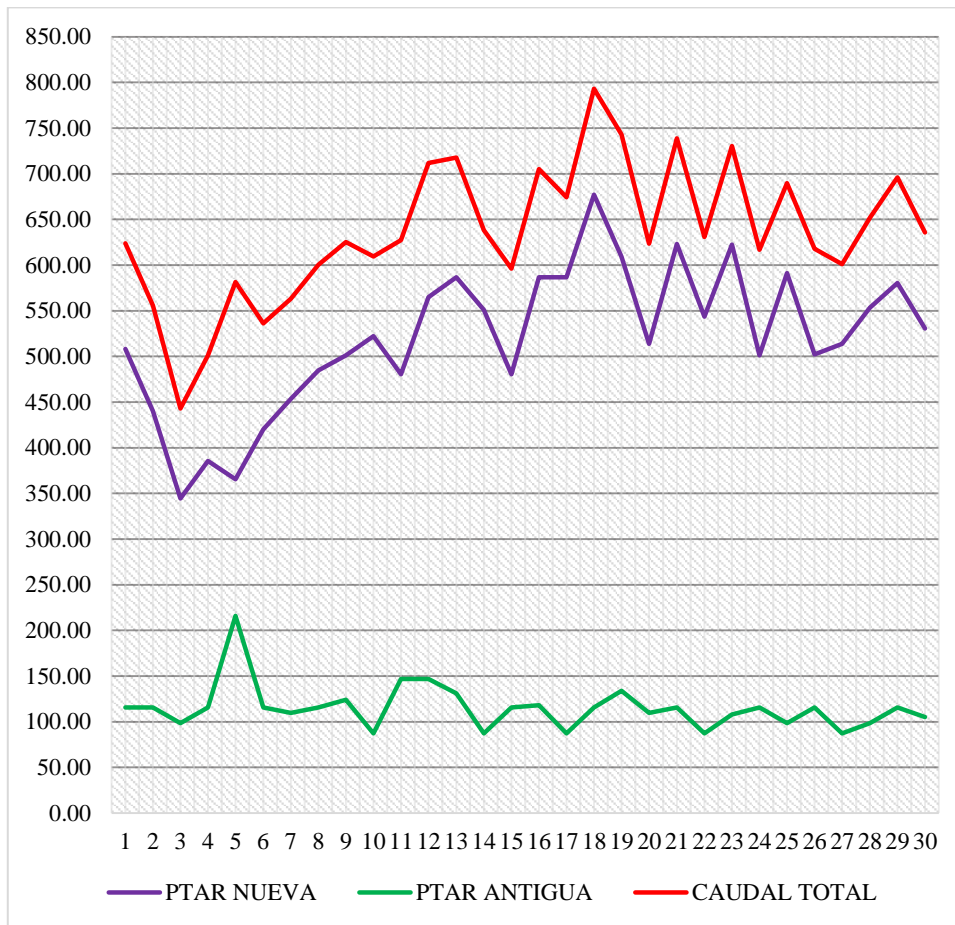
Del presente gráfico se observa que el caudal total llegado a la Batería de Lagunas de Jaén durante el mes de mayo oscila desde los 566.642 L/s hasta los 1151.521 L/s lo cual también nos muestra que, para este mes el caudal ha sido muy elevado, desde su caudal mínimo se ha incrementado en 584.879 L/s demostrando esto que los caudales de aguas residuales en la ciudad de Jaén son excesivos para las lagunas con las que se cuenta, y que los caudales más elevados se han presenciado a partir del día 18 del presente mes teniendo 14 días de caudales excesivos.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 26: Medición del caudal en PTAR mes -junio 2019

FECHA	HORA	W	W	LAGUNAS NUEVAS		LAGUNAS ANTIGUAS		TOTAL
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	
1	08:14	0.622	0.60	0.50808	508.08	0.11578	115.78	623.86
2	08:20	0.567	0.60	0.44001	440.01	0.11578	115.78	555.79
3	08:18	0.483	0.54	0.34452	344.52	0.09846	98.46	442.98
4	08:25	0.520	0.60	0.38553	385.53	0.11578	115.78	501.31
5	08:15	0.502	0.90	0.36544	365.44	0.21600	216.00	581.44
6	08:20	0.550	0.60	0.42026	420.26	0.11578	115.78	536.04
7	08:00	0.578	0.58	0.45334	453.34	0.10990	109.90	563.24
8	08:16	0.603	0.60	0.48455	484.55	0.11578	115.78	600.33
9	08:21	0.617	0.63	0.50112	501.12	0.12404	124.04	625.16
10	08:18	0.633	0.50	0.52210	522.10	0.08747	87.47	609.57
11	08:38	0.600	0.70	0.48044	480.44	0.14676	146.76	627.19
12	08:15	0.667	0.70	0.56495	564.95	0.14676	146.76	711.71
13	08:14	0.683	0.65	0.58682	586.82	0.13095	130.95	717.77
14	08:20	0.656	0.50	0.55082	550.82	0.08747	87.47	638.29
15	08:24	0.600	0.60	0.48044	480.44	0.11578	115.78	596.22
16	08:26	0.683	0.61	0.58682	586.82	0.11826	118.26	705.08
17	08:18	0.683	0.50	0.58682	586.82	0.08747	87.47	674.29
18	08:25	0.750	0.60	0.67715	677.15	0.11578	115.78	792.93
19	08:17	0.700	0.66	0.60898	608.98	0.13406	134.06	743.04
20	08:23	0.627	0.58	0.51367	513.67	0.10990	109.90	623.57
21	08:18	0.710	0.60	0.62305	623.05	0.11578	115.78	738.83
22	08:25	0.650	0.50	0.54338	543.38	0.08747	87.47	630.85
23	08:19	0.710	0.57	0.62241	622.41	0.10796	107.96	730.37
24	08:23	0.617	0.60	0.50112	501.12	0.11578	115.78	616.90
25	08:18	0.687	0.54	0.59123	591.23	0.09846	98.46	689.69
26	08:15	0.617	0.60	0.50208	502.08	0.11578	115.78	617.86
27	08:17	0.627	0.50	0.51367	513.67	0.08747	87.47	601.14
28	08:20	0.658	0.54	0.55341	553.41	0.09846	98.46	651.87
29	08:24	0.678	0.60	0.58023	580.23	0.11578	115.78	696.01
30	08:20	0.640	0.56	0.53057	530.57	0.10508	105.08	635.65
<b>PROMEDIO</b>					520.77		115.20	635.96

Gráfico 4. Registro de caudales durante el mes de junio 2019.



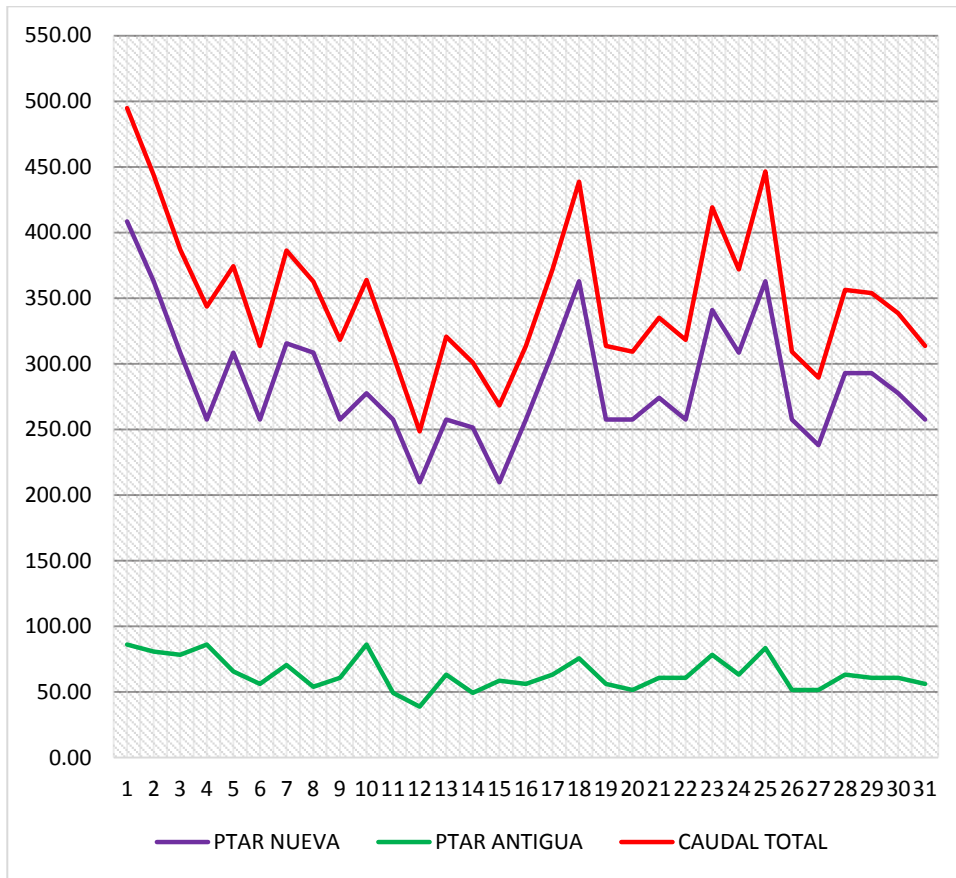
Del presente gráfico se observa que el caudal total que llega a la Bateria de Laguna de Jaén durante el mes de junio oscila desde los 442.98 L/s hasta los 792.93 L/s lo cual también nos muestra que, para este mes el caudal ha sido elevado, y presenta una variación de caudal de 349.982 L/s desde el caudal mínimo registrado hasta su caudal máximo. Para el presente mes a partir de la segunda mitad se ha presenciado que las aguas residuales que han llegado a la PTAR han sido superiores a los vertidos en la primera mitad.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 27: Medición del caudal en PTAR: mes - julio 2019

DIA	HORA	W	W	LAGUNAS NUEVAS		LAGUNAS ANTIGUAS		TOTAL L/s
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	
1	08:14	0.54	0.50	0.40857	408.57	0.08620	86.20	494.77
2	08:20	0.50	0.48	0.36296	362.96	0.08089	80.89	443.85
3	08:18	0.45	0.47	0.30866	308.66	0.07828	78.28	386.94
4	08:25	0.40	0.50	0.25752	257.52	0.08620	86.20	343.72
5	08:15	0.45	0.42	0.30866	308.66	0.06569	65.69	374.35
6	08:20	0.40	0.38	0.25752	257.52	0.05620	56.20	313.72
7	08:00	0.46	0.44	0.31572	315.72	0.07063	70.63	386.35
8	08:16	0.45	0.37	0.30866	308.66	0.05391	53.91	362.57
9	08:21	0.40	0.40	0.25752	257.52	0.06088	60.88	318.39
10	08:18	0.42	0.50	0.27759	277.59	0.08620	86.20	363.79
11	08:38	0.40	0.35	0.25752	257.52	0.04944	49.44	306.95
12	08:15	0.35	0.30	0.20971	209.71	0.03887	38.87	248.58
13	08:14	0.40	0.41	0.25752	257.52	0.06327	63.27	320.78
14	08:20	0.39	0.35	0.25160	251.60	0.04944	49.44	301.04
15	08:24	0.35	0.39	0.20971	209.71	0.05852	58.52	268.23
16	08:26	0.40	0.38	0.25752	257.52	0.05620	56.20	313.72
17	08:18	0.45	0.41	0.30866	308.66	0.06327	63.27	371.93
18	08:25	0.50	0.46	0.36296	362.96	0.07570	75.70	438.65
19	08:17	0.40	0.38	0.25752	257.52	0.05620	56.20	313.72
20	08:23	0.40	0.36	0.25752	257.52	0.05165	51.65	309.17
21	08:18	0.42	0.40	0.27421	274.21	0.06088	60.88	335.08
22	08:25	0.40	0.40	0.25752	257.52	0.06088	60.88	318.39
23	08:19	0.48	0.47	0.34087	340.87	0.07828	78.28	419.15
24	08:23	0.45	0.41	0.30866	308.66	0.06327	63.27	371.93
25	08:18	0.50	0.49	0.36296	362.96	0.08353	83.53	446.49
26	08:15	0.40	0.36	0.25752	257.52	0.05165	51.65	309.17
27	08:17	0.38	0.36	0.23798	237.98	0.05165	51.65	289.64
28	08:20	0.44	0.41	0.29298	292.98	0.06327	63.27	356.24
29	08:24	0.44	0.40	0.29298	292.98	0.06088	60.88	353.86
30	08:20	0.42	0.40	0.27759	277.59	0.06088	60.88	338.46
31	08:18	0.40	0.38	0.25752	257.52	0.05620	56.20	313.72
<b>PROMEDIO</b>					285.63		63.84	349.46

Gráfico 5. Registro de caudales durante el mes de julio 2019.



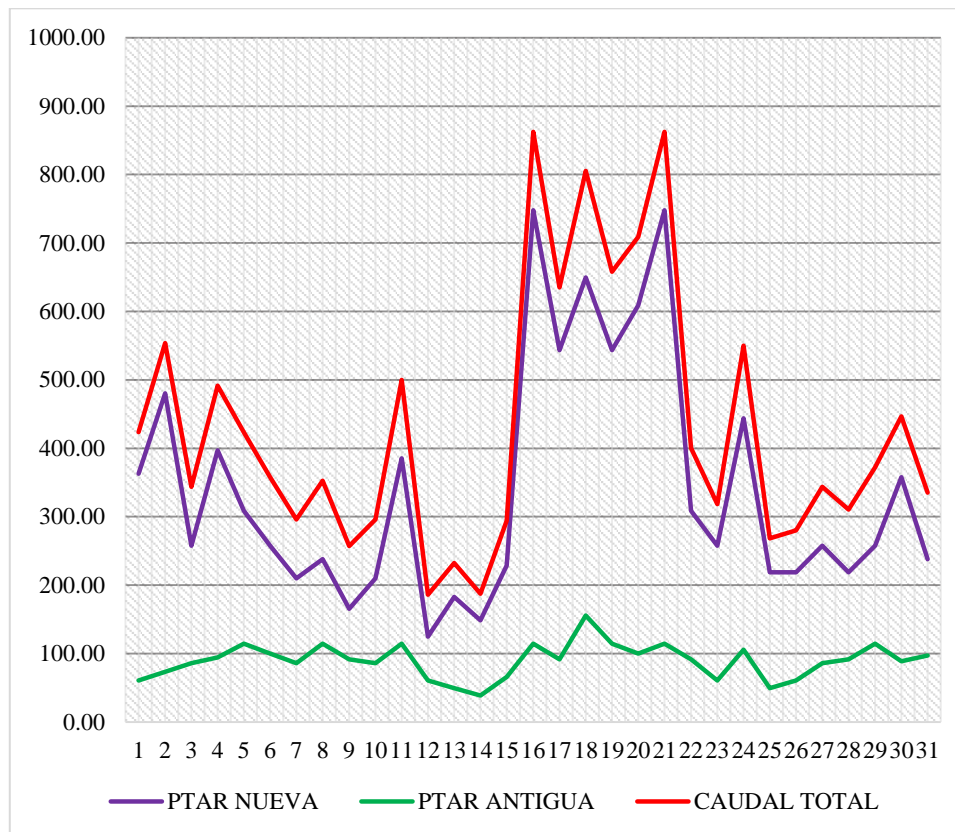
Del presente gráfico se observa que el caudal total llegado a la PTAR de Jaén durante el mes de julio inicia con un caudal insuperable de 494.77 L/s, que luego va disminuyendo periódicamente hasta los días 12 y 15 que es donde se presencia sus caudales mínimos de 248.58 L/s y 268.23 L/s, pero que para el día 18 se muestra un aumento de caudal hasta los 438.65 L/s, también es considerable para el presente mes el día 25 cuyo caudal es 446.49, los demás días se puede apreciar que los caudales se han mantenido en forma moderada y concuerdan con los caudales de diseño proyectado según la demanda de la población para un retorno del 85%.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 28: Medición del caudal en PTAR: mes - Agosto 2019

FECHA	HORA	W		LAGUNAS NUEVAS		LAGUNAS ANTIGUAS		TOTAL L/s
		0.456	0.105	Q(m3/s)	Q(L/s)	Q(m3/s)	Q(L/s)	
1	08:14	0.50	0.40	0.36296	362.96	0.0609	60.88	423.83
2	08:20	0.60	0.45	0.48044	480.44	0.0731	73.15	553.58
3	08:18	0.40	0.50	0.25752	257.52	0.0862	86.20	343.72
4	08:25	0.53	0.53	0.39699	396.99	0.0944	94.40	491.39
5	08:15	0.45	0.60	0.30866	308.66	0.1145	114.54	423.20
6	08:20	0.40	0.55	0.25752	257.52	0.1000	100.01	357.53
7	08:00	0.35	0.50	0.20971	209.71	0.0862	86.20	295.91
8	08:16	0.38	0.60	0.23798	237.98	0.1145	114.54	352.53
9	08:21	0.30	0.52	0.16544	165.44	0.0916	91.64	257.08
10	08:18	0.35	0.50	0.20971	209.71	0.0862	86.20	295.91
11	08:38	0.52	0.60	0.38553	385.53	0.1145	114.54	500.07
12	08:15	0.25	0.40	0.12499	124.99	0.0609	60.88	185.87
13	08:14	0.32	0.35	0.18271	182.71	0.0494	49.44	232.14
14	08:20	0.28	0.30	0.14879	148.79	0.0389	38.87	187.66
15	08:24	0.37	0.42	0.22842	228.42	0.0657	65.69	294.11
16	08:26	0.80	0.60	0.74781	747.81	0.1145	114.54	862.36
17	08:18	0.65	0.52	0.54338	543.38	0.0916	91.64	635.02
18	08:25	0.73	0.73	0.64958	649.58	0.1555	155.51	805.09
19	08:17	0.65	0.60	0.54338	543.38	0.1145	114.54	657.92
20	08:23	0.70	0.55	0.60898	608.98	0.1000	100.01	708.99
21	08:18	0.80	0.60	0.74781	747.81	0.1145	114.54	862.36
22	08:25	0.45	0.52	0.30866	308.66	0.0916	91.64	400.30
23	08:19	0.40	0.40	0.25752	257.52	0.0609	60.88	318.39
24	08:23	0.57	0.57	0.44399	443.99	0.1057	105.74	549.73
25	08:18	0.36	0.35	0.21899	218.99	0.0494	49.44	268.43
26	08:15	0.36	0.40	0.21899	218.99	0.0609	60.88	279.87
27	08:17	0.40	0.50	0.25752	257.52	0.0862	86.20	343.72
28	08:20	0.36	0.52	0.21899	218.99	0.0916	91.64	310.63
29	08:24	0.40	0.60	0.25752	257.52	0.1145	114.54	372.06
30	08:20	0.50	0.51	0.35790	357.90	0.0889	88.91	446.80
31	08:25	0.38	0.54	0.23798	237.98	0.0972	97.19	335.18
<b>PROMEDIO</b>					341.17		89.52	430.69

Gráfico 6. Registro de caudales durante el mes de agosto 2019.



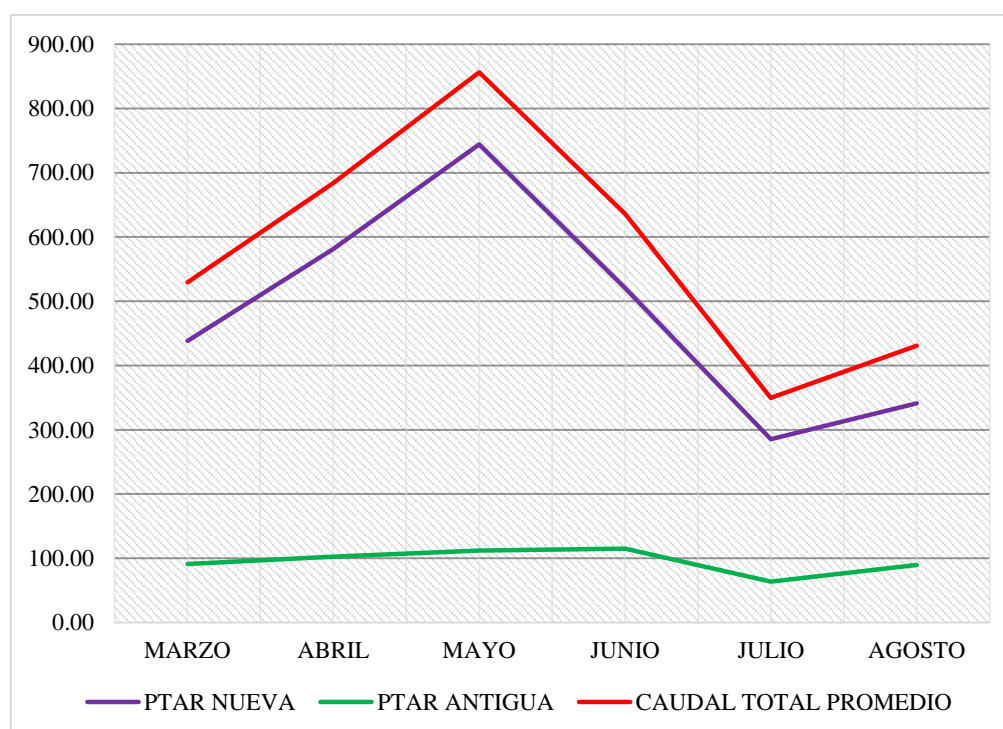
Para el mes de agosto se ha notado que la PTAR de Jaén empieza con un caudal inicial de 423.834 L/s que se mantiene subiendo y bajando periódicamente hasta decaer a su nivel mínimo de 185.87 y un caudal de 187.66 L/s; estos caudales también concuerdan con los caudales de proyección según la población estimada, pero luego surge una subida inesperada para el día 16 que llega a tener un caudal de 862.36 L/s; dichos caudales máximos se mantienen hasta el día 21 para dar un cambio muy diferenciado, luego decae y se mantiene por debajo de los 550 L/s y termina el mes con un caudal de 335.180 L/s.

Los caudales se han medido en una canaleta Parshall cuya garganta para las lagunas nuevas es de 0.456 m y para las lagunas antiguas tiene una medida de 0.105 m, los cuales se evidencian según las imágenes mostradas en anexos.

Tabla 29: Resumen Promedio de los Caudales Observado por mes

MES	PPTAR NUEVA	PTAR ANTIGUA	CAUDAL TOTAL
MARZO	438.57	91.03	529.60
ABRIL	581.32	102.82	684.14
MAYO	744.39	111.96	856.34
JUNIO	520.77	115.20	635.96
JULIO	285.63	63.84	349.46
AGOSTO	341.17	89.52	430.69
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>			581.03

Gráfico 7. Resumen de Caudales Registrados Marzo - Agosto 2019



Del seguimiento que se ha realizado al registro de caudales de la PTAR de Jaén según los datos proporcionados por el personal que labora en la PTAR-J se puede apreciar que el promedio de caudales por mes va en aumento desde marzo hasta mayo que es donde presenta su caudal más elevado de 856.34 L/s para luego disminuir paulatinamente hasta su caudal mínimo de 349.46 L/s lo cual nos muestra una diferencia de 506.88 L/s con respecto al

máximo, caudal que se puede afirmar que es muy considerable con respecto a su pico más elevado; ante estos excesos de caudales que se han venido registrando el entonces Gerente General de la EPS Marañón CPC. Orlando Delgado Campos, manifiesta su preocupación en una entrevista realizada por el periodista Ismael Burga Vásquez en el programa Visión noticias el día 06 de mayo del 2019 informando lo siguiente:

La PTAR de Jaén han sido diseñadas para recibir un caudal en su normalidad de 220 L/s y un máximo de 400 L/s, pero a la fecha vienen recibiendo diariamente un caudal de 700 L/s lo cual está sobrecargando su trabajo y a la vez expulsando estas sin oxidarlas como debe ser.

De lo citado anteriormente se puede corroborar según figura N° 39; otro profesional experto en este tema es el Ingeniero Fernández (2018), quien según su opinión escrita sobre la Planta Tratamiento de Aguas Residuales Jaén (PTAR); declara lo siguiente:

Las Lagunas en un inicio se diseñaron para operar hasta el año 2017, con capacidad para tratar un caudal promedio de 150.70 L/s. La EPS Marañón S.R.L con el propósito de solucionar el problema de saneamiento de la ciudad de Jaén, en el año 2009 gestionan el estudio "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de la PTAR de la Ciudad de Jaén"; el Perfil del estudio determinó que el horizonte del proyecto debe ser, hasta el año 2026, para tratar un caudal promedio 200.50 L/s y Máximo 380.70 L/s Actualmente estamos en el año 2018, y el caudal que ingresa a las lagunas varía entre 300 L/s a 600 L/s; sobrepasando el caudal proyectado para el año 2026, por lo tanto esto sería la causal del colapso de las lagunas de oxidación (p. 01).

#### **4.7. DBO y DQO.**

Este tipo de análisis fueron realizados en dos laboratorios en tiempos diferidos; el primero realizado en el Laboratorio de Industrias Alimentarias de la UNJ el 22 de julio del 2019 en el afluente y el efluente, los resultados se muestran en la tabla N° 42 que a continuación se presentan:

Tabla 30. Resultados de Análisis de Agua Residual Afluente.

Parámetro	Unidad	Resultado	Método
pH		7.85	Potenciómetro Hanna
Turbidez	NTU	332	Espectrofotómetro
Temperatura	°C	24	Termómetro digital Hanna
DQO	mg/L	2200	Colorímetro
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1 840	Prueba DBO <sub>5</sub>
Coliformes Totales	NMP/100ml	20 000	Tubos Múltiples
Coliformes Fecales	NMP/100ml	18 000	Tubos Múltiples

Fuente: Lumbre (2019)

Tabla 31. Resultados de Análisis de Agua Residual Efluente.

Parámetro	Unidad	Resultado	Método
pH		7.48	Potenciómetro Hanna
Turbidez	NTU	280	Espectrofotómetro
Temperatura	°C	24	Termómetro digital Hanna
DQO	mg/L	1 680	Colorímetro
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1 200	Prueba DBO <sub>5</sub>
Coliformes Totales	NMP/100ml	14 000	Tubos Múltiples
Coliformes Fecales	NMP/100ml	6 000	Tubos Múltiples

Fuente: Lumbre (2019)

Los resultados obtenidos en la tabla anterior: la Turbidez, DQO, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Totales y Coliformes Fecales son bastante elevados, de estos se ha determinado el grado de eficiencia en su remoción según la forma de trabajo efectuada por las lagunas de estabilización, los cuales se presentan a continuación en la tabla N° 44.

Tabla 32: Grado de Eficiencia de Remoción de Parámetros Observados en la PTAR-J

Parámetro	Resultado		Eficiencia %
	Afluente	Efluente	
Turbidez	332.00	280.00	15.66
DQO	2200.00	1680.00	23.64
DBO <sub>5</sub>	1840.00	1200.00	34.78
Coliformes Totales	20000.00	14000.00	30.00
Coliformes Fecales	18000.00	6000.00	66.67

Los análisis de las AR de la PTAR–J, realizados en el laboratorio dela UNJ; demuestran que dichas aguas sobrepasan los LMP establecidos por el MINAM, mostrando que las lagunas poseen una eficiencia que está por debajo del 50 %, a diferencia de la remoción de coliformes fecales que tiene un 66, 67%.

*Tabla 33. Clasificación de Aguas Residuales según su DBO.*

Tipos de Aguas	Parámetros	Unidades
Pura	2 y 20	mg/l
Poco contaminada	20 y 100	mg/l
Medianamente contaminada	100 y 500	mg/l
Muy contaminada	500 y 3 000	mg/l
Extremadamente contaminada	3 000 y 15 000	mg/l

Fuente: Kasetu.

*Tabla 34. Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de PTAR.*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites Y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica De Oxígeno En 5 Días (DBO5)	mg/L	100
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200
PH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-MINAM RNE, 2010

Además, también se contó con el análisis de AR realizados en el Laboratorio Oikoslab. Sac (Análisis Químico y Microbiológico de suelos y aguas), cuyas muestras se tomaron el día 14 de septiembre del 2019 (afluente – Efluente, Figuras N° 29-30).

Cabe resaltar que para dicho análisis de las muestras del afluente y efluente previamente se ha derivado el AR llegando sólo a las Lagunas Anaeróbicas N° 01 y N° 03 pasando a funcionar la Laguna Facultativa N° 02 como una laguna terciaria interconectada con la laguna Facultativa N° 02.

Los resultados obtenidos del laboratorio se muestran a continuación en la presente tabla.

*Tabla 35. Resultados de Laboratorio del Afluente*

<b>Parámetros fisicoquímicos, Químicos y microbiológicos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Norma</b>
Demanda Química de Oxígeno	ppmO	568.00	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ppmO <sub>5</sub>	216.00	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se calcula los resultados a través de fórmula

Fuente: Oikoslab. Sac 2019

Tabla 36. Resultados de Laboratorio del Efluente

Parámetros físicoquímicos, Químicos y microbiológicos	Unidades	Resultados	Norma
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	ppmO	417.12	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	ppmO <sub>5</sub>	190.6	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se calcula los resultados a través de fórmula

Fuente: Oikoslab. Sac 2019

De las tablas anteriores (N° 35 – 36) que muestran los resultados de análisis de AR hechas por Oikoslab. Sac se puede apreciar que el DBO<sub>5</sub> y DQO en el afluente y efluente sobrepasa los LMP tal como en contraste con los parámetros estandarizados que muestra la Tabla N° 32 – 39.

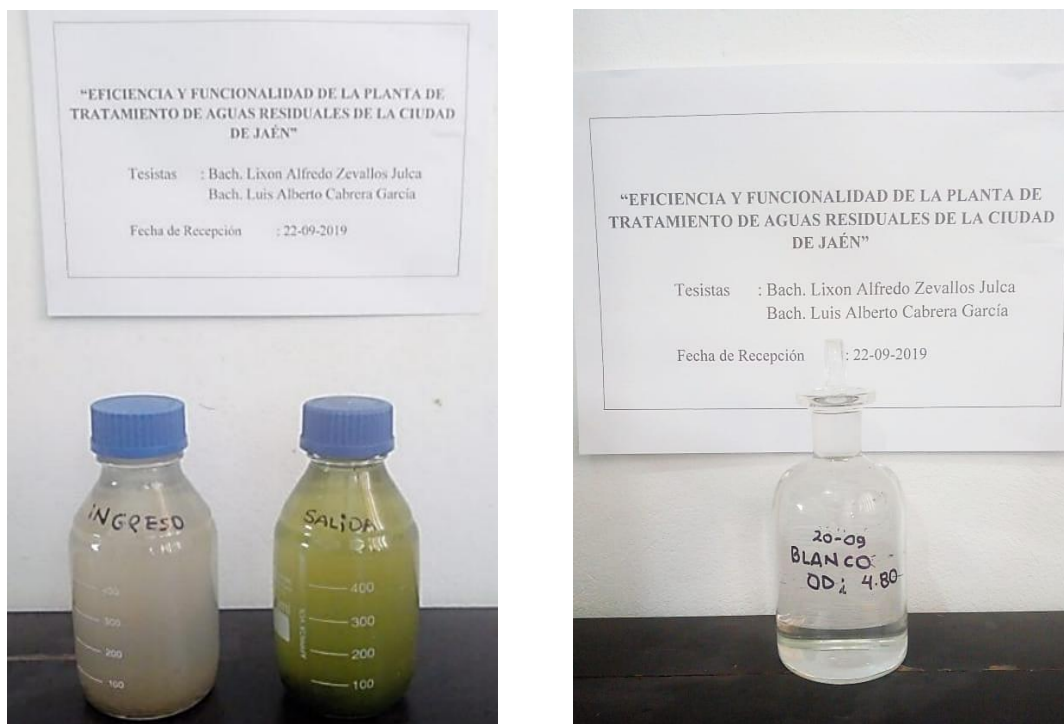


Figura N° 34. Muestras de AR. para DBO5 y DQO.

Posteriormente a la obtención de los resultados del laboratorio Oikoslab.Sac de las AR se procesó la información para verificar su grado de eficiencia porcentual que presenta ahora la PTAR-J; la cual se presenta en la Tabla N° 37.

Tabla 37: Grado de Eficiencia de Remoción de DBO<sub>5</sub>-DQO en la PTAR-J

Parámetro	Resultado		Eficiencia %
	Afluente	Efluente	
DQO	568	417.12	26.56
DBO <sub>5</sub>	216	190.6	11.75

De la presente tabla se observa que a diferencia de la Tabla N° 32, el trabajo que viene realizando en cuanto a la DBO<sub>5</sub> ha disminuido su eficiencia ya que ahora nos muestra que esta es un 11.75%, siendo la anterior de 34.78%.

#### 4.8. Potencial de Hidrógeno (pH).

El análisis del pH que se realizó a las AR de la PTAR-J fue realizado en el Laboratorio de Industrias Alimentarias de la UNJ (ver figura N° 35 – 36), los resultados son variantes,

realizados en diferentes fechas y nos ha permitido determinar el rango de acidez o alcalinidad que presenta; los cuales se muestran en la tabla N° 38.



Figura N° 35. Medición del pH de la PTAR-J.



Figura N° 36. Lectura del pH de la Muestra de la Extraída de la PTAR-J

Tabla 38. Medición del pH de la PTAR-J.

Fecha	pH		Temperatura		Conclusión
	Afluente	Efluente	Afluente	efluente	
22 julio	7.85	8.67	28,8	29,9	Alcalina
27 julio	7.41	8.65	29,4	29,2	Alcalina
14 septiembre	7.63	8.67	29,5	29,4	Alcalina
17 septiembre	7.42	8.68	28,6	29,4	Alcalina

Fuente: Laboratorios UNJ.

Los resultados obtenidos demuestran que el pH del agua resultante de las lagunas de estabilización, están por encima del rango permisible por tanto estas aguas no se pueden emplear para riego tal como lo muestra la tabla N° 39 sobre los LMP en la reutilización de aguas.

Tabla 39. LMP del Agua para Riego de vegetales y bebida de animales  
D.S. N° 004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	D1:Riego de vegetales		D: Bebida de Animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de Animales
DQO	mg/L	40		40
DBO5	mg/L	15		15
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5		6.5 – 8.4
Temperatura	mg/L	Δ3		Δ3
Coliformes	mg/L	2000		1000
Termotolerantes				

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Diario Oficial el Peruano (2017) p.17

#### 4.9. Estado de los componentes de la PTAR observados.

En la inspección ocular a la PTAR-J se logró determinar y evaluar el estado físico de los componentes, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 40: Componentes de la PTAR – Jaén, NTP OS - 090.

COMPONENTES	POSEE	NO POSEE	CONDICIÓN
cámara de Cribado (L1)	X	-	REGULAR
Cámara de Cribado (L2)	X	-	BUENA

Rejilla de Cribado Gruesos	X		BUENA
Rejilla de Cribado para Finos		X	
Pozo de secado de gruesos	X		REGULAR
Bypass L1	X		MALA
Bypass L2	X		BUENA
Repartidor de aguas	X		BUENA
Medidor Parshall (L1)	X		REGULAR
Medidor Parshall (L2)	X		BUENA
Medidor de caudal de salida		X	
Limnómetro (L1)		X	
Limnómetro (L2)	X		BUENA
Laguna anaerobia N° 1	X		MALA
Laguna anaerobia N° 2	X		MANTENIMIENTO
Laguna anaerobia N° 3	X		BUENA
Laguna Facultativa N° 1	X		MALA
Laguna Facultativa N° 2	X		MALA
Laguna Facultativa N° 3	X		BUENA
Caseta de operaciones	X		BUENA
Compuertas para control en la cámara de llegada		X	
Compuertas para control de caudales en las lagunas	X		MALA
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Anaerobia N° 1		X	
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Anaerobia N° 2		X	
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Anaerobia N° 3	X		REGULAR
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Facultativa N° 1		X	
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Facultativa N° 2		X	
Rampa de Acceso para limpieza en Laguna Facultativa N° 3	X		REGULAR
Laguna de maduración N° 1		X	
Laguna de maduración N° 2		X	
Laguna de maduración N° 3		X	
Pantalla para retención de natas en L1		X	
Pantalla para retención de natas en L2	X		BUENA
Cerco perimétrico de las lagunas	X		MALA

Cerco perimétrico de la PTAR		X	
Señales informativas		X	
Señales Preventivas		X	
Señales restrictivas		X	
Bermas de acceso y desplazamiento Interno	X		REGULAR

L1: Lagunas de Estabilización Antiguas.

L2: Lagunas de Estabilización Nuevas.

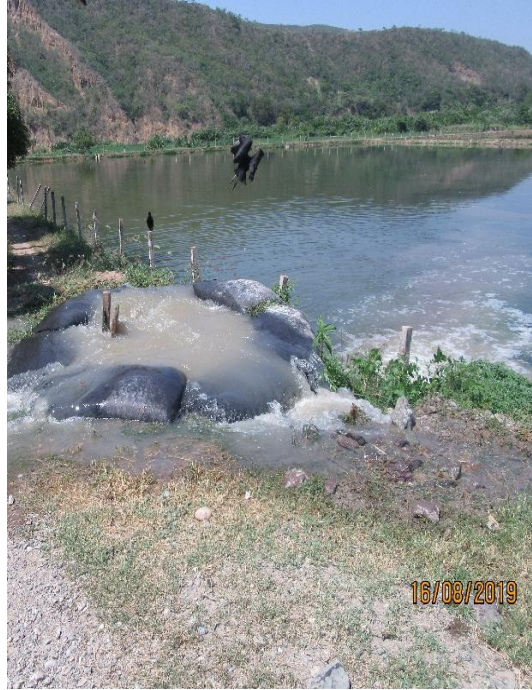
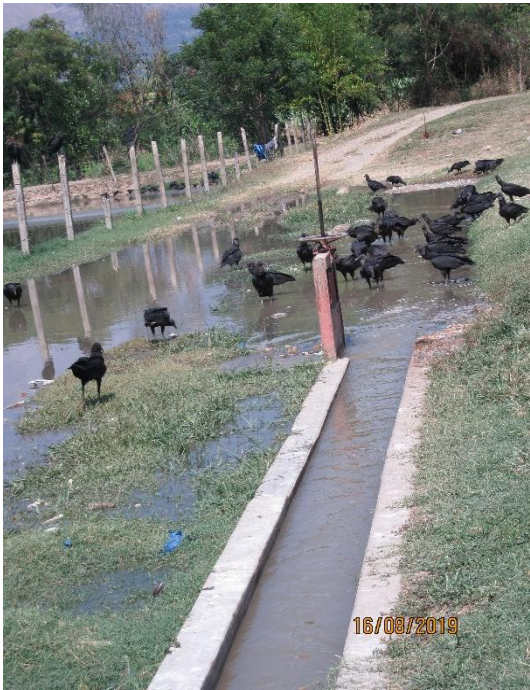
#### 4.10. Estado de las lagunas de estabilización.

Las lagunas de estabilización tienen 15 años de funcionamiento, y se ha previsto para este año el desazolve, según figura 37 denota que está colmada hasta llegar casi a su superficie por lo que cabe indicar que las demás lagunas contemporáneas tienen la misma problemática.



Figura N° 37. Laguna anaerobia primaria

En mediciones realizadas en los aforadores Parshall se ha observado el exceso de caudales que viene recibiendo a diario, tal como se aprecia en la Figura N° 38, 39 y 40, rebasando los límites de caudales de diseño ( $Q = 400 \text{ L/s}$ ), han provocado que las lagunas antiguas colapsen y sumado con la poca profundidad actual que poseen por falta de mantenimiento están ocasionando que el TRH en las lagunas sea menor del planificado.



*Figura N° 38. Lagunas Anaerobias Recibiendo caudal en exceso.*



*Figura N° 39. Afluente de la Laguna Antigua recibiendo exceso de caudales.*



Figura N° 40. Canaleta Parshall de PTAR Nueva.

#### 4.11. Comités vecinales prestadores de servicio

En Jaén aparte de la EPS Marañón, existen otras empresas prestadoras de servicios (Comités vecinales de agua 29 en total; las cuales se muestran en la tabla N° 41) quienes no son fiscalizados por las autoridades correspondientes, y cuyos usuarios no poseen medidores de agua en sus viviendas, usando el agua indiscriminadamente, lo cual genera recargo del nivel de aguas residuales en las lagunas de estabilización.

Tabla 41: Relación de Comités de Agua.

Comité de Agua	Canal Afluente
Magllanal 1 y 2	
Almendras 1 y 2	
Orellana	
Urb. Almendra	
Profesores	
Pueblo Nuevo	
Los Cedros	
Pueblo Libre	
Estadio Municipal	
Hostal Panamá	Canal el Progreso
P.J. Miraflores 1	
P.J. Miraflores 2 y 3	
San José del Huito	
Los Sauces	
8 de Julio	
Portada del Sol	
San Francisco (Molmo)	
Colegio Villanueva Pinillos	

---

Morro Solar  
San Martín  
Cruz de Chalpón  
San Luis  
Cruce Montegrande  
Nuevo Horizonte  
Montegrande  
Huayacan  
Urb. Villanueva  
Pinillos  
El Limón

---

Canal Chililique

#### 4.12. Buzones y Redes de Desagüe.

Las variaciones constantes del caudal registradas desde el mes de marzo hasta el mes de agosto, que está llegando a la PTAR y que es muy notorio en las gráficas propuestas, según versión recogida del personal que se encarga del mantenimiento y operación de las lagunas; se debe a: primero, existen buzones y tuberías de desagües obstruidas dentro de la ciudad (figura N° 41) y segundo; los propietarios de los terrenos agrícolas constantemente obstruyen los buzones de la línea de conducción de aguas próximos a sus terrenos, con la intención de provocar el reboce de las aguas y derivarlas para el riego de los arrozales; ante esta problemática se ven en la obligación de hacer seguimiento a las mencionadas líneas de conducción hasta localizar el problema y realizar el desatasco para que dichos caudales lleguen en su forma normal y constante.



*Figura N° 41. Hidrojet desatorando las redes de desagüe.*

#### 4.13. Carteles de Señalización Interna y cerco perimétrico.

La PTAR ha venido funcionando sin poseer señalización de seguridad, para restringir el paso a personas no autorizadas, y evitar los potenciales riesgos que les genere algún accidente, ya que estas personas circulan por el área de la PTAR para ir a sus terrenos o chacras (ver figura 42). Además, esta no posee cerco perimétrico y cerco de malla para las lagunas de estabilización permitiendo la proliferación de animales como: perros, aves de rapiña, etc. Los cuales ingresan continuamente dentro de las lagunas a alimentarse (ver figura 15).



*Figura N° 42. Lagunas de oxidación sin señales reglamentarias.*



*Figura N° 43. Tránsito de Vehículos Menores por terreno de la PTAR.*

#### 4.14. Comparación de parámetros de la PTAR con DS 004 -2017 MINAM.

Tabla 42. Comparación de parámetros.

<b>MES JULIO</b>				<b>DS 004 -2017 MINAM</b>		<b>DS 003 - 2010 MINAM</b>
<b>PARAMETROS</b>	<b>Afluente</b>	<b>Efluente</b>	<b>Eficiencia %</b>	<b>Agua para riego</b>	<b>Bebida de animales</b>	<b>Cuerpo Receptor</b>
<b>DQO (mg/L)</b>	2200	1680	23.64	40	40	200
<b>DBO5 (mg/L)</b>	1840	1200	34.78	15	15	100
<b>Coliformes totales (NMP/100ml)</b>	20000	14000	30.00	2000	1000	10000
<b>coliformes fecales (NMP/100ml)</b>	18000	6000	66.67	2000	1000	10000
<b>pH</b>	7.85	7.48	4.71	6.5-8.5	6.5-8.6	6.5-8.5
<b>MES SEPTIMBRE</b>						
<b>DQO (mg/L)</b>	568	417.12	26.56	40	40	200
<b>DBO5 (mg/L)</b>	216	190.6	11.75	15	15	100
<b>pH</b>	7.42	8.68	16.98	6.5-8.5	6.5-8.6	6.5-8.5

La tabla N° 42 demuestra que los parámetros de la PTAR-J observados, no cumple con la normativa DS. 003 -2010 MINAM para efluentes depositados en el cuerpo receptor y con el DS. 004 -2017 MINAM para efluentes de AR en reutilización para riego de vegetales.

## V. DISCUSIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la ejecución del proceso de investigación, se puede discutir lo siguiente:

La localización y disponibilidad del terreno para la construcción de la PTAR según disposiciones específicas para diseños definitivos en la NTP. OS – 090, las PTARs deben estar alejada de la mancha urbana, recomendándose las siguientes distancias:

- 500 m como mínimo para tratamientos anaerobios.
- 200 m como mínimo para lagunas facultativas.
- 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aeradas.
- 100 m como mínimo para lodos activados y filtros percoladores.

Según la imagen N° 13(presentada en anexos) se aprecia que la distancia de ubicación entre la unidad de tratamiento anaeróbico y la vivienda más próxima del sector linderos, es de tan solo 156.60 m, así como también existe una distancia de 200 m entre la unidad de tratamiento anaeróbico y el campus de la universidad nacional de Jaén.

El Área Total de Tratamiento para lagunas de estabilización, según la NTP OS-090 y la CONAGUA proponen que esta debe ser lo suficiente como para que en ella se dé el trabajo de purificación en condiciones de normalidad, según la topografía realizada resultó que el área lagunar de tratamiento existente es de 8.4 ha, pero en diseño es de 17.14 ha, constatándose así que se está incumpliendo con lo normado, por tanto urge la necesidad de realizar una ampliación de la superficie de tratamiento.

La Geometría para lagunas facultativas, según la NTP OS-090 y Rolim (2000); proponen que debe ser rectangular, en una relación de largo – ancho de  $2 \leq L/W \leq 5$  para favorecer la distribución uniforme del flujo transportador de carga orgánica, y mejorar así la eficiencia del tratamiento; en el caso de las lagunas facultativas existentes, estas poseen una forma casi cuadrada; contraviniendo la normativa.

El periodo de desazolve del área de tratamiento lagunar, se debe realizar entre 5 a 10 años según la OS-090, y según Rolim (2000) en conformidad con la CONAGUA (2007) proponen que sea cada 4 años. Se ha constatado que la PTAR después de haber empezado

su operación en el año 2005 y hasta la actualidad no se le da el mantenimiento correctivo, lo que nos evidencia el estado de sedimentación de todas las unidades.

Según el análisis de muestras de A.R. realizadas por el laboratorio en el mes de julio y septiembre en afluente y efluente indican que son aguas muy contaminadas. Según DS N° 004-2017-MINAM (ver tabla N° 42), estas aguas no están aptas para ser vertidas a un cuerpo receptor ni mucho menos para la reutilización en riego de cultivos. Al calcular sus grados de eficiencia se observa que es menor a 35% para la DQO, así como para la DBO<sub>5</sub> indicando estos resultados que las lagunas de estabilización realizan un trabajo deficiente.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente “CEPIS” advierte que el uso agrícola de aguas residuales de origen residual es un riesgo potencial de exposición de la población frente a sustancias contaminantes, debido a la posibilidad de incorporación o absorción de éstas a los productos agropecuarios de consumo humano; por ende un riesgo para la salud de los consumidores.

## **VI. CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos del análisis de calidad de AR se concluye que las lagunas de estabilización realizan un trabajo de purificación deficiente, ya que no cumplen con los parámetros de calidad establecidos por el DS. N° 004-2017-MINAM.

Según la evaluación de las disposiciones específicas para el diseño de lagunas de estabilización, éstas están incumpliendo con la normativa propuesta por la NTP OS-090 y la CONAGUA, ya que no posee los parámetros de diseño correctos, en cuanto a forma geométrica, la superficie lagunar es insuficiente, el TRH es mínimo, y posee una ubicación tan próxima a la mancha urbana que se viene posesionando cada día más en la zona.

La comparación de parámetros de aguas residuales de PTAR- J, con los estipulados por el MINAM, demuestran que la eficiencia de las lagunas de estabilización en el tratamiento de las mismas; es muy pobre en cuanto a resultados para DBO5, DQO y coliformes fecales; tal como se puede apreciar en la tabla N° 42, convirtiéndose así en un principal foco de contaminación del cuerpo receptor y los cultivos que la emplean como riego.

De las causas que generan la problemática se puede resaltar 02 relevantes. Primero; en el origen estaría dado por la inexistencia de un sistema de drenaje pluvial que evite que las aguas de las precipitaciones ingresen al alcantarillado, y la falta de implementación de un programa de monitoreo o fiscalización por la EPS para controlar las descargas directas hacia el alcantarillado público del volumen de aguas provenientes de establecimientos tales como: Lavaderos de vehículo, hospitales, camal municipal, línea hotelera, mercados, etc. y los excesos de volúmenes generados por parte de comités vecinales de agua. Segundo; sería en el punto de tratamiento cuyas causas son: los problemas conceptuales de diseño, (lagunas de estabilización sub dimensionadas para los caudales que recepciona), la inexistencia de un manual o programa de operación y mantenimiento y el escaso o nulo monitoreo de los parámetros (LMP) que permitan estimar las eficiencias.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

Realizar un análisis a las aguas residuales para conocer el contenido microbiológico - parasitológico y análisis físico-químico en el efluente, con la finalidad de determinar el grado de concentración de residuos contaminantes y compuestos orgánicos poco biodegradables derivados de plaguicidas de los cultivos de arroz, productos químicos domésticos y derivados del petróleo que provienen de los lavaderos de vehículos existentes en la ciudad de Jaén.

Incorporar componentes faltantes a la PTAR-J tales como: criba para finos y aceites, cámara de sedimentación de finos, lecho de secado de lodos, aumento de la profundidad de las lagunas anaerobias de 3.00 a 4.50 m y diseño de un sistema de mamparas en las lagunas facultativas, con la finalidad de incrementar el TRH, mejorar los resultado de la DBO<sub>5</sub>, DQO y la mitigación del desprendimiento de malos olores que afectan a las zonas habitacionales cercanas.

Desarrollar un levantamiento topográfico, para conocer el total de áreas de cultivo que vienen empleando estas aguas derivadas de las lagunas de estabilización, para que el MINSA y el ANA fiscalicen y determinen si estos productos vegetales son aptos para el consumo humano.

Realizar un estudio de impacto ambiental, para determinar la contaminación que viene ocasionando el mal funcionamiento de las lagunas de estabilización, y proponer su reubicación a un lugar alejado del crecimiento de zonas urbanas futuras, y libre terrenos destinados a la agricultura.

## **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A. y Tomasini Ortiz, A. (2017) Dimensionamiento de lagunas de estabilización. México: IMTA

CONAGUA (2015). Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pre tratamiento y tratamiento primario Tomo N° 26. México.

CONAGUA (2015). Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de estabilización Tomo N° 27. México.

CONAGUA (2016). Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de estabilización, Tomo N° 47. México.

De Azevedo Neto, J.M y Acosta A. (2005), Manual de hidráulica. Brasil. Editorial Edgard Blücher Ltda.

De Esparza, M. L. y de Zumaeta, M. (2016). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS): Riesgos para la Salud por el uso de Aguas Residuales en Agricultura. Aspectos toxicológicos. Lima. Perú.

De la Peña M. E. y Viridiana Zamora D., J. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. México

Díaz Lozano, J. C., Gómez Ramos, A. A. y Molano Chingated J. A. (2015) Diagnóstico de operación de la planta de tratamiento de agua residual domestica construida en el Municipio de Cumaral en el departamento del Meta. (Tesis de pregrado inédita). Universidad Católica De Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co>

Duran, Zulma Lorena. (2009). Evaluación del desempeño de un conjunto de lagunas para el tratamiento de las aguas de riego provenientes del canal tibanica. Universidad Nacional

De Colombia (Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental). Recuperado de [bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co)

Fernández Estela, A. (2015). Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura. s.n. Lima, Perú.

Fernández Muerza, A (2014) Contaminación por malos olores, un problema en aumento. España. S.n. España

Calvo Gutiérrez, J. y Hernández Parra, D. (2016). Mitigación de malos olores generados en plantas de tratamiento de aguas residuales: Estudio de caso El Roble de Puntarenas. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr>

Larios Meoño, J. F., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y hacer, 2(2), 12. Recuperado el 2019 de <https://www.usil.edu.pe>

Lizarazo Becerra, J. M. & Orjuela Gutiérrez, M. I. (2013). Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia. (monografía) Universidad nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de [bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co)

Mariz Medeiros, D., (2011). Investigación sobre la Eliminación de Olores en Depuradoras. (Tesis doctoral) Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de <https://www.researchgate.net>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Tratamiento y Reúso de las Aguas Residuales Perú, ¿un reflejo de la región? Lima. Recuperado de <https://www.bancomundial.org>

Méndez Vega, J. P. y Marchán Peña J. (2008) Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. (Tesis de pregrado inédita) Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de [www.sunass.gob.pe](http://www.sunass.gob.pe)

Moret Chiappe, I. (2014). Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrofitas. (Tesis de pregrado inédita), Universidad de Piura. Piura, Perú.

Morgan Sagastume, J. M., Revah Moiseev, S. y Noyola Robles, A. Malos olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. Universitaria, Coyoacan, México D.F., México. Recuperado de [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)

Murillo, W. (2008). La investigación científica. Consultado el 22 de mayo de 2019 de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm>

ONU (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible una oportunidad para América Latina y el Caribe. Copyright © Naciones Unidas.

Pacheco, V. 1993. Control de calidad en plantas de tratamiento. Manual IX. CEPISOPS. Lima, Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). Grupo editorial MEGABYTE. Lima. Perú.

Sáenz L. E., Zambrano D. A. & Calvo J. A. (2016). Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

SUNASS (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Tarea Educación Gráfica Educativa. Lima, Perú.

Torres Poveda, I. E. (2016). Propuesta de Mejoramiento de las Operaciones en la Planta de Tratamiento de Agua Residual en el Municipio de la Calera (Cundinamarca). (Tesis de pregrado inédita). Universidad Católica De Colombia Bogotá, Colombia

UNESCO (2017) Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales El Recurso no Explotado. UNESCO, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia.

Vargas Cordero, Z. (2009). La Investigación Aplicada: Una Forma De Conocer Las Realidades Con Evidencia. Educación, vol. 33, núm. 1, 2009, pp. 155-165 Universidad de Costa Rica, San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

### **AGRADECIMIENTO.**

A la Universidad Nacional de Jaén por tener el interés en que sus graduados de los cuales somos parte, obtengan el título profesional, el cual nos brindará muchas oportunidades de realizarnos profesionalmente en el campo laboral.

Al Seminario de Investigación Científica para Graduados (SEICIGRA V – 2019) cuyos docentes fueron el bastón de apoyo y que nos brindaron la orientación, y exigencia necesaria para la realización de nuestra tesis.

A los Ingenieros Químicos Adán Díaz Ruiz, Luis Alberto Lumbré Racchumi, docentes de la Universidad Nacional de Jaén; quienes han hecho posible el análisis de las aguas residuales de las lagunas de estabilización en los laboratorios de la UNJ.

Al asesor el Mag. Ing. José Antonio Coronel Delgado por su compromiso e identificación para con nosotros, ya que estuvo presente de inicio a fin en este proceso de investigación.

**Luis y Lixon**

## **DEDICATORIA.**

A dios por darme salud y el ímpetu de subir cada peldaño de la escalera de la vida para realizar mis metas propuestas.

A mi madre Doraliza Julca Suarez y a mi padre Antonio Minaya Manrique quienes me educaron y enseñaron a seguir la senda del bien.

A mis hermanos Elena, James, Leslie por ser parte de mi vida y brindarme lo poco que poseen en favor de mi bienestar para cumplir las metas de vida propuestos cuando éramos niños.

A Karin Contreras Araujo por su apoyo desmedido brindado cada día.

**Lixon Alfredo Zevallos Julca**

A mi querida madre Santos García quien fue el cimiento para hacer realidad este proyecto de superación como persona y como profesional.

A mi familia que siempre va de la mano conmigo en los buenos momentos de la vida; y en los momentos

difíciles, me sirve de apoyo y siempre me alienta para vencer los obstáculos y retos que nos depara el futuro.

A mis amigos, porque con sus aportes se hace realidad la ejecución y culminación de este trabajo de investigación.

**Luis Alberto Cabrera García**

## **ANEXOS.**

*Imagen N° 1. Vista de las lagunas de estabilización y su cercanía a las zonas habitacionales*



*Imagen N° 2. Estructuras: Repartidores de caudales, en buen estado*



*Imagen N° 3. Medidores Parshall en buen estado.*



*Imagen N° 4. Ancho de Criba para Gruesos sin Control de Finos*



*Imagen N° 5. Flujo de caudales en exceso*



*Imagen N° 6. Aguas de canales desbordados derivados a las lagunas.*



*Imagen N° 7. Flujo sobre la Superficie Lagunar Provocando Cortocircuitos Hidráulicos*



*Imagen N° 8. Efluente N° 1 Contaminando el Cuerpo Receptor.*



*Imagen N° 9. Efluente N° 2 contaminando el cuerpo receptor*



*Imagen N° 10. Efluente N° 3 contaminando el cuerpo receptor*



*Imagen N° 11. Aguas residuales empleadas para riego del arroz.*



*Imagen N° 12. Lagunas Antiguas Primarias Colmatadas.*



Imagen N° 13. Distancias de las lagunas de estabilización a las viviendas más cercanas.





## **CONSTANCIA DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

Solicitantes: : **LUIS ALBERTO CABRERA GARCÍA**  
**LIXON ALFREDO ZEVALLOS JULCA**

Dirección : **PTAR – JAEN**

Fecha de Análisis : 22 de julio del 2019

Fecha de emisión : 27 de julio del 2019

### **I. DATOS DE LA MUESTRA**

TIPO DE MUESTRA : Aguas Residuales Domésticas (Afluente)

Fecha de muestreo : 22 de julio del 2019

Hora de Muestreo : 8:00 am

Analista : Ing. Químico Luis Alberto Lumbre Racchumi

---

### **RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA ENTRADA**

---

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Método</b>
<b>pH</b>		7.85	Potenciómetro Hanna
<b>Turbidez</b>	NTU	332	Espectrofotómetro
<b>Temperatura</b>	°C	24	Termómetro digital Hanna
<b>DQO</b>	mg/l	2200	Colorímetro
<b>DBO5</b>	mg/l	1840	Prueba DBO 5 días
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100ml	>20000	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100ml	>18000	Tubos múltiples

---



## RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA ENTRADA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método
pH		7.84	Potenciómetro Hanna
Turbidez	NTU	280	Espectrofotómetro
Temperatura	°C	24	Termómetro digital Hanna
DQO	mg/l	1680	Colorímetro
DBO5	mg/l	1200	Prueba DBO 5 días
Coliformes totales	NMP/100ml	>14000	Tubos múltiples
Coliformes Fecales	NMP/100ml	>6000	Tubos múltiples

## II. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos determinan que hay contaminación al cuerpo receptor lo que indica no aptas para riego.

  
*Luis Alberto Landa Pacheco*  
**INGENIERO QUÍMICO**  
REG. CIP 101905



## ENSAYO DE AGUA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES N° 1650-2019

Solicitante : Bach. Lixon Alfredo Zevallos Julca  
Bach. Luis Alberto Cabrera García

Fecha de Recepción : 14-09-2019

Muestra traída al laboratorio para los ensayos, por personal del solicitante.

Proyecto de Investigación :  
"EFICIENCIA Y FUNCIONALIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN"

### I.- Datos de la muestra

Tipo de muestra : Agua de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Municipalidad de Jaén  
Ubicación : Afluente

### II. Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	568.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	216.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se calcula los resultados a través de fórmula

  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56757





## ENSAYO DE AGUA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES N° 1651-2019

Solicitante : Bach. Lixon Alfredo Zevallos Julca  
Bach. Luis Alberto Cabrera García

Fecha de Recepción : 14-09-2019

Muestra traída al laboratorio para los ensayos, por personal del solicitante.

Proyecto de Investigación :

“EFICIENCIA Y FUNCIONALIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAÉN”

### I.- Datos de la muestra

Tipo de muestra : Agua de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Municipalidad de Jaén


Ubicación : Efluente

### II. Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	417.12	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	190.6	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 10 y al 5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se calcula los resultados a través de fórmula

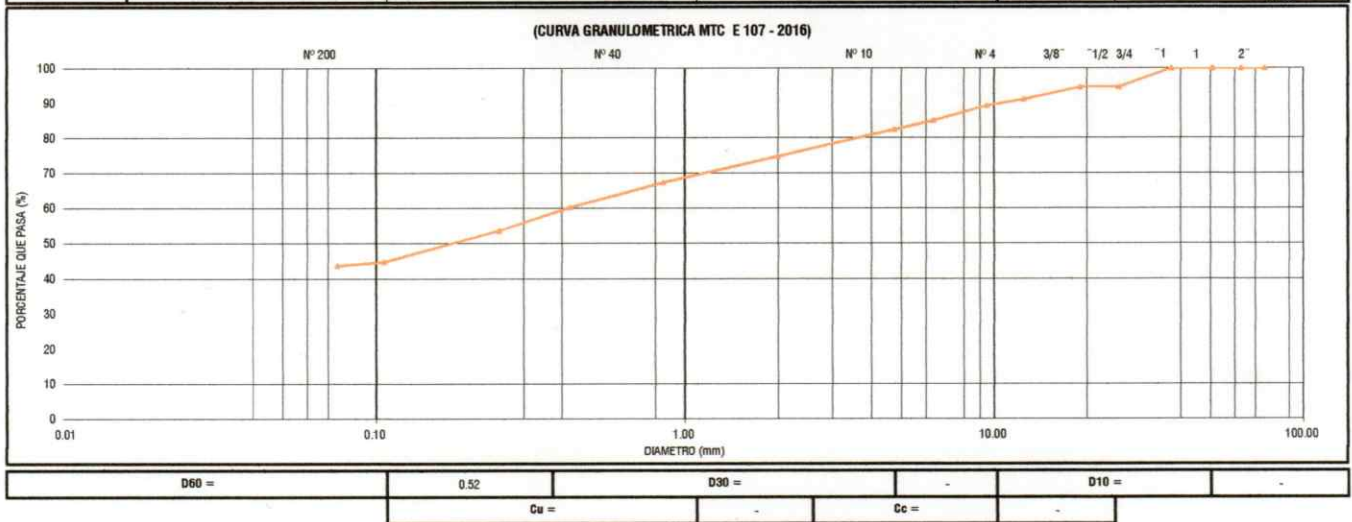
  
Jorge Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56757



 <b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	<b>LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>		<b>SECTOR :</b>	<b>LABORATORIO</b>
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>		<b>CODIGO:</b>	<b>151 -19-MS-001</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
<b>PROYECTO :</b>	TESIS EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAEN		<b>JEFE DE CALIDAD :</b>	JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
<b>UBICACION :</b>	DISTRITO JAEN, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA		<b>TECNICO DE LAB :</b>	JHONATAN HERRERA BARAHONA
<b>SOLICITANTE :</b>	BACH LUIS ALBERTO CABRERA GARCIA, BACH LIXON ALFREDO ZEVALLOS JULCA		<b>ASISTENTE:</b>	ARODI CIEZA ROMERO
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>			<b>CLASIFICACION DEL TERRENO DE FUNDACION</b>	
<b>CALIGATA :</b>	C - 1	<b>CODIGO MUESTRA:</b>	151 -MLCA-001	<b>CLASIFICACION DEL SUELO</b>
<b>MUESTRA</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0.20 - 1.50	NORMA A.S.T.M. D 2487
		<b>FECHA :</b>	SETIEMBRE - 2019	<b>SC</b>

**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2016 - NTP 339.12)**

	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	Nº	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		526.9
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (gr)		401.5
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (gr)		125.4
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00			
	1"	25.40	26.48	26.48	5.30	94.70			
	3/4"	19.00	0.00	26.48	5.30	94.70			
	1/2"	12.50	17.95	44.43	8.89	91.11			
	3/8"	9.50	8.54	52.97	10.59	89.41			
	1/4"	6.35	21.86	74.83	14.97	85.03			
	Nº 4	4.75	12.96	87.79	17.56	82.44			
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	37.57	125.36	25.07	74.93	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		500.0
	Nº 20	0.85	37.52	162.88	32.56	67.42			
	Nº 40	0.43	35.63	198.51	39.70	60.30			
	Nº 60	0.25	33.00	231.51	46.30	53.70			
	Nº 140	0.11	44.39	275.90	55.18	44.82			
	Nº 200	0.08	5.48	281.38	56.28	43.72			
CAZOLETA	--		218.62	500.0	100.0	0.0			
TOTAL			500.0						
							<b>MUESTRA TOTAL SECA</b>		
							PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr)		374.64
							PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr)		125.36
							PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		500.0
							<b>ANALISIS FRACCION GRUESA</b>		
							TOTAL	W G =	125.36
							<b>ANALISIS FRACCION FINA</b>		
							CORRECCION CUARTO :	S/WG	1.00
							PESO PORCION SECA :	S =	374.6



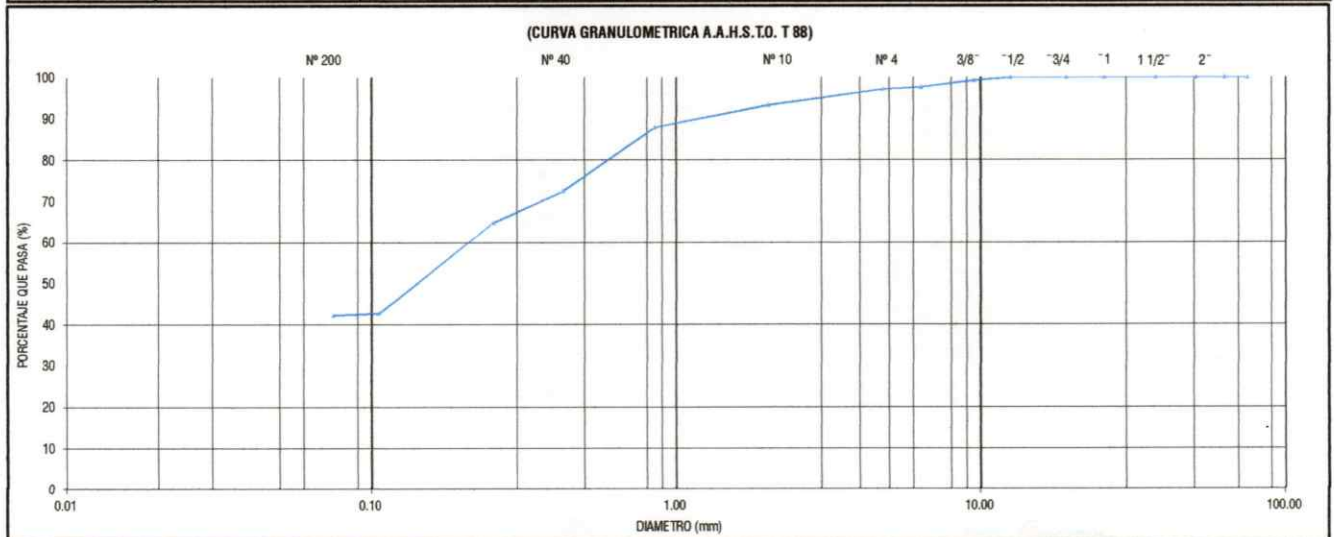
<b>OBSERVACIONES:</b>	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA (A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO ARCILLA ARENOSO INORGANICO, DE MEDIANA PLASTICIDAD, MEZCLADO CON GRAN PROPORCION DE GRAVILLA (14.63%).
<b>CLASIFICACION GENERAL COMO SUB RASANTE</b>	SUELO REGULAR COMO SUB RASANTE.

  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
 Jenner Kimbel Ramos Diaz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 218809

<b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		SECTOR :	LABORATORIO		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO:	151 -19-MS-006		
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL			
PROYECTO :	TESIS:EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAEN		JEFE DE CALIDAD :	JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ		
UBICACIÓN :	DISTRITO :JAEN,PROVINCIA :JAEN ,REGION :CAJAMARCA		TECNICO DE LAB :	JHONATAN HERRERA BARAHONA		
SOLICITANTE :	BACH.LUIS ALBERTO CABRERA GARCIA ,BACH:LIXON ALFREDO ZEVALLOS JULCA		ASISTENTE:	ARODI CIEZA ROMERO		
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL TERRENO DE FUNDACION			
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA: 151 -MLCA-002	PROFUNDIDAD :	0.20 - 1.50	CLASIFICACION DEL SUELO NORMA A.S.T.M. D 2487	SC
MUESTRA	M - 1		FECHA :	SEPTIEMBRE - 2019		

**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2016 - NTP 339.12)**

	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	N°	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00			
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		547.0
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		513.7
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		33.4
	1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00			
	3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00			
	1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00			
	3/8"	9.50	3.67	3.67	0.73	99.27	MUESTRA TOTAL SECA		
	1/4"	6.35	8.20	11.87	2.37	97.63	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		466.62
	N° 4	4.75	2.47	14.34	2.87	97.13	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		33.38
N° 10	2.00	19.04	33.38	6.68	93.32	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		500.0	
FRACCION FINA	N° 20	0.85	26.79	60.17	12.03	87.97			
	N° 40	0.43	76.76	136.93	27.39	72.61			
	N° 60	0.25	98.93	175.86	35.17	64.83			
	N° 140	0.11	109.91	285.77	57.15	42.85			
	N° 200	0.08	2.63	288.40	57.68	42.32			
	CAZOLETA	--	211.60	500.0	100.0	0.0			
TOTAL			500.0				ANALISIS FRACCION GRUESA		
							TOTAL	W G =	33.38
							ANALISIS FRACCION FINA		
							CORRECCION CUARTEO :	S/WG	1.00
							PESO PORCION SECA :	S =	466.6



D60 =	0.220	D80 =	-	D10 =	-
Cu =		-		Cc =	

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGÚN LA NORMA ( A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO UNA ARCILLA ARENOSA , DE BAJA DE PLASTICIDAD, MEZCLADO CON APRECIABLE CANTIDAD DE GRAVA T.M. 1/2" (6.68 %).
CLASIFICACION GENERAL COMO SUB RASANTE	SUELO REGULAR COMO SUB RASANTE.

**LABSUC**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
 Jenner Kimbel Ramos Diaz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 218809

<b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO:	151 -19-MS-007
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	TESIS:EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAEN		JEFE DE CALIDAD :	JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
UBICACIÓN :	DISTRITO :JAEN,PROVINCIA :JAEN ,REGION :CAJAMARCA		TECNICO DE LAB :	JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE :	BACH:LUIS ALBERTO CABRERA GARCIA ,BACH:LDON ALFREDO ZEVALLOS JULCA		ASISTENTE:	ARODI CIEZA ROMERO
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL TERRENO DE FUNDACION	
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA: 151 -MLCA-002	PROFUNDIDAD :	0.20 - 1.50
MUESTRA	M - 1		FECHA :	SEPTIEMBRE - 2019
			CLASIFICACION DEL SUELO	SC
			NORMA A.S.T.M. D 2487	

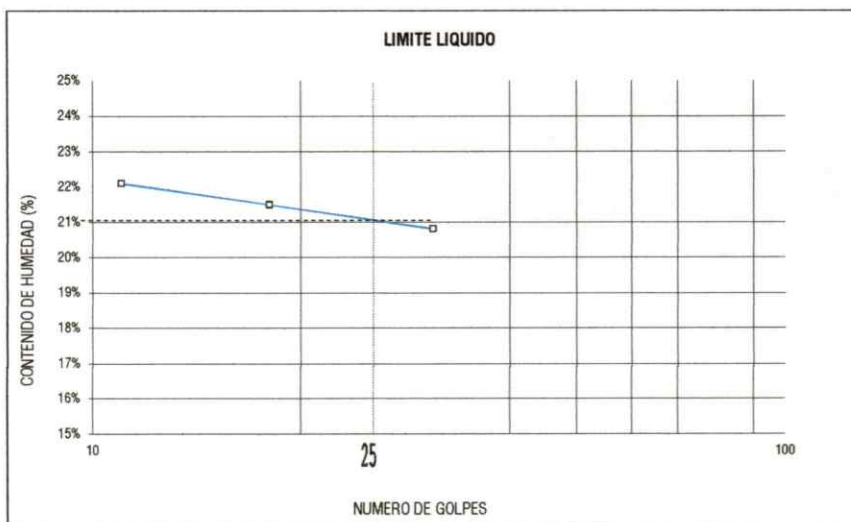
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 110 - 2016, MTC E 111 NTP 339.129 )**

LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	158	17	10
Wt+ M.Húmeda (gr)	15.68	15.12	15.61
Wt+ M. Seca (gr)	15.20	14.72	15.15
W agua (gr)	0.48	0.40	0.46
W tara (gr)	13.03	12.86	12.94
W M.Seca (gr)	2.17	1.86	2.21
W(%)	22.12%	21.51%	20.81%
N.GOLPES	11	18	31

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	


LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	102	416	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	13.14	14.07	
Wt+ M. Seca (gr)	13.11	14.05	
W agua (gr)	0.03	0.02	
W tara (gr)	12.95	13.93	
W M.Seca (gr)	0.16	0.12	
W(%)	18.75%	16.67%	17.71%

LIMITE LIQUIDO (%)	21
LIMITE PLASTICO (%)	18
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	3



UNIPUNTO	
Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**OBSERVACIONES:** EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.A.S.H.T.O. T 89.

 <p><b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p>	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS, GEOLÓGICOS, GEOTECNICOS, MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO, INGENIERÍA DE CONSTRUCCIONES, ESTABILIDAD DE TALUDES, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD DE OBRA Y LABORATORIO, PROYECTOS DE INGENIERÍA.</p>	<p><b>INFORME N°151 Rev.01</b></p>	<p>Fecha: <b>SETIEMBRE - 2019</b></p>
---	---	------------------------------------	---------------------------------------

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.). Bajo la Norma A.S.T.M. O 2487.

ESTRUCTURA	LAGUNA ANAEROBICA	LAGUNA FACULTATIVA
<b>CALICATA</b>	<b>C - 1</b>	<b>C - 2</b>
<b>MUESTRA</b>	<b>M - 1</b>	<b>M - 2</b>
Profundidad (m)	0.20 -150	0.20 -151
% Pasa tamiz N° 4	74.93	93.32
% pasa tamiz N° 200	43.72	42.32
Límite Líquido (%)	25	21
Índice Plástico (%)	7	3
Coefficiente de Uniformidad (CU)	-	-
Coefficiente de Curvatura (Cc)	-	-
Diámetro Efectivo (D10)	-	-
Densidad Húmeda (gr/cm3)	-	-
Contenido de Humedad	-	-
Clasificación de Suelos "SUCS"	SC	SC



## PERFIL ESTRATIGRÁFICO.


### Descripción del Perfil Estratigráfico

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

### CALICATA C • 1

De 0.00 m. a 0.20 m. presenta un estrato a eliminar conformado por materia orgánica. De 0.20 m. a 1.50 m. Se encuentra un estrato conformado por un arena arcillosa (SC), de Baja plasticidad, de color marrón claro, ligera resistencia en seco, rápida dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico, y de consistencia muy firme, mezclado con gran proporción de arena fina a gruesa (31.20%), y gran cantidad de gravilla (14.63 %). El estrato se encuentra consolidado, muy húmedo, sin olor, y presenta bajo contenido de sales sulfatadas.


**LABSUC**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 .....  
  
 Jenner Kimbel Ramos Diaz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 218809

 <p><b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p>	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS, GEOLÓGICOS, GEOTECNOLÓGICOS, MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, INGENIERÍA DE CIMENTACIONES, ESTABILIZACIÓN DE TERRENS, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD DE OBRA Y LABORATORIO, PROYECTOS DE INGENIERÍA.</p>	<p><b>INFORME N°151 Rev.01</b></p>	<p>Fecha: <b>SETIEMBRE - 2019</b></p>
---	--	------------------------------------	---------------------------------------

### **CALICATA C - 2**

De 0.00 m. a 0.20 m. presenta un estrato a eliminar conformado por materia orgánica. De 0.20 m. a 1.50 m. Se encuentra un estrato conformado por una arena arcillosa (SC), de baja plasticidad, de color marrón claro, ligera resistencia en seco, rápida dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico, y de consistencia muy firme, mezclado con gran proporción de partículas finas menores al Tamiz N° 200 (43.32 %), y poca cantidad de gravilla (1.23%). El estrato se encuentra consolidado, muy húmedo, sin olor, y presenta bajo contenido de sales sulfatadas


### **Aspectos Relacionados con la Napa Freática.**

Se debe señalar que se no encontró el nivel de filtración, en las calicatas estudiadas.

### **CONCLUSION.**

El material que conforma el suelo del terreno de fundación de la PTAR-J, está conformada básicamente por arenas arcillosas inorgánicas, de baja plasticidad. Se encuentran muy húmeda, medianamente consolidada y presentan bajo contenido de sales.

**LABSUC**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Jenifer Kimbel Ramos Diaz*  
Jenifer Kimbel Ramos Diaz  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 218809

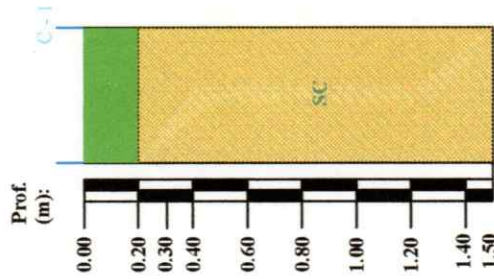
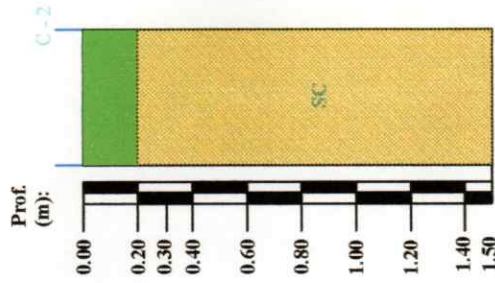
 <b>LABSUC</b> LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO:	151 -19-MS-001
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	TESIS:EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CUIDAD DE JAEN	GERENTE GENERAL :	JENEER KINBEL RAMOS DIAZ
UBICACIÓN :	DISTRITO :JAEN,PROVINCIA :JAEN ,REGION :CAJAMARCA	TECNICO QC :	JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE :	BACH:LUIS ALBERTO CABRERA GARCIA ,BACH:LIXON ALFREDO ZEVALLOS JULCA	ASISTENTE DE LAB :	CIEZA ROMERO ARDIDY

**ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE SUELO**  
**pH, SULFATOS Y CLORUROS.**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	Cl <sup>-1</sup> p.p.m.	SALES SOLUBLES TOTALES p.p.m.
C - 1	M - 1	0.20 - 1.50	7.05	56.53	34.57
C - 2	M - 1	0.20 - 1.50	7.09	54.32	36.21

OBSERVACIONES:	
----------------	--


**LABSUC**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Jeneer Kinbel Ramos Diaz*  
 Jeneer Kinbel Ramos Diaz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 218809



LEYENDA	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS A.A.H.I.T.O.	DESCRIPCIÓN
A-1.1*	
A-1.1.b	
A-2.1.4	
A-2.1.6	
A-2.1.7	
A-2	
A-4	
A-5	
A-6	
A-7.1-3	
A-7.1-6	

LEYENDA	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS A.U.C.S.	DESCRIPCIÓN
CL-ME	
ML	
SC	
SM	
CL	
ML	
OC	
OM	
OC-OM	
OF-OC	

**LABSUC**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE: BACHELUS ALBERTO CABRERA GARCIA  
BACHELIXON ALFREDO ZEVALLOS FELCA

PROYECTO: TESIS EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAEN

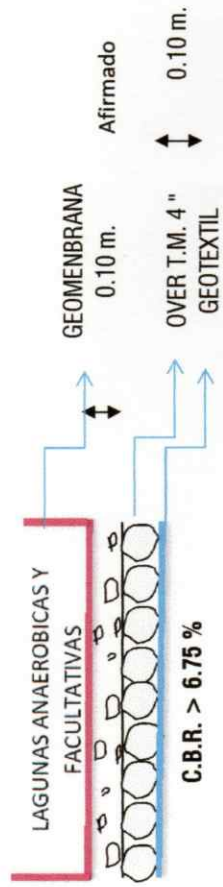
UBICACION: DISTRITO : JAEN  
PROVINCIA : JAEN  
REGION : CAJAMARCA

PLANO: PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATAS (C-1, C-2)

ELABORADO: JERONATAN HERRERA BARRASINA  
REVISADO: ING. JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ

INDICADAS: SETIEMBRE 2010  
PE - 01





**DETALLE DE  
ESTRUCTURA DE LAS  
LAGUNAS ANAEROBICAS Y FACULTATIVAS**

<b>LABSUC</b> <small>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>
<b>CROQUIS :</b>
<b>PROYECTO :</b>
<b>UBICACIÓN :</b>
<b>SOLICITANTE :</b>

<b>LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>
DETALLE DE ESTRUCTURAS DE LAS LAGUNAS ANAEROBICAS Y FACULTATIVAS
TESIS :EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JAEN
DISTRITO: JAEN, PROVINCIA: JAEN, REGION: CAJAMARCA.
BACH:LUIS ALBERTO CABRERA GARCIA Y BACH:LIXON ALFREDO ZEVALLOS JULCA

**LABSUC**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Jenny Kimbel Rodríguez Díaz*  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 218809