

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA CUMANI - ANTAUTA**

SEPTIEMBRE 2019

PRESENTADO POR:

JOSÉ AUGUSTO MEMBRILLO PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2022



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#).

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS

RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA PLANTA CUMANI - ANTAUTA

SEPTIEMBRE 2019”

PRESENTADO POR:

JOSÉ AUGUSTO MEMBRILLO PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. ELVIRA ANANÍ DURAND GOYZUETA

Área: Ingenierías, Tecnologías

Disciplina: Otras Ingenierías, otras Tecnologías

Especialidad: Aguas Residuales

Puno, 22 de Febrero de 2022.

DEDICATORIA

A mis padres, José Manuel Membrillo Molina y Celina Nélide Paredes Masco por darme la vida, por hacerme un hombre de bien y por siempre creer en mí para lograr mis metas, por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor incondicional.

Al universo por brindarme salud, sabiduría y un ciclo constante de crecimiento personal.

José Augusto Membrillo Paredes

AGRADECIMIENTOS

- Al universo por ponerme en el lugar y momento correcto siempre.
- A mi asesora de Tesis la Ing. Elvira Ananí Durand Goyzueta.
- A mis docentes Ing. Valetín Fernandez Valdivia, Ing. Percy Ginez Choque, Ing. Kattia Andrade Linarez, Ing. Wilfredo Cano Ojeda, Dr. Juan Pastor Herrera Carpio, Lic. María Vallenas Gaona, Mvz Ernesto Corrales Herrera y Dr. Young Mi Lee. Quienes fueron mentores, guías e inspiración en mi camino de estudiante.
- A todas aquellas personas que me alentaron y presionaron para que pudiera culminar este proyecto.

José Augusto Membrillo Paredes

ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
 INTRODUCCIÓN	 14
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.2 ANTECEDENTES	17
1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES	19
1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES	21
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
	3

1.3.1 OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	24
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1 MARCO TEÓRICO	25
2.1.1 AGUAS RESIDUALES	25
2.1.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES	26
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES	26
2.1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	26
2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	27
2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	29
2.1.4 PLANTA DE TRATAMIENTO	31
2.1.5 TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	31
2.1.6 PLANTA DE TRATAMIENTO CUMANI	32
2.1.6.1 CÁMARA DE ECUALIZACIÓN	32
2.1.6.2 CÁMARA DE AIREACIÓN	32
2.1.6.3 CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN	32
2.1.6.4 TANQUE DIGESTOR	32
2.1.6.5 CÁMARA DEL REACTOR BIOLÓGICO DE MEMBRANAS (MBR)	33
2.1.6.6 LECHO DE SECADO DE LODO	33
2.1.6.7 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	33
2.2 MARCO LEGAL	33
2.3. MARCO CONCEPTUAL	34
2.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	36
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	36
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO	37
3.2 TAMAÑO DE MUESTRA	38
3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS	38
3.3.1 Método utilizado de muestreo	38
3.3.2 Toma de muestra	39
3.3.3 Equipos de Monitoreo y Materiales	40
3.3.4 Transporte de muestras a laboratorio	40
3.3.5 Caudal de ingreso y salida de la PTARD	40
3.3.6 Análisis de campo	41
3.3.7 Análisis de laboratorio	41
3.3.8 Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas	41
3.3.9 Evaluación del parámetro de potencial de hidrogeniones en la planta Cumani	42
3.3.10 Examinación de la destitución de contaminantes de los parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente de la PTARD Cumani de acuerdo a los LMP	42
3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	43
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1.1 Análisis de de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que ingresan y egresan de la Planta Cumani.	45
4.1.2 Análisis en laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que egresan de la Planta Cumani	47
4.1.3 Análisis de la eficiencia de remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el vertimiento de las aguas residuales domésticas tratadas en cumplimiento con las normas ambientales de LMP.	56
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 01: Coordenada UTM del punto de muestreo	39
Tabla 02: Operacionalización de variables	42
Tabla 03: Resultados del monitoreo de R2 o efluente	45
Tabla 04: Resultados de laboratorio del monitoreo de R2 o efluente	48
Tabla 05: Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas que egresan de la planta Cumani en comparación con los LMP	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Imagen satelital de la PTARD Cumani	37
Figura 02: Toma de muestra del efluente	39
Figura 03: Potencial de hidrogeniones en campo de las aguas residuales que ingresan y egresan a la Planta Cumani	46
Figura 04: Temperatura en campo de las aguas residuales que ingresan y egresan a la Planta Cumani	47
Figura 05: Resultados de laboratorio del potencial de hidrogeniones de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	49
Figura 06: Resultados de laboratorio de la temperatura de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	50
Figura 07: Resultados de laboratorio de aceites y grasas de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	51
Figura 08: Resultados de laboratorio de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	52
Figura 09: Resultados de laboratorio de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	53
Figura 10: Resultados de laboratorio de los sólidos totales suspendidos de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	54

Figura 11: Resultados de laboratorio de los coliformes termotolerantes de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani	55
Figura 12: Contraste de los resultados del pH en campo y laboratorio con los LMP	57
Figura 13: Contraste de los resultados de la temperatura en campo y laboratorio con los LMP	58
Figura 14: Resultados del alfuente con respecto al pH	59
Figura 15: Resultados de los parámetros evaluados en el efluente	60
Figura 16: Unidad Minera San Rafael MINSUR - Antauta	69
Figura 17: Diagrama de flujo de agua y agua residual de la Unidad Minera San Rafael	69
Figura 18: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani 2019	70
Figura 19: Cámara de rejillas de la PTARD	70
Figura 20: Punto de muestreo R1 entrada a la PTARD Cumani	71
Figura 21: Criba al ingreso de la PTARD	71
Figura 22: Cámara de aireación 1 y 2	72
Figura 23: Cámara de biomembranas	72
Figura 24: Poza de contingencia de la PTARD Cumani	73
Figura 25: Punto de Monitoreo R2 o efluente	73
Figura 26: Tablero de multiparámetro de la PTARD Cumani	74
Figura 27: Tablero de control de la PTARD	74

Figura 28: Monitoreo de campo con multiparámetro HQ400d	75
Figura 29: Análisis de laboratorio de las aguas residuales de la PTARD	75
Figura 30: Inicio de recolección de datos en la PTARD Cumani	76
Figura 31: Finalización de recolección de datos en la PTARD Cumani	76
Figura 32: Recolección de muestras para laboratorio	77
Figura 33: Recolección de datos en laboratorio	77
Figura 34: análisis en laboratorio del pH	78
Figura 35: Análisis de la temperatura en laboratorio	78

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia	66
Anexo 02: Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales	68
Anexo 03: Panel fotográfico	69

RESUMEN

La investigación fue realizada en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la Unidad Minera San Rafael, distrito de Antauta, provincia de Melgar, en la región de Puno, con coordenadas UTM 357 730 E y 8 426 570 N (WGS84), durante el mes de septiembre del 2019; los objetivos específicos fueron: analizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que ingresan y egresan de la Planta Cumani; asimismo comparar los resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales domésticas con los parámetros establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM titulado “Límites Máximos Permisibles de Efluentes de aguas residuales domésticas”. La metodología aplicada fue mediante la medición in-situ y ex-situ de los parámetros según los LMP para efluentes de PTARD, se realizó el muestreo correspondiente para posteriormente analizar los parámetros dando los siguientes resultados; pH con un valor de 7.8, temperatura con un valor de 10.8, aceites y grasas con un valor de 7.859 mg/L, DBO con un valor de <2 mg/L, DQO 19 mg/L, sólidos totales en suspensión 57 mg/L y coliformes termotolerante con un valor de <1.8 NMP/100 mL. Para demostrar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

Palabras clave: efluente, eficiencia, parámetros y aguas residual

ABSTRACT

The investigation was carried out on the effluent from the domestic wastewater treatment plant in the San Rafael Mining Unit, Antauta district, Melgar province, in the Puno region, with coordinates UTM 357 730 E y 8 426 570 N (WGS84) , during the month of September 2019; The specific objectives were to analyze the physicochemical parameters of the wastewater entering and leaving the Cumani Plant; also compare the results of the parameters analyzed with the parameters established by the D.S. No. 003-2010-MINAM. The applied methodology was by means of the in-situ and ex-situ measurement of the parameters according to the LMP for PTARD effluents, the corresponding sampling was carried out to later analyze the parameters giving the following results; pH with a value of 7.8, temperature with a value of 10.8, oils and fats with a value of 7.859 mg / L, DBO with a value of <2 mg / L, DQO 19 mg / L, total suspended solids 57 mg / L and thermotolerant coliforms with a value of <1.8 MPN / 100 mL.

Keywords: effluent, efficiency, parameters and wastewater

INTRODUCCIÓN

Las aguas dulces son cada vez más escasas, debido al elevado crecimiento de las poblaciones asentadas en diversos ámbitos; Esto ha generado la producción de aguas residuales con características físicas, químicas y biológicas bastante diferentes a las condiciones originales; características que evitan emplearlos en diferentes actividades; las aguas residuales si no son tratadas pueden generar un impacto negativo en los ecosistemas, afectando a la salud de las personas, animales y plantas, problemas de malos olores, aparición de focos infecciosos, etc. razón por la cual se hace indispensable la evaluación y monitoreo constante de las aguas residuales domésticas, por ello la empresa en cumplimiento con su política de sostenibilidad, da tratamiento a sus aguas residuales domésticas y para lo cual cuenta con una moderna planta, precisamente para prevenir y controlar tales impactos; y dar una reutilización a estas aguas en el riego de áreas verdes y carreteras, al ser un recurso tan valioso para el planeta no puede ser desechado sin ser previamente tratado y reaprovechado.

La Unidad Minera San Rafael, ubicada en el paraje Quenamari, distrito de Antauta, Provincia de Melgar, región Puno, en la Cordillera Oriental de los Andes del Perú, entre los 4 500 y 5200 msnm; alberga un promedio de 2 500 a 3.000 trabajadores, entre trabajadores de compañía y contratados, datos hasta julio del 2018, la misma que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cuál será motivo de la investigación.

El propósito del presente trabajo de investigación es determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani, en la Unidad Minera San Rafael provincia de Melgar, en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

El presente trabajo tiene como contenido cuatro capítulos que se presentan de la siguiente forma: Capítulo I, contiene los preceptos de dicho trabajo en el cual se observan antecedentes de trabajos previos a este, siendo antecedentes internacionales, nacionales y locales, también se establece el planteamiento del problema y las interrogantes que engloban el proyecto de investigación, objetivos y justificación. Capítulo II, se sintetiza el marco teórico, conceptual y legal que da fundamento y respaldo al trabajo de investigación. Capítulo III, se expone la metodología de investigación, zona de estudio, población, muestra y los métodos y técnicas de recolección de datos. Capítulo IV, se exhiben los resultados obtenidos para posteriormente entrar en discusión con otros trabajos de investigación y concluir si se cumple con los objetivos establecidos.

Entonces, los objetivos del proyecto son evaluar la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, analizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales y comparar los parámetros del efluente con los Límites Máximos Permisibles determinados por el D.S. 003-2010-MINAM.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la ONU (2017), las aguas residuales siguen siendo un recurso infravalorado, visto con demasiada frecuencia como una carga que debe eliminarse o una molestia que debe ignorarse. Esta percepción debe cambiar para reflejar correctamente su valor; las aguas residuales son una fuente potencialmente asequible y sostenible de agua, energía, nutrientes, materia orgánica y otros subproductos útiles. Una mejor gestión de las aguas residuales, incluida la recuperación y la reutilización segura del agua y otros componentes clave, ofrece muchas oportunidades. Esto es especialmente cierto en el contexto de una economía circular, donde el desarrollo económico se equilibra con la protección de los recursos y sostenibilidad ambiental, y donde una economía más limpia y más sostenible tiene un efecto positivo en la calidad del agua.

La Unidad Minera San Rafael, ubicada en el paraje Quenamari, distrito de Antauta, Provincia de Melgar, región de Puno, en la Cordillera Oriental de los Andes del Perú, entre los 4 500 y 5 200 msnm; alberga un promedio de 2 500 a 3 000 trabajadores, entre trabajadores de compañía y contratados, datos hasta julio del 2018, la misma que cuenta

con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cual será motivo de investigación.

El propósito del presente trabajo de investigación es determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani, en la Unidad Minera San Rafael provincia de Melgar, en cumplimiento del D.S. N° 003-2010-MINAM, ya que se tiene la hipótesis que las aguas residuales que ingresan a la PTARD tienen un nivel elevado de contaminantes. Por lo tanto se pretende determinar la eficiencia del tratamiento de las Aguas Residuales, analizar las aguas residuales que ingresan y egresan, y por último comparar los resultados con los Límites Máximos Permisibles.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el grado de eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta Cumani – Provincia de Melgar septiembre – 2019?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será el grado de contaminación de las aguas residuales domésticas en la planta Cumani, septiembre – 2019?
- ¿Se cumplirá con los Límites Máximo Permisibles (LMP) para efluentes de aguas residuales domésticas y municipales en la planta Cumani, Provincia de Melgar, septiembre – 2019?

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Galvez (2013), manifiesta que en su estudio en la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de San Lucas Sacatepéquez” evaluó el análisis de calidad de agua en la época seca, esto con el propósito de establecer la importancia de la misma

hacia la comunidad y adicionalmente el manejo adecuado que se debería de tener sobre la misma. Los resultados de los análisis de laboratorio permitieron determinar la carga contaminante, esto con el fin de establecer los efectos que puede tener la calidad de la descarga al cuerpo receptor y no contribuir al deterioro de los ríos y suelos que son utilizados por otras comunidades. Después de analizar las variables se recomienda que se continúen análisis periódicos de la calidad de agua de la planta y que se capacite al personal encargado, contemplando también un mantenimiento preventivo de esta.

Muñoz (2008), simplemente se descargan en el lago, río o mar más cercano y se deja que los sistemas naturales se encarguen de lo demás; sin embargo la degradación de los desechos de forma natural ya no es suficiente para que el agua recobre las características necesarias para satisfacer nuestras cada vez más exigentes necesidades; debido a que nuestros desechos son cada vez mayores y su composición química es más compleja.

Rubio Chica & Peñuela (2013), en su investigación de procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes indica que, los contaminantes orgánicos emergentes conforman un grupo de sustancias muy heterogéneas, cuya característica en común es que causan efectos negativos sobre los organismos acuáticos, por lo que deben ser eliminados del ambiente. Lamentablemente, los procesos convencionales con los que operan las plantas de tratamiento de aguas residuales, especialmente los de tipo biológico, son ineficientes en la remoción de estas sustancias. Por este motivo, se hace necesaria la evaluación y optimización de tratamientos más eficaces, entre los que se encuentran los procesos de oxidación avanzada y de filtración por membranas. Sin embargo, ambas técnicas presentan inconvenientes que pueden limitar la aplicación individual de las mismas, de modo que podría proponerse la combinación de dichas tecnologías con procesos biológicos como

mejor solución para tratar las aguas residuales contaminadas con contaminantes orgánicos emergentes.

ONU (2017), en su informe mundial sobre “Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado” manifiesta que, en promedio, los países de ingresos altos tratan cerca del 70% de las aguas residuales municipales e industriales que generan. Este promedio cae a un 38% en los países de ingresos medios-altos y a un 28% en los países de ingresos medios-bajos. En los países de ingresos bajos solo el 8% recibe algún tratamiento. Estas estimaciones sustentan la aproximación que se cita comúnmente que, en el mundo, más del 80% de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno.

Mariñelarena (2006), indica que el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias debería ser entendido, como una necesidad, a fin de mantener condiciones adecuadas de salud e higiene para la población, conservar la calidad de las fuentes de agua y propender a un uso racional y sustentable de los recursos acuáticos.

1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Arana (2004), en su investigación denominada “Utilización de Aguas Residuales Tratadas como Alternativa de Riego de Parques y Jardines en el Distrito de Jesús María”, destaca que particularmente en Lima, aproximadamente el 5% de aguas residuales son tratadas y el otro 95% tiene como destino final el mar, siendo estos contaminantes por la gran cantidad de materia orgánica y microorganismos contenidos en las aguas residuales. Las aguas residuales tratadas en las diferentes plantas de tratamiento existentes en la ciudad de Lima, son destinadas básicamente al regadío de áreas verdes, cultivos, o bien son vertidas a los ríos que finalmente van a dar al mar.

Bullón (2016), en su trabajo investigación “Calidad y Caudal de Aguas Residuales en la

Planta de Tratamiento de la Ciudad de Jauja” manifiesta que mediante la construcción de sistemas de tratamiento de aguas servidas, se ha logrado una disminución en los riesgos de transmisión de enfermedades presentes en las excretas humanas, además de contribuir a la descontaminación de los cuerpos de agua. Los problemas enfrentados por las distintas ciudades del país hacen que muchas veces los objetivos de la planta de tratamiento de aguas residuales sean más difíciles de cumplir. Los requerimientos existentes en el efluente en relación a la contaminación al ambiente, es el principal factor que motiva la búsqueda de soluciones adecuadas a estos problemas.

Castillo & Quispe (2019), en su trabajo titulado “Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del Río Chonta Impactadas por el Vertimiento de Aguas Residuales Urbanas e Industriales en el Distrito Baños del Inca - Cajamarca, 2018” indica que, los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno, azufre, calcio, magnesio, fósforo, hierro. etc. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas 40-60%, hidratos de carbono 25-50% y grasas y aceites 10%.

Allende & Mendoza (2018), presentaron su trabajo de investigación denominado “Proyecto de un Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Distrito de Lambayeque con el Uso de un Reactor UASB” donde nos indican que, antes de la década de los años 70, el tratamiento de las aguas residuales se llevaba a cabo por acción del uso de los pozos sépticos, los filtros aeróbicos y procesos de contactos aeróbicos. Sin embargo, en las dos últimas décadas surgió una nueva tecnología, la digestión anaerobia, que se ha venido desarrollando con buenas perspectivas y promete disminuir los costos en el tratamiento de las aguas residuales.

Rojas & Purihuamán (2018) concluyeron que las características iniciales del agua residual afluyente del humedal artificial presentaron color negro debido a la descomposición de materia orgánica emitiendo malos olores. Después de la retención hidráulica para el tratamiento en el humedal se observó cambios significativos en el agua como incolora e inodora por la disminución de contaminantes, por lo cual se corroboran los resultados de los parámetros, estos valores no excedieron a los LMP establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM, especificado en la legislación ambiental peruana para PTAR, teniendo en cuenta estos resultados, el efluente se puede descargar a cuerpos receptores naturales de agua.

Micha & Rojas (2019), realizaron una investigación titulada “Determinación de la Eficiencia en el Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta la Encañada del Periodo Abril - Agosto 2018” donde concluyeron que, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta La Encañada es nula pues no existe remoción de nutrientes para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un -23.8 % de remoción y para la Demanda Química de Oxígeno se obtuvo un 25.8 %, se puede definir que el sistema de tratamiento no está haciendo eficiente su trabajo de remoción de nutrientes. También se logró determinar los parámetros analizados en el efluente como potencial de Hidrógeno que alcanza un promedio de 7.58, la temperatura con un promedio de 9°C, aceites y grasas se obtuvo un promedio 7.17 mg/L, en la Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo un promedio de 51.74 mg/L, para los Sólidos Totales en Suspensión se obtuvo un promedio de 188.66 mg/L, para la Demanda Química de Oxígeno un promedio de 202.32 mg/L y con respecto a los coliformes termotolerantes se determinó 5400000 NMP/100mL.

1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES

Andrade (2020), en su trabajo “Evaluación de la Eficiencia en la PLanta de Tratamiento de Aguas Residuales Distrito de Macusani, Región Puno - 2020” concluye que, los

parámetros evaluados en el río Macusani como el pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, DBO5, cianuro total, temperatura y coliformes termotolerantes cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental conservación de medios acuáticos en la categoría IV, ríos, esto significa que la calidad física del río Macusani no está siendo afectada por el efluente de la PTAR del distrito de Macusani.

Arocutipa (2013), en su trabajo de investigación “Evaluación y Propuesta Técnica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari - Sandia” indica que, el tratamiento de aguas residuales, es un proceso de tratamiento que incorpora transformaciones físicas, químicas y biológicas, con el objeto de tratar y remover los contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua, efluente del uso humano.

Espillico (2014), determinó en su trabajo “Monitoreo y Evaluación del Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con Biodigestores en la Comunidad Alto Ayraucollana - Provincia de Espinar -Cusco - 2014” que, la utilización de biodigestores en el tratamiento de aguas residuales domesticas es un procedimiento útil para tratar los residuos sólidos además de ser una técnica útil con un bajo impacto ambiental, que elimina la contaminación ya que consume los sólidos orgánicos, disminuye los olores desagradables, es un sistema de tratamiento primario de aguas residuales domésticas, la cual separa los sólidos para degradarlos y reducirlos, produciendo un lodo negro que es eliminado fácilmente, además el agua residual tratado es eliminado para percolarse en el suelo, no utiliza insumos químicos en la limpieza de los aparatos sanitarios, solamente deben eliminarse por la red de desagüe, heces, orina, agua de aseo personal y de lavado de utensilios o de ropa, la eliminación de lodos se hará en promedio cada 18 meses y solamente abriendo la válvula, el lodo eliminado es secado al ambiente en el pozo de

lodos, una vez seco puede aprovecharse como mejorador de suelos.

Callata (2015), menciona en su trabajo “Monitoreo y Evaluación del Cuerpo de Agua de la Bahía Interior de Puno - Lago Titicaca” que, la temperatura llegó 15.60 °C como máximo y como mínimo 13 °C por las zonas céntricas de la bahía interior de Puno, la transparencia del agua encontrada fue de 0.81 por la zona de isla Espinar. Lo cual indicaría que la penetración de la luz para realizar fotosíntesis es moderadamente baja, por lo que podemos decir que son aguas eutrofizadas. También se determinó que la turbiedad del agua se encontraba en un rango de 7 a 43 NTU, lo cual nos indica que las aguas de la BIP, tienen altos contenidos de materia en suspensión.

Paricahua (2018), realizó un estudio denominado “Evaluación de la Operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ayaviri, Provincia de Melgar - Puno” donde indica que, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Ayaviri, se encuentra en funcionamiento; pero a falta de mantenimiento, el crecimiento poblacional y la mala ejecución de las estructuras existentes, ha generado que el sistema de tratamiento colapse, en tal sentido se tiene un efluente que no cumple con los límites máximos permisibles, así como también el agua residual es parcialmente tratada, según la evaluación efectuada a todo el sistema de tratamiento, se verificó que las aguas residuales son vertidos directamente al cuerpo receptor que es Río Ayaviri, llegando a contaminar el medio acuático y medio ambiente.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani, en la Unidad Minera San Rafael provincia de Melgar, en cumplimiento del

decreto supremo N° 003–2010–MINAM.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas que ingresan y egresan de la Planta Cumani.
- Comparar los resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales domésticas con los parámetros establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM titulado “Límites Máximos Permisibles de Efluentes de aguas residuales domésticas”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 AGUAS RESIDUALES

ONU (2017), sintetiza que las aguas residuales son un componente crítico del ciclo del agua y deben ser tomadas en cuenta durante todo el ciclo de gestión del agua: desde la captación de agua dulce, el tratamiento, la distribución, el uso, la recolección y el tratamiento posterior hasta su reutilización y retorno final al medio ambiente, donde se repone la fuente para las subsiguientes captaciones de agua. Sin embargo, la mayoría de las veces, la atención que se da a la gestión del agua después de su uso ha sido un componente del ciclo de gestión del agua a menudo pasado por alto. La gestión de las aguas residuales generalmente recibe poca atención social y política en comparación con los retos del abastecimiento de agua, especialmente en el contexto de la escasez de agua. Sin embargo, ambos están intrínsecamente relacionados: actuar con negligencia en relación con las aguas residuales puede tener impactos altamente perjudiciales para la sostenibilidad del abastecimiento de agua, la salud humana, la economía y el medio ambiente.

2.1.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Según Galvez (2013) sintetiza que; las domésticas son aquellas que contienen desechos humanos, animales y caseros, también se incluye la infiltración de aguas subterráneas, estas aguas residuales son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales, o sólo en muy corta escala. Mientras que las sanitarias son las mismas que las domésticas, pero que incluyen no solamente las aguas negras domésticas, sino también los desechos industriales de la población. Las aguas pluviales son formadas por todo el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno. Aguas combinadas, son una mezcla de las aguas negras domésticas y sanitarias y de las aguas pluviales, cuando se recolectan en la misma alcantarilla. Y las aguas industriales, son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales. Pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas residuales sanitarias o combinadas.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES

El agua residual dependiendo de su procedencia se caracteriza por tener una composición con múltiples elementos, no es apta para el consumo humano, uso agrícola u otros sin tratamiento previo. Muñoz (2008), afirma que: “Los contaminantes en las aguas residuales son habitualmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis complejo de la mayoría de las aguas residuales”

Las características de las aguas residuales se dividen en tres grupos para su composición:

2.1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Espillico (2014) manifiesta que, los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un

olor peculiar, algo desagradable. El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. La temperatura de agua residual generalmente es más alta que la del agua de suministro. Las temperaturas registradas en las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, con valores aproximados entre 10 y 21°C tomando 15.6 °C como valor representativo. El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Los sólidos domésticos incluyen los procedentes de inodoros, fregaderos, baños, lavaderos, trituradores de basura y ablandadores de agua. Nos permite tener una idea, de la cantidad de materiales extraños en suspensión, que pueden estar presentes en las aguas residuales en especial arcillas, limo, materia orgánica finalmente dividida, plancton u organismos microscópicos. La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresado en kg/m³, es una característica física importante del agua residual a la hora de establecer la 13 formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento.

2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Según Espillico (2014), en las aguas residuales viven organismos de diversos tamaños. Estas pueden identificarse con la ayuda de un microscopio, completando con la observación de sus reacciones con respecto al medio ambiente. La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio, la demanda bioquímica de oxígeno representa indirectamente una medida de la concentración de la materia orgánica biodegradable contenida en el agua. Es posible establecer la relación entre la DBO y la DQO con valores mayores a la unidad

indicativa, de que una porción de las sustancias orgánicas oxidables por dicromato no es biodegradable o relativamente resistente a la degradación biológica. El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento, es amplio y de gran importancia. Muchos de los hongos son saprofitos basan su alimentación en materia orgánica muerta. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica, el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse. Los principales microorganismos presentes en las aguas superficiales y las aguas residuales, están conformados por eucariotas eubacterias y arqueobacterias. Una característica importante de los microorganismos es su habilidad para transformarse en formas resistentes que la hacen a la desinfección por calor o agentes químicos. Los protozoos como las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos, tiene una importancia capital tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de los cuerpos de aguas ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos. Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos. La descarga de los afluentes en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización. Los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos, algunos de estos organismos resisten condiciones ambientales desfavorables, y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de las aguas residuales

2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Según Espigares & Pérez (2005); "Existen una serie de parámetros que tienen una especial importancia para describir la composición de las aguas residuales".

Espillico (2014), afirma que en las aguas residuales son varios los componentes orgánicos e inorgánicos para la determinación y control de la calidad del agua. El pH es la intensidad de acidez y alcalinidad de una muestra de agua, la determinación del pH es útil para regular el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales. En disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que y alcalinas las de pH superiores a 7. Si el disolvente es agua, el pH = 7 indica neutralidad de la disolución. El nitrógeno en el análisis de aguas residuales se pueden hacer cinco tipos de determinaciones: el amoníaco libre, el amoníaco albuminoide, el nitrógeno orgánico, los nitritos y los nitratos, y todos ellos constituyen el nitrógeno total. El fósforo también es importante durante el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos de fósforo, proveniente de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural. Los cloruros que se encuentran en agua natural procedente de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Aceites y grasas el término grasa engloba las grasas de animales, aceites, ceras y otros constituyen presencia en las aguas residuales, la presencia de grasas y aceites puede causar muchos problemas en tanques sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento del agua residual, la mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellas se incorpora al lodo por los sólidos sedimentables, los aceites, minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, aceites y jabones. Los agentes

tensoactivos son moléculas orgánicas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, se acumulan en la interfase aire - agua y son los responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos receptores y de vertidos de agua residual. Los compuestos orgánicos volátiles normalmente son considerados compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100 °C y una presión de vapor 1mm Hg a 25°C. Pesticidas y productos químicos de uso agrícola, muchos de estos compuestos químicos están catalogados como prioritarios. No son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen encontrarse a nivel de trazas, tales como pesticidas, herbicidas, y otros productos químicos de uso agrícola y suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Demanda química de oxígeno (DQO) se utiliza para determinar el contenido de materia orgánica químicamente oxidable, presente en el agua residual. Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos significativa en el caso de organismos vegetales. Los hidratos de carbono incluyen los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en las aguas residuales. Gas metano es el principal subproducto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del agua residual es el gas metano El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida, sin embargo, este es sólo ligeramente soluble en agua, el oxígeno disuelto en líquidos cloacales puede indicar el grado de frescura o ranciedad de esta agua, como también la necesidad de prever las facilidades para un adecuado control de sus olores. Sulfuro de hidrógeno (gas), se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno.

2.1.4 PLANTA DE TRATAMIENTO

Carrasco & Millones (2019), es un sistema que tiene por objetivo dar tratamiento a las aguas residuales, mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización.

2.1.5 TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Allende & Mendoza (2018), las aguas residuales tanto urbanas como industriales, son inadecuadas para verterse de forma directa en el medio natural por su alto contenido en materia en suspensión y en demanda de oxígeno. Los tipos de tratamiento de aguas residuales urbanas se describen a continuación; El pretratamiento, busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores. Tratamiento primario o tratamiento físico-químico, busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química. Tratamiento secundario o tratamiento biológico, se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final. Tratamiento terciario o tratamiento físico-químico-biológico, desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características.

2.1.6 PLANTA DE TRATAMIENTO CUMANI

2.1.6.1 CÁMARA DE ECUALIZACIÓN

(Yaku, 2018), es aquella donde se concentran todas las aguas residuales, se encarga de mantener el caudal y la carga orgánica en condiciones óptimas para su tratamiento, mezcla y uniformiza el afluente de posibles picos hidráulicos. En el ingreso tiene una malla separadora de sólidos.

2.1.6.2 CÁMARA DE AIREACIÓN

(Yaku, 2018), es donde se agrega aire limpio mediante sopladores con difusores de burbuja fina montados en el fondo de la cámara para una óptima transferencia de oxígeno, aquí se forma una población de bacterias que se alimentarán de la materia orgánica y terminarán transformándola en productos no contaminantes.

2.1.6.3 CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

(Yaku, 2018), tiene la función de separar por decantación los sólidos que se producen en la etapa de aireación, el agua clarificada sale del sedimentador por la zona superior, una parte de los lodos acumulados en el fondo de la cámara es evacuada fuera del sistema hacia el lecho de lodos y la otra parte es retornada a la cámara de aireación para mantener un consistente población microbiana.

2.1.6.4 TANQUE DIGESTOR

(Yaku, 2018), los lodos son acumulados y estabilizados en esta cámara con la ayuda de difusiones de membrana de burbuja fina, ubicados en el fondo de la misma. El lodo tratado es espesado para posteriormente ser retirado al lecho de secado.

2.1.6.5 CÁMARA DEL REACTOR BIOLÓGICO DE MEMBRANAS (MBR)

(Yaku, 2018), las membranas cumplen la función de retener los sólidos en suspensión y biomasa casi en su totalidad, mediante la combinación de la degradación biológica y la separación de sólidos y líquidos por filtración bajo presión. Este sistema es una tecnología de separación que nos permite minimizar y eliminar procesos de una planta de tratamiento habitual.

2.1.6.6 LECHO DE SECADO DE LODO

(Yaku, 2018), en esta parte del proceso los lodos son secados mediante evaporación en compartimientos sencillos, con filtros poco profundos de grava y arena con un sistema de drenaje en el fondo para recolectar los lixiviados.

2.1.6.7 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

(MINAM, 2010), manifiesta que 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. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

2.2 MARCO LEGAL

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**, aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
- **Resolución Jefatural N°010-2016-ANA**, aprueban el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Límite máximo permisible (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 (MINAM, 2010).

Protocolo de monitoreo: Procedimientos y metodologías establecidas por el ministerio de vivienda y construcción y saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los programas de monitoreo (MINAM, 2010).

Programa de monitoreo: los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el programa de monitoreo y saneamiento por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El programa de monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas. así como los parámetros y frecuencias de muestreo para cada uno de ellos (MINAM, 2010).

Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas: Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales domésticas o municipales (MINAM, 2010).

Muestra de agua: Parte representativa del material a estudiar en la cual se analizan los parámetros de interés (ANA, 2016).

Muestreo de agua: herramienta de monitoreo cuya función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar su características y condiciones actuales (ANA, 2016).

Planificación del monitoreo: Se realiza en gabinete con la finalidad de diseñar el trabajo de monitoreo que incluye el establecimiento del ámbito de evaluación, puntos de monitoreo, lugares de accesos, verificación y ubicación de la zona de muestreo y los puntos de monitoreo mediante el empleo de herramientas informáticas (ANA, 2016).

Aguas residuales domésticas: Aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (ANA, 2016).

Aguas residuales: Aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren un tratamiento previo (ANA, 2016).

Almacenamiento de muestras: Proceso y resultado de mantener disponible una muestra bajo condiciones predefinidas para un intervalo de tiempo (usualmente) especificado entre el muestreo y otro tratamiento de una muestra (ANA, 2016).

Calibración: Comparación de la lectura de un instrumento generado por un patrón o estándar conocido con el objetivo de realizar los ajustes que eliminen desviaciones o desajustes instrumentales (ANA, 2016)

Frecuencia de monitoreo: Se establece para medir los cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico que ocurren en determinados periodos (ANA, 2016).

2.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Cumani es eficiente y cumple con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El afluente de agua residual en la Planta Cumani excede los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.
- El agua residual efluente de la Planta Cumani contiene concentraciones bajas de contaminación fisicoquímica; cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM .

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio se encuentra ubicado en el paraje Quenamari, distrito de Antauta, provincia de Melgar, región Puno, donde está establecida la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Cumani. Siendo sus coordenadas UTM del punto central 357 730 E y 8 426 570 N (WGS84), a 181 km de la ciudad de Juliaca.



Figura 01: Imagen satelital de la PTARD Cumani

Fuentes: Google Earth Pro

3.2 TAMAÑO DE MUESTRA

El presente trabajo de investigación es no-experimental, con un enfoque estadístico descriptivo ya que se muestran y se describen las características físico químicas de la calidad de las aguas residuales que ingresan y egresan de la PTARD - CUMANI.

3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1 Método utilizado de muestreo

La ejecución del monitoreo de calidad de agua se efectuó de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Aguas aprobado mediante R.J. N° 010-2016-ANA, en el cual se estandariza la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídricos en los cuerpos naturales de agua superficial que contiene criterios técnicos y procedimientos para establecer parámetros de evaluación, frecuencia, puntos de monitoreo, conservación, preservación y transporte de muestras, para asegurar la calidad del desarrollo del monitoreo.

La prosperidad de la vida en nuestro planeta se debe esencialmente al recurso hídrico, es por ello que es de suma importancia el tratamiento, control y monitoreo de las aguas residuales para su óptima utilización. Se realizó el muestreo en la Estación de Monitoreo R2 de la PTARD Cumani el día 02 de septiembre del 2019, con un solo punto de muestreo con la finalidad de reconocer la concentración de contaminantes que posee el efluente tratado.

Tabla 01: Coordenada UTM del punto de muestreo

Fecha de muestreo	Efluente R2		
15 de julio	N: 8 421 958	E: 357 200	A: 4 325
02 de septiembre	N: 8 421 958	E: 357 200	A: 4 325

Fuente: Fuente propia

3.3.2 Toma de muestra

Para el desarrollo del monitoreo del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas se realizó de acuerdo al protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Aguas R.J N° 010-2016-ANA. El cual tiene estandarizada la metodología para el muestreo de la calidad de recursos hídricos en los cuerpos naturales de agua superficial que contiene procedimientos y criterios técnicos.



Figura 02: Toma de muestra del efluente.

Fuente: Fuente propia

3.3.3 Equipos de Monitoreo y Materiales

- Multiparámetros WTH 3430, 3630 IDS y 3630.
- Multiparámetro HQ40d.
- GPS Garmin.
- Botellas de polietileno de 1 litro para la recolección de muestras.
- Etiquetas para muestras.
- Casco.
- Zapatos de seguridad.
- Lentes de protección.
- Uniforme reflectivo.
- Respirador 3M con doble filtro.
- Guantes de látex.
- Guantes de cuero.

3.3.4 Transporte de muestras a laboratorio

Las muestras son transportadas en un cooler para evitar el contacto con agentes externos, el recorrido es desde la planta al laboratorio de la Universidad Privada San Carlos. En el cual se evalúan los parámetros con equipos específicos.

3.3.5 Caudal de ingreso y salida de la PTARD

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas - Cumani, está diseñada para albergar 648 m³/día. Por lo que el caudal del afluente es de en promedio 7.5 l/s y el efluente 7 l/s, dichas cantidades están sometidas a las condiciones meteorológicas y la cantidad de personas que trabajan en el centro minero, en caso las aguas residuales sobrepasen la capacidad de la planta son

derivadas a una poza de contingencia, para posteriormente ser debidamente tratadas.

3.3.6 Análisis de campo

La recolección de muestras en campo se realizó en el efluente que llamaremos R2 de la PTARD, ya que en el afluente se cuenta por defecto con un multiparámetro incorporado en la planta que nos da los datos de ingreso en tiempo real. El monitoreo es in-situ del afluente se realizó con ayuda de un multiparametro HQ40d, siendo las hora de recolección de datos las: 10:00 y 16:00 horas durante todo el mes de septiembre del 2019; se adjunta en el anexo evidencia fotográfica para la veracidad de los resultados.

3.3.7 Análisis de Laboratorio

Para el análisis de laboratorio se recolectó una muestra de aguas residuales del efluente de la PTARD de Cumani y fue trasladada a laboratorio para su evaluación, se adjuntan pruebas en los anexos.

3.3.8 Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Nuestro objetivo general se alcanzó con los resultados obtenidos del muestreo de las aguas residuales y la fórmula utilizada por (Andrade, 2020) en su trabajo de investigación, se halló la eficiencia de la PTARD con los parámetros de temperatura y pH. Con los otros resultados se realizó la comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM,

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$

Dónde: E = Eficiencia de la PTRD o uno de sus componentes (%)

S = Carga contaminante del efluente (T° y pH)

So = Carga contaminante del afluente (T° y pH)

3.3.9 Evaluación del parámetro de potencial de hidrogeniones (pH) en la planta Cumani

Nuestro primer objetivo se determinó de la siguiente forma, se hizo un muestreo in-situ por el lapso de 30 días que comprende el mes de septiembre con ayuda de un multiparámetro, se realizó la recolección de datos correspondiente para posteriormente ser evaluados con el D.S. 003-2010-MINAM

3.3.10 Examinación de la destitución de contaminantes de los parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente de la PTARD Cumani de acuerdo a los LMP.

El segundo objetivo se realizó con un análisis de laboratorio ex-situ por una sola ocasión, donde se evaluó los parámetros comprendidos en la norma vigente como son, pH, temperatura, DBO, DQO, aceites y grasas, sólidos totales en suspensión y coliformes termotolerantes.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables.

Variable de estudio	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente			
Calidad del agua que ingresa a la PTARD según LMP D.S. 003-2010-MINAM	Parámetros físicoquímicos y microbiológico	pH	Und. pH
		T°	°C
		DQO	mg/L
		SST	mg/L
		T°	°C

		CT	mg/L
		DBO5	mg/L
		AG	NPM/100 mL
<hr/>			
Dependiente			
<hr/>			
PTARD Cumani de la Unidad Minera San Rafael según los LMP D.S. 003-2010-MINAM	Físicos - LMP	pH	Und. pH
		T°	°C
	<hr/>		
	Químicos - LMP	SST	mg/L
		T°	°C
		DQO	mg/L
	Microbiológico - LMP	DBO5	mg/L
		CT	NPM/100 mL
<hr/>			

3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El estudio tiene un diseño descriptivo y se sustenta en la recolección de datos, con la finalidad de mostrar los acontecimientos tal y como se dan en la realidad. describiendo las características fisicoquímicas y microbiológicas de forma cuantitativa para compararlas con los LMP.

No es un estudio experimental, porque no se realizó ninguna intervención en las variables, solo se recolectó los datos de acuerdo a la realidad como se muestran en las tablas y gráficos. Para lo que se usó el software Excel para el procesamiento de información.

Según Andrade (2020) se utilizó el diseño estadístico de bloque completo al azar.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

i : Puntos de muestreo ($i=1,2$).

j : Repeticiones expresado en mes ($j=1,2$).

Y_{ij} : Variable de medición del parámetro.

μ : Media general.

α_i : Efecto de i -ésimo punto de muestreo.

β_j : Efecto de bloque por mes de muestreo.

e_{ij} : Error experimental (0.05).

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS IV

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 Análisis en campo de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que ingresan y egresan de la Planta Cumani

Tabla 03: Resultados del monitoreo de R2 o efluente

Parámetro	Entrada	Entrada	Salida	Salida	LMP	Unidad
	10:00	16:00	10:00	16:00		
pH	8.94	8.74	7.47	7.69	6.5-8.5	unid.pH
Temperatura	11.29	12.43	10.46	10.9	35	°C

Fuente: Resultados de pH y temperatura evaluados en campo.

a) Potencial de hidrogeniones (pH)

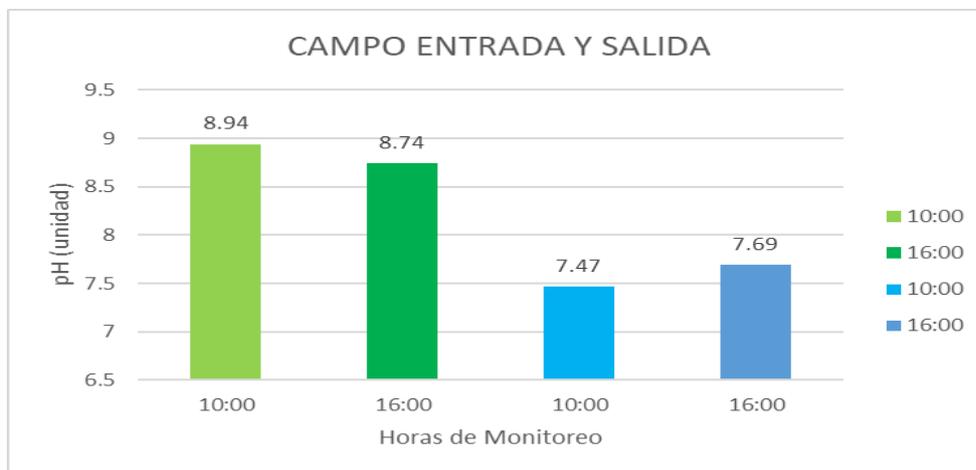


Figura 03: Potencial de hidrogeniones en campo de las aguas residuales que ingresan y egresan a la Planta Cumani.

La figura 3 tiene cuatro barras y cada una representa una muestra de las aguas residuales tomadas en el ingreso y salida en diferentes horas del día, se tomaron muestras por un lapso de 30 días y se sacó un promedio por muestra de cada hora, dichos valores son los mostrados en las tablas. Las barras verdes representan las muestras de ingreso y nos dan valores de 8.94 y 8.74 que sobrepasan los LMP mientras que las barras celestes son de la salida con valores como 7.47 y 7.68. Estos resultados los contrastamos con los de Espillico (2014) donde al ingresar se tiene un valor promedio de 7.35 al ingreso y 7.21 a la salida, de esta manera visualizamos que nuestras cifras son muy aceptables.

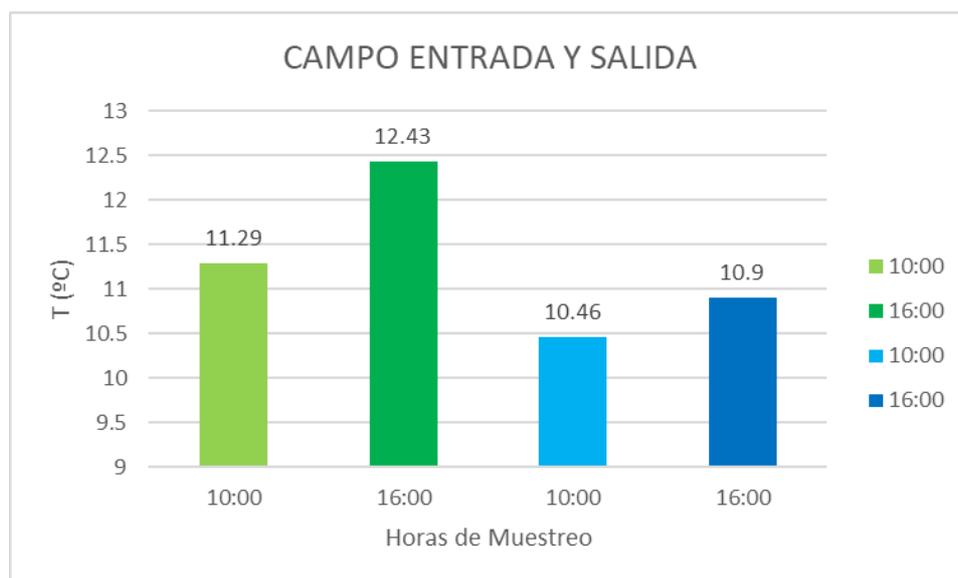
b) Temperatura

Figura 04: Temperatura en campo de las aguas residuales que ingresan y egresan a la Planta Cumani.

Andrade (2020), obtuvo en su muestreo una temperatura de 17.5 en el mes de noviembre, un valor más elevado al de la planta por lo que deducimos que no encontraremos actividad bacteriana por la baja temperatura de nuestras muestras.

4.1.2 Análisis en laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales que egresan de la Planta Cumani .

Tabla 03: Comparación de resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales domésticas con los parámetros establecidos por el D.S. N° 003-2010- MINAM titulado “Límites Máximos Permisibles de Efluentes de aguas residuales domésticas.

Tabla 04: Resultados de laboratorio del monitoreo de R2 o efluente.

Parámetro	02/09/2019	LMP	UNIDAD
ENSAYOS DE CAMPO			
pH	7.8	6.5-8.5	unid.pH
Temperatura	10.8	35	°C
ENSAYOS FISICOQUÍMICOS			
Aceites y grasas	1.859	20	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	2	100	mg/L
Demanda química de oxígeno	19	200	mg/L
Sólidos totales en suspensión	57	150	mg/L

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes fecales	1.8	10000	NMP/100ML
Coliformes totales	1.8	10000	NMP/100ML

Fuente: Resultados fisicoquímicos y microbianos de salida analizados en laboratorio.

Se observa en la tabla 03 los resultados obtenidos de los parámetros analizados en laboratorio, después de que las aguas residuales fueran tratadas por la PTARD Cumani. Se visualiza que los parámetros cumplen con los estándares establecidos de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles (D.S. N° 003-2010-MINAM)

a) Potencial de hidrogeniones análisis de laboratorio

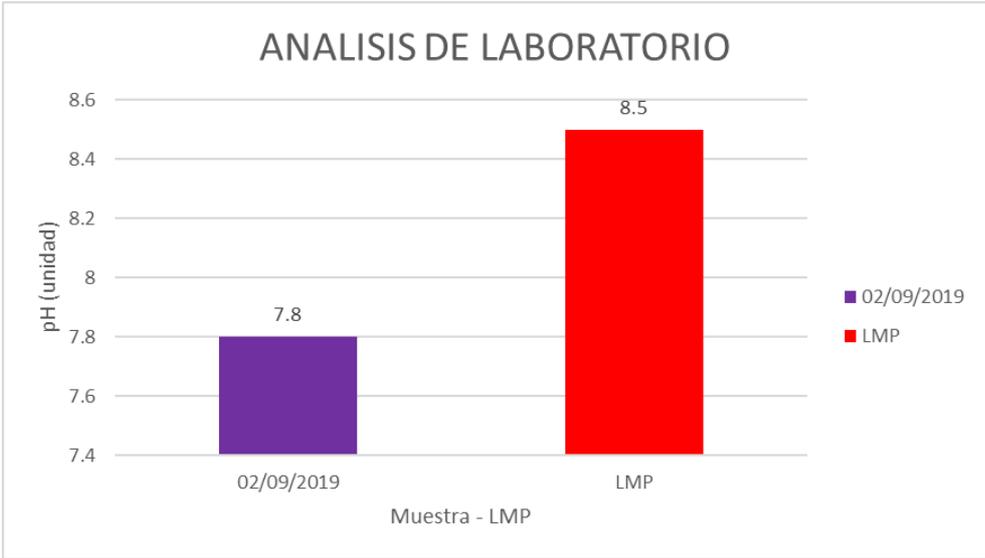


Figura 05: Resultados de laboratorio del potencial de hidrogeniones de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

El resultado obtenido en laboratorio del mes de septiembre fue de 7.8, dichos valores al ser comparados con el LMP que nos brinda un valor establecido entre un rango de 6.5 y

8.5 por lo que las aguas residuales domésticas tratadas por la PTARD Cumani cumplen con el D.S. 003-2010-MINAM. Andrade (2020) obtuvo un valor de 7.56 en octubre y 7.4 en noviembre en el efluente de la PTAR Macusani, estos valores al ser comparados con los de mi investigación nos indican que obtuvimos un pH un poco más alcalino pero dentro de la normativa establecida.

b) Temperatura análisis de laboratorio

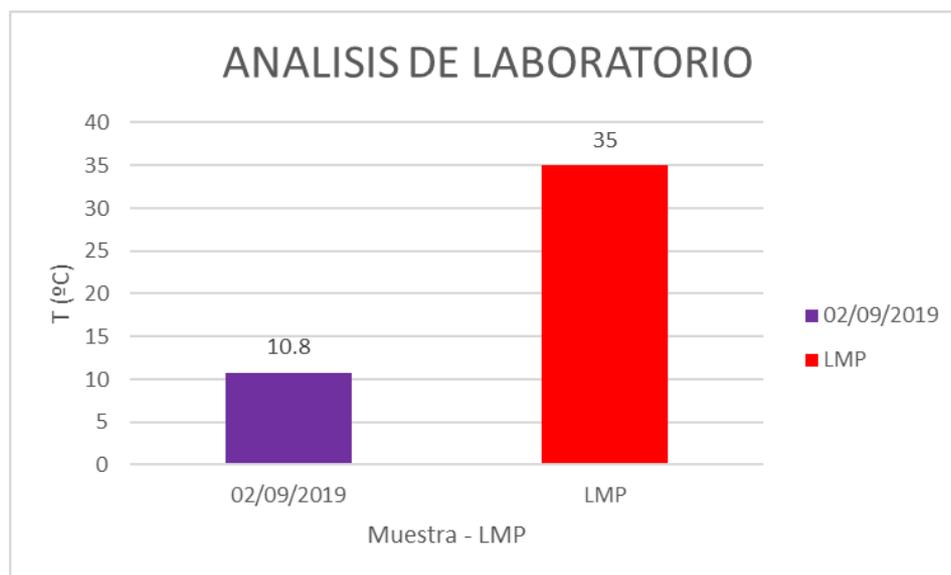


Figura 06: Resultados de laboratorio de la temperatura de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

Los resultados obtenidos de temperatura para laboratorio en el mes de septiembre fueron tomados en campo el 02/09/2019 obteniendo un valor de 10.8 °C, en el caso de Bullón (2016) se visualiza que obtuvo 15.1, 16, 17.2, 17 y 17 °C, a la salida de la PTAR teniendo en cuenta que su investigación fue realizada en la ciudad de Jauja, distrito de Junín.

Ruiz & Ruiz (2019), en su investigación nos indican que la temperatura es un factor limitante para la mayoría de los organismos acuáticos y de hecho es una de las constantes que adquiere gran importancia en el desarrollo de los distintos fenómenos que se realizan en el agua, ya que determina la tendencia o evolución de sus propiedades físicas o biológicas.

c) Aceites y grasas análisis de laboratorio

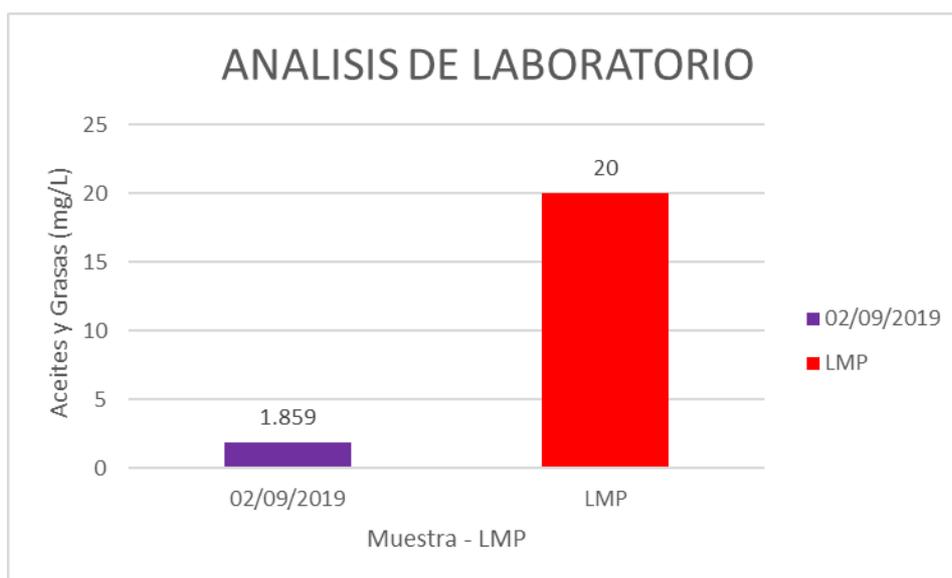


Figura 07: Resultados de laboratorio de aceites y grasas de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

Los resultados obtenidos por el monitoreo de aceites y grasas en el efluente es de 1.859 mg/L, dichos valores al ser comparados con el LMP que nos brinda un máximo valor establecido de 20 mg/L por lo que las aguas residuales domésticas tratadas por la PTARD Cumani cumplen con el D.S. 003-2010-MINAM.

d) Demanda bioquímica de oxígeno análisis de laboratorio

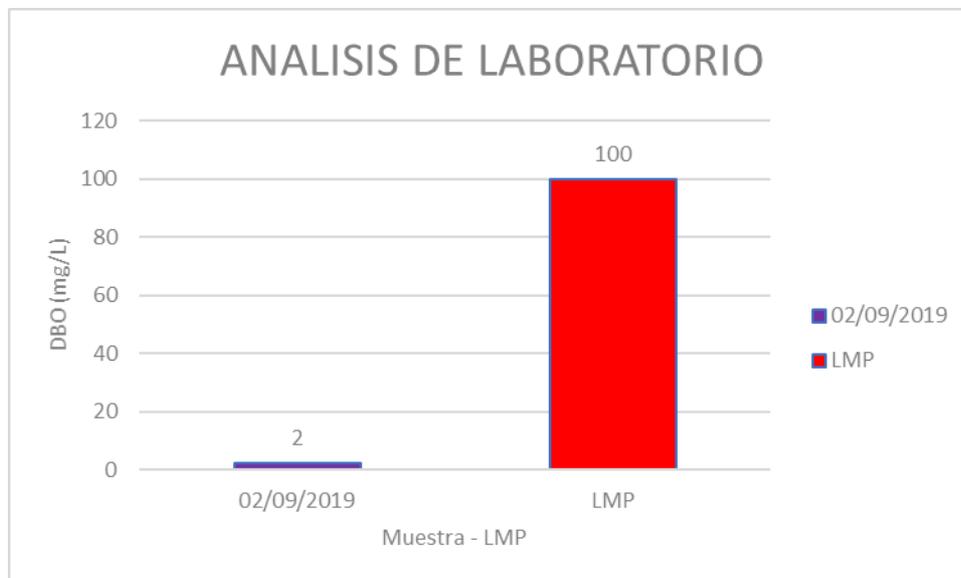


Figura 08: Resultados de laboratorio de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

De la figura 8, es posible observar los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) obteniendo un valor de 2 mg/L contrastado con el LMP que indica una cantidad máxima de 100 mg/L, siendo nuestro resultado muy favorable el cual nos da ha entender que hay una escasa presencia de materia orgánica. En la investigación de Callata (2015) observamos que obtiene un resultado promedio de DBO5 de 89.7 una cifra que por mucho es más elevada que la nuestra y está más cerca a sobrepasar el LMP.

e) Demanda química de oxígeno análisis de laboratorio

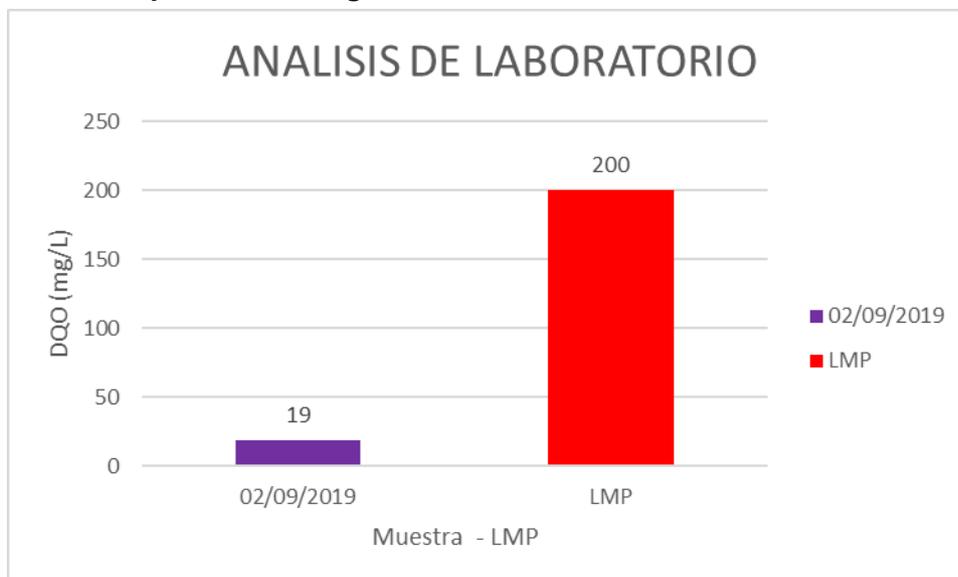


Figura 09: Resultados de laboratorio de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

El resultado obtenido en laboratorio para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 19 mg/L siendo un valor muy aceptable y que cumple con el LMP que es de 200 mg/L. Andrade (2020) obtuvo 209 mg/L y Callata (2015) un resultado promedio de 224.4 en sus investigaciones, ambos casos superan los LMP indicando una mayor contaminación en sus muestras. Sabemos que mientras más alto el DQO más contaminada el agua, es la cantidad necesaria de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por químicos, por lo que más contaminada se encuentra el agua y mayor tratamiento será necesario para estabilizarla.

f) Sólidos totales en suspensión análisis de laboratorio

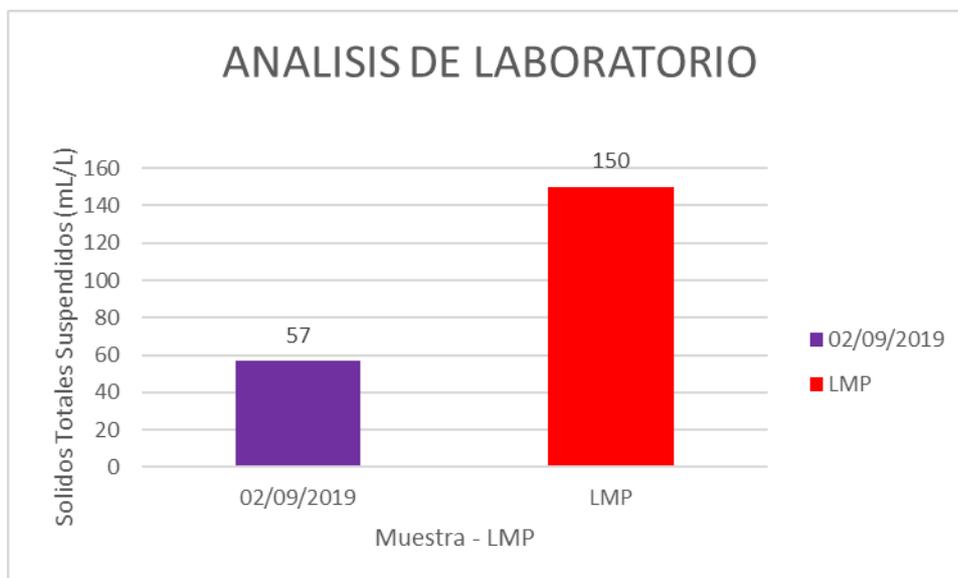


Figura 10: Resultados de laboratorio de los sólidos totales suspendidos de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

Se obtuvo en laboratorio un valor de 57 mL/L al ser comparado con el LMP podemos visualizar que se cumple con la normativa establecida teniendo en cuenta que nuestro resultado está muy por debajo del LMP. También podemos observar que en la investigación de Bullón (2016) que en sus cinco muestreos en la PTAR de Jauja obtuvo en su mayoría cifras muy elevadas después del tratamiento de las aguas residuales, siendo los resultados 202.0, 139.0, 988.0, 260.0 y 415.0, de los cuales solo un valor cumple con el LMP, se analiza que nuestros sólidos totales en suspensión son muy bajos gracias al tratamiento de las biomembranas.

g) Coliformes termotolerantes análisis de laboratorio

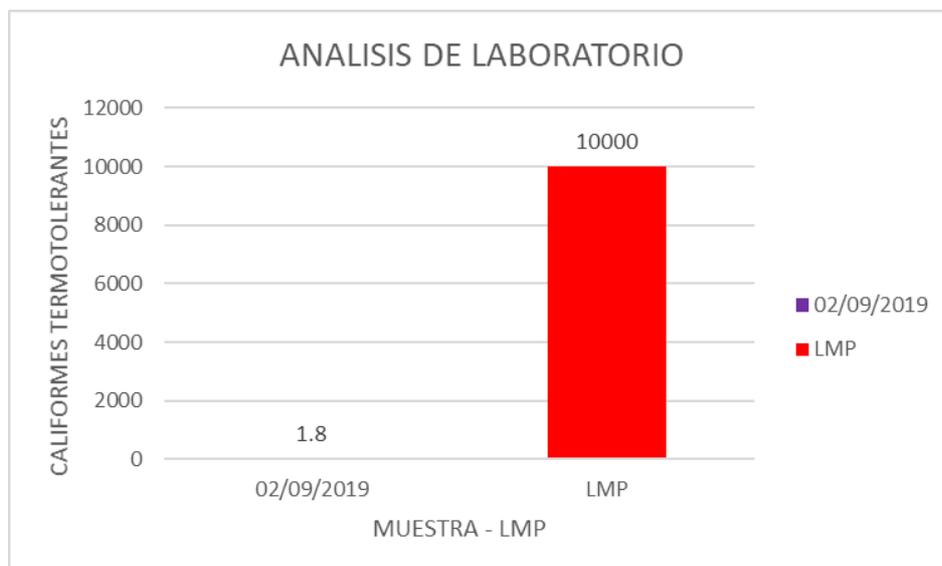


Figura 11: Resultados de laboratorio de los coliformes termotolerantes de las aguas residuales que egresan a la Planta Cumani.

Para coliformes termotolerantes se obtuvo en laboratorio un resultado de 1.8 NMP/100mL comparando esto con el LMP que es de 10 000 NMP/100mL, podemos deducir que nuestro valor está muy cercano al cero, por lo que estamos frente a aguas residuales con una presencia casi nula de bacterias y que cumple con los LMP con un gran margen de eficiencia. Comparando este resultado con los de Bullón (2016) quien obtuvo 210 000, 1 400 000, 1200 000, 2300 y 460 000 en diferentes fechas en la PTAR de Jauja sobrepasando por mucho los LMP, mientras que los resultados de Andrade (2020) son 11000 NMP/100mL y 2300 NMP/100mL en la PTAR de Macusani siendo solo el segundo resultado el que cumple con el LMP.

4.1.3 Análisis de la eficiencia de remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el vertimiento de las aguas residuales domésticas tratadas en cumplimiento con las normas ambientales de LMP.

Tabla 05: Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas que egresan de la planta Cumani en comparación con los LMP.

Parámetro	Unidad de medida	Resultado de Laboratorio	Resultado de campo 10:00	Resultado de campo 16:00	LMP	Cumplimiento
Aceites y grasas	mg/L	1,859	-	-	20	Si cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/10 0mL	<1,8	-	-	10,000	Si cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	<2	-	-	100	Si cumple
Demanda química de oxígeno	mg/L	19	-	-	200	Si cumple
pH	unidad	7,80	7.47	7.69	6.5 - 8.5	Si cumple
Sólidos totales en suspensión	mL/L	57	-	-	150	Si cumple
Temperatura	°C	10,8	10.46	10.9	<35	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

Se observa el resumen de los resultados obtenidos de los parámetros analizados, después de que las aguas residuales fueran tratadas por la PTARD Cumani. Se visualiza que los parámetros cumplen con los estándares establecidos de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles (D.S. N° 003-2010-MINAM).

a) **Potencial de hidrogeniones del efluente en contraste con el LMP**

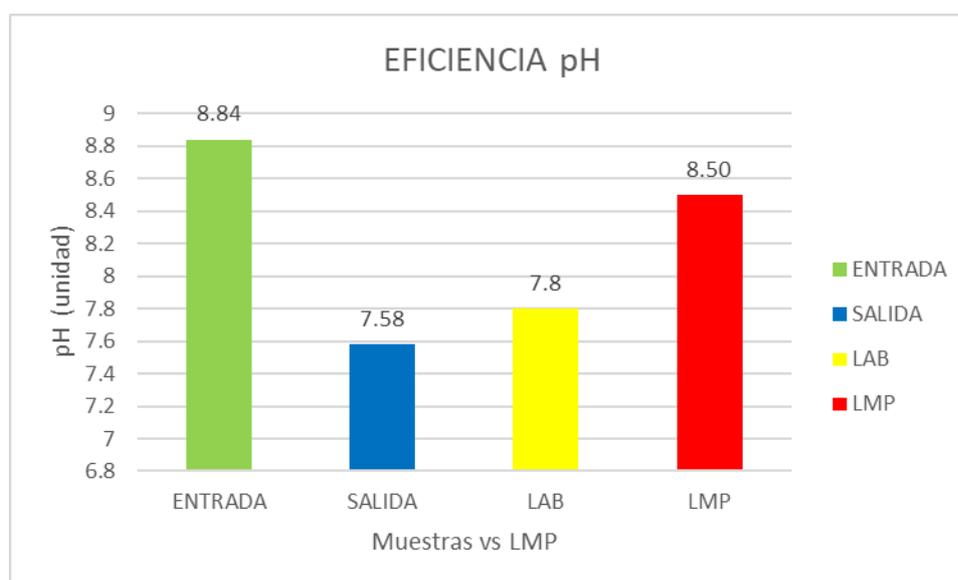


Figura 12: Contraste de los resultados del pH en campo y laboratorio con los LMP.

Podemos apreciar en la figura 12 el contraste de los monitoreos con el LMP, para la determinación de la eficiencia en el tratamiento de agua residual doméstica de la PTARD Cumani, observamos que el valor del Ph establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM está entre 6.5 y 8.5, el resultado del monitoreo de entrada nos da un valor promedio de 8.84 y por encima de LMP, mientras que para nuestra salida en campo y laboratorio obtenemos un valor promedio de 7.58 y 7.8 respectivamente por lo tanto dichos valores están dentro del cumplimiento de dicha norma.

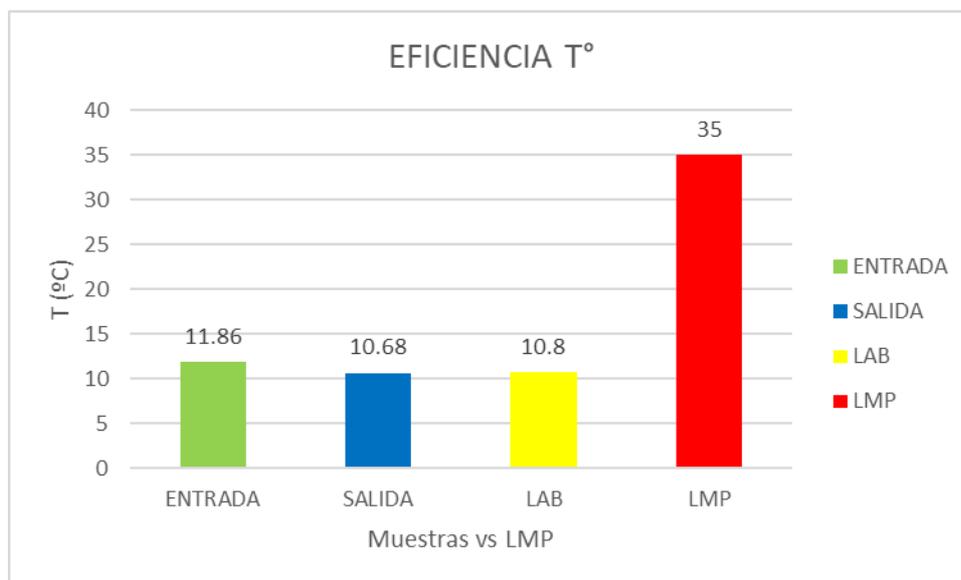
b) Temperatura del efluente en contraste con el LMP

Figura 13: Contraste de los resultados de la temperatura en campo y laboratorio con los LMP.

Podemos observar en la figura 13 el contraste de la temperatura del monitoreo con el LMP, para la determinación de la eficiencia en el tratamiento de agua residual doméstica de la PTARD Cumani, observamos que el valor de la temperatura en el monitoreo es de 10.8 °C y está por debajo del valor establecido por el D.S. N° 003-2010-MINAM que es 35 °C, por lo cual está en cumplimiento con dicha norma.

4.2 Contrastación de hipótesis

Para la realización de la prueba de contrastación de hipótesis se evaluaron los parámetros para ver si estadísticamente cumplían con los LMP establecidos por el D.S. 003-2010-MINAM. Para lo cual se utilizó el diseño estadístico de bloque completo al azar.

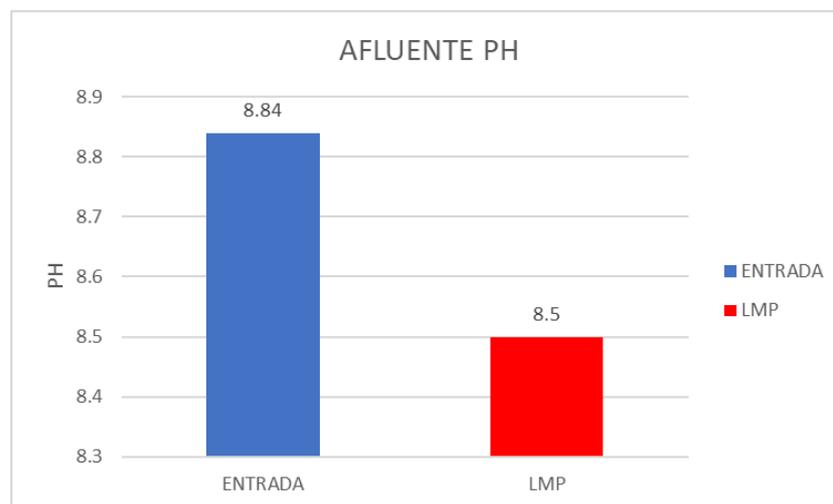
Contrastación de hipótesis específica 1:

Figura 14: Resultados del afluyente con respecto al pH.

Se demuestra que existe elevada carga contaminante en el pH del afluyente de la Planta Cumani excediendo los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.

Ho: No existe elevada carga contaminante en el afluyente de la Planta Cumani no excediendo los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM en el pH.

Ha: Existe elevada carga contaminante en el afluyente de la Planta Cumani excediendo los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM en el pH.

Contrastación de hipótesis específica 2:

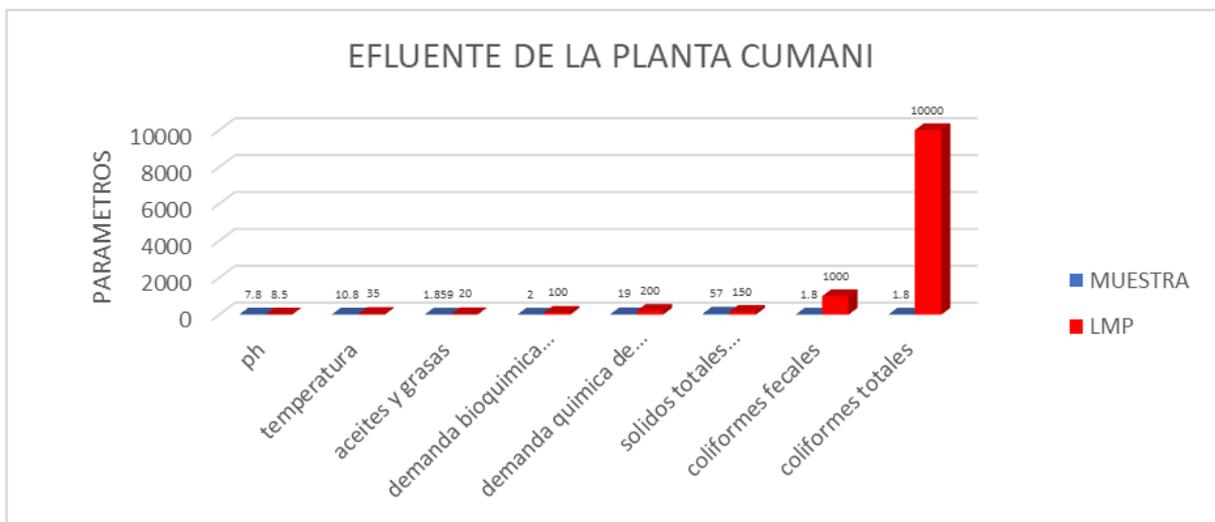


Figura 15: Resultados de los parámetros evaluados en el efluente.

Se demuestra que el agua residual efluente de la planta CUMANI no contiene elevadas concentraciones contaminantes físicos, químicos y microbiológicos; cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.

Ho: El agua residual efluente de la planta CUMANI contiene elevadas concentraciones contaminantes físicos, químicos y microbiológicos; no cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.

Ha: El agua residual efluente de la planta CUMANI no contiene elevadas concentraciones contaminantes físicos, químicos y microbiológicos; cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se establece que la planta es eficiente por los resultados obtenidos del monitoreo, que nos da valores muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

SEGUNDA: Se concluye que la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas que ingresan y egresan de las Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani fue exitosa, obteniendo los siguientes resultados: para el afluente; pH 8.94 y 8.74, temperatura 11.29 y 12.43. Mientras que para el efluente; aceites y grasas 1.859 mg/l, coliformes termotolerantes <1.8, pH 7.8,7.47 y 7.69, DBO <2, DQO 19, SST 57 ml/l y temperatura 10,8, 10.46, 10.9.

TERCERA: Los parámetros evaluados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas que son pH, Temperatura, aceites y grasas, DBO, DQO, sólidos totales en suspensión, coliformes fecales, coliformes termotolerantes cumplen con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTARD establecidos por el D.S. 003-2010-MINAM.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Al Ministerio del Ambiente desarrollar y promover acciones en el cumplimiento de las obligaciones ambientales de los efluentes contaminados provenientes de aguas residuales domésticas.

SEGUNDA: A la U.M. San Rafael evaluar la posible ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, ya que la población en la unidad minera está en constante crecimiento.

TERCERA: A las futuras investigaciones en temas similares, realizar análisis de laboratorio semanales o quincenales para tener data más certera.

CUARTA: Evaluar nuevas alternativas para el reuso de las aguas residuales tratadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende Limo, G. A., & Mendoza Zuloeta, A. A. (2018). *Proyecto de un Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Distrito de Lambayeque con el uso de un Reactor UASB*.
- ANA. (2016). *Resolución Jefatural N°010-ANA-2016*.
- Andrade Yucra, R. (2020). *Evaluación de la Eficiencia en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Distrito de Macusani, Región Puno—2020*.
- Arocutipa Lorenzo, J. H. (2013). *Evaluación y Propuesta Técnica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari—Sandia*.
- Bullón Rosas, J. J. (2016). *Calidad y Caudal de Aguas Residuales en la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Jauja*.
- Callata Tapia, F. E. (2015). *Monitoreo y Evaluación del Cuerpo de Agua de la Bahía Interior de Puno—Lago Titicaca*.
- Carrasco Pompa, E. E., & Millones Aquino, F. A. (2019). *Millones y Carrasco 2019.pdf*.
- Castillo Cusquisiban, K. M., & Quispe Baca, R. A. (2019). *Calidad Físicoquímica y Microbiológica del Río Chonta Impactadas por el Vertimiento de Aguas Residuales Urbanas e Industriales en el Distrito Baños del Inca—Cajamarca, 2018"*.
- Espigares García M. & Pérez López J. A. (2005). *Aguas Residuales Composición*. 22.
- Espillico Condori, E. S. (2014). *Monitoreo y Evaluación del Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con Biodigestores en la Comunidad Alto Ayracollana—Provincia de Espinar -Cusco—2014*.
- Galvez, C. A. G. (2013). *Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez*. 98.
- Limo y Zuloeta—2018—*PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO.pdf*. (s. f.).

- Mariñelarena, A. (2006). *Manual de autoconstrucción de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias*.
- Micha Tello, E. K., & Rojas Villegas, E. V. (2019). *Determinación de la Eficiencia en el Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta la Encañada del Periodo Abril—Agosto 2018*.
- MINAM. (2010). *Decreto Supremo N° 003- 2010—MINAM*.
- Muñoz, A. (2008). *Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales*.
- ONU. (2017). *Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado*.
- Paricahua Huanca, E. R. (2018). *Evaluación de la Operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ayaviri, Provincia de Melgar—Puno*. 191.
- Rojas Díaz, M. Y., & Purihuamán Leonardo, C. N. (2018). Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con la Especie Vetiver (*chrysopogon zizanioides*) en Humedales de Flujo Bussuperficial. *TZHOECOEN*, 10(1), 13-24.
<https://doi.org/10.26495/rtzh1810.125751>
- Rubio Clemente, A., Chica Arrieta, E. L., & Peñuela Mesa, G. A. (2013). Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 8(3), 93-103. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1176>
- Ruiz Rodriguez, J., & Ruiz Rodriguez, J. (2019). *Determinacion del impacto ambiental a consecuencia del vertimiento de aguas residuales al Río Patarata, como cuerpo receptor, distrito Santiago de Chuco – La Libertad*.
- Velásquez—*FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.pdf*. (s. f.).
- Yaku. (2018). *Memoria Descriptiva Ampliación PTARD*.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA

PLANTA CUMANI - ANTAUTA SEPTIEMBRE 2019

AUTOR: JOSÉ AUGUSTO MEMBRILLO PAREDES

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><u>PROBLEMA GENERAL:</u> ¿Cuál es el grado de eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta CUMANI – Provincia de Melgar septiembre – 2019?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</u> - ¿Cuál será el grado de contaminación de las aguas residuales domésticas en la planta CUMANI, septiembre –</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL:</u> Determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas CUMANI, en la Unidad Minera San Rafael provincia de Melgar, en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u> - Analizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales</p>	<p>Una planta de tratamiento es un sistema que tiene por objetivo dar tratamiento a las aguas residuales, mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización. Las aguas residuales (AR)</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL:</u> La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de CUMANI no es eficiente y no cumple con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u> - Existe elevada carga contaminante en el agua que ingresa a la Planta</p>	<p><u>INDEPENDIENTE:</u> Aguas Residuales</p> <p><u>INDICADORES:</u> Físicos, químicos y biológicos.</p>	<p><u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u> Descriptivo NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo.</p> <p><u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> - Observacional Retrospectivo - Longitudinal - Aguas residuales de la Planta de Tratamiento de CUMANI, Distrito</p>

<p>2019? - ¿Se cumplirá con los Límites Máximo Permisibles (LMP) para efluentes de aguas residuales domésticas y municipales en la planta Cumani, Provincia de Melgar, septiembre – 2019?</p>	<p>domésticas que ingresan y egresan de la Planta Cumani. - Comparar los resultados de los parámetros analizados de las aguas residuales domésticas con los parámetros establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM titulado "Límites Máximos Permisibles de Efluentes de aguas residuales domésticas.</p>	<p>tanto urbanas como</p>	<p>Cumani no cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM. - El agua residual efluente de la Planta Cumani contiene elevadas concentraciones contaminantes físicos y químicos; no cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo N° 003 – 2010 MINAM.</p>		<p>de de Antauta, Provincia de Melgar, Departamento de Puno. <u>TÉCNICA</u> ____ Y <u>RECOLECCIÓN DE DATOS:</u> Observación directa, levantamiento de datos en campo y análisis en laboratorio. <u>INSTRUMENTOS:</u> - Computadora - Ficha de recolección de datos. - Diario de campo</p>
---	--	---------------------------	---	--	---

Anexo 02: Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. 003-2010-MINAM

Anexo 03: Panel fotográfico

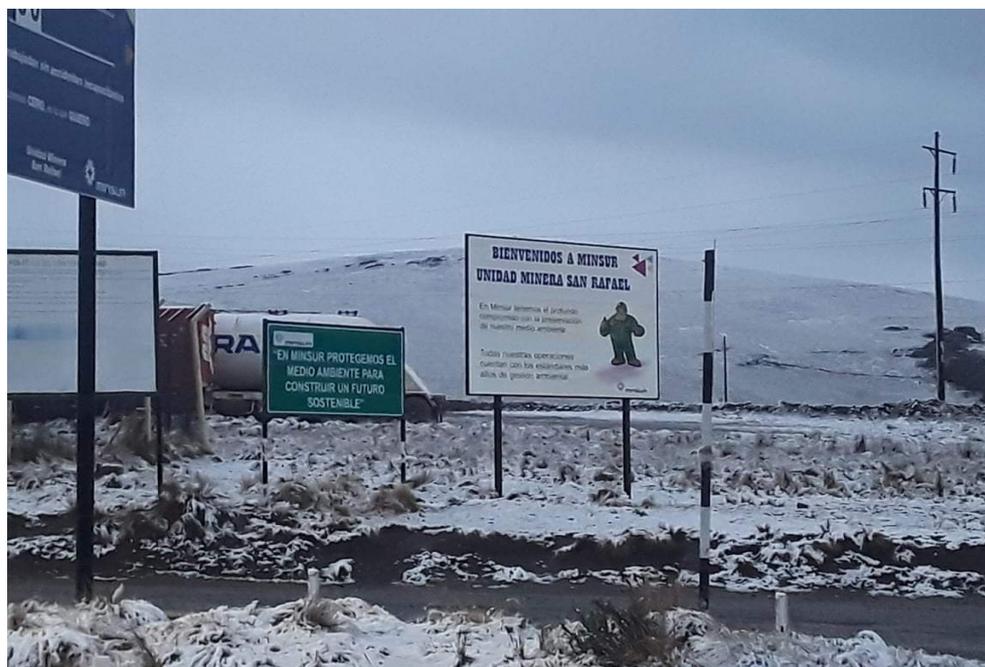


Figura 16: Unidad Minera San Rafael MINSUR - Antauta.

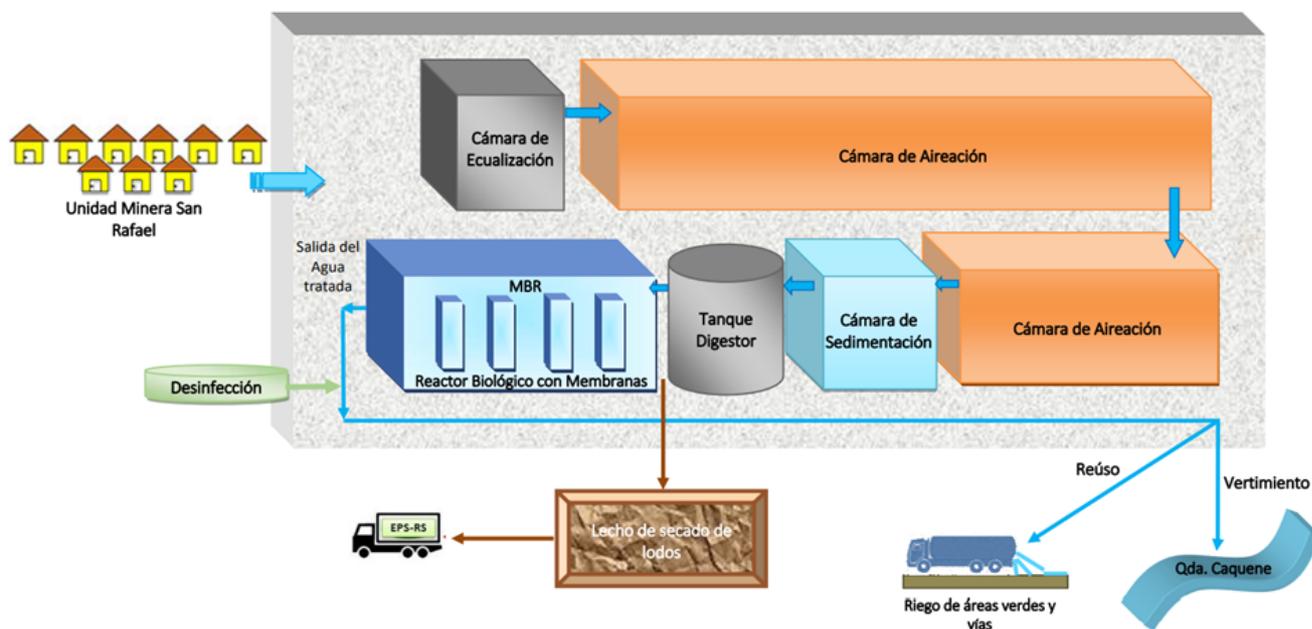


Figura 17: Diagrama de flujo de agua y agua residual de la Unidad Minera San Rafael

Fuente: Yaku 2018



Figura 18: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Cumani 2019.



Figura 19: Cámara de rejas de la PTARD.



Figura 20: Punto de muestreo R1 entrada a la PTARD Cumani.



Figura 21: Criba al ingreso de la PTARD



Figura 22: Cámara de aireación 1 y 2.



Figura 23: Cámara de biomembranas



Figura 24: Poza de contingencia de la PTARD Cumani.



Figura 25: Punto de Monitoreo R2 o efluente.



Figura 26: Tablero de multiparámetro de la PTARD Cumani.



Figura 27: Tablero de control de la PTARD



Figura 28: Monitoreo de campo con multiparámetro HQ400d.



Figura 29: Análisis de laboratorio de las aguas residuales de la PTARD.

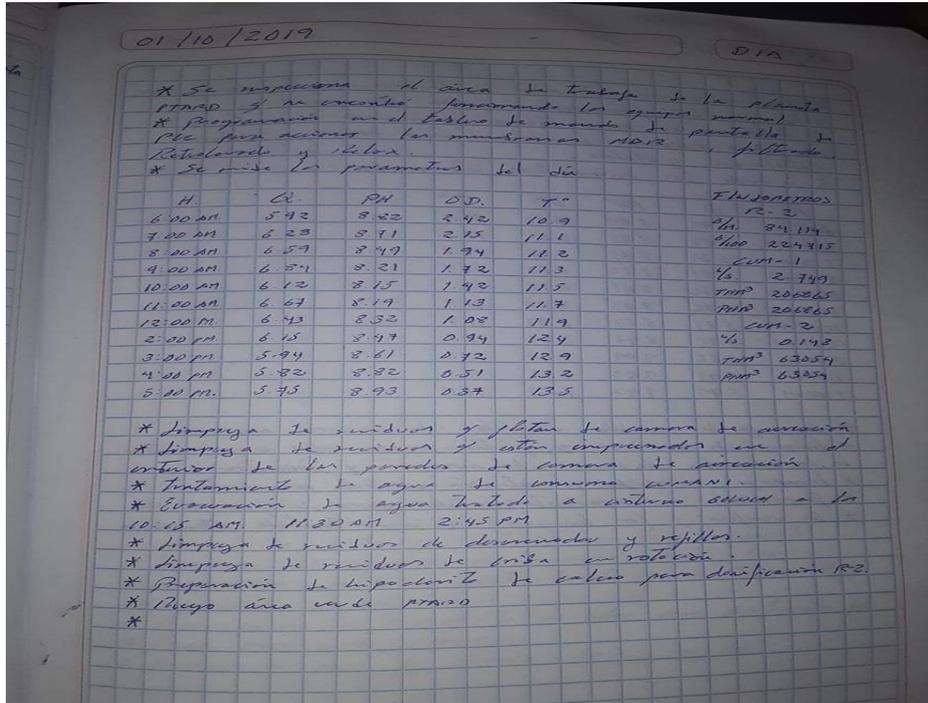


Figura 30: Inicio de recolección de datos en la PTARD Cumani.

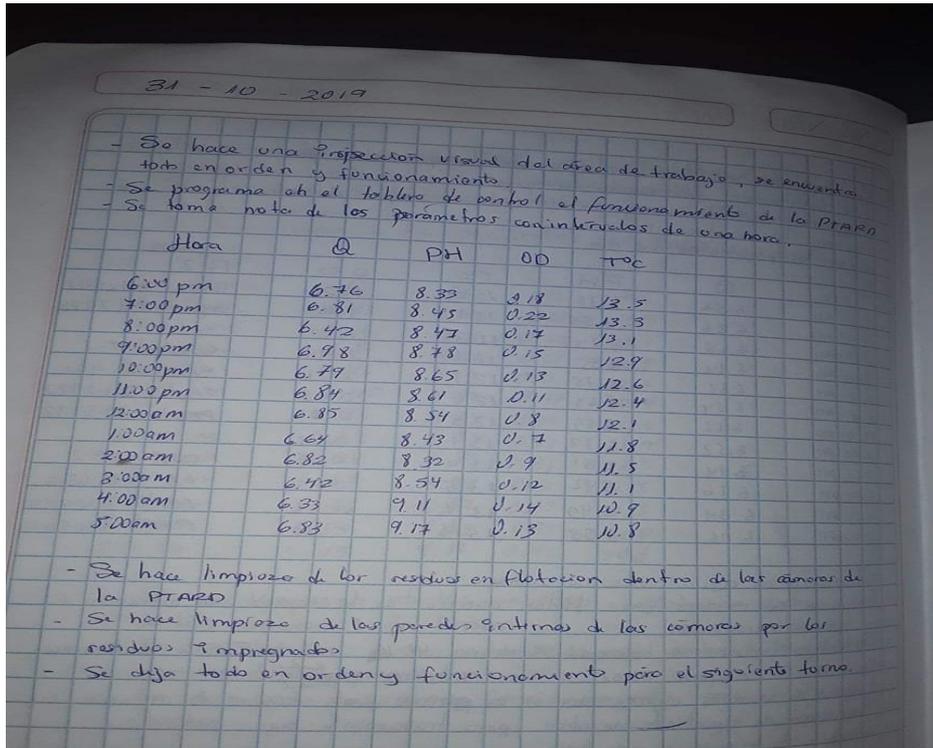


Figura 31: Finalización de recolección de datos en la PTARD Cumani.



Figura 32: Recolección de muestras para laboratorio.



Figura 33: Recolección de datos en laboratorio.



Figura 34: análisis en laboratorio del pH.

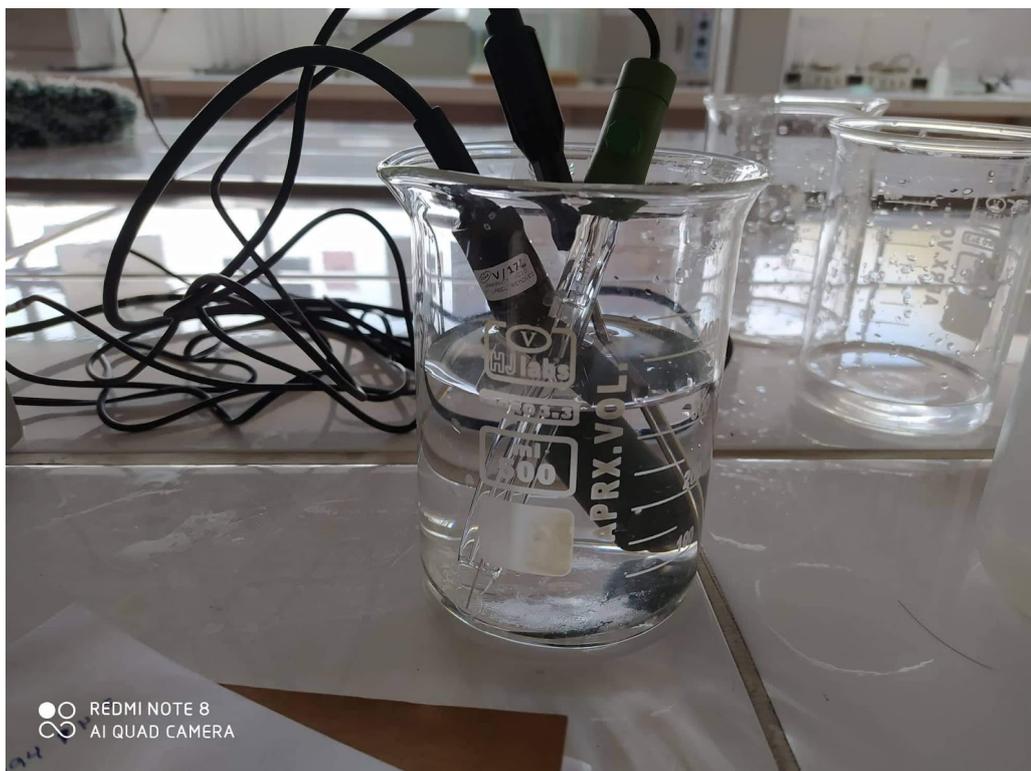


Figura 35: Análisis de la temperatura en laboratorio.