

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CALANA
Y ALTO LIMA, TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. NARDY NOÉLIA HUALLPA MAMANI

Bach. ZAMANTHA SULVI FLORES MAMANI

TACNA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**“EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE
CALANA Y ALTO LIMA, TACNA”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Tesis sustentada y aprobada el 03 de julio del año 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. Dina Marlene Cotrado Flores
SECRETARIO : Msc. Alexander Nicolás Vilcanqui Alarcón
VOCAL : Mag. Pedro Valerio Maquera Cruz
ASESOR : Mtro. Jimmi Yury Silva Charaja

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Zamantha Sulvi Flores Mamani, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna identificada con DNI 71240812.

Yo Nardy Noélia Huallpa Mamani, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna identificada con DNI 70282139.

Declaramos bajo juramento que:


1. Somos autoras de la tesis titulada:
“Evaluación de pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, Tacna”, el mismo que se presenta para optar el: **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.**
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetada las normas internaciones de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de las tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieras derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumimos las consecuencias y sanciones que de

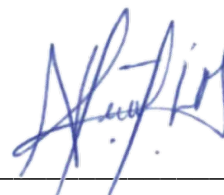
mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de junio del 2021.



Zamantha Sulvi Flores Mamani

DNI: 71240812



Nardy Noéla Huallpa Mamani

DNI: 70282139

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme la dicha de este gran logro profesional al concluirla con éxito.

A mis padres y hermana, Miguel, Sulvi y Gaby por su motivación constante, por su apoyo a pesar de las adversidades, por sus sabios consejos a nivel personal y profesional.

A mi abuelo Gabriel por ser mi inspiración para elegir mi carrera profesional, por su amor y apoyo constante.

Flores Mamani Zamantha Sulvi

A Dios, quien con su bendición y fortaleza me permitió concluir con éxito mi carrera profesional

A mis padres, Pedro y Carmen, por su apoyo incondicional, por la motivación que me brindaron siempre, y por todo el amor que me brindan.

A mis hermanos, que siempre serán mi motivo para seguir superándome.

Huallpa Mamani Nardy Noélia

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos fuerza y fortaleza para culminar la presente investigación y permitirnos lograr una de nuestras metas.

A la Universidad Privada de Tacna, nuestra alma máter, por la formación en la etapa universitaria y en especial a todos los docentes que nos brindaron su sabiduría.

Al Ing. Jimmi Yuri Silva Charaja, por el asesoramiento constante, por su confianza y orientación en la elaboración de esta tesis de investigación.

A todas las personas, que de alguna fueron parte de esta etapa de nuestra vida.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación e importancia.....	7
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Hipótesis.....	8
1.4.1 Hipótesis General.....	8
1.4.2 Hipótesis Específicas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes del estudio.....	9
2.1.1 Internacionales	9
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Sistemas de abastecimiento de agua potable.....	11
2.2.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.	12
2.2.3 Planta de Tratamiento de Agua Potable.....	12
2.2.3.1 Unidades Hidráulicas de la PTAP de Calana	13
2.2.3.2 Unidades Hidráulicas de la PTAP de Alto Lima.....	15
2.2.4 Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua potable.....	16
2.2.5 Sistema de Tratamiento de Lodos.	19
2.2.6 Alternativas para el proceso de Tratamiento de Lodos.....	23
2.2.7 Retribución económica por uso de agua.	26

2.3	Definición de términos	26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		30
3.1	Tipo y Nivel de la investigación.	30
3.2	Población y/o muestra del estudio.....	30
3.2.1	Población.....	30
3.2.2	Muestra.....	31
3.3	Operacionalización de variables.....	32
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	32
3.4.1	Técnicas	32
3.4.2	Instrumentos.....	33
3.5	Diagrama de flujo	34
3.6	Procesamiento y análisis de datos.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		37
4.1	Resultados de la encuesta.....	37
4.2	Diagnóstico situacional del área de estudio.....	43
4.2.1	Tramo I: Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana.....	44
4.2.2	Tramo II: Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima.....	57
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		69
5.1	Volúmenes de pérdida de agua en la producción de las PTAP'S.	69
5.2	Valoración de alternativas para Tratamiento de Lodos en la PTAP... ..	71
5.3	Selección del proceso para el Tratamiento de Lodos en las PTAP....	73
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		77
ANEXOS.....		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de las Plantas de tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Tacna	4
Tabla 2 Cuadro Comparativo de los procesos para el Tratamiento de Lodos	24
Tabla 3 Retribución económica por uso de agua	26
Tabla 4 Operacionalización de variables.....	32
Tabla 5 Descomposición de las preguntas de la encuesta.....	33
Tabla 6 Pregunta N° 1.....	37
Tabla 7 Pregunta N° 2.....	37
Tabla 8 Pregunta N° 6.....	38
Tabla 9 Pregunta N° 7.....	38
Tabla 10 Pregunta N° 8.....	39
Tabla 11 Pregunta N° 9.....	40
Tabla 12 Pregunta N° 10.....	41
Tabla 13 Pregunta N° 12.....	41
Tabla 14 Pregunta N° 13.....	42
Tabla 15 Pregunta N° 14.....	42
Tabla 16 Pregunta N° 15.....	42
Tabla 17 Pregunta N° 16.....	43
Tabla 18 Pregunta N° 17.....	43
Tabla 19 Volúmenes aproximados almacenados en los reservorios durante los meses de abril, agosto y diciembre del 2019	46
Tabla 20 Volúmenes en m ³ /mes entregado por el PET - 2019.....	47
Tabla 21 Volúmenes en m ³ /mes que ingreso a la PTAP Calana- 2019	48
Tabla 22 Captación de la Planta de Tratamiento Calana	49
Tabla 23 Unidad hidráulica, Tanques de contacto	50
Tabla 24 Volúmenes de agua en los Tanques de Contacto	51
Tabla 25 Cuadro comparativo entre agua de lavado y agua de vaciado	52
Tabla 26 Total de Agua de desperdicio en Tanques de Contacto.....	52
Tabla 27 Características de la unidad hidráulica, Filtros.....	54
Tabla 28 Volúmenes de agua en los Filtros	55
Tabla 29 Cuadro comparativo entre agua de lavado y agua de vaciado	55
Tabla 30 Total de Agua de desperdicio en Filtros	56
Tabla 31 Resumen del cálculo anual de agua de desperdicio en la Planta de Tratamiento Calana.....	56
Tabla 32 Volúmenes en m ³ /mes que ingreso a la PTAP Alto Lima- 2019.....	59

Tabla 33 Características unidad hidráulica: Desarenador ovoide	60
Tabla 34 Volúmenes de lodos y agua de desperdicio en el desarenador ovoide	61
Tabla 35 Características del reservorio R-8	62
Tabla 36 Volúmenes de lodos y agua de desperdicios del Reservorio R-8	62
Tabla 37 Características de los sedimentadores	63
Tabla 38 Volúmenes de lodos y agua residual producidos en los desarenadores	65
Tabla 39 Características de la unidad hidráulica: Filtros.....	66
Tabla 40 Volúmenes de lodos y agua de desperdicio producidos en los filtros ..	67
Tabla 41 Volúmenes de lodos y agua de desperdicio producidos en la PTAP Alto Lima	68
Tabla 42 Valores totales calculados de las plantas en evaluación.....	70
Tabla 43 Cuadro de Valoración de los procesos para el Tratamiento de Lodos.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espesamiento por gravedad, proceso de tratamiento de lodos	20
Figura 2 Espesamiento por flotación, proceso de tratamiento de lodos	20
Figura 3 Filtración a presión, proceso de tratamiento de lodos	21
Figura 4 Centrifugación, proceso de tratamiento de lodos	22
Figura 5 Lechos de secado, proceso de tratamiento de lodos	22
Figura 6 Lagunas de Deshidratación, proceso de tratamiento de lodos	23
Figura 7 Población de acuerdo a sectores en la ciudad de Tacna	31
Figura 8 Diagrama de flujo.....	34
Figura 9 Formato de cálculo para el diagnóstico de la producción de lodos y la generación de pérdidas de agua en las PTAP'S.....	35
Figura 10 Mapa de Localización de la PTAP CALANA.....	44
Figura 11 Esquema de la situación actual en la PTAP Calana.....	45
Figura 12 Fotografía de la visita a los reservorios de Cerro Blanco	46
Figura 13 Diagrama del origen de los lodos en la PTAP Calana.....	49
Figura 14 Planta de los Tanques de Contacto	50
Figura 15 Elevación de los Tanques de Contacto.....	50
Figura 16 Fotografía de Lavado de Tanques de Contacto en la PTAP Calana ..	53
Figura 17 Fotografía de los lodos formados en los Tanques de Contacto en la PTAP Calana.....	53
Figura 18 Planta de los Filtros	54
Figura 19 Elevación de los Filtros.....	54
Figura 20 Mapa de Localización de la PTAP ALTO LIMA	57
Figura 21 Esquema de la situación actual en la PTAP Alto Lima	58
Figura 22 Diagrama del origen de los lodos en la PTAP Alto Lima	59
Figura 23 Vista en planta de los desarenadores de la Planta de Alto Lima	60
Figura 24 Vista en planta de los sedimentadores de la Planta de Alto Lima.....	64
Figura 25 Fotografía de los sedimentadores de la Planta de Alto Lima	64
Figura 26 Vista en perfil de los filtros de la Planta de Alto Lima	66
Figura 27 Fotografía de los filtros de la Planta de Alto Lima	67
Figura 28 Situación actual de las perdidas de agua por las PTAP	70
Figura 29 Diagrama de flujo de aguas residuales	73
Figura 30 Propuesta para el Sistema de tratamiento de lodos en las PTAP'S de la ciudad de Tacna.....	74

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo realizar una evaluación en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima para reconocer sus pérdidas de agua; A razón de la situación actual que se encuentra nuestra región de Tacna por escases hídrica que nos obliga a investigar y plantear alternativas de solución para satisfacer la demanda, así mismo para mitigar impactos negativos que se generan producto del desecho de aguas residuales vertidos al canal Caplina que deriva sus aguas a áreas agrícolas para la parte baja de Tacna.

Para una mejor evaluación la zona de estudio se ha dividido en dos tramos, Tramo I Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana y Tramo II Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima, obteniendo cantidades del volumen de agua desde su captación hasta su tratamiento.

Se propone la alternativa más adecuada para el Sistema de Tratamiento de Lodos evaluándola en base a factores técnicos, ambientales y económicos planteando la recirculación de los volúmenes de agua desperdiciada producto al mantenimiento y/o lavado de las unidades que conforman las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Tacna.

Palabras claves: Agua residual, Empresa Prestadora de Servicios, Mantenimiento, Planta de Tratamiento de Agua Potable, Recirculación de agua.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to carry out an evaluation at the Calana and Alto Lima Drinking Water Treatment Plants to recognize their water losses; Due to the current situation in our region of Tacna due to water shortages that forces us to investigate and propose alternative solutions to satisfy the demand, as well as to mitigate negative impacts that are generated as a result of the wastewater discharged into the Caplina canal. that derives its waters to agricultural areas for the lower part of Tacna.

For a better evaluation, the study area has been divided into two sections, Section I Calana Drinking Water Treatment Plant and Section II Alto Lima Drinking Water Treatment Plant, obtaining quantities of the volume of water from its intake to its treatment.

The most appropriate alternative for the Sludge Treatment System is proposed, evaluating it based on technical, environmental and economic factors, proposing the recirculation of the volumes of wasted water as a result of the maintenance and / or washing of the units that make up the Treatment Plant of Potable Water from the city of Tacna.

Keywords: Waste water, Service Provider Company, Maintenance, Drinking Water Treatment Plant, Water recirculation.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna, al estar ubicada en una zona costera presenta problemas de escasez hídrica, conforme a un informe publicado por la INEI (2019), la ciudad de Tacna es la primera región que cuenta con un porcentaje de 60,8 % de la población que cuenta con agua potable menos de 24 horas al día; lo que conlleva a un panorama de no satisfacer la actual demanda de agua potable. Según la ONU (2018), menciona que es probable que los niveles de escasez hídrica física aumenten a medida que crezcan las poblaciones y se intensifiquen los efectos del cambio climático. En tal sentido, la importancia de nuestra investigación radica en evaluar los volúmenes de pérdidas de agua producto del proceso de potabilización en las Plantas de Tratamiento de agua potable de Calana y Alto Lima en la ciudad de Tacna para minimizar el déficit que existe actualmente.

Las plantas de tratamiento de agua potable generan volúmenes significativos de aguas de desecho o también llamadas aguas residuales que son resultado del proceso de potabilización del agua y del mantenimiento periódico que se realiza en las unidades de la planta. En el Perú el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (en adelante MVCS) (2017), emite la primera RM N° 128-2017-VIVIENDA, que aprueba las condiciones mínimas para el manejo de lodos y su disposición final de los lodos generados en las PTAP a fin de recuperar el agua desperdiciada para luego ser enviada a cabecera de la PTAP. Según Martínez (2010), en su investigación nos menciona que el retorno de las aguas de lavado de los filtros al sistema de tratamiento reduce la afectación ambiental de la fuente superficial que recibiría dichos vertimientos.

La vulnerabilidad ambiental del agua es que al ser un recurso fundamental para el sostenimiento de todo ser vivo en la Tierra, sin embargo, la demanda sigue en aumento, y las pérdidas de agua al no ser identificadas son desaprovechadas y derivadas al Canal Caplina contaminando aguas abajo. Por otro lado, existe una vulnerabilidad económica ya que dichas pérdidas de agua son reflejadas en valores económicos que podrían reemplazarse si se realiza el análisis correcto. Es necesario mencionar que la vulnerabilidad social viene suscitando muchos conflictos por el latente problema de escasez de agua en la ciudad de Tacna, sigue ocurriendo oposición de pobladores y dirigentes en contra de proyectos que buscan aumentar la oferta para poder responder ante la demanda de agua.

Por lo mencionado, en la presente tesis se realiza una evaluación en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima para reconocer sus pérdidas de agua siendo este nuestro principal objetivo, y de esta forma realizar una cuantificación de las pérdidas de agua en las unidades hidráulicas que forman parte de las PTAP'S, además se plantea determinar el costo que representan las pérdidas de agua y finalmente proponer una alternativa más adecuada para la recuperación de dichas pérdidas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La escasez de agua es un desafío mundial que se está enfrentando en pleno siglo XXI, “El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo” (ONU, 2019). Llegando a una conclusión que la escasez seguirá aumentando por la relación proporcional del aumento de la demanda de agua y que podría llegar a hacer un recurso no renovable a causa de la acción del ser humano.

El Perú se encuentra dentro de los 10 países con mayor cantidad de agua. Sin embargo, es un país con una gran diversidad ambiental que nos hacen presenciar realidades distintas en sus tres principales zonas geográficas (costa, sierra y selva), como en la zona árida de la costa peruana donde se concentra más población es muy difícil pretender que es igual a la zona amazónica donde la densidad de la población es menor y los problemas de agua son de otro carácter.

En el departamento de Tacna por su situación orográfica presenta características peculiares que se sintetizan en la escasez de los recursos hídricos. Se encuentra en la costa sur occidental del Perú, establecida en el valle del río Caplina, a 505 m.s.n.m. y a una distancia de 57 km del mar. Por su ubicación geográfica presenta escasas opciones para cubrir la demanda de agua. Existiendo restricciones en la oferta hídrica a causa del crecimiento poblacional y expansión de zonas agrícolas de manera desmedida.

Actualmente uno de los actores principales del manejo integral, monitoreo y gestión de los recursos hídricos es la Autoridad Nacional del Agua (ANA). De igual manera, contamos con otro operador hidráulico en la región de Tacna que es el Proyecto Especial Tacna (en adelante PET).

El río Uchusuma abastece mediante el partidador de Cerro Blanco a las Comisiones de Uchusuma y Magollo de 281 a 325 l/s para áreas agrícolas y de 438 a 458 l/s para uso poblacional a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Tacna Sociedad Anónima (en adelante, EPS TACNA S.A.).

Con la finalidad de conocer la situación hídrica en la ciudad de Tacna, la describimos de la siguiente manera; se cuenta con fuentes de agua que provienen de pozos subterráneos (Pozo El Ayro y Sobraya) y de aguas superficiales como el Uchusuma (Condorpico, Paucarani y Casiri) y Caplina (Barraso). Gran parte de estas son almacenadas en los 7 reservorios que se encuentran ubicados en Cerro Blanco de los cuales 5 reservorios son del Proyecto Especial Tacna (PET), los cuales tienen una capacidad de 385,000.00 m³ c/u encontrándose todos operativos. Los otros 2 reservorios son de la EPS Tacna, donde uno tiene una capacidad de 50,000.00m³ encontrándose en mantenimiento. El otro reservorio de la EPS Tacna tiene una capacidad 60,000.00m³, actualmente se encuentra operativo y es conducido por un canal a la Planta de tratamiento de agua potable de Calana.

La Planta de tratamiento de agua potable (en adelante, PTAP) Calana, fue construida en el año 1976 para un caudal de diseño de 280 l/s en donde un porcentaje de las aguas residuales son derivadas hacia la PTAP de Alto Lima, actualmente está operando un caudal de 450 l/s a causa de la ampliación de la planta realizado en el año 2017.

La construcción de la planta Alto Lima fue concebida en los años 30's, inaugurada en el año 1934 y comenzó sus operaciones normales con una producción de agua de acuerdo a la demanda de esos años hasta la actualidad que produce 100 l/s, actualmente se encuentra paralizada la obra de ampliación que permitirá que la planta de Alto Lima tenga una capacidad de 250 l/s.

Tabla 1

Características de las Plantas de tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Tacna

PTAP	Año de creación	Caudal de Diseño (l/s)	Caudal de Operación (l/s)
Calana	1976	280	*450
Alto Lima	1934	100	100

Nota. Esta tabla demuestra datos de las características de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.

*Caudal de Operación: Debido a la ampliación de la Planta Calana en el año 2017.

Para su mayor comprensión se presenta en el esquema hidráulico adjuntado en el ANEXO B.

Según la EPS TACNA S.A. (2013), en su plan maestro optimizado (PMO), para el periodo 2013 – 2043, años en los que se formuló los proyectos de ampliación para las PTAP, considero una tasa de crecimiento de 2.12%, en la cual para el año 2015 la población servida es de 103,339 hab., en donde la tasa de agua para los usuarios es de 190 lts/hab x día. De acuerdo a esta información recolectada para una proyección de 20 años, es de 171,815 habitantes con una demanda de 373 l/s, para lo que el caudal proyectado debería cubrir la demanda del casco urbano. (pág. 67)

El INEI (2019), en su informe “Perú formas de acceso al Agua y Saneamiento Básico”, publica los resultados estadísticos de las Encuestas Nacionales de programas Presupuestales (ENAPRES) y la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) del año 2018, que nos termina por validar la existencia de un déficit de la oferta en la ciudad de Tacna; según la información recopilada del estudio tenemos el porcentaje de la población que tiene acceso al agua de red pública las 24 horas del día, encontrando a la región de Tacna con un porcentaje del 33,7 %, asimismo la población que consume agua potable por menos de 24 horas al día en la región de Tacna es 60,8 % de la población lo que el estudio determina que es la región con mayor porcentaje en todo el Perú que no cuenta con agua de la red pública las 24 horas del día, es decir no tienen agua de manera permanente durante el día, que llega a manifestarse más en los meses de verano por la intensificación del calor y en consecuencia mayor consumo de agua potable. Además, que por su configuración geográfica presenta escasas opciones para cubrir la demanda de agua.

Todo lo anterior descrito evidencian la escasez de agua que se produce a lo largo de años respecto a disponibilidad hídrica, lo que nos lleva a pensar que en algún momento la demanda podría no llegar a ser cubierta.

Por lo tanto, nuestra investigación se basa en la evaluación de la situación actual que se encuentra las plantas de tratamiento, considerando que durante el mantenimiento de las plantas, sin considerar los proyectos de ampliación, existe una pérdida significativa de agua por el lavado de las unidades, en donde el mantenimiento de lavado en la Planta de Tratamiento de Calana es de 01 a 02 veces por filtro todos los días y 01 vez al mes los tanques de contacto, en la Planta de Tratamiento de Alto Lima es de 01 a 04 veces al mes el desarenador ovoide, 01 vez al mes el sedimentador o mellizo, 01 vez por filtro todos los días.

Existe un volumen de agua producto del mantenimiento y lavado de los sedimentadores y filtros de la PTAP Calana que para su entendimiento

denominaremos “Volumen de agua de desperdicio” que se envía directamente a la PTAP Alto Lima, asimismo, esta planta también genera un volumen de agua de desperdicio, el cual es derivado en su totalidad al canal Caplina.

Según lo mencionado en párrafos anteriores de las PTAP’S en estudio, nos conlleva a formular una propuesta factible para la optimización del uso de estos volúmenes de agua de desperdicio, implementando nuevas medidas y proponer alternativas para su operación y mantenimiento. Además, según Fernández (2015), en su investigación realizada a 185 plantas del vecino país de Chile nos menciona que plantas de tratamiento de agua potable generan volúmenes relevantes, desperdiciando su potencial y solo el 4,9% de las PTAP analizadas cuentan con tratamiento de sus aguas residuales.

A partir de lo descrito se propone la alternativa del sistema de tratamiento de lodos, que según Rodríguez (2013), dicho sistema produce un gran impacto positivo ambiental puesto que se evita el abandono de los lodos, se controla y se evita su generación, además de lograrse el aprovechamiento de aguas. Actualmente existen varias alternativas para el proceso de tratamiento de los lodos, se puede disponer de 01 o más procesos dependiendo de las condiciones existentes en la planta de tratamiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Calana y Alto Lima?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el resultado de la cuantificación de pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima?
- ¿Es posible que las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima representen un costo?
- ¿Cuál es la alternativa más adecuada para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima?

1.2 Justificación e importancia

La vulnerabilidad ambiental del agua llega a ser muy importante por ser recurso fundamental para el sostenimiento de todo ser vivo en la Tierra, sin embargo, la demanda sigue en aumento por diferentes motivos como, crecimiento de la población o por mayor consumo en las distintas épocas del año, entre otros; es por ello que nace la necesidad de realizar una evaluación para cuantificar las pérdidas de agua que existen en las PTAP de la ciudad de Tacna, además, al no tener identificadas las pérdidas de agua, estas son desaprovechadas y derivadas al canal Caplina contaminando aguas abajo.

La vulnerabilidad económica surge en la falta de equipamiento de una infraestructura adecuada para controlar las pérdidas de agua nos conlleva a grandes pérdidas económicas además de no poseer un correcto aprovechamiento total del agua y este trabajo de investigación demuestra valores de pérdidas económicas respecto a diferentes etapas del proceso de potabilización del agua.

Pese a la escasez latente de agua potable en la ciudad de Tacna, la vulnerabilidad social viene suscitando muchos conflictos, uno de ellos con las organizaciones de agricultores de la provincia de Candarave y los Municipios pertenecientes a esta provincia, que están en contra la empresa minera Southern Perú Corporation que extrae aguas subterráneas y superficiales de la cuenca Locumba; que afecta a los ríos Callazas, Salado y Tacalaya; otro de los conflictos que viene ocurriendo en nuestra región es la oposición de pobladores y dirigentes de la región de Puno y la provincia de Tarata ante el inicio del primer componente del proyecto Vilavilani II, referido a la obra canal de conducción Vilachauillani – Calachaca – Chuapalca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar una evaluación de pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar las pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.
- Determinar el costo de las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.
- Proponer la alternativa más adecuada para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

La evaluación de las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima permite reconocer volúmenes de agua recirculables.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Existen significativos volúmenes de pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima
- Las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima representan un alto costo.
- La alternativa propuesta para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima es el Sistema de Tratamiento de Lodos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Internacionales

Entre los tipos de trabajos de investigación está la tesis. Higuera & Parra (2018), en el desarrollo de su tesis los autores evalúan y analizan la PTAP con visitas de campo y recopilación de información para mejorar la capacidad de tratamiento de agua y poder abastecer a más población, recomendando el manejo de lodos con lo cual la planta podría proveer agua potable a la demanda del municipio y aumentar el periodo de diseño de la planta hasta el año 2044, importante señalar que durante el recorrido se evidencio que la planta no contaba con una disposición de lodos adecuada, ya que estos residuos se evacuaban directamente al Rio Ubasá, generando además impacto negativo al medio ambiente.

Fernandez (2015), en su tesis realiza una evaluación a 185 plantas de agua potable del país de Chile, de las cuales solo un 4,9% cuentan con el tratamiento de aguas residuales, por lo cual concluye que prácticamente la mayor parte de plantas desperdician sus aguas. En función a su evaluación realizada a distintas plantas recomienda etapas para la minimización de cantidades de las descargas de aguas que son las siguientes: Ecuilización de la descarga, reducción de las aguas residuales, tratamiento de las aguas residuales procedentes de las PTAP, cero descargas líquidas.

Según Rodríguez (2013), en su tesis hace una evaluación de la PTAP E.A.A.A.M. que es de tipo convencional, ubicado en Madrid. Así mismo identifico aquellas plantas que promueven la producción de aguas residuales o conocido también como lodos que son generados del proceso de sedimentación, floculación y filtración. La producción máxima que evaluado es de 98 l/s por medio del cual se genera aproximadamente 31 m³/d o 967 t/mes de lodos; generando alternativas de concentrar el lodo en tanque espesador para facilitar la deshidratación de los lodos producidos en el proceso de potabilización, a fin de disponer los lodos para uso de recuperación de suelos erosionados, alimentos para animales, fijación química, además de la fabricación de ladrillos. Finalmente plantea un modelo metodológico identificando los pasos principales para el tratamiento de aguas residuales o lodos.

Romero (1999) en el capítulo 9 de su libro nos menciona, el origen de los residuos producidos en la planta de tratamiento de agua o como también se le llama planta de purificación de agua. Además, considera que existen impactos ambientales como la descarga de lodos de las plantas conduce a depósitos de lodos en zonas de muy poca pendiente donde el flujo baja su velocidad, además considera que las descargadas de lavado de filtros pueden generar el riesgo de contaminación mediante bacteria por el crecimiento de microbios en agua. Finalmente menciona que el método más utilizado para el manejo de lodos es el espesamiento por gravedad que se realiza por medio de unidades de decantación y sedimentación, para su posterior secado mediante lechos o canchas de secado.

2.1.2 Nacionales

Dueñas (2016), en su tesis tiene como objetivo evaluar la operatividad y eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable de tecnología convencional existente y plantear la mejor alternativa para su mejoramiento, asegurando su óptima operación y mantenimiento.

Según el INEI (2018), de acuerdo a datos estadísticos validados por la Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES) y la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) realizada en el año 2018. Este estudio nos muestra que alrededor de 29 millones 351 mil 781 peruanos accedieron agua potable proveniente de la red pública hasta octubre del año 2019. Así mismo sitúa a Tacna con un porcentaje de 60,8 % de la población que no cuentan con agua potable permanente todo el día (24 horas) sino solo por horas. Lo que nos confirma que Tacna es la región que más problemas tiene con el abastecimiento permanente de agua potable.

MVCS (2017), emite la Resolución Ministerial N° 128-2017-VIVIENDA, que aprueba las Condiciones mínimas de manejo de Lodos y las Instalaciones para su disposición Final. Esta norma busca regular los lodos generados en las PTAP por los decantadores y por el lavado de filtro (art. 6), para que estas aguas residuales ya no sean desechadas o vertidas al canal más cercano, con el único fin de reaprovechar los lodos por medio de la deshidratación a través de un sistema que propone los siguientes procesos: recolección, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento, transporte y su disposición final (art.7). El agua recuperada deberá ser enviada a cabecera de la PTAP.

Además, Marcano (2019) afirma “el agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación. De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada”.

De los párrafos citados anteriormente podemos afirmar que en nuestro país recién desde el año 2017 se establece las condiciones mínimas para el manejo de los lodos, actualmente no existe datos reportados sobre la aplicación o la instalación de estos sistemas de aprovechamiento de los lodos en las PTAP. Por ello es necesario evaluar los estudios realizados de las ampliaciones de las Plantas de Calana y Alto Lima, dado que actualmente las plantas de tratamiento tanto Calana como Alto Lima carecen de instalaciones para el tratamiento de lodos y se estima que existe un desperdicio elevado de agua.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistemas de abastecimiento de agua potable

Según Berrios Napuri (2009), son sistemas diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas. Los sistemas convencionales son:

- Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.
- Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento.
- Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.
- Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento.

Para zonas rurales, es usual denominar los “Sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se ubica a mayor altitud que la población; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra por debajo y se requiere el uso de bombas para proporcionar de agua a la población. (Berrios Napuri, 2009)

2.2.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

Según Gonzales (2013), el sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cuatro partes principales:

- **Captación:** La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.
- La captación de las aguas subterráneas se hace mediante pozos o galerías filtrantes. (Gonzales, 2013)
- **Almacenamiento de agua bruta:** El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria. Para almacenar el agua de los ríos o arroyos que no garantizan en todo momento el caudal necesario se construyen embalses. (Gonzales, 2013)
- **Tratamiento:** El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes: Reja para la retención de material grueso, desarenador, floculadores, decantadores, filtros, dispositivo de desinfección. (Gonzales, 2013)
- **Red de distribución abierta:** El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipo clorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano. (Gonzales, 2013)

2.2.3 Planta de Tratamiento de Agua Potable

Según la marca DISEPROSA (2018), es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios:

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo contaminante)

Importante señalar que una planta de tratamiento debe operar de manera continua, incluso cuando las unidades hidráulicas estén en mantenimiento, para ello se necesita que se proyecte como mínimo dos unidades por cada etapa de proceso de la planta de tratamiento de agua potable. (DISEPROSA, 2018)

2.2.3.1 Unidades Hidráulicas de la PTAP de Calana

La planta potabilizadora de Calana parte de una captación ubicada en Cerro Blanco siendo la principal fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Tacna, el agua captada es almacenada en dos grandes reservorios construidos en el año 1998 con capacidades de 50.000 m³ y 60.000 m³, almacenada y sedimentada el agua bruta, se produce una reconducción del agua bruta hacia la planta de Calana pasando por varios desarenadores y por gravedad en el canal de Uchusuma mediante dos tuberías, una de asbesto-cemento y otra de tubería de concreto reforzado hasta la entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana ubicada en el 8km de la carretera Tacna-Calana y posee los siguientes procesos de tratamiento:

- **Captación:** Tiene como fuente principal al canal Uchusuma, para ello cuenta con un canal que proviene desde la parte alta, en el sector Chuschuco y tiene una bocatoma que permite la captación de 1000 l/s. Así mismo cuenta con una cámara de concreto que sirve de regulador y rompe presión para las tuberías de captación que provienen del canal Uchusuma y para la línea que proviene del canal Caplina. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Desarenadores:** Cuenta con 03 desarenadores, el principal se encuentra a 4 km en Cerro Blanco y el otro se encuentra a 2 km en Uchusuma lo que permite la retención de material grueso que trae el canal Uchusuma. Así mismo por el lado de Caplina existe 01 desarenador que por el excesivo material que trae, no es posible captar más de 100 l/s, cuenta con sus respectivas válvulas para la evacuación de lodos y arenas. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

- **Aplicación de Insumos Químicos:** La planta cuenta con una caseta de insumos químicos, sala de equipos de aplicación de insumos químicos, tiene 01 dosificador de cal hidratada, 02 dosificador de sulfato de aluminio, 02 dosificadores de Sulfato Férrico y un dosificador de polímero. También cuenta con un almacén de insumos químicos. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Mezcla Rápida:** Ubicado en la cámara de distribución, la tubería de ingreso de 24" ingresa en forma vertical y el caudal se divide en partes iguales para cada cámara a través de 02 tuberías de 18", generando una gradiente adecuada para la mezcla de insumos químicos. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Floculación y Sedimentación:** Las unidades de Floco – Decantación cuentan con una etapa de floculación mediante un cono metálico de 92 m³ de capacidad, con un periodo de retención de 7 minutos, lo cual es insuficiente para el tratamiento de Arsénico. Las unidades de sedimentación cuentan con un volumen de 1444 m³ descontando la cámara de floculación, tienen un tiempo de retención de más de 1 hora. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Filtración:** Cuenta con una batería de 04 filtros para tratar un máximo de 400 l/s esta unidad, cuenta con un sistema de lavado por tanque elevado y sistema de bombeo a través de 02 bombas de eje vertical de 36 HP, los filtros están compuestos de material filtrante de arena con una altura de 40 cm, en la parte del soporte tienen 40 cm de gravas y viguetas prefabricadas de concreto en el filtro 04 y bolas de porcelana de filtro 1 al 3. Actualmente se ha puesto en funcionamiento un filtro más, como parte de la ampliación de la planta de Calana. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Post Cloración:** Cuenta con una caseta de cloración, que aplica una solución concentrada en la cisterna de 760 m³ con un tiempo de retención de 30 minutos, seguidamente el agua potable es conducida al reservorio principal de 2000 m³, en esta caseta se encuentra el balón de cloro líquido que se usa en forma mensual, así mismo el clorador que tiene un rotámetro para 500 lb/día y su sistema de vacío. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Almacenamiento:** Puede almacenar agua en el reservorio R-01, R-06, R-10 y R-14 de los cuales solo el reservorio R-01 es abastecido por gravedad y los demás reservorios son abastecidos por bombeo, lo cual dificulta las

labores de abastecimiento en estos sectores que presentan bajos niveles de presión y horas de servicio. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

2.2.3.2 Unidades Hidráulicas de la PTAP de Alto Lima

Según la EPS TACNA S.A. (2017), la planta de Alto Lima capta las aguas del Canal Caplina, que tiene la característica de ser ligeramente ácida en la mayor parte del tiempo. Dicha planta está ubicada a 2 km, de la Plaza de Armas de Tacna en un extremo del pueblo joven Alto Bolognesi y posee los siguientes procesos de tratamiento:

- **Canal de Ingreso de Agua Cruda:** El agua llega de la Planta Calana por una tubería de 250 mm y luego mediante un canal las aguas son conducidas al sedimentador grueso (Ovoide). (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Desarenador (Ovoide):** Es una estructura de concreto en forma de ovoide donde se sedimenta el material grueso que es arrastrada desde la captación. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Aplicación de Insumos Químicos:** La planta cuenta con una caseta de insumos químicos, con una sala de equipos de aplicación de insumos químicos, tiene 02 dosificadores de cal hidratada, 01 dosificador de sulfato de aluminio y un dosificador de polímero artesanal. También cuenta con un almacén de insumos químicos. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Floculador de Flujo Vertical:** El floculador tiene una capacidad para 250 l/s, las pantallas estarán dispuestas de tal forma que el flujo será en forma vertical. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Mezcla Rápida:** El canal de mezcla rápida se encuentra ubicado en una rampa para permitir incrementar las velocidades y por consiguiente la gradiente de velocidad, al realizar el cálculo de la gradiente actual se encuentra en valores por encima de 2000 seg-1. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Decantación:** Las unidades de decantación, son de flujo horizontal, con el caudal de ingreso tienen un tiempo de retención de 11 horas, esta unidad no cuenta con floculador. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

- **Filtración:** La planta cuenta con una batería de 06 filtros para tratar un máximo de 100 l/s, esta unidad cuenta con un sistema de lavado hidráulico, tipo CEPIS, los filtros están compuestos de material filtrante de arena con una altura de 80 cm, luego en la parte del soporte tienen 30 cm de gravas y viguetas prefabricadas de concreto. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Sistema de Tratamiento de Lodos:** Recibe las aguas de lavado de filtros en forma diaria y la cantidad de lodos deshidratados que se generen deberán ser dispuestos a relleno sanitario, de acuerdo a la cantidad de lodo que se acumule. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Post Cloración:** Esta planta cuenta con una caseta de cloración, en la parte posterior del reservorio principal de 4000 m³, en esta caseta se encuentra el balón de cloro líquido que se usa en forma mensual, así mismo el clorador tiene un rotámetro para 500 lb/dio y su sistema de vacío. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)
- **Almacenamiento:** La planta de Alto Lima posee 03 unidades de almacenamiento: 02 destinadas para consumo humano, y la otra para almacenamiento de agua cruda. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

2.2.4 Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua potable

Según la EPS TACNA S.A. (2017), existe diferentes conceptos para definir mantenimiento, específicamente hablando de un mantenimiento para planta de tratamiento de agua potable se tiene que tener en cuenta que no existe un sistema único de mantenimiento, pero si un conjunto de actividades con fines comunes, esto porque en las plantas de tratamiento de agua existe una gran variedad de equipos y diversos proveedores. Por lo tanto, se puede definir genéricamente al mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

Existen varias razones por las cuales un sistema de tratamiento y distribución de agua debe tener un servicio organizado de mantenimiento de sus instalaciones y equipos, una de ellas es el hecho de que el abastecimiento de agua constituye, sin lugar a dudas, el servicio público más importante y no puede tener interrupciones imprevistas. Otras de las razones más significativas es que una vez implementado el

mantenimiento, los costos deben reducir. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

Un manual de mantenimiento son instrucciones organizadas, redactadas a partir de los manuales de información técnica, etcétera, de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de los equipos. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

Las acciones de Operación, Mantenimiento y Control deben ser correctamente identificadas para cumplir con el buen funcionamiento de las unidades hidráulicas que componen la Planta de Tratamiento de Calana. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

Para el mantenimiento de Lavado del Floculador y Sedimentador (Tanques de Contacto) se debe seguir la siguiente secuencia de acciones:

- El jefe de planta debe programar las actividades a realizar, así como el tiempo de lavado, suministrar las herramientas necesarias y lo más importante definir la hora en la que debe suspenderse o disminuir el tratamiento.
- Al ejecutar el mantenimiento de lavado, normalmente el piso se limpia utilizando chorros de agua a presión, empujando el material con un rastrillo hacia el drenaje o desagüe y las paredes se limpian con chorros de agua a presión y cepillos metálicos.
- Si se presenta un crecimiento de algas, se puede utilizar un equipo de fumigación para aplicar a las paredes, importante que la concentración final no debe pasar de 1 mg/l. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

Para el mantenimiento de Lavado de Filtros se debe seguir la siguiente secuencia de acciones, según la EPS TACNA S.A. (2017), son :

- Determinar en la bitácora de la planta cual es el filtro que tiene más tiempo de operación.
- Cerrar la compuerta de entrada al filtro.
- Abrir la válvula de lavado.
- Esperar el tiempo establecido en una evaluación previa.
- Cerrar la válvula de lavado.
- Abrir lentamente la válvula de entrada.
- Comprobar el funcionamiento del filtro y la calidad del agua filtrada.

- Anotar en la bitácora la fecha y hora.

En su Manual de Operación de Planta Alto Lima indica que dentro de las actividades programadas son el raspado de filtros, limpieza y mantenimiento de sedimentadores, limpieza de las paredes de los filtros, limpieza de las paredes de los canales de ingreso y salida de los sedimentadores. (EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant., 2017)

Para el mantenimiento de Lavado del Sedimentador Mellizo se debe seguir la siguiente secuencia de acciones, teniendo tres formas de mantenimiento de lavado según la EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant. (2017) son:

Se hace cada 6 meses.

- La primera es la que se realiza en forma diaria por el operador de turno, el cual mediante espumaderas realiza el retiro manual de las sustancias o materia sólida flotante de las zonas de sedimentación del tanque.
- La segunda se hace con el raspado de canales y retiro de material impregnado como algas y otros, así mismo se retira material flotante.
- La tercera forma de mantenimiento es la limpieza total de los sedimentadores, generalmente se realiza la limpieza cada 6 meses y se realiza de la siguiente manera:
 - Dado que el tiempo de retención es de más de 11 horas, no es necesario disminuir el caudal de tratamiento ya que una unidad provoca tiempo de retención mayores a 5 horas.
 - Se instala la compuerta tipo tarjeta para que no ingrese agua floculada a la cámara que se va a lavar.
 - Luego se abren los desagües de la cámara que se va a limpiar y se espera un tiempo de 24 horas, dado que las cámaras de desagüe en la Urb. Caplina pueden rebalsar, se tiene que tener cuidado con el caudal de salida.
 - Una vez vacío el tanque se empieza con el lavado con manguera a presión y retirando el lodo pegado en las paredes de concreto, esta operación puede durar 02 horas.
 - Una vez concluida la limpieza se cierra las válvulas de salida de desagüe y se abre o retira la tarjeta que obstruía el ingreso de agua floculada a la cámara.
 - Se inició el llenado de la cámara haciendo ingresar más agua al sedimentador para que el llenado se realice más rápido, realizando los

cálculos tenemos que con 30 l/s adicionales la cámara debe de llenar en un día.

Según la EPS TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant. (2017), para el mantenimiento de Lavado de los filtros, se puede realizar de 03 maneras:

- El mantenimiento rápido de lecho filtrante con retro lavado, este sistema consta de la operación de lavado de filtro, dado que cada 12 horas el material filtrante se satura de sedimentos.
- El mantenimiento de limpieza y raspado de canaletas y estructuras como paredes y accesorios, se realiza cada dos semanas en cada filtro, este proceso se realiza en 2 a 6 horas de trabajo.
- El mantenimiento profundo del filtro se realiza cuando se paraliza por lavado o cambio de material filtrante, esto es recomendable que se realice cada 2 a 5 años, con una serie de análisis como tiempo de desintegración de granos con ácido clorhídrico, entre otros.

2.2.5 Sistema de Tratamiento de Lodos

Según Rodríguez (2013), el tratamiento de los residuos líquidos producidos en procesos de tratamiento de agua implica la separación del agua y de los sólidos, al nivel permitido por el método de disposición, por lo que el grado de tratamiento requerido está en función directa del método de disposición final. El tratamiento utilizado para los residuos líquidos generados en las plantas de tratamiento consiste básicamente en la reducción del porcentaje de agua contenido en ellos, haciéndolos más concentrados y minimizando por consiguiente el volumen a ser dispuesto.

Este sistema de tratamiento de lodos produce un gran impacto positivo ambiental puesto que se evita el abandono de los lodos, se controla y se evita su generación. Actualmente existen varias alternativas para el proceso de tratamiento de los lodos, se puede disponer de 01 o más procesos dependiendo de las condiciones existentes en la planta de tratamiento. (Rodríguez J. , 2013)

A continuación, describimos algunos de los procesos más utilizados en el tratamiento de lodos:

- **Espesamiento:** Este proceso permite la reducción del volumen del lodo, eliminando agua y aumentando así la concentración en sólidos. El objetivo

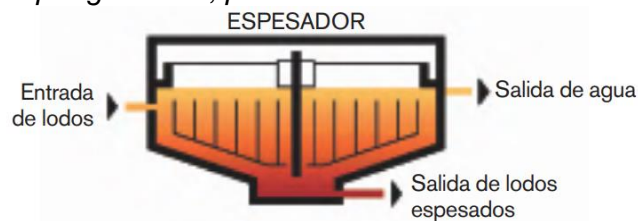
principal es el incremento de la eficacia y la optimización económica de los procesos posteriores. (Sergio, 2018)

Los principales procesos de espesamiento son:

- Espesamiento por gravedad, emplea la fuerza de la gravedad.
- Espesamiento por flotación, el lodo se concentra en la parte superior.
- Espesamiento mecánico, la concentración de lodo se lleva a cabo aumentando las fuerzas gravitacionales. Aquí se puede clasificar uno de los procesos que se describen a continuación que es la Centrifugación.

Figura 1

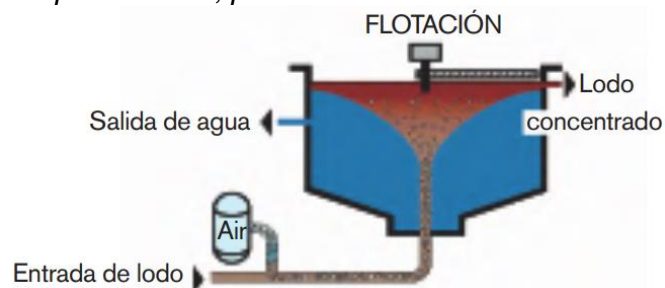
Espesamiento por gravedad, proceso de tratamiento de lodos.



Nota. La figura muestra la operación y la dirección del flujo del sistema de espesamiento por gravedad que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos. Fuente: Sergio (2008). *Lodos producidos en el tratamiento de agua potable.*

Figura 2

Espesamiento por flotación, proceso de tratamiento de lodos.



Nota. La figura muestra la operación y la dirección del flujo del sistema de espesamiento por flotación que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos. Fuente: Ramírez, F. (2008). *Lodos producidos en el tratamiento de agua potable.*

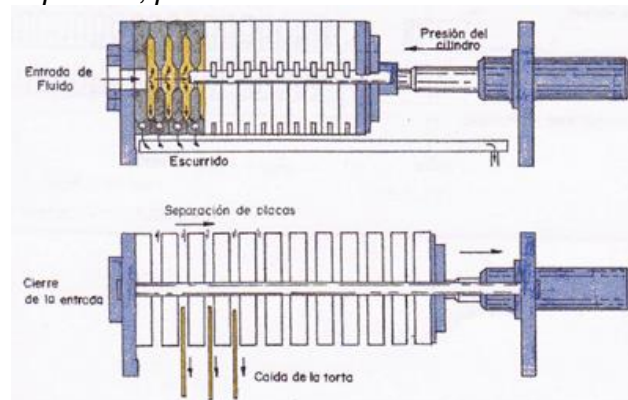
- Filtración a vacío o presión: La filtración a vacío es uno de los métodos más usados para deshidratar los lodos por medios mecánicos, el líquido filtrado contiene una alta concentración de sólidos finos suspendidos y se vierte al

depósito de elutriación del lodo o se mezcla con el agua residual generando la recirculación. (Sergio, 2018)

Para la filtración a presión se utilizan distintos tipos de filtros de prensa, durante el funcionamiento se bombea lodo químicamente a una presión de 4.2 a 12.5 kg/cm³ que se mantiene entre 1 a 3 horas, forzando el líquido a pasar a través de la tela filtrante y de los orificios, separándose y quitando el lodo originando posteriormente la recirculación. (Sergio, 2018)

Figura 3

Filtración a presión, proceso de tratamiento de lodos.



Nota. La figura muestra el detalle de la dirección del flujo del sistema de filtración a presión que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos.

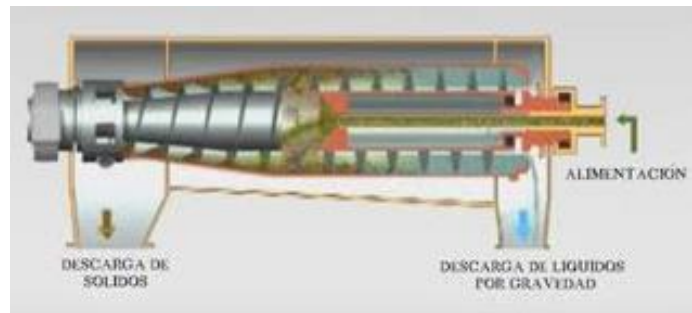
Fuente: Chamorro, J. (2009). *Deshidratación de fangos.*

- Centrifugación: La operación de las centrifugas es simple, limpia y relativamente barata, por lo que generalmente no se requiere acondicionamiento químico. Lo que si se necesita es proveer la energía eléctrica adecuada, ya que se necesita motores de gran potencia. (Sergio, 2018)

Por el efecto de la fuerza centrífuga las partículas pesadas decantan y se depositan contra la pared interior de la cubeta, el tornillo transportador raspa las partículas y las envía en continuo hacia la parte cónica. (Sergio, 2018)

Figura 4

Centrifugación, proceso de tratamiento de lodos.



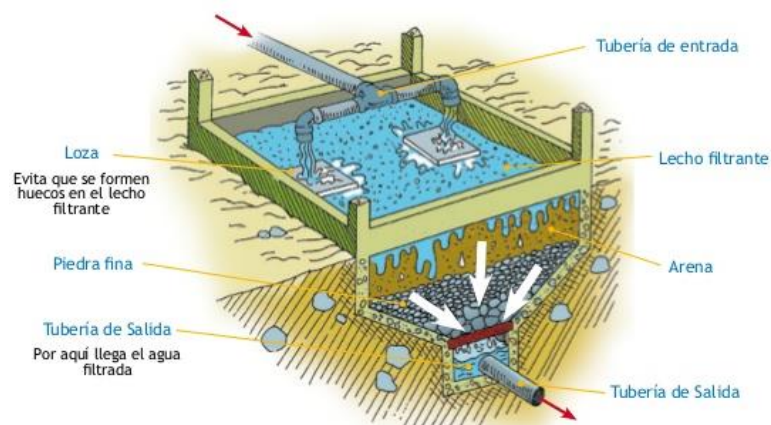
Nota. La figura muestra el detalle de la dirección del flujo del sistema de centrifugación que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos.

Fuente: Nuevo, D. (2018). *Deshidratación de fangos*

- Lechos de secado: Son uno de los métodos más simples y bastante económicos para deshidratar los lodos, lo que permite un fácil manejo y disposición final, se basa en filtros de poca altura, rellenos de arena y grava, equipados con un sistema de drenaje por debajo. Como parte del proceso el lodo debe aplicarse en capas delgadas, para facilitar el proceso de secado. Se utilizan cuatro tipos de canchas de secado: Convencionales de arena, pavimentadas, de medio artificial y por vacío. (Sergio, 2018)

Figura 5

Lechos de secado, proceso de tratamiento de lodos.



Nota. La figura muestra el detalle de sus componentes de un sistema de Lechos de secado que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos.

Fuente: *Página web Proyecto Agua*

- **Lagunas de Deshidratación:** Es uno de los métodos más usados y económicos cuando se cuenta con terreno amplio, para su diseño es importante considerar el clima de la ubicación de la laguna, se requiere poca especialización para su funcionamiento y presenta bajos consumos de energía. (Sergio, 2018)

Figura 6

Lagunas de Deshidratación, proceso de tratamiento de lodos.



Nota. La figura muestra una fotografía realizada a un sistema de Lagunas de Deshidratación que se realiza en el proceso de tratamiento de lodos.

Fuente: Pagina web Enviroline

2.2.6 Alternativas para el proceso de Tratamiento de Lodos

Para lo cual esta investigación ofrece la propuesta de la recirculación de las aguas residuales producidas en las plantas de tratamiento de agua potable.

Según este entender, existen muchas investigaciones de las cuales podemos describir los siguientes procesos para el Tratamiento de Lodos:

Tabla 2

Cuadro Comparativo de los procesos para el Tratamiento de Lodos

	ESPESAMIENTO	FILTRACIÓN AL VACÍO O PRESIÓN	CENTRIFUGACIÓN	LECHOS DE SECADO	LAGUNAS DE DESHIDRATACIÓN	
En el factor Técnico	Ventajas	Genera un lodo con mayor concentración lo que permite nivelar el lodo facilitando su deshidratación, también ayuda a su transporte para la aplicación en el terreno.	Presenta baja concentración de sólidos suspendidos en el filtrado, proporciona al lodo más denso lo que lo convierte en que sea más fácil para incinerar y entre más ligera, más fácil para su transporte.	Aun cuando no se tiene el diseño definitivo a partir de datos ya se puede determinar la factibilidad de la centrifugación con pruebas de laboratorio. Es un sistema que funciona a baja presión.	Una de sus ventajas es que requiere mínima capacitación para su operación y mantenimiento, es un método que puede trabajar por medio de gravedad.	Una de sus ventajas es que requiere mínima capacitación para su operación y mantenimiento.
	Desventajas	Debe tenerse un estricto control en el uso de los polímeros dado que tienen un efecto sobre el grado de comprensión de los lodos, además controlar las elevadas concentraciones de hidróxido de magnesio puesto que reducen el secado de los lodos.	Puede suceder dependiendo a las condiciones del lodo, que la presión que se necesite para trabajar no alcance a la presión teórica que pueda aplicarse, siendo insuficiente.	La eliminación del centrado, porque es rico en sólidos suspendidos no sedimentables y también porque puede generar mala calidad del efluente.	En su diseño se necesita considerar las condiciones climáticas.	Un impedimento es el espacio que cuenta las plantas ya que este método requiere de un área extensa.
En el factor Ambiental	Ventajas	La calidad del agua puede ser más clara en el efluente del tanque espesador dando origen a la recirculación.	Si se usa en su acondicionamiento cloruro férrico y limo, el lodo se encontraría relativamente libre de olores.	La adición de cal facilita el control de olores que puedan producirse al centrifugar lodos sin tratar.	Este método tiene una aplicación muy baja de químicos, además consume energía eléctrica por no usar equipos en su proceso.	Estabiliza la materia orgánica

En el factor Económico	Desventajas	Debe adicionarse polímeros y condicionarse los hidróxidos de aluminio y hierro para que se consiga aumentar la velocidad de sedimentación.	Se debe de realizar un acondicionamiento previo al material a tratar.	Alto consumo de energía, ruido elevado.	Por ser un método a la intemperie una de las molestias es el olor además requiere de un lugar adecuado para su disposición final.	Podría generar problema de vectores, moscas y zancudos.
	Ventajas	Ideal para plantas de tratamiento de agua potable de media a alta magnitud.	El lodo deshidratado puede ser llevado para su eliminación final o venta, dado que se puede usar como acondicionador de suelos o fertilizante de baja calidad.	El costo inicial de inversión es menor, puesto que el área requerida para la instalación de centrifugación es mucho menor en comparación a otros procesos.	El costo de su instalación es bajo, su costo de mantenimiento es bajo.	Tiene un bajo costo de inversión para su instalación y equipamiento, además de un costo bajo en operación y mantenimiento.
	Desventajas	Presenta un elevado costo por lo que no se recomienda su uso en plantas pequeñas, puesto que requiere mayor cantidad de insumos y la contratación de un operario adicional para su control de uso.	Los costos más altos son el acondicionamiento químico, mantenimiento y sustitución de telas filtrantes.	El costo de energía es elevado, además de requerir personal extra para su funcionamiento y mantenimiento especializado.	Para la remoción de lodos secos podría requerir de numerosa mano de obra, aunque no necesariamente mano calificada.	Si no cuenta con terreno disponible, el costo puede resultar elevado dado que se necesita grandes extensiones.

Nota. Esta tabla describimos algunas comparaciones de las desventajas y ventajas de los procesos de Tratamiento de Lodos más conocidos.

2.2.7 Retribución económica por uso de agua

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2019) en la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que la retribución económica por el uso del agua es el pago que de forma obligatoria deben abonar al Estado todos los usuarios de agua como contraprestación por el uso de recurso. De acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 011-2019-MINAGRI, se aprueba valores de retribuciones económicas a pagar por uso de agua superficial y subterránea y por vertimiento de agua residual tratada a aplicarse en el año 2020.

Tabla N° 3

Retribución económica por uso de agua.

Disponibilidad Hídrica	Administración Local del Agua	Uso			
		Poblacional	Industrial	Minero	Otros usos
S/ / m3					
Baja	Caplina-Locumba, Moquegua, Ica, Río Seco, Chillón-Rímac-Lurín, Casma-Huarmey, Chicama, Santa-Lacramarca-Nepeña (considera sólo la cuenca hidrográfica Nepeña), Chancay-Lambayeque y Zaña.	0,0356	0,2375	0,3053	0,0988

Nota. La figura muestra el costo del pago por derecho de retribución económica por el uso de agua según el uso que se le da. Fuente: *DECRETO SUPREMO N° 011-2019-MINAGRI (2019)*

2.3 Definición de términos

2.3.1 Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento. (DIGESA, 2011)

2.3.2 Agua potable: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. (DIGESA, 2011)

2.3.3 Agua reciclada: Aguas regeneradas aquellas aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan. El

objetivo de este tratamiento es obtener un agua que va a ser utilizada nuevamente. (Rodríguez M. , 2016)

2.3.4 Aguas residuales: Son procedentes de las plantas de tratamiento de agua potable se pueden dividir en cinco categorías: aguas residuales pre-sedimentación, aguas residuales de coagulación, aguas residuales de lavado de filtros, aguas residuales de ablandamiento y aguas residuales de osmosis inversa. (Fernandez Acuña, 2015)

2.3.5 Decantador: Es un elemento fundamental ya que mediante el mismo podemos separar y concentrar los fangos, así como los sólidos presentes en el agua residual mediante un proceso de decantación física. (Empresa Andaluza, 2018)

2.3.6 Empresa Prestadora de Servicios Públicos: Son entidades públicas, privadas y mixtas, que brindan los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso y disposición sanitaria de excretas, en las zonas urbanas. (SUNASS, 2020)

2.3.7 Filtro rápido: Es el proceso de filtración rápida el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades que pueden oscilar entre 4 y 50 m/h. (Pérez de la Cruz, 2019)

2.3.8 Floculación de lodos: Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. (Compañía KAMPS, 2018)

2.3.9 Lodo generado en PTAP: Es el sedimento acuoso o pastoso en el que se concentran los sólidos sedimentados o decantados del agua y lavado de filtros. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

2.3.10 Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas. (Ligardo, 2019)

2.3.11 Manual de operaciones y Mantenimiento: Es un texto donde se desarrollan los procedimientos y las operaciones necesarias para mantener y administrar el proceso de una forma correcta que garantice la fiabilidad de los componentes de un sistema.

2.3.12 Optimización: Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles. (Ligardo, 2019)

2.3.13 Planta de tratamiento de agua potable: Instalaciones necesarias para efectuar los procesos de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población, que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable. (Ligardo, 2019)

2.3.14 Reaprovechamiento o Reúso: Es el proceso a través del cual se vuelve a obtener un beneficio de lodo o biosólido, permitiendo su reutilización para otros fines. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

2.3.15 Sedimentación: Es uno de los procesos más antiguos en el tratamiento del agua, ya que ésta provoca una disminución en la velocidad del flujo, lo que facilita la deposición o sedimentación de materiales sólidos de pesos específico mayor al del agua que los contiene. (Blanco Salazar, 2004)

2.3.16 Sistema de conducción: Conjunto de tuberías, ductos o canales que sirven para conducir un fluido. (Ligardo, 2019)

2.3.17 Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano. (DIGESA, 2011)

2.3.18 Sistema convencional: Dentro de las instalaciones de la PTAP, se realizan procesos de aireación, de coagulación, de floculación, de sedimentación, de filtración, de desinfección y de estabilización de Ph. (DAPD, 2004)

2.3.19 Transporte: Es el proceso de manejo de residuos sólidos, lodos y/o biosólidos que consiste en su traslado apropiado hasta las instalaciones de valorización, reaprovechamiento o disposición final, según corresponda, empleando vehículos y medidas de seguridad apropiados con las especificaciones establecidas por la autoridad competente sectorial. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

2.3.20 Tratamiento: Es cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo o lodo, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valoración o disposición final. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Nivel de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es DESCRIPTIVA porque esta investigación está orientada a evaluar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima; a fin de a cuantificar el volumen de agua para su recuperación y aprovechamiento de este recurso.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es COMPRENSIVO, ya que corresponde a una investigación cuyos objetivos consisten en “explicar, predecir o proponer”.

3.2 Población y/o muestra del estudio

3.2.1 Población

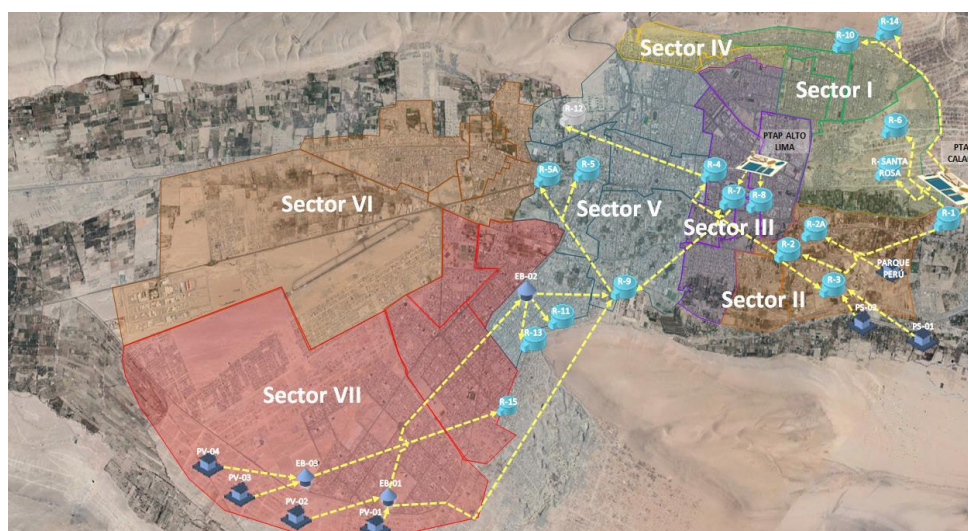
El trabajo de investigación se realiza en la ciudad de Tacna, la población está determinada por el área de influencia de las plantas de Calana y Alto Lima de la siguiente manera:

- SECTOR I: Ciudad Nueva; dentro de este sector se encuentran: Subsector 10 Ciudad Nueva Y, Subsector 11 Ciudad Nueva II, Subsector 12 Amp. Ciudad Nueva y el Subsector 15 Asoc. Cono Norte AAPITAC.
- SECTOR II: Pocollay; dentro de este sector encontramos el Subsector 17 Peañas y el Subsector 18 Pocollay.
- SECTOR III: Alto de la Alianza Natividad; dentro de este sector se encuentra el Subsector 13 PJ Grau, CPM Bolognesi, P. Industrial, Subsector 09 PJ La Esperanza, PJ San Martin, Subsector 14 Parque Industrial -Zona Auxiliar y el Subsector 16 Urb. Tacna / CPM La Natividad.
- SECTOR IV Cono norte; dentro de este sector se encuentra el Subsector 05 Asoc. La Florida - Asoc. Los Milagros, Subsector 07 Asoc. V de Asunta/San Juan de Dios / San Pedro, el Subsector 08 Asoc. Miller/M.A. Odria y el Subsector 06 Asoc. J. Basadre Grohman - Albarracín/Copaja.

- SECTOR V Casco Urbano; dentro de este sector se encuentra el Subsector 01 Casco Urbano 1, Subsector 02 PJ Leoncio Prado - Terminal, Subsector 03 Casco Urbano 2 y el Subsector 04 Casco Urbano 3.
- SECTOR VI Para Chico Leguía; dentro de este sector se encuentra el Subsector 20 C.P.M. Leguía - Cecoavi, Subsector 21 PJ Para Grande, Subsector 22 PJ Para Chico - Villa Panamericana.
- SECTOR VII Cono sur; dentro de este sector se encuentran el Subsector 23 Sector A, B, C, el Subsector 25 Conj. Hab A. Ugarte I Etapa, Subsector 26 Conj. Hab. A. Ugarte II y III, Subsector 24 Próceres San Francisco, Terminal.

Figura 7

Población de acuerdo a sectores en la ciudad de Tacna



Nota. La figura muestra el área de influencia de las Plantas de Tratamiento de agua Potable de Calana y Alto Lima. Fuente: Gerencia de Regulación Tarifaria - SUNASS (2019).

3.2.2 Muestra

Las muestras para la recolección de información se realizarán mediante visitas a campo a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, obteniendo los reportes mensuales por parte del área de operaciones y mantenimiento de cada planta.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Variable Independiente Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, Tacna.	Es el conjunto de estructuras de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelve apta para el consumo humano.	Evaluación de las unidades hidráulicas de las plantas.	Volumen (m ³) de las unidades hidráulicas. Volumen (m ³) de agua de captación en las PTAP'S.
Variable Dependiente Pérdidas de agua	Es el agua desperdiciada, procedente del vaciado de las unidades hidráulicas para su mantenimiento y el agua que se usa para el lavado de las mismas.	Cantidad de agua que se desperdicia en el mantenimiento y lavado de las plantas.	Volumen (m ³) de agua utilizada para el lavado de las unidades hidráulicas. Volumen (m ³) de agua de vaciado de las unidades hidráulicas.

Nota. Esta tabla describe las variables independientes y dependientes con sus respectivas dimensiones e indicadores de nuestra investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

En esta investigación se recopiló información mediante visitas de campo hechas para recolección de datos sobre la situación actual de las PTAP de Calana y Alto Lima mediante trabajadores o personas que brindan servicios relacionados en el sector de recursos hídricos, suministro de agua potable, distribución de agua, entre otras actividades relacionadas a la gestión de recursos hídricos. Se solicitó a la EPS TACNA S.A., los reportes de las cantidades y las veces que se realizó el lavado de

las unidades en las Plantas de Tratamiento en estudio, por lo que se obtuvo de los meses de abril, agosto y diciembre del año 2019.

Asimismo, realizamos una encuesta, aplicada a ingenieros, técnicos, operadores, estudiantes que hayan estado relacionados a la gestión de recursos hídricos en nuestra región de Tacna. (Ver Anexo C)

3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- a) Encuestas y/o Cuestionario: Se formuló 17 preguntas para obtener un diagnóstico situacional. Las preguntas se agruparon en tres (03) aspectos:
- Componente N° 01: Análisis sobre la experiencia del encuestado
 - Componente N° 02: Análisis sobre el estado situacional servicio del agua potable en la ciudad de Tacna.
 - Componente N° 03: Análisis sobre la alternativa propuesta (preguntas de 12 al 17)

Tabla 5

Descomposición de las preguntas de la encuesta.

Componentes	Numero de pregunta
Análisis sobre la experiencia	Del 1 al 5
Análisis sobre el estado situacional	Del 6 al 11
Análisis sobre la alternativa propuesta	Del 12 al 17

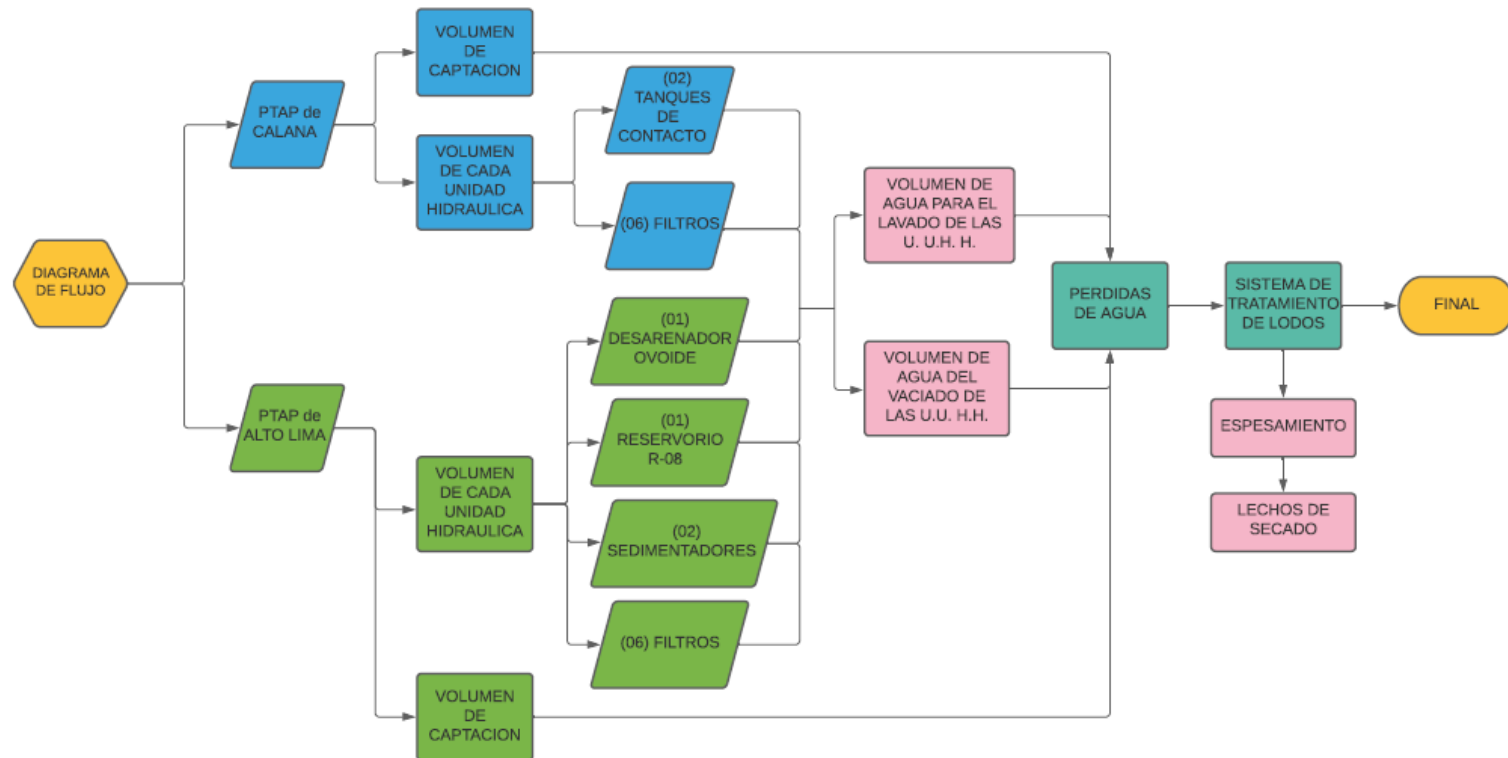
Nota. Esta tabla se detalla la descomposición de nuestro análisis de las encuestas realizadas que consta de 17 preguntas.

- b) Formatos de Cálculo: Se elaboró un formato para facilitar el proceso de recolección de información para realizar la evaluación y su posterior cálculo de las cantidades de agua residual existentes en las Plantas de tratamiento en estudio. (Ver Anexo F)
- c) Equipos Computadoras portátil, impresora, memoria externa, USB, cámara digital.
- d) Útiles de Escritorio: Papel bond, cuaderno de apuntes, equipo de protección personal, resaltadores, lapiceros, corrector, regla.

3.5 Diagrama de flujo

Figura 8

Diagrama de flujo



Nota. Este Diagrama de flujo representa la esquematización del desarrollo de nuestra investigación realizada en las PTAP'S de Calana y Alto Lima.

Figura 9

Formato de cálculo para el diagnóstico de la producción de lodos y la generación de pérdidas de agua en las PTAP'S

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y REGULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESQUEMA HIDRÁULICO DEL TRAMO CERRO BLANCO - CALANA - ALTO LIMA, CIUDAD DE TACNA - 2019							
1. DATOS GENERALES									
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE :									
CAPTACIÓN:		lt/s	m3/s						
PRODUCCION	Mes (30 días)	m3/mes							
FICHA N°									
2. EVALUACION DE PRODUCCION DE LA PLANTA:									
	MES DE _____	MES DE _____	MES DE _____						
Nro de días	0 días	0 días	0 días						
Captacion de Diseño (m3/mes)	0.00	0.00	0.00						
Captacion de PET	0.00 lt/s	0.00 lt/s	0.00 lt/s						
Captacion Real (m3/mes)	0.00	0.00	0.00						
Perdida de Captación	0.00 m3/mes	0.00 m3/mes	0.00 m3/mes						
	0.00 soles/mes	0.00 soles/mes	0.00 soles/mes						
3. CARACTERISTICAS DE LA UNIDADES HIDRAULICAS:									
UNIDAD HIDRÁULICA:									
CANTIDAD (UND):	00								
Area de perfil (m2):	0.00								
LARGO (m):	0.00								
CAPACIDAD (m3):	0.00								
CAPACIDAD (lts):	0.00								
A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD									
	MES DE _____	MES DE _____	MES DE _____						
LAVADO (N° de veces)	0 vez al mes		0 vez al mes		0 vez al mes				
VOL DE AGUA P/ LAVADO	0.00 m3	0 lt	0 cisternas	0.00 m3	0 lt	0 cisternas	0.00 m3	0 lt	0 cisternas
COLCHON (m)	0.00 m		0.00 m		0.00 m				
VOL DE AGUA D/ VACIADO	0.00 m3	0 lt	0 cisternas	0.00 m3	0 lt	0 cisternas	0.00 m3	0 lt	0 cisternas
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	0.00 lt		>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL		0.00 lt			
B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIA DA DURANTE UN (01 AÑO)									
TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	0.00 lt	0.00 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)		190.00 lt/hab/dia				
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL $Q_p = \text{Pob.} \times \text{Dot.} / 86,400$									
POBLACION	0 habitantes	0 familias	SOLES		S/. 0.00				

Nota. Este Formato elaborado para realizar el cálculo para el diagnóstico de la producción de lodos y la generación pérdidas de agua en las PTAP'S de Calana y Alto Lima.

3.6 Procesamiento y análisis de datos

La recolección de datos se obtuvo de las visitas guiadas que se realizaron a las PTAP Calana y PTAP Alto Lima, para recabar datos como cantidades, volúmenes de las aguas residuales producidas en el proceso de tratamiento del agua potable proporcionada por el personal operario. Detallamos la secuencia del tramo en evaluación:

i. Tramo I - Planta de Tratamiento de Agua potable Calana: Esta Planta opera de forma manual, realizando un tratamiento de 450 l/s. Por su composición el agua procedente del Tramo I genera acumulación de lodos que se visualizaron en las visitas a la Planta de Tratamiento en fechas de mantenimiento que consta en el lavado de los Tanques de Sedimentación y Filtros, lo que nos permitió medir la altura de lodos generado por la conducción de agua turbia proveniente en épocas de lluvias, asimismo, en la planta de tratamiento se lleva un control del mantenimiento de las respectivas unidades del sistema la cual fue solicitada en donde se indica el volumen de agua que se necesita para realizar el lavado de las unidades mencionadas, y con este dato se pudo calcular el volumen total de agua pérdida. Estas pérdidas de agua que genera el lavado de las unidades podrían ser recirculadas, para ello analizamos los procesos del sistema de tratamiento de lodos, proponiendo los métodos más oportunos de acuerdo a la necesidad de la planta.

ii. Tramo II - Planta de Tratamiento de Agua potable Alto Lima: Planta que opera de forma manual, con una dotación de 100 l/s. Se calculó la cantidad de lodos producidos y la cantidad de generación de aguas residuales por las unidades de dicha planta en estudio, se pudo analizar la propuesta de recirculación y/o recuperación de estas aguas para mejorar la oferta de la demanda actual.

Para el procesamiento de los datos se utilizó los programas Microsoft Office Excel 2019, para la elaboración del esquema y/o diagramas se utilizó el Auto CAD 2019 y finalmente para la elaboración de la presente, se utilizó Microsoft Office Word.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados de la encuesta

Para poder realizar la evaluación y el diagnóstico de nuestros tramos en estudio, se elaboró una encuesta estructurada en 03 componentes: Análisis sobre la experiencia, análisis sobre el estado situacional del servicio de agua potable y el análisis sobre la alternativa propuesta.

El modelo de la encuesta se encuentra en el Anexo C.

Tabla 6

Pregunta N° 1: ¿En qué se desempeña Ud.?

Alternativa	Resultado	(%)
Ingeniero	18	51,00
Técnico	3	11,00
Trabajador	7	20,00
Estudiante	2	6,00
Otro: Biólogo	2	6,00
Otro: Ciudadano	2	6,00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 7

Pregunta N° 2: ¿Cuántos años de experiencia acumulado tiene trabajando en obras de la rama hidráulica?

Alternativa	Resultado	(%)
1 a 5 años	12	34,00
5 a 10 años	11	31,00
10 a 15 años	2	6,00
Más de 15 años	7	20,00
vacíos	3	9,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: De las preguntas N° 01 y N°02, se puede apreciar que más de 50% de participación de los encuestados fueron ingenieros, profesionales y operadores, que cuentan con experiencia en la rama de la hidráulica de 1 año hasta más de 15 años de experiencia, lo que nos ayuda para validar algunas de nuestras hipótesis con información más confiable y oportuna para el desarrollo de la presente investigación.

Así mismo de las preguntas N° 03, N° 04, y N° 05, nos ayudaron a reconocer el ámbito y la experiencia que tienen los profesionales, operadores y ciudadanos encuestados, para poder validar y desarrollar esta investigación.

Dentro del segundo Análisis sobre el estado situacional del servicio de agua potable se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 8

Pregunta N° 6: ¿Cuenta Ud. con el Servicio de Agua Potable?

Alternativa	Resultado	(%)
Si	35	100,00
No	-	-

Nota. Elaboración Propia

Comentario: De las respuestas de la pregunta N° 06; podemos tener una visión de que el casco urbano evaluado depende del abastecimiento de agua potable de las PTAP'S en estudio.

Tabla 9

Pregunta N° 7: ¿En qué distrito/sector de Tacna, vive Ud.?

Alternativa	Resultado	(%)
SECTOR I: Ciudad Nueva; dentro de este sector se encuentran: Subsector 10 Ciudad Nueva Y, Subsector 11 Ciudad Nueva II, Subsector 12 Amp. Ciudad Nueva y el Subsector 15 Asoc. Cono Norte AAPITAC.	4	11,00
SECTOR II: Pocollay; dentro de este sector encontramos el Subsector 17 Peañas y el Subsector 18 Pocollay.	4	11,00
SECTOR III: Alto de la Alianza Natividad; dentro de este sector se encuentra el Subsector 13 PJ Grau, CPM Bolognesi, P. Industrial, Subsector 09	4	11,00

PJ La Esperanza, PJ San Martín, Subsector 14 Parque Industrial -Zona Auxiliar y el Subsector 16 Urb. Tacna / CPM La Natividad.

SECTOR IV Cono norte; dentro de este sector se encuentra el Subsector 05 Asoc. La Florida - Asoc. Los Milagros, Subsector 07 Asoc. V de Asunta/San Juan de Dios / San Pedro, el Subsector 08 Asoc. Miller/M.A. Odria y el Subsector 06 Asoc. J. Basadre Grohman - Albarracín/Copaja. 3 9,00

SECTOR V Casco Urbano; dentro de este sector se encuentra el Subsector 01 Casco Urbano 1, Subsector 02 PJ Leoncio Prado - Terminal, Subsector 03 Casco Urbano 2 y el Subsector 04 Casco Urbano 3. 9 29,00

SECTOR VI Para Chico Leguía; dentro de este sector se encuentra el Subsector 20 C.P.M. Leguía - Cecoavi, Subsector 21 PJ Para Grande, Subsector 22 PJ Para Chico - Villa Panamericana. 4 9,00

SECTOR VII Cono sur; dentro de este sector se encuentran el Subsector 23 Sector A, B, C, el Subsector 25 Conj. Hab. A. Ugarte I Etapa, Subsector 26 Conj. Hab. A. Ugarte II y III, Subsector 24 Próceres San Francisco, Terminal. 7 20,00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 10

Pregunta N° 8: ¿Cuántas horas al día, cuenta con el servicio de Agua Potable?

Alternativa	Resultado	(%)
1 a 8 horas	5	14,29
8 a 15 horas	6	17,14
15 a 23 horas	4	11,43
24 horas	20	57,14

Nota. Elaboración Propia

Comentario: Así mismo se analizó los sectores donde viven las personas encuestadas en la pregunta N° 07, que tiene sus alternativas en base a la Sectorización de la EPS TACNA S.A., analizando con la relación que guarda con la pregunta N° 08 las personas que viven en el SECTOR I: Ciudad Nueva; dentro de este sector se encuentran: Subsector 10 Ciudad Nueva y, Subsector

11 Ciudad Nueva II, Subsector 12 Amp. Ciudad Nueva y el Subsector 15 Asoc. Cono Norte AAPITAC, solo cuentan con agua potable durante un promedio de 1 a 8 horas al día. En caso del SECTOR IV Cono norte; dentro de este sector se encuentra el Subsector 05 Asoc. La Florida - Asoc. Los Milagros, Subsector 07 Asoc. V de Asunta/San Juan de Dios / San Pedro, el Subsector 08 Asoc. Miller/M.A. Odria y el Subsector 06 Asoc. J. Basadre Grohman - Albarracín/Copaja, cuentan con agua potable de 8 a 15 horas en promedio. Finalmente, los sectores que se encuentran en el casco urbano y parte baja de la ciudad de Tacna cuentan con agua potable de 15 a 24 horas durante el día.

Tabla 11

Pregunta N° 9: ¿Por qué cree que el servicio de Agua Potable no es continuo?

Alternativa	Resultado	(%)
Por sistemas de tratamiento deficiente	12	34,00
Por conexiones clandestinas	3	9,00
Por déficit hídrico	8	23,00
Por poca capacidad de los reservorios	5	14,00
Por fugas y/o pérdidas de agua	7	20,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: El 34% de los encuestados asume que el servicio de agua potable de la ciudad de Tacna no es continuo es por el deficiente sistema de tratamiento que se da en el proceso de potabilización, sin embargo, el 23% considera que el servicio de agua potable no es continuo las 24 horas por el déficit hídrico que se encuentra la ciudad de Tacna. Así mismo el 20% de los encuestados considera que este problema de continuidad se debe a las fugas y/o pérdidas de agua que se registran generalmente en los tramos abiertos o descubiertos a la intemperie

Tabla 12

Pregunta N° 10: Usted considera que la demanda de agua potable en los últimos 10 años ha:

Alternativa	Resultado	(%)
Aumentado	14	40,00
Constante	13	37,00
Disminuido	6	17,00
No sabe	2	6,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: El 40% de los encuestados considera que la demanda de agua ha aumentado y el 37% mencionan que la demanda ha sido constante, precisando que la mayoría de los encuestados de la zona urbana cuentan con tanques de almacenamiento de agua en sus domicilios y viviendas.

La pregunta N° 11 se relaciona a la preocupación de la población por la falta de en el futuro, considerando al 100% la preocupación de todos los encuestados por ser un recurso vital para humanidad.

Finalmente, dentro del Análisis sobre la alternativa de propuesta para la optimización del esquema hidráulico, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 13

Pregunta N° 12: ¿Qué tipos de actividades considera Ud. se deben realizar para conservar el agua?

Alternativa	Resultado	(%)
Reusó / Recirculación de aguas de lavado y mantenimiento	16	46,00
Educación sobre uso racional y ahorro de agua	4	11,00
Protección de ríos y quebradas	3	9,00
Sistema de tratamiento de lodos	12	34,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: Según nuestra encuesta realizada el 46% considera que la mejor manera de conservar el agua es reusando y/o recirculando las aguas de lavado

y mantenimiento, esto con respecto al ámbito de plantas de tratamiento de agua potable. Seguidamente también se tiene un 12% que considera que se debería realizar el sistema de tratamiento de lodos. EL 4% y el 5% restante de los encuestados considera que se debería realizar un proceso de educación sobre uso racional y ahorro de agua, así como la protección de ríos y quebrada, respectivamente.

Tabla 14

Pregunta N° 13: ¿Qué considera que es más rentable?

Alternativa	Resultado	(%)
Optimizar para un correcto funcionamiento de la PTAP	21	60,00
Ampliar la PTAP hasta una máxima producción	5	14,00
Reconstruir por completo la PTAP	9	26,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: Según el estado actual que se encuentran las Plantas en la ciudad de Tacna, el 60% de los encuestados consideran que se debería realizar una optimizar para el correcto funcionamiento de la PTAP. El 9% menciona que se debería realizar una reconstrucción completa de la PTAP y el 5% considera que se deberá ampliar la PTAP hasta una máxima producción.

Tabla 15

Pregunta N° 14: ¿Ud. Conoce o ha escuchado sobre la recirculación de agua?

Alternativa	Resultado	(%)
Si	29.00	83,00
No	6.00	17,00

Nota. Elaboración Propia

Tabla 16

Pregunta N° 15: ¿Ud. Cree que es posible recircular el agua dentro de una planta de tratamiento de agua potable?

Alternativa	Resultado	(%)
Si	29.00	83,00
No	6.00	17,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: De las preguntas N° 14 y N° 15 tenemos que el 83% de los encuestados conocen el proceso de recirculación de agua y el propósito que tendría esto dentro de las plantas, considerando que si es posible. El 6% restante no ha escuchado sobre este tema.

Tabla 17

Pregunta N° 16: Considera que, para la ciudad de Tacna, ¿Hace falta una evaluación acerca de su esquema hidráulico?

Alternativa	Resultado	(%)
Si	32	91,00
No	3	9,00

Nota. Elaboración Propia

Comentario: El 91% de los encuestados consideran que en la ciudad de Tacna hace falta una evaluación acerca de esquema hidráulico, el 3% por el contrario considera que no hace falta.

Tabla 18

Pregunta N° 17: Cree Ud. ¿Qué optimizar el sistema de conducción y regulación es beneficioso para la ciudad de Tacna?

Alternativa	Resultado	(%)
Si	35	100,00
No	-	-

Nota. Elaboración Propia

Comentario: El 100% de los encuestados consideran que al optimizar el sistema de conducción y regulación será beneficioso para la ciudad de Tacna.

4.2 Diagnóstico situacional del área de estudio.

Para realizar nuestra evaluación y diagnóstico del esquema hidráulico se optó por dividir en dos (02) tramos el área de estudio, esto para llevar un mejor análisis de las cantidades y/o volúmenes de agua que se pierde desde su entrega en Cerro Blanco hasta su proceso de potabilización, así como las cantidades de aguas producidas por el lavado y mantenimiento de las unidades, que son vertidas al canal

Caplina. Para el proceso de la evaluación y diagnóstico se realizaron visitas de reconocimiento del lugar a las entidades como EPS TACNA S.A (PTAP Calana y PTAP Alto Lima). Además, se recopiló información mediante operadores de planta, estudios e investigaciones realizadas.

4.2.1 Tramo I: Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana

La planta de Calana se encuentra ubicada entre 480 a 635 m.s.n.m. en el distrito de Calana, el acceso es por vías públicas de la ciudad en la Av. Celestino Vargas prolong. Carretera a Pachia km 6.5, a 50 m más abajo del hospital ESSALUD del distrito de Calana, por otro lado, su sistema de captación de agua cruda comprende un sistema de Embalses ubicados en el sector Piedras Blancas Cerro Blanco a 4 km de la ubicación de la planta.

Figura 10

Mapa de Localización de la PTAP CALANA.

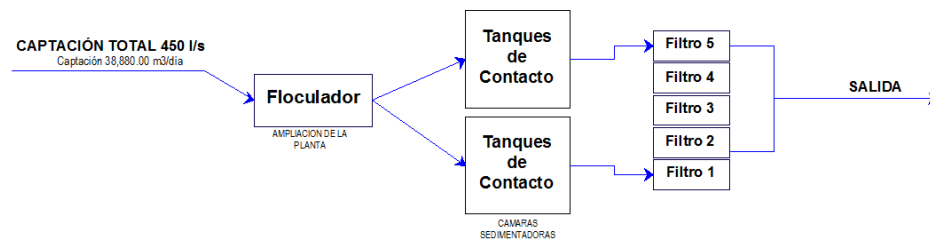


Nota. La figura muestra la ubicación de la PTAP Calana, esta vista satelital fue tomada del Google Earth Pro

Se visitó la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, y se consiguió entrevistas con el jefe de operación de la PTAP Calana, quien nos asesoró acerca de la operación actual de la PTAP de Calana, así mismo las consideraciones del proyecto de Construcción y equipamiento de una nueva Planta de Calana. Posterior a esto se entrevistó también a los técnicos encargados de la operación y mantenimiento de la planta de Calana con quienes realizamos una visita guiada.

Figura 11

Esquema de la situación actual en la PTAP Calana



Nota. La figura muestra una esquematización del funcionamiento de la PTAP Calana.

Obteniendo información reveladora acerca del mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Calana, la cual hemos procesado de la siguiente manera:

Primeramente, planteamos el volumen de captación y el volumen de producción de agua expresado en diferentes unidades de medida.

Con respecto al volumen de captación, esta agua entregada en el partidor Cerro Banco por el PET, pasa a ser almacenada y sedimentada por los reservorios de la EPS, produciéndose una reconducción del agua bruta hacia la planta de Calana pasando por varios desarenadores y conduciendo por gravedad en el canal de Uchusuma mediante dos tuberías una de Asbesto-Cemento y otra de tubería de concreto reforzado hasta la entrada de la PTAP de Calana.

Teóricamente los cinco (05) reservorios que se encuentran ubicados en la zona de Cerro Blanco que son administrados por el PET podrían llegar almacenar 1'925,000.00 m³ que abastecería a la población un promedio de 15 días, estos reservorios están destinados al almacenamiento de agua cruda para poder solucionar el problema del abastecimiento en periodos de mayor consumo. Se obtuvo datos de los volúmenes almacenados en los meses del año 2019. (Ver Tabla N° 19)

Tabla 19

Volúmenes aproximados almacenados en los reservorios durante los meses de abril, agosto y diciembre del 2019

Reservorios en cerro blanco	Abril - 2019 (m3)	Agosto - 2019 (m3)	Diciembre - 2019 (m3)
R1	338 904	355 211	313 379
R2	0 000	0 000	0 000
R3	346 703	388 534	0 000
R4	265 876	389 952	292 109
R5	0 000	127 621	73 027

Nota. Esta tabla muestra los valores almacenados en los cinco (05) reservorios de los meses evaluados (abril, agosto y diciembre). Esta información fue tomada del reporte diario de la página web del Proyecto Especial Tacna

Figura 12

Fotografía de la visita a los reservorios de Cerro Blanco



Tabla 20*Volúmenes en m³/mes entregado por el PET - 2019*

En Partidor Cerro Blanco	
Para Uso Poblacional	
Mes	Volumen Entregado (m³)
Enero	1 216 000 ,00
Febrero	1 185 000 ,00
Marzo	1 187 000 ,00
Abril	1 135 000 ,00
Mayo	1 138 000 ,00
Junio	1 094 000 ,00
Julio	1 136 000 ,00
Agosto	1 136 000 ,00
Setiembre	1 132 977 ,60
Octubre	1 173 139 ,20
Noviembre	1 010 836 ,80
Diciembre	1 201 712 ,40
Total	13 745 666 ,00

Nota. Esta tabla muestra los valores de volúmenes de agua entregados por parte del PET Tacna a la EPS TACNA S.A. en el año 2019. Este reporte fue requerido de la Autoridad Nacional del Agua.

Según el PET el mantenimiento y lavado de cada uno de los reservorios se realiza cada 5 años y dado que en el año 2019 no se realizó ningún mantenimiento, no lo consideramos como un volumen de pérdida de agua que influya en la presente investigación.

Sin embargo, con respecto a la captación real que se encuentra registrado en los formatos de la PTAP Calana existe una diferencia con la captación que se registra en el PET, como se muestra en la siguiente tabla de los meses en evaluación (abril, agosto y diciembre).

Tabla 21*Volúmenes en m³/mes que ingreso a la PTAP Calana- 2019*

	Mes de abril (2019)	Mes de agosto (2019)	Mes de diciembre (2019)
Nro., de días	30 días	31 días	31 días
Caudal - Cerro Blanco,	424,00 lt/s	424,00 lt/s	438,00 lt/s
Captación de PET (m³/mes)	1 135 000,00	1 136 000,00	1 201 712,40
Captación Real (m³/mes)	1 133 327,00	1 056 358,00	1 073 555,00
	1 673,00 m ³ /mes	79 642,00 m ³ /mes	128 157,40 m ³ /mes
Perdida de Captación	4 336 416 000 000 l/s	213 313 132 800 000 l/s	343 256 780 160 000 l/s
	59,56 soles/mes	2 835,26 soles/mes	4 562,40 soles/mes
	29 352,40 soles/año		

Lo que expresa la Tabla N° 21, según el Reporte Hídrico Diario del Proyecto Especial Tacna nos indica que para el mes de abril se captó 424 l/s lo cual se convirtió a m³/mes siendo la captación de 1,135,000.00, sin embargo, según el reporte del personal de la Planta de Tratamiento de Calana la captación real fue de 1,133,327.00 m³/mes. Lo que nos representa una diferencia de captación entre lo que registra el Proyecto Especial Tacna y el volumen de agua que realmente ingresa a la Planta de Tratamiento de Calana existiendo una diferencia de 1,673.00 m³/mes, y expresado en litros por segundo serian 0.65 l/s que no registro el Proyecto Especial Tacna.

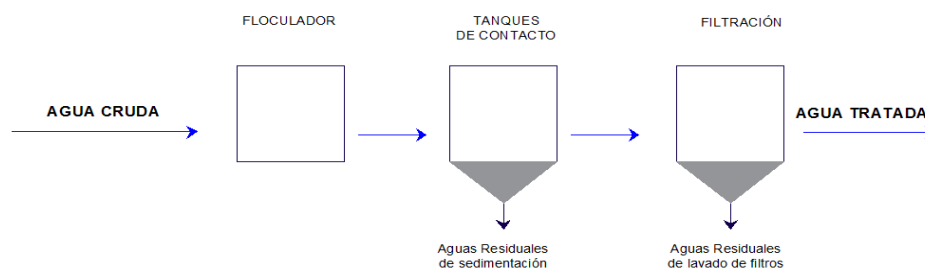
Partiendo de esta evaluación, podemos calcular la diferencia que existen en las cantidades de agua que se pierde en la captación de la PTAP Calana. Obteniendo una diferencia de 1,673.00 m³, 79,642.00 m³ y 128,157.40 m³ en los meses en evaluación abril, agosto y diciembre, respectivamente. Así mismo podemos determinar la pérdida económica que existe por año seria de S/. 29,352.40 soles por año aproximadamente.

Tabla 22*Captación de la Planta de Tratamiento Calana*

Planta de tratamiento de agua potable:		Calana		
Captación:		450,00	lt/s 0,45	m3/s
	Día	38 880,00	m3/día	
Producción	Semana	272 160,00	m3/semana	
	Mes (30 días)	1 166 400,00	m3/mes	

Lo que expresa la Tabla N° 22, es que la Planta de Tratamiento Calana tiene una captación de diseño de 450 lt/s, lo que transformándolo a unidades de m3 al mes considerando que sea un mes de 30 días, sería 1,166,400.00.

Se evaluó la operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento Calana, para dicha evaluación se realizó visitas a la planta de tratamiento, así como entrevistas con los técnicos a cargo de la operación y mantenimiento, encontrando pérdidas de volúmenes de agua considerables en el mantenimiento de las unidades hidráulicas que constituyen la correcta operación de la planta de tratamiento, siendo el análisis de la siguiente manera:

Figura 13*Diagrama del origen de los lodos en la PTAP Calana*

Nota. La figura muestra la esquematización del funcionamiento de la PTAP Calana.

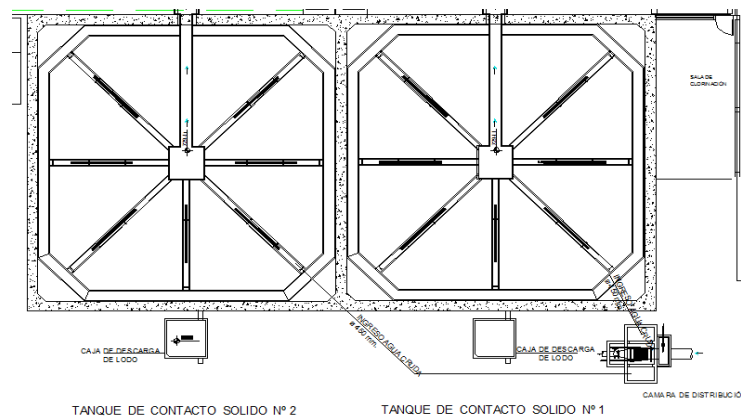
Tabla 23

Unidad hidráulica, Tanques de contacto.

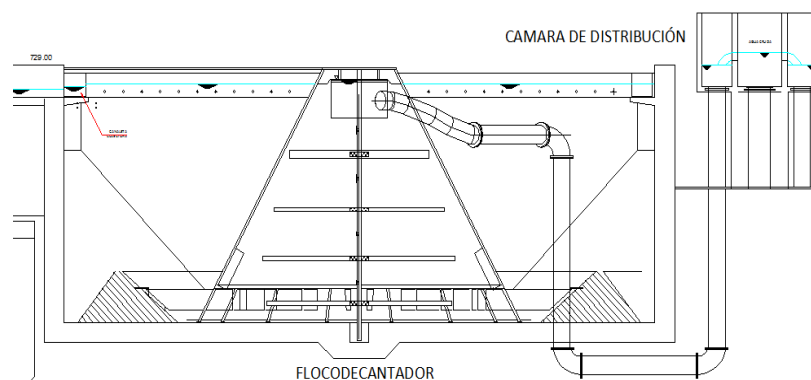
Unidad hidráulica:	Tanques de contacto
Cantidad (und):	02
Área de perfil (m ²):	38.40
Largo (m):	14.65
Capacidad (m ³):	1 125.12
Capacidad (lts):	1 125
	120.00

Figura 14

Planta de los Tanques de Contacto

**Figura 15**

Elevación de los Tanques de Contacto



Una vez hecho el reconocimiento de los Tanques de Contacto, de igual modo se realiza su evaluación en los 3 meses del año para obtener un promedio de la situación anual, (Ver Anexo D) siendo los resultados los siguientes:

Tabla 24*Volúmenes de agua en los Tanques de Contacto.*

	Mes de abril (2019)			Mes de agosto (2019)			Mes de diciembre (2019)			
Lavado (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes			
Vol. de agua p/ lavado	1 716,00 m ³	1 716 000 lt	107 cisternas	1 716,00 m ³	1716000 lt	107 cisternas	1716 ,00 m ³	1716000 lt	107 cisternas	
COLCHÓN (m)	1 ,60 m			1 ,00 m			2 ,00 m			
Vol. de agua d/ vaciado	985,07 m ³	985 066 lt	66 cisternas	1 066 ,52 m ³	1066520 lt	71 cisternas	920 ,02 m ³	920020 lt	61 cisternas	
Promedio de agua de lavado anual	20 592 000 ,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL			11 886 424 ,00 lt		

Los datos de la Tabla N°24 reflejan el mantenimiento de lavado que se realiza a los tanques de contacto de acuerdo al mes, en el mes de abril se realizó 1 vez al mes su mantenimiento, para ello utilizaron un volumen de agua equivalente a 1716.00 m³, volumen de agua registrado en el control de mantenimiento de la planta de tratamiento de Calana, así mismo para el mes de abril los tanques de contacto presentaron en el momento de su mantenimiento un colchón de lodos con una altura 1.60 m, lo cual nos es útil para determinar el volumen de agua de vaciado que se reutiliza, dicho volumen se calcula de la capacidad del tanque de contacto menos el volumen de agua generado por el colchón, siendo este 985.07 m³.

El mismo análisis se repite para los meses de agosto y diciembre, cabe resaltar que está programado que el mantenimiento de lavado de los Tanques de Contacto se realice una vez al mes durante todo el año, sin embargo, si se presentara que el colchón sea demasiado alto por las precipitaciones pluviales elevadas y constantes, se podría hacer el mantenimiento 2 veces al mes, por ello la importancia de evaluar en diferentes meses del año. Presentándose en el mes de agosto un colchón de 1 metro con un volumen de agua de vaciado de 1066.52 m³ que representan a 71 cisternas de agua de 15000 litros y en el mes de diciembre un colchón de 2 metros con un volumen de agua de vaciado de 920.02 m³ representando 61 cisternas de agua, claramente representa una diferencia considerable de agua que no se puede volver a utilizar cuando se presentan tiempos de lluvia.

Tabla 25*Cuadro comparativo entre agua de lavado y agua de vaciado.*

Promedio de agua de lavado anual	20 592 000,00 lt	>	Promedio de agua de vaciado anual	11 886 424,00 lt
----------------------------------	------------------	---	-----------------------------------	------------------

El análisis de la Tabla N° 25 nos muestra el promedio de agua de lavado anual, obtenido del volumen de agua de lavado de cada mes, en comparación con el promedio de agua de vaciado anual, esta comparación es importante para identificar que se requiere mucho más volumen de agua para el mantenimiento de lavado que el volumen de agua que se puede obtener en el vaciado de los tanques de contacto.

Dicha tabla también nos muestra el volumen de agua anual que se debería enviar teóricamente a la Planta de Tratamiento de Alto Lima para que se realice nuevamente su tratamiento, se pueda consumir y no sea totalmente desperdiciada, para que este volumen sea evaluado correctamente se hizo el siguiente análisis:

Tabla 26*Volumen Total de Agua de desperdicio en Tanques de Contacto*

Total de agua de residuo	32 478 424,00 lt	1,03 lt/s	Dotación (lt/hab/día)	190,00 lt/hab/día
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL			Qp= Pob, x Dot,/86 400	
Población	468 habitantes	78 familias	SOLES	S/. 22 442,59

La Tabla N° 26 nos señala la suma directa entre el promedio de agua de lavado anual y el promedio de agua de vaciado anual, siendo un total de 32,478,424.00 litros al año de volumen de agua, si este volumen se reutiliza al 100% realizando el cálculo correspondiente podría beneficiar a 468 habitantes de la ciudad de Tacna, lo que equivale a 78 familias de 6 personas cada una.

Figura 16

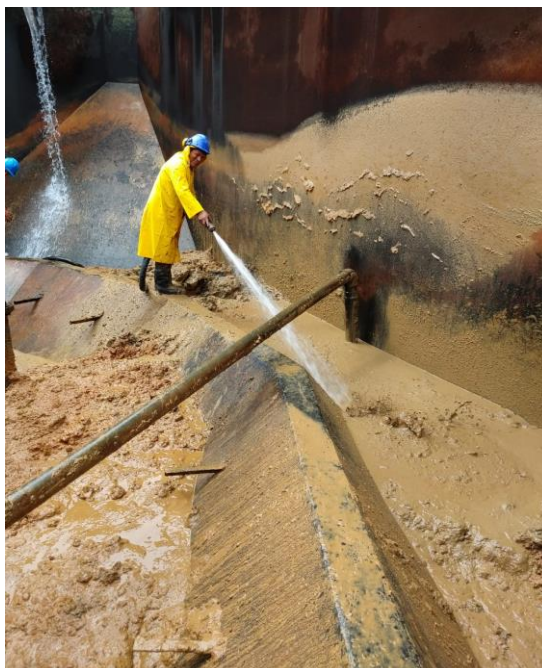
Fotografía de Lavado de Tanques de Contacto en la PTAP Calana



Nota. Esta fotografía es del mantenimiento que se da a los tanques de contacto, fue tomada el día de la visita de campo que se realizó a la PTAP Calana.

Figura 17

Fotografía de los lodos formados en los Tanques de Contacto en la PTAP Calana



Nota. Esta fotografía es del mantenimiento que se da a los tanques de contacto, fue tomada el día de la visita de campo que se realizó a la PTAP Calana

Continuando con la evaluación de las unidades hidráulicas que conforman la Planta de tratamiento de Calana se presenta la evaluación de los filtros.

Tabla 27

Características de la unidad hidráulica, Filtros

Unidad hidráulica:	Filtros
ANCHO (m):	8,20
LARGO (m):	5,40
ALTURA (m):	3,30
CAPACIDAD (m3):	730,62
CAPACIDAD (lts):	730 620,00

Figura 18

Planta de los Filtros

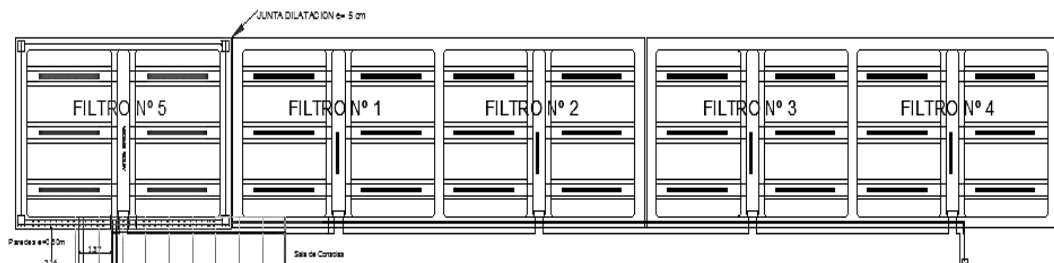
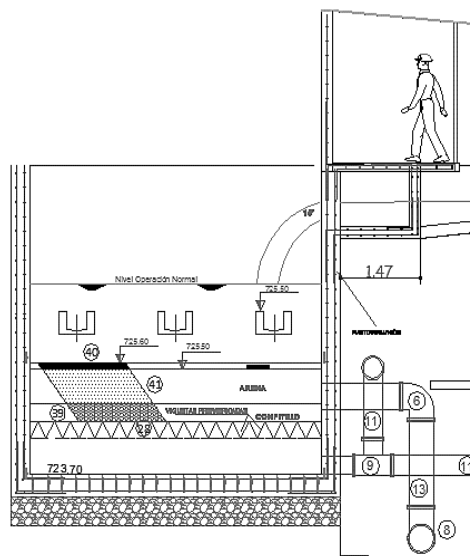


Figura 19

Elevación de los Filtros



Una vez hecho el reconocimiento de los Filtros, de igual modo se realiza su evaluación en los 3 meses del año para obtener un promedio de la situación anual, siendo los resultados los siguientes:

Tabla 28

Volúmenes de agua en los Filtros.

	Mes de abril (2019)			Mes de agosto (2019)			Mes de diciembre (2019)			
Cantidad (und)	05			05			04			
Lavado (N° de veces)	247 veces al mes			214 veces al mes			184 veces al mes			
Vol. de agua p/ lavado	81510 m3	81510000 lt	5094 cisternas	70620 m3	70620000 lt	4414 cisternas	60720 m3	60720000 lt	3795 cisternas	
COLCHON (m)	0,15 m			0,15 m			0,15 m			
Vol. de agua d/ vaciado	697,41 m3	697410 lt	46 cisternas	697,41 m3	697410 lt	46 cisternas	557,93 m3	557928 lt	37 cisternas	
Promedio de agua de lavado anual	851 400 000,00 lt			>	Promedio de agua de vaciado anual			7 810 992,00 lt		

La Tabla N° 28 nos muestra que en el mes de abril se encontraban operativos los 05 filtros, realizándose un mantenimiento de lavado todos los días entre 1 o 2 veces durante el día, siendo un total de 247 veces al mes en total, utilizándose un volumen de agua para lavado de 81510.00 m3, aquí también se señala un colchón mínimo de 15 cm, recalcando que en ocasiones este colchón es inferior, puesto que el mantenimiento es constante, generando un volumen de agua de vaciado de 697.41 m3, es importante señalar que en el mes de Diciembre solo se encontraron operativos 04 filtros. (Ver Anexo D)

Tabla 29

Co comparativo entre agua de lavado y agua de vaciado.

Promedio de agua de lavado anual	851 400 000,00 lt	>	Promedio de agua de vaciado anual	7 810 992,00 lt
----------------------------------	--------------------------	---	-----------------------------------	------------------------

La Tabla N° 29 nos señala el promedio de agua de lavado anual en comparación del promedio de agua de vaciado anual, como se muestra la diferencia es elevada, siendo el volumen de agua que se requiere para el mantenimiento de lavado de los filtros mucho mayor que el agua de vaciado que se puede obtener de los filtros.

Calculando un total entre el promedio de agua de lavado anual y el promedio de agua de vaciado anual, teóricamente la operación de la Planta de Tratamiento de

Calana indica que el 50% del volumen de agua de lavado utilizada para el mantenimiento de los filtros va directamente a la Planta de Tratamiento de Alto Lima lo que viene ser para el mes de abril 40,755,000 litros, calculando un promedio entre los 3 meses, se obtiene un total de agua de residuo que va para la Planta de Alto Lima, y ese volumen lo representamos en 1023 familias de 6 personas.

Tabla 30

Volumen Total de Agua de desperdicio en Filtros

	Mes de Abril (2019)		Mes de Agosto (2019)		Mes de diciembre (2019)	
Total de agua p/ alto lima	40 755 000 lt	15,72 lt/s	35 310 000 lt	13,62 lt/s	30 360 000 lt	11,71 lt/s
Total de agua de residuo	425 700 000,00 lt	13,50 lt/s	Dotación (lt/hab/día)		190,00 lt/hab/día	
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL			Qp= Pob, x Dot,/86 400			
Población	6 138 habitantes	1 023 familias	SOLES		S/. 374 275,44	

Según la Estructura Tarifaria de la EPS TACNA S.A. (Ver Anexo H), establece los montos por el servicio de agua para los usuarios. De acuerdo a la Resolución de Consejo Directivo N° 056-2018-SUNASS-CD del 21 de diciembre del 2018, siendo el monto económico promedio de 1.256 S/. /m3 utilizado en los rangos de 8 a 16 m3/mes.

Por lo que resumidamente la evaluación anual de la Planta de Tratamiento de Calana sería la siguiente.

Tabla 31

Resumen del cálculo anual de agua de desperdicio en la Planta de Tratamiento Calana

	Volumen de agua de desperdicio	Costo en función a la etapa de producción de agua	Familias que podrían ser beneficiadas	Familias que podrían ser beneficiadas
Tanques de contacto	32 478 424,00 lt	S/ 22 442,59	468 habitantes	78 familias
Filtros	425 700 000,00 lt	S/ 374 275,44	6138 habitantes	1023 familias
Total	458 178 424,00 lt	S/ 396 718,03	6606 habitantes	1101 familias

4.2.2 Tramo II: Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima

La planta Alto Lima fue construida en el año 1934, es la planta más antigua en la ciudad de Tacna. Se encuentra ubicada en la calle Basadre y Forero prolongación Alto Lima, cuyas coordenadas geográficas UTM WGS 84 E: 369641.00 m y N: 8009295.00 m (Ver figura 20). Esta planta ha sufrido una serie de ajustes y mejoras a lo largo de los años, como construcciones de sedimentadores, de reservorios, filtros rápidos, entre otras estructuras que sirvieron para el buen funcionamiento de la PTAP de Alto Lima. Esta planta se abastece de aguas captadas del canal Caplina provenientes del río con el mismo nombre y de aguas de desperdicio producto al lavado de las unidades de la PTAP Calana ubicada en el Distrito de Calana.

Figura 20

Mapa de Localización de la PTAP ALTO LIMA



Nota. La figura muestra la ubicación de la PTAP Alto Lima, esta vista satelital fue tomada del Google Earth Pro

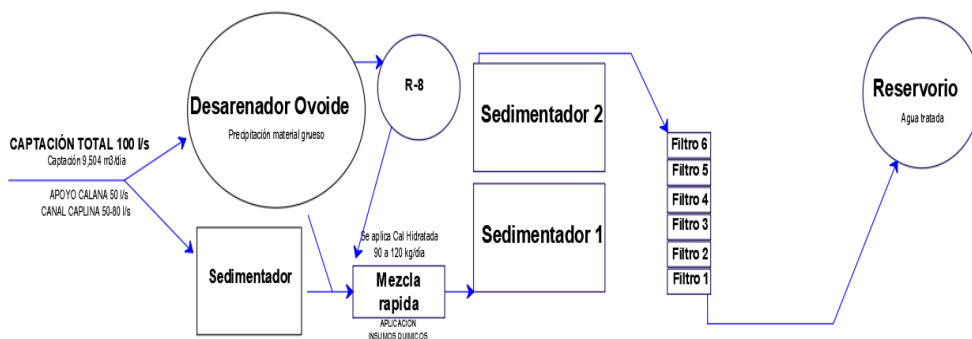
Para esta evaluación es necesario conocer las condiciones y la situación actual de la PTAP Alto Lima, produce 110 l/s, tiene como fuente principal el canal Caplina captando aproximadamente de 50 l/s de agua cruda por medio de una derivación sobre la margen derecha del canal hacia la cabecera de la planta, en ocasiones llega a 80 l/s y de 20 l/s a 50 l/s del aporte de la PTAP de Calana (aguas de desperdicio) mediante una tubería de 10"; que son transportados por una línea de

captación de la planta Calana. Considerando un porcentaje de captación de 65% del caudal del canal Caplina y 35% de la PTAP de Calana.

La PTAP de Alto Lima actualmente consta de las siguientes unidades:

- Canal de ingreso (agua cruda)
- Desarenador Ovoide
- Mezcla rápida
- Floculador
- Sedimentadores
- Filtros
- Reservorio

Figura 21
Esquema de la situación actual en la PTAP Alto Lima



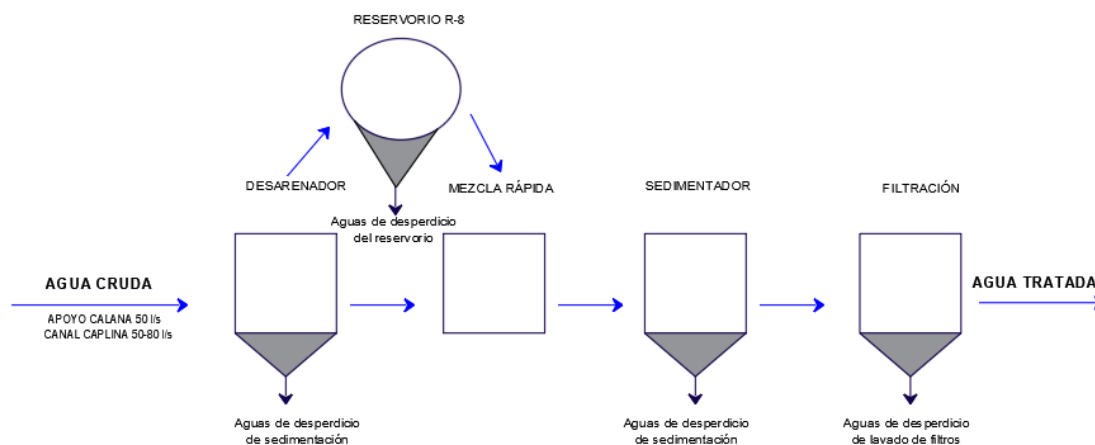
Nota. La figura muestra la esquematización del funcionamiento de la PTAP Alto Lima.

A continuación, se hace el cálculo de las cantidades de agua de desperdicio y lodos producidos en el proceso de tratamiento de agua en la PTAP Alto Lima.

Se obtuvo información sobre aspectos característicos de las unidades existentes de la planta en estudio. Así se tuvo información de las unidades que producen aguas de desperdicio (ver Figura N° 21). Esta evaluación se complementa con la información con el dato de los volúmenes brindado por el operador de la planta, se nos proporcionó los volúmenes captados durante tres (03) meses del año que fueron elegidos de acuerdo a la variación del clima de la región, debido que las cantidades de agua varían para los distintos meses del año, dependiendo de las condiciones climáticas. El reporte se puede encontrar en el Anexo E.

Figura 22

Diagrama del origen de los lodos en la PTAP Alto Lima



Nota. La figura muestra el desarrollo de los lodos (pérdidas de agua) generado en las unidades hidráulicas de la PTAP Alto Lima.

Se evaluó los meses ABRIL, AGOSTO Y DICIEMBRE del año 2019 para realizar el análisis y el cálculo del volumen de agua de desperdicio producto del proceso de potabilización, de limpieza y mantenimiento de las unidades de la planta. La PTAP Alto Lima está operando 100 l/s; sin embargo, el medidor puede llegar a marcar hasta 110 l/s como máximo, caudal que está conformado por 50 l/s por el río Caplina de acuerdo a la resolución, y el restante del caudal es enviado desde la PTAP Calana que podría llegar apoyar con un caudal de 100 l/s. De acuerdo a la información suministrada por el operador de la planta se pudo saber el volumen real captado por cada mes según los datos reportados por el operador de planta.

Tabla 32

Volúmenes en m³/mes que ingreso a la PTAP Alto Lima- 2019

	Mes de abril (2019)	Mes de agosto (2019)	Mes de diciembre (2019)
Nro. de días	30 días	31 días	31 días
Captación de Diseño (m³/mes)	259 200,00	267 840,00	267 840,00
Captación Real (m³/mes)	266 603,00	261 997,00	283 243,00

Haciendo un cálculo de acuerdo al caudal de diseño deberíamos tener un volumen por mes (30días) de 259,200.00 m³, en la tabla se puede observar claramente que el volumen reportado en el mes de abril y diciembre es mayor al volumen calculado con el caudal de diseño, lo que no lleva a deducir que en estos

meses se ha estado captando más agua de lo que corresponde. De los meses evaluados, el mes de agosto es el único que presenta una diferencia de 5 843 m³ entre volumen reportado y volumen de captación de diseño, que equivale a 1,543,725.23 galones de agua que representa una pérdida económica de S/ 208,01 soles bajo el marco del DS N° 011-2019 - MINAGRI que aprueba valores de retribuciones económicas a pagar por uso de agua superficial y subterránea.

Seguidamente el caudal que ingresa a la planta es conectado a los desarenadores, la planta cuenta con dos (02) desarenadores, el desarenador principal tiene una capacidad de 900 m³ y es de forma ovoide, tiene un tiempo de retención de 2.5 horas, esto permite la retención de material grueso que trae el canal Caplina y el rebose se pasa al reservorio R-8.

Figura 23

Vista en planta de los desarenadores de la Planta de Alto Lima

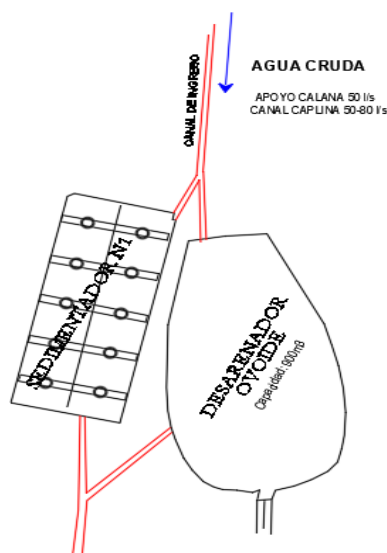


Tabla 33

Características unidad hidráulica: Desarenador ovoide

Unidad hidráulica:	Desarenador ovoide
Cantidad (und):	01
Área de la unidad (m²):	334,78
Altura (m):	4,70
Capacidad (m³):	900,00
Capacidad (lts):	900 000,00

En esta etapa del proceso de tratamiento de agua se hace la cuantificación del agua utilizada para el mantenimiento del sedimentador ovoide, según su programación anual en Manual Operación de Planta Alto Lima el desarenador ovoide debería lavarse una cantidad de 12 veces al año, cabe indicar que está sujeto al cambio climático de la zona alto andina de Tacna, en los meses que hay presencia de precipitados fluviales (diciembre hasta marzo) se puede llegar a lavar hasta 4 veces por meses durante un tiempo de 3 a 4 horas, como es el caso del mes de febrero del año 2019 según lo comentado por el operador de planta.

Tabla 34

Volúmenes de lodos y agua de desperdicio en el desarenador ovoide

	Mes de Abril (2019)			Mes de Agosto (2019)			Mes de Diciembre (2019)			
Lavado (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			2 vez al mes			
Vol. de agua p/ lavado	770,40	770400	51	770,40	770400	51	1540.80	1540800	103	
	m3	lt	cisternas	m3	lt	cisternas	m3	lt	cisternas	
Colchón (m)	1,80 m			1,60 m			2,10 m			
Promedio de agua de lavado anual	12 326 400,00 lt			>	Promedio de agua de vaciado anual			-		

Los datos de la Tabla 34 reflejan la cantidad de agua usada en el mantenimiento del desarenador ovoide, el mes de abril se realizó 1 vez el mantenimiento, para ello utilizaron un volumen de agua equivalente a 770.40 m3, volumen de agua relativamente calculado proveniente del mismo canal Caplina y mediante una motobomba de diámetro de succión y de descarga de 4" de diámetro con una capacidad de 2,280L/min y una potencia de 13HP, así mismo como se detalla en el cuadro para el mes de agosto el sedimentador presento una altura 1.60 m del lodo, utilizando aproximadamente la misma cantidad de agua para su mantenimiento, finalmente en el mes de diciembre hubo presencia de lluvias en la parte alta de Tacna y se tuvo que realizar el mantenimiento 2 veces determinando la cantidad de 1540.80 m3 de agua; en este unidad no hay pérdida por vaciado de agua debido al momento de hacer su mantenimiento el agua es desviada hacia el desarenador cuadrado.

En el caso de esta unidad por estar en su primer proceso de tratamiento el cálculo de la pérdida económica de agua para su lavado, tenemos 12,326,400.00 lts por año lo que representa una pérdida económica de S/ 774.10 soles por año bajo el marco de la Estructura Tarifaria de la EPS TACNA S.A. (Ver Anexo H) que establece los montos por el servicio de agua para los usuarios. De acuerdo a la Resolución de Consejo Directivo N° 056-2018-SUNASS-CD del 21 de diciembre del 2018, siendo el

monto económico promedio de 1.256 S/. /m³ utilizado en los rangos de 8 a 16 m³/mes.

Además, dentro del alcance de nuestro trabajo de investigación hacemos la evaluación que la cantidad calculada anualmente de agua desechada al canal Caplina podría cubrir una demanda de 178 habitantes que es alrededor de 30 familias (constituido por 6 personas) teniendo en cuenta una dotación de 190 lt/hab/día.

El desarenador ovoide rebosa sus aguas al reservorio R-8 que tiene las siguientes características:

Tabla 35

Características del reservorio R-8

Unidad hidráulica:	Reservorio R-8
Cantidad (und):	01
Area de planta (m²):	583,00
Altura (m):	6,00
Capacidad (m³):	3 500,00
Capacidad (Its):	3 500 000,00

Este reservorio de agua cruda sirve como almacenamiento de lo que rebosa del desarenador ovoide, se lava 1 vez al mes para su proceso se debe desechar el agua por lo menos 3 horas al canal Caplina. El cálculo de las cantidades de agua desperdiciadas se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 36

Volúmenes de lodos y agua de desperdicios del Reservorio R-8.

	Mes de abril (2019)			Mes de agosto (2019)			Mes de diciembre (2019)			
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes			
Vol. de agua p/ lavado	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	
Colchón (m)	0,95 m			0,80 m			1,00 m			
Vol. de agua d/ vaciado	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	
Promedio de agua de lavado anual	19 560 000,00 lt			>	Promedio de agua de vaciado anual			10 500 000,00 lt		

Los datos de la Tabla 36 nos muestra la cantidad de agua usada en el lavado del reservorio de agua cruda que es realizada una (01) vez al mes. En el mes de abril, agosto y diciembre se utilizó un volumen de agua de 1 630.00 m³, el lavado que se hace vaciando por completo el reservorio y mediante la ayuda de motobomba de diámetro de succión y de descarga de 4" de diámetro con una capacidad de 2,280L/min y una potencia de 13HP es removido las partículas concentradas en el fondo de la unidad, el agua utilizada es desviada al canal Caplina. Se calculó de un promedio de 19,560,000.00 lts de agua utilizada para el mantenimiento y el lavado, un promedio de 10,500,000.00 lts de agua de vaciado por año, ya que si la unidad sigue operando puede haber problemas de turbidez ya que el reservorio presenta finos en el fondo, lo que representa una pérdida económica de S/ 1,887.77 soles por año bajo el marco de la Estructura Tarifaria de la EPS TACNA S.A. (Ver Anexo H).

Así mismo hacemos la evaluación que la cantidad calculada anualmente de agua desechada al canal Caplina podría cubrir una demanda de 433 habitantes que es proporcional a 72 familias (constituido por 6 personas) teniendo en cuenta una dotación de 190 lt/hab/día.

Continuando con la evaluación de las unidades de la planta, tenemos las unidades de decantación denominados pozos mellizos, son de flujo horizontal, tiene un tiempo de retención de 11 horas. Sus características son detalladas en la siguiente tabla:

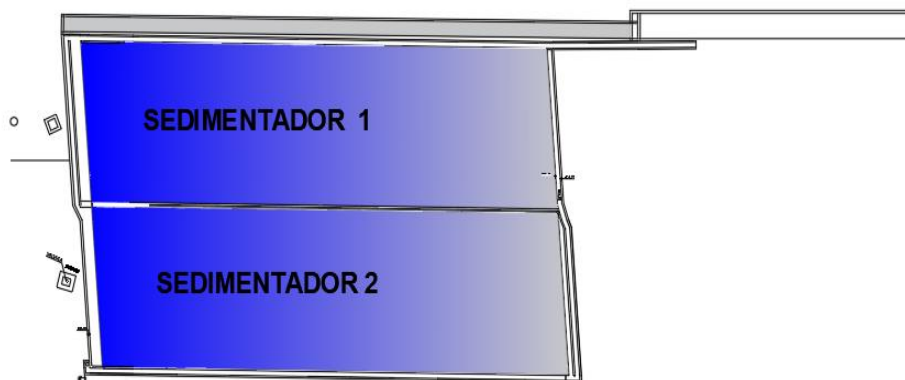
Tabla 37

Características de los sedimentadores

Unidad hidráulica:	Sedimentadores
Cantidad (und):	2
Área de planta (m²):	800,00
Altura (m):	4,00
Capacidad (m³):	6 400,00
Capacidad (lts):	6 400 000,00

Figura 24

Vista en planta de los sedimentadores de la Planta de Alto Lima



Esta unidad tiene diferentes etapas para realizar su mantenimiento, la primera es de forma diaria que se realiza el retiro de material flotante mediante espumaderas; la segunda es la que se realiza una (01) vez por mes según el operador que consiste en raspado de los canales y retiro del material impregnado como algas, generado de este proceso aguas residuales que son enviadas al canal Caplina; la tercera y último proceso de mantenimiento se cada 6 meses. Nuestra cuantificación fue evaluada en base el mantenimiento que se realiza cada mes con un tiempo de 3 a 4 horas aproximadamente.

Figura 25

Fotografía de los sedimentadores de la Planta de Alto Lima



Nota. Esta fotografía fue tomada el día de la visita de campo que se realizó a la PTAP Alto Lima.

Tabla 38*Volúmenes de lodos y agua residual producidos en los desarenadores*

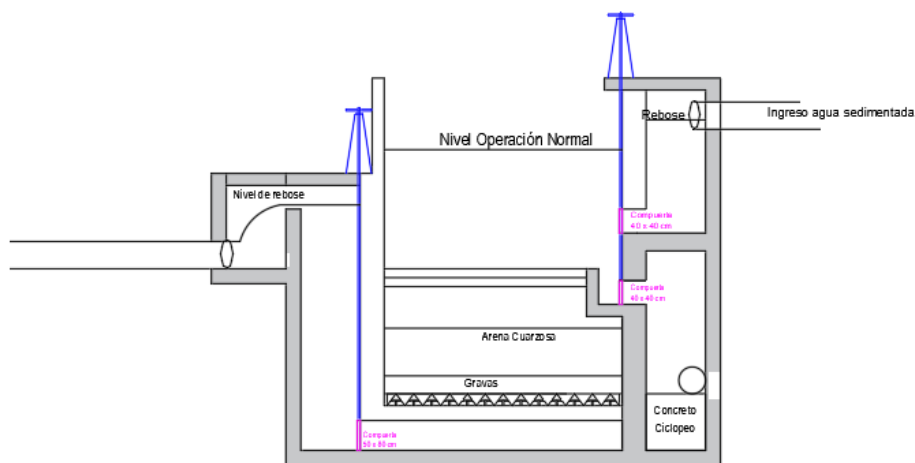
	Mes de abril (2019)			Mes de agosto (2019)			Mes de diciembre (2019)			
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes			
Vol. De agua p/ lavado	3 200,00 m3	3 200 000 lt	213 cisternas	3 200,00 m3	3 200 000 lt	213 cisternas	3 200.00 m3	3 200 000 lt	213 cisternas	
Colchón (m)	0,65 m			0,60 m			1,00 m			
Vol. de agua d/ vaciado	3 200,00 m3	3 200 000 lt	213 cisternas	291,20 m3	291 200 lt	19 cisternas	251.20 m3	251 200 lt	17 cisternas	
Promedio de agua de lavado anual	38 400 000,00 lt			>	Promedio de agua de vaciado anual			14 969 600,00 lt		

Los datos de la Tabla 38 reflejan la cantidad de agua usada en el mantenimiento y limpieza de los sedimentadores que son realizadas una (01) vez por mes. En el mes de abril, agosto y diciembre se utilizó un volumen de agua de 3 200.00 m³, el lavado que consiste en el raspado de los canales y retiro del material impregnado como algas, se hace uso una motobomba de diámetro de succión y de descarga de 4" de diámetro con una capacidad de 2,280L/min y una potencia de 13HP, en esta unidad hay pérdida por vaciado de agua al momento de hacer su mantenimiento el agua es desechada por las válvulas que son desviadas al canal Caplina. Se calculó de un promedio de 38,400,000.00 lts de agua utilizada para el mantenimiento y un promedio de 14,969,600.00 lts de agua de vaciado por año lo que representa una pérdida económica de S/ 40 219.33 soles por año. Así mismo hacemos la evaluación que la cantidad calculada anualmente de agua desechada al canal Caplina podría cubrir una demanda de 770 habitantes que es proporcional a 128 familias (constituido por 6 personas) teniendo en cuenta una dotación de 190 lt/hab/día.

Finalmente, según el recorrido del proceso de potabilización, el agua pasa al proceso de filtración. La PTAP Alto Lima cuenta con una batería de 06 filtros para tratar un máximo de 100 l/s, las dimensiones de estas unidades son de 3 m de largo y 2.40 m de ancho, con una altura de 2.50 por cada filtro, cuentan con un sistema de lavado hidráulico, tipo CEPIS los filtros están compuestos de material filtrante de arena con una altura de 80 cm, luego en la parte del soporte tienen 30 cm de gravas y viguetas prefabricadas de concreto.

Figura 26

Vista en perfil de los filtros de la Planta de Alto Lima

**Tabla 39**

Características de la unidad hidráulica: Filtros

Unidad hidráulica:	Filtros
Ancho (m):	2,40
Largo (m):	3,00
Altura (m):	2,50
Capacidad (m ³):	108,00
Capacidad (lts):	108 000,00

Para el cálculo del volumen de agua utilizado para la limpieza y el mantenimiento de las seis (06) unidades de filtración se toma datos de lo reportado por el operador de planta de los meses en evaluación: abril, agosto y diciembre (Anexo E), se detalla de la siguiente manera:

- En el mes de abril del año 2019: Solo se tuvo operativo cinco (05) filtros, se lavó 150 veces al mes con un promedio de 5 veces al día; utilizando alrededor 14 400.00 m³ de agua para el lavado de los filtros que hacen referencia a 900 cisternas con una capacidad de 16 000 lts.
- En el mes de agosto del año 2019: También solo se tuvo operativo cinco (05) filtros, se lavó 155 veces al mes con un promedio de 6 veces al día;

utilizando alrededor 14 880.00 m³ de agua para el lavado de los filtros que hacen referencia a 930 cisternas con una capacidad de 16 000 lts.

- En el mes de diciembre del año 2019: Se tuvo operativo los seis (06) filtros, se lavó 186 veces al mes con un promedio de 6 veces al día; utilizando alrededor 17 856.00 m³ de agua para el lavado de los filtros que hacen referencia a 1 116 cisternas con una capacidad de 16 000 lts.

Figura 27

Fotografía de los filtros de la Planta de Alto Lima



Nota. Esta fotografía fue tomada el día de la visita de campo que se realizó a la PTAP Alto Lima.

Tabla 40

Volúmenes de lodos y agua de desperdicio producidos en los filtros

	Mes de Abril(2019)			Mes de agosto (2019)			Mes de diciembre (2019)			
Cantidad (und)	05			05			06			
LAVADO (N° de veces)	150 veces al mes			155 veces al mes			186 veces al mes			
Vol. de agua p/ lavado	14 400,00 m ³	14 400 000 lt	900 cists	14 880,00 m ³	14 880 000 lt	930 cists	17 856,00 m ³	17 856 000 lt	1 116 cists	
Colchón (m)	0,15 m			0,15 m			0,15 m			
Vol. de agua d/ vaciado	14,40 m ³	14 400 lt	1 cisternas	14,40 m ³	14 400 lt	1 cisternas	14,40 m ³	14 400 lt	1 cisternas	
Promedio de agua de lavado anual	188 544 000,00 lt			>	Promedio de agua de vaciado anual			172 800,00 lt		

En el Tabla 40 se observa el volumen de agua utilizada para el lavado de los filtros por cada mes. Así mismo se tiene el volumen promedio de agua de lavado anual 188, 544, 000.00 lts aproximadamente.

Finalmente, dentro del alcance de nuestro trabajo de investigación hacemos la evaluación del total de agua de residuo anualmente aproximadamente se utiliza 188,544,000.00 lts para el lavado de filtros y un volumen de 172,800.00 lts de agua de vaciado de estas unidades, que podría cubrir una demanda de 2 721 habitantes que es alrededor de 454 familias (constituido por 6 personas) teniendo en cuenta una dotación de 190 lt/hab/día.

Asimismo, hacemos una evaluación económica en relación a la cantidad de agua usada para el lavado y mantenimiento de las unidades de filtración tenemos una pérdida económica anual de S/. 165,919.81 soles.

En la siguiente tabla mostramos el consolidado del cálculo realizado en la PTAP Alto Lima:

Tabla 41

Volúmenes de lodos y agua de desperdicio producidos en la PTAP Alto Lima

	Volumen de agua desperdiciada	Costo en función a la etapa de producción de agua	Familias que podrían ser beneficiadas	Familias que podrían ser beneficiadas
Desarenador ovoide	12 326 400,00 lt	S/ 774,10	178 habitantes	30 familias
Reservorio 08	30 060 000,00 lt	S/ 1 887,77	433 habitantes	72 familias
Sedimentadores	38 400 000,00 lt	S/ 40 219,33	770 habitantes	128 familias
Filtros	188 544 000,00 lt	S/ 165 919,81	2721 habitantes	454 familias
Total	269 330 400,00 lt	S/ 208 801,01	4102 habitantes	684 familias

Nota. Esta Tabla muestra valores totales de la evaluación realizada al volumen de agua desperdicia en las unidades hidráulicas de la PTAP Alto Lima.

Para la evaluación del volumen de agua utilizada para la limpieza y/o lavado de las unidades ya mencionadas, se determina en relación al Manual de Operación de Planta Alto Lima y según los datos brindados por el operador de la planta.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontramos a Avalos & Flores (2021), a través de su análisis realizado a la continuidad del servicio de agua potable en el Sector VI que es abastecido por la PTAP Alto Lima, se tiene claramente un descenso de horas del servicio de agua potable del año 2015 al 2019 que pasa de contar de 21 horas a con 12 horas al día, estos resultados que guardan relación con el informe de la INEI (2019) y con nuestras realizadas a especialistas que viven por dicha zona, que finalmente nos termina por validar la existencia de un déficit de la oferta en la ciudad de Tacna.

La investigación hecha por Fernandez (2015), en el país vecino, realiza un análisis a 185 PTAP de Chile de las cuales solo el 4,9% cuentan con tratamiento aguas residuales y recomienda que se traten las aguas residuales aquellas que son generadas por la coagulación, que tienen altas concentraciones de arsénico, fierro, manganeso, cloruros y sulfatos; que es algo muy similar a las características de nuestras PTAP y a la calidad de agua de la cuenca Caplina y Uchusuma, es por ello que realizamos una propuesta de un sistema tratamiento de lodos.

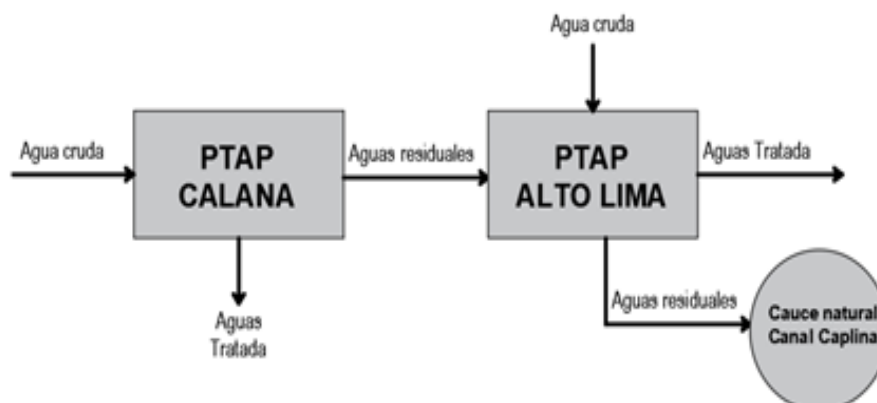
Otro de los aspectos trascendentes es el tema del cuidado del medio ambiente, según Martínez (2010), considera que el retorno de las aguas de lavado de filtros mejora las condiciones medioambientales y a la vez reduce de los costos administrativos que corresponden al pago de la tasa de retributiva por vertimientos a un curso de agua. Si bien es cierto en el Perú, la falta de normas específicas que regulen el manejo de las aguas residuales en las plantas de tratamiento de agua potable da lugar al vertimiento no autorizados.

5.1 Volúmenes de pérdida de agua en la producción de las PTAP'S.

Según los resultados obtenidos en la evaluación de nuestro tramo de estudio, se capta la mayor parte de agua cruda proveniente del río Uchusuma. Estas pérdidas producto al proceso de potabilización y el respectivo mantenimiento que se hace a las unidades de las plantas de tratamiento de agua potable de Calana y Alto Lima.

Figura 28

Situación actual de las pérdidas de agua por las PTAP



Según nuestro cálculo tenemos 458'178,424.00 lt de agua resultado del proceso de mantenimiento y lavado de las unidades de la PTAP Calana, volumen que no es relevante porque teóricamente esta cantidad de agua es trasladada a la PTAP Alto Lima, en esta planta se calcula 269,330,400.00 lt de agua de desperdicio retornada al canal Caplina; asimismo se obtuvo un porcentaje de 70% de agua de desperdicio que es resultado de mantenimiento diario de los filtros.

Según (Dellepiane, 2003) determinó que se podía recuperar cerca del 95 y 90%, del agua utilizada para el lavado de filtros y ser recirculada directamente a la cabecera de la planta.

Según nuestra evaluación desarrollada en el Capítulo IV de la presente investigación tenemos en la siguiente tabla mostramos los resultados calculados de las plantas en estudio. Es necesario mencionar que las características fisicoquímicas tanto como los volúmenes son distintos para cada uno de las unidades, debido que las cantidades de agua residual producidas en la PTAP varían para los distintos meses del año, dependiendo de las condiciones climáticas.

Tabla 42

Valores totales calculados de las plantas en evaluación

	VOLUMEN DE AGUA DESPERDICIA DA	COSTO EN FUNCIÓN A LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE AGUA	FAMILIAS QUE PODRÍAN SER BENEFICIADAS	FAMILIAS QUE PODRÍAN SER BENEFICIADAS
TOTAL	727 508 824,00 lt	S/ 605 519,04	10708 habitantes	1785 familias

A través del desarrollo de la presente investigación, se hace el análisis de cuan factible es la propuesta de implementación e instalación del sistema de

tratamiento de lodos en la PTAP de Calana y Alto Lima, los beneficios se verán evidenciados de manera técnica en la recuperación del agua residual por medio de recirculación mediante sistema de bombeo.

5.2 Valoración de alternativas para Tratamiento de Lodos en la PTAP.

Para la valoración de las alternativas en base a los factores Técnicos, Ambientales y Económicos se están considerando los siguientes niveles:

- El valor 4 como un nivel “Muy Alto”
- El valor 3 como un nivel “Alto”
- El valor 2 como un nivel “Moderado”
- El valor 1 como un nivel “Bajo”
- El valor 0 como un nivel “Muy Bajo”

a. En el factor Técnico: En este factor se está considerando los criterios de necesidad de Área de Instalación; señala el espacio que se requiere destinar para el proceso, Complejidad de Operación; nos permite conocer si se requerirá mano de obra calificada dependiendo si es un proceso simple o complejo y Eficiencia del proceso; se lo considera como el rendimiento o efectividad del proceso

b. En el factor Ambiental: En este factor se está considerando los criterios de Contaminación del curso de agua; factor importante para evaluar si realmente se reducen los efectos negativos y Uso de energía; para conocimiento de la cantidad de energía para su operación que se requerirá y si es factible o no.

c. En el factor Económico: En este factor se está considerando los criterios de Costo de Instalación y Costo de Operación y Mantenimiento ambos para conocer el recurso económico que se necesita y poder implementar cualquiera de los procesos a elegir.

A continuación, la Valoración de acuerdo al criterio considerado para cada factor de evaluación:

Tabla 43

Cuadro de Valoración de los procesos para el Tratamiento de Lodos.

Procesos	Factor							TOTAL
	Técnico			Ambiental		Económico		
	Área de Instalación.	Complejidad de operación.	Eficiencia del proceso	Contaminación del curso de agua.	Uso de Energía.	Costo de Instalación.	Costo de Operación y Mantenimiento.	
Espesamiento	2	2	3	1	2	2	2	14
Filtración a vacío o presión	2	3	3	1	3	3	3	18
Centrifugación	2	3	4	1	4	4	4	22
Lechos de secado	1	1	3	2	0	1	1	9
Lagunas de deshidratación	4	1	3	2	0	1	2	13

Nota: Elaboración Propia

5.3 Selección del proceso para el Tratamiento de Lodos en las PTAP

Según nuestro cuadro de Valoración con una valoración de 09 tenemos el proceso de lechos de secado el cual nos indica que su eficiencia es Alta y con respecto a los demás niveles su área de instalación, la complejidad de operación, la contaminación, uso de energía, costo de instalación y costo de operación y mantenimiento son bajos, el siguiente proceso en la valoración es el de 13 con el proceso de lagunas de deshidratación, la cual se descarta debido a su área de instalación ya que es mayor al área disponible en planta, por lo tanto la valoración que sigue es la de 14 siendo el proceso elegido el de espesamiento.

Obteniendo una propuesta de alternativa para optimizar el esquema hidráulico que consiste en recircular el volumen de agua de desperdicio que se genera en el proceso de mantenimiento y lavado, dirigiéndolo a una primera decantación que es la fase de recolección de lodo, además obteniendo un sobrenadante que pasa directamente a ser recirculado, seguidamente continua el proceso de espesamiento lo que corresponde a la fase de almacenamiento de lodos y finalmente pasamos al proceso de lechos de secado el cual corresponde a la fase de tratamiento en donde ya podremos obtener un volumen de agua recirculada y un volumen de sólido seco que será transportado para su disposición final en rellenos sanitarios, tal como lo señala la figura N° 30.

Finalmente, el flujo de las aguas residuales de la PTAP Calana y la PTAP Alto Lima quedaría de la siguiente manera:

Figura 29

Diagrama de flujo de aguas residuales

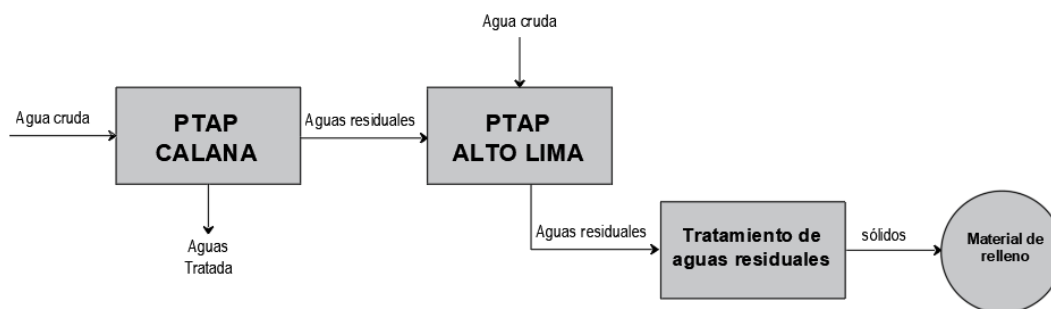
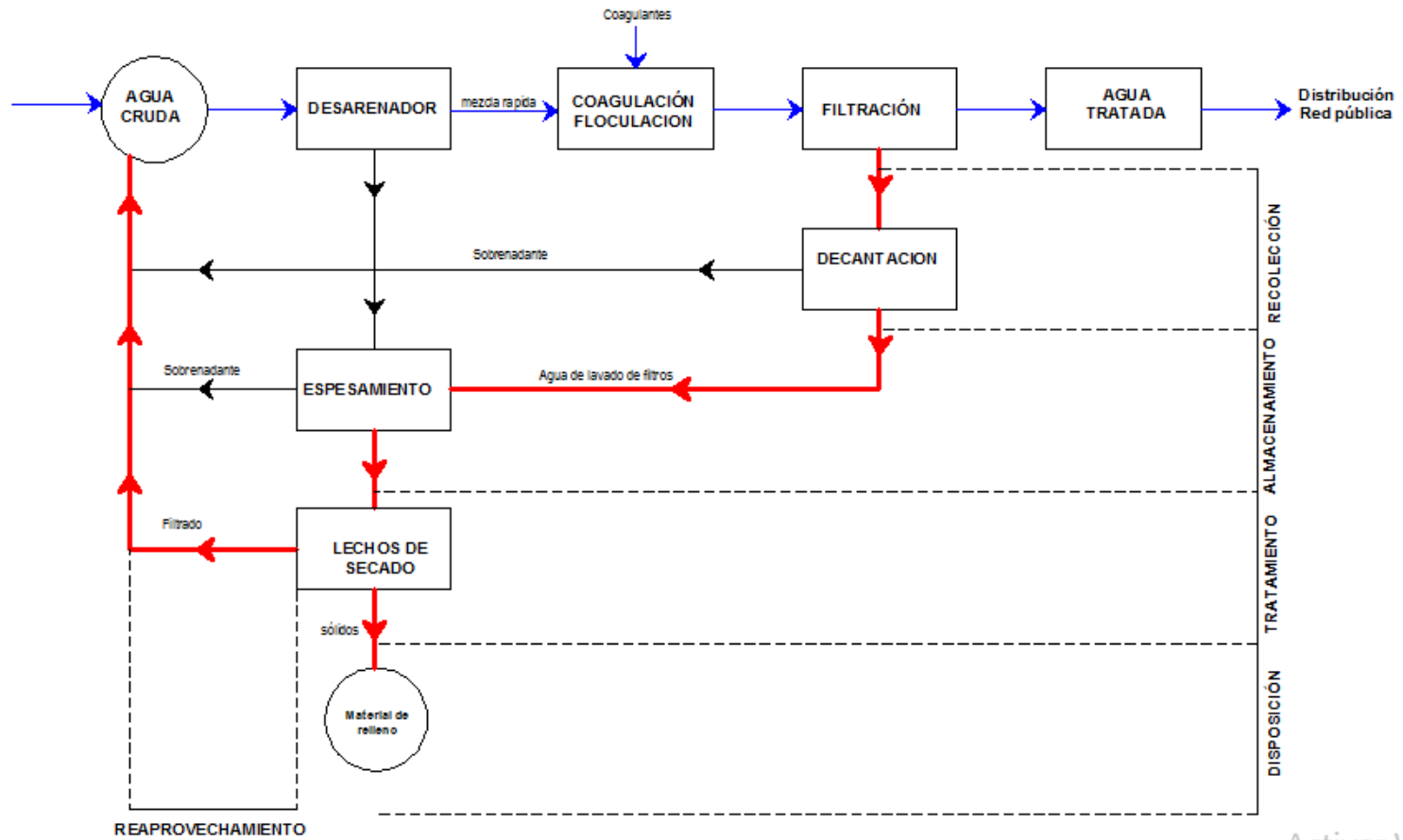


Figura 30

Propuesta para el Sistema de tratamiento de lodos en las PTAP'S de la ciudad de Tacna



CONCLUSIONES

Con la evaluación realizada en dos (02) tramos: Tramo I - Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Tramo II - Planta de Tratamiento de Alto Lima, reconocemos pérdidas de agua desde su entrega en el partidor Cerro Blanco hasta en la producción de las plantas, debido al mantenimiento de las unidades hidráulicas que conforman cada una de las plantas evaluadas, que finalmente son derivadas al Canal Caplina.

Se cuantificó las pérdidas de agua en los tramos evaluados obteniendo una suma total de 727,508,824.00 lt de agua por año, pudiendo beneficiar a 10 708 habitantes, si se recircula dicho volumen de agua. Identificando en la Planta de Tratamiento de agua potable de Calana un total de 458,178,424.00 litros producto al mantenimiento de los tanques de contacto y agua del lavado de los filtros; en la Planta de tratamiento de agua potable de Alto Lima un total de 269,330,400.00 litros producto al mantenimiento del desarenador ovoide, reservorio N° 08, sedimentadores y filtros.

Según nuestra cuantificación de pérdidas de aguas en las Plantas de Tratamiento de agua potable de Calana y Alto Lima obtenemos una pérdida económica de S/605,519.04 soles durante un año, dicho valor se expresa en los gastos que paga la EPS TACNA S. A. por concepto de la retribución económica a la Autoridad Nacional del Agua y por el costo tarifario que se cobra a los consumidores.

Analizando los procesos se plantea como alternativa más adecuada un Sistema de Tratamiento de Lodos conformado por los procesos de Espesamiento y Lechos de Secado en base a la realidad y el estado situacional del esquema hidráulico del tramo evaluado además estas alternativas fueron seleccionadas considerando: factores técnicos como el área disponible para su instalación, la complejidad de operación, la eficiencia del proceso; factores ambientales como la mitigación de la contaminación del curso de agua en el Canal Caplina, el uso de energía y factores económicos como los costos de instalación, así como los costos de operación y mantenimiento. Finalmente se implementa el proceso de disposición final de los sólidos para relleno sanitario.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, desarrollar un reglamento o norma que regule la evaluación a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable existentes, de manera que se reconozca volúmenes de agua desperdiciadas y se pueda optimizar el proceso de producción en las Plantas de Tratamiento de agua potable.

Se recomienda a la Entidad Prestadora de Servicios Tacna S.A. que con la cuantificación de volúmenes de agua hallada replantee y garantice una mejor gestión de los recursos hídricos para poder incrementar la oferta y satisfacer la demanda actual y futura en la ciudad de Tacna.

Se recomienda a la Entidad Prestadora de Servicios Tacna S.A. realizar un estudio económico de las alternativas señaladas en la presente tesis para evaluar su factibilidad con respecto a las pérdidas económicas halladas.

Se recomienda al Gobierno Regional de Tacna que se concientice a la población acerca de la recirculación o reutilización de agua dado que queda demostrado que la recirculación como el Sistema de Tratamiento de Lodos traería aspectos positivos en una zona de escasos recursos como es el caso de la ciudad de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Página oficial de la Autoridad Nacional del agua*.
Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-313-2015-ana-0>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Resolución Directoral N° 0091-91-AG-DGAS*. Tacna.
- Avalos Bravo, C. A., & Flores Landa, W. A. (2021). *Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna*. Tacna.
- Berrios Napuri, C. (2009). *Guía de Orientación en Saneamiento Básico. Organización Panamericana de la Salud*.
- Blanco Salazar, C. A. (2004). *Diseño de un sedimentador de placa paralela con flujo horizontal bajo el concepto de la tasa de desbordamiento superficial*. Bogotá.
- Camacho Garcia, M. B. (2014). *"Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma Nuevo del Canton Caluma - Provincia de Bolívar"*. Ambato - Ecuador.
- Compañía KAMPS. (2018). Obtenido de <https://www.water-aerator.com/es/investigacion-desarrollo/glosario/62-floculacion-de-lodos.html#>
- DAPD, D. A. (2004). *Plan de ordenamiento territorial de la localidad de Usme*. Ed. Departamento Administrativo de Planeación Distrital de Bogotá . Bogotá.
- Dellepiane, O. (2003). *Acondicionamiento de lodos producidos en el tratamiento de agua potable: aplicación al complejo de tratamiento "Las Vizcachas"*. Chile.
- Dirección General de la Salud. (2011). *Reglamento de Calidad de agua para Consumo Humano*.
- Diseños y Proyectos reunidos S.A. (2018). *Planta de tratamiento de aguas*. 15.
- Dueñas Corrales, R. L. (2016). *Evaluación y mejoramiento de planta de tratamiento de agua potable del centro poblado de Yauri, distrito de Yauri, provincia de Espinar, región Cusco*. Cusco.
- Empresa Andaluza. (2018). Obtenido de <https://www.gedar.com/residuales/decantadores.htm>

- Entidad Prestadora de Servicios TACNA S.A. (2018). *Plan Maestro Optimizado de la EPS TACNA S.A.* Tacna.
- Entidad Prestadora de Servicios TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant. (2017). *Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAP de Alto Lima.* Tacna.
- Entidad Prestadora de Servicios TACNA S.A. Manual de Oper. y Mant. (2017). *Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAP de Calana.* Tacna.
- Entidad Prestadora de Servicios TACNA SAC. (2013). *Plan maestro optimizado de la EPS Tacna, periodo 2013 - 2043.* Tacna.
- Fernandez Acuña, S. I. (2015). *Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile.* Santiago de Chile.
- Gonzales, A. (5 de junio de 2013). *Slideshare.* Obtenido de Sistemas convencionales de abastecimiento de agua: <https://es.slideshare.net/AneuryGonzalez/sistemas-convencionales-de-abastecimiento-de-agua>
- Higuera, M. F., & Parra, J. (2018). *Evaluación Hidráulica de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Togui - Boyaca.* Bogota D.C.
- iAgua. (2019). *iAgua.* Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sistema-lodos-activados>
- instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *"Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico".* Perú.
- instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *"Perú: Formas de acceso al Agua y Saneamiento Básico".* Perú.
- Ligardo, A. E. (2019). *Diagnóstico Planta de Tratamiento de Agua Potable, desde su punto de captación hasta la red de distribución, en el municipio del Castillo, departamenteo del Meta.*
- Marcano., J. E. (2019). *Recursos Naturales - Agua.* Peru.
- Martinez Rojas, F. D. (2010). *Evaluación económica de la recirculación de aguas de lavado proveniente de las unidades de filtración rápida de la planta de potabilización manantiales.*

- Martinez Rojas, F. D. (2010). *Evaluación económica de la recirculación de aguas del lavado proveniente de las unidades de filtración rápida de la planta de potabilización manantiales*. Medellín.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2009). *Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos*. Lima.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Decreto Supremo N° 011-2019-MINAGRI*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Resolución Ministerial N°128-2017-VIVIENDA. Perú.
- Organización de Naciones Unidas. (2018). *CLEAN WATER AND SANITATION*. New York.
- Organización de Naciones Unidas. (2019). *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos*. Mexico.
- Pérez de la Cruz, F. J. (2019). *Abastecimiento de agua*.
- Ramirez, F. Q. (2008). *Lodos producidos en el tratamiento de agua potable*.
- Rodriguez Torres, J. N. (2013). *Propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la sabana de Bogotá*. Bogotá de C.
- Rodriguez, J. (2013). *Propuesta Metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la sabana de Bogotá*. Bogotá DC.
- Rodriguez, M. (2016). *Agua regenerada: una herramienta necesaria para combatir la sequía*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/agua-regenerada/>
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del Agua*. Colombia: 3ra Edicion.
- Sergio, T. (2018). *Condorchem Envitech*. Obtenido de <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-lodos/>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2020). *Empresas prestadoras*. Obtenido de <https://www.sunass.gob.pe/prestadores/empresas-prestadoras/>

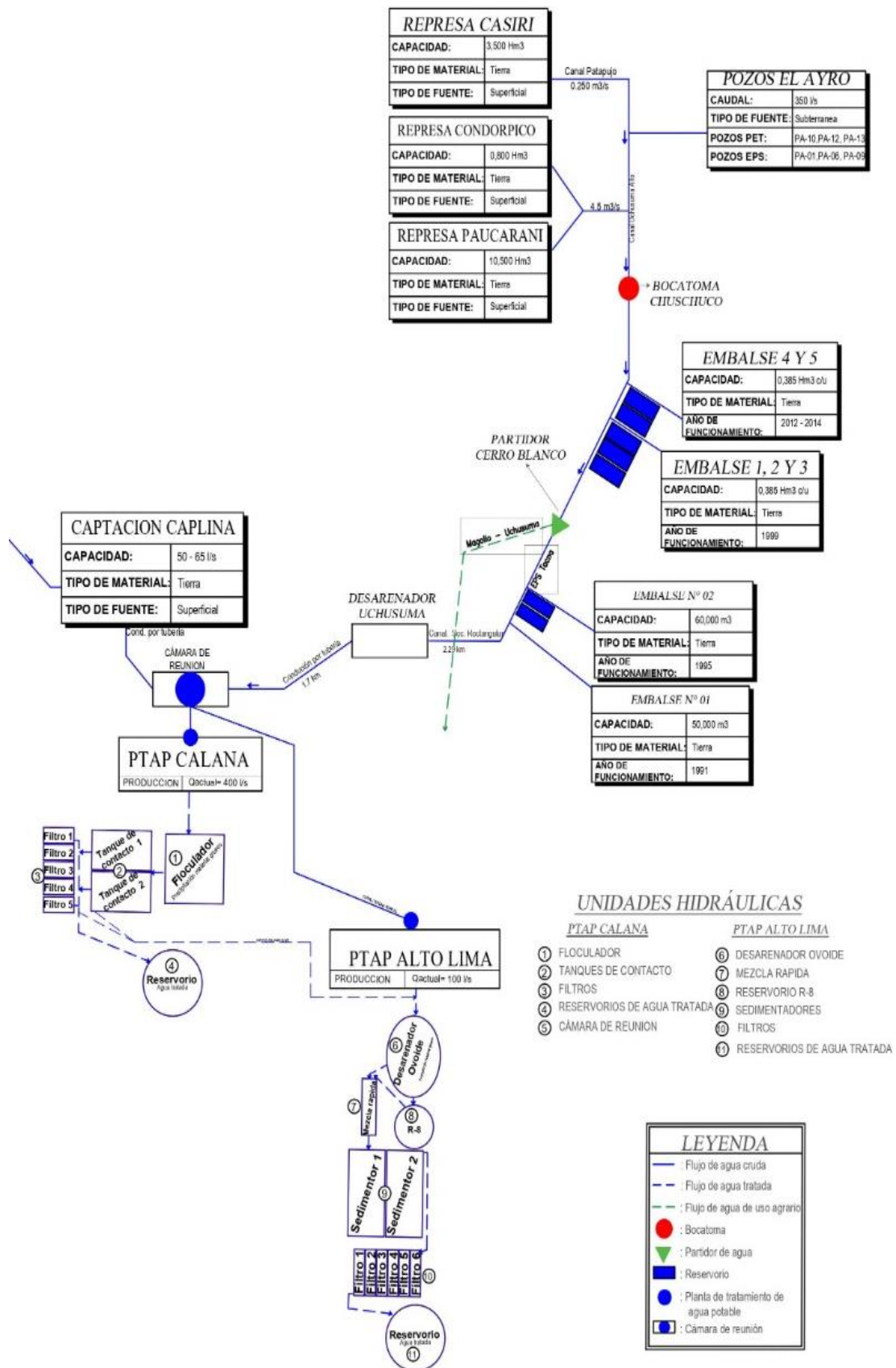
ANEXOS

ANEXO A: Matriz de Consistencia.

“Evaluación de pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, Tacna”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>FORMULACION DEL PROBLEMA ¿Cuáles son las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Calana y Alto Lima?</p> <p>FORMULACIÓN PROBLEMA ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál es el resultado de la cuantificación de pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima?</p> <p>¿Es posible que las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima representen un costo?</p> <p>¿Cuál es la alternativa más adecuada para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Realizar una evaluación en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima para reconocer sus pérdidas de agua.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS:</p> <p>Cuantificar las pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.</p> <p>Determinar el costo de las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.</p> <p>Proponer la alternativa más adecuada para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: La evaluación en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima nos permite reconocer sus pérdidas de agua.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>Existen significativos volúmenes de pérdidas de agua en las unidades hidráulicas de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima</p> <p>Las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima representan un alto costo.</p> <p>La alternativa propuesta para recuperar las pérdidas de agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima es el Sistema de Tratamiento de Lodos.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, Tacna.</p> <p>VARIABLES DEPENDIENTES</p> <p>Pérdidas de agua.</p>	<p>- Volumen (m3) de las unidades hidráulicas.</p> <p>- Volumen (m3) de agua de captación en las PTAP'S.</p> <p>- Volumen (m3) de agua utilizada para el lavado de las unidades hidráulicas.</p> <p>- Volumen (m3) de agua de vaciado de las unidades hidráulicas.</p>	<p>1. Tipo de investigación – Descriptiva</p> <p>2. Nivel de investigación – Compresivo</p> <p>3. Población Población de la ciudad de Tacna determinada por el área de influencia de las Plantas de Tratamiento de Calana y Alto Lima</p> <p>4. Muestra Las muestras para la recolección de información se realizarán mediante visitas a campo a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Calana y Alto Lima, obteniendo los reportes mensuales por parte del área de operaciones y mantenimiento de cada planta.</p>

ANEXO B: Esquema Hidráulico de la captación de agua cruda para la ciudad de Tacna.



ANEXO C: Modelo de Encuesta.

MODELO DE ENCUESTA


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
TESIS: " EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CALANA Y ALTO LIMA, TACNA "

Esta encuesta se realiza en el marco de la Tesis de Investigación para obtener el grado de título profesional en Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, con la finalidad de conocer el estado situación del sistema conducción y regulación que se encuentra las plantas de tratamiento de agua potable en la ciudad de Tacna.
 Nota: La información que proporciona es estrictamente confidencial.

Por favor marcar con una (X) lo que corresponda.
 Si no tiene respuesta, deje en blanco.

A) ANALISIS SOBRE LA EXPERIENCIA**1. ¿En qué se desempeña Ud.?**

- Ingeniero
 Técnico
 Trabajador
 Estudiante
 Otro: _____

2. ¿Cuántos años de experiencia acumulado tiene trabajando en obras de la rama hidráulica?

- 1 a 5 años
 5 a 10 años
 10 a 15 años
 Más de 15 años

3. ¿Ha participado en la construcción de alguna obra de hidráulica en el Sector Público o Privado?

- Sí
 No (pase a la pregunta 5)

4. Si la respuesta es Si en la pregunta anterior, especifique:

- Reservorio
 Reed de Agua Potable y Desagüe
 PTAR
 PTAP
 Otro: _____

5. En las obras de hidráulica que ha laborado / evaluado Ud. ¿Cuál cree que es el problema más frecuente que se ha presenciado evitando un óptimo funcionamiento de estas obras?

- Mal diseño hidráulico
 Mala proyección de población para su uso
 Poca capacitación para su correcto funcionamiento
 Mantenimiento Irregular
 Otro: _____

B) ANALISIS SOBRE EL ESTADO SITUACIONAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE**6. ¿Cuenta Ud. con el Servicio de Agua Potable?**

- Sí
 No

7. ¿Cuántas horas al día, cuenta con el servicio de Agua Potable?

- SECTOR I: Ciudad Nueva; dentro de este sector se encuentran: Subsector 10 Ciudad Nueva Y, Subsector 11 Ciudad Nueva II, Subsector 12 Amp. Ciudad Nueva y el Subsector 15 Asoc. Cono Norte AAPITAC.
 SECTOR II: Pocollay; dentro de este sector encontramos el Subsector 17 Peañas y el Subsector 18 Pocollay.
 SECTOR III: Alto de la Alianza Natividad; dentro de este sector se encuentra el Subsector 13 PJ Grau, CPM Bolognesi, P. Industrial, Subsector 09 PJ La Esperanza, PJ San Martin, Subsector 14 Parque Industrial -Zona Auxiliar y el Subsector 16 Urb. Tacna / CPM La Natividad.
 SECTOR IV Cono norte; dentro de este sector se encuentra el Subsector 05 Asoc. La Florida - Asoc. Los Milagros, Subsector 07 Asoc. V de Asunta/San Juan de Dios / San Pedro, el Subsector 08 Asoc. Miller/M.A. Odria y el Subsector 06 Asoc. J. Basadre Grohman - Albarracín/Copaja.

<p><input type="checkbox"/> SECTOR V Casco Urbano; dentro de este sector se encuentra el Subsector 01 Casco Urbano 1, Subsector 02 PJ Leoncio Prado - Terminal, Subsector 03 Casco Urbano 2 y el Subsector 04 Casco Urbano 3.</p> <p><input type="checkbox"/> SECTOR VI Para Chico Leguía; dentro de este sector se encuentra el Subsector 20 C.P.M. Leguía - Cecoavi, Subsector 21 PJ Para Grande, Subsector 22 PJ Para Chico - Villa Panamericana.</p> <p><input type="checkbox"/> SECTOR VII Cono sur; dentro de este sector se encuentran el Subsector 23 Sector A, B, C, el Subsector 25 Conj. Hab A. Ugarte I Etapa, Subsector 26 Conj. Hab. A. Ugarte II y III, Subsector 24 Próceres San Francisco, Terminal.</p> <p>8. ¿Cuántas horas al día cuenta con el servicio de Agua Potable no es continuo?</p> <p><input type="checkbox"/> 1 a 8 horas</p> <p><input type="checkbox"/> 8 a 15 horas</p> <p><input type="checkbox"/> 15 a 23 horas</p> <p><input type="checkbox"/> 24 horas</p> <p>9. ¿Por qué cree que el servicio de Agua Potable no es continuo?</p> <p><input type="checkbox"/> Por sistemas de tratamiento deficiente</p> <p><input type="checkbox"/> Por conexiones clandestinas</p> <p><input type="checkbox"/> Por déficit hídrico</p> <p><input type="checkbox"/> Por poca capacidad de los reservorios</p> <p><input type="checkbox"/> Por fugas y/o pérdidas de agua</p> <p><input type="checkbox"/> Otro:</p> <p>10. Usted considera que la demanda de agua potable en los últimos 10 años ha:</p> <p><input type="checkbox"/> Aumentado</p> <p><input type="checkbox"/> Constante</p> <p><input type="checkbox"/> Disminuido</p> <p><input type="checkbox"/> No sabe</p> <p>11. Le preocupa a Ud. ¿La falta de agua en el futuro?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>	<p>C) ANALISIS SOBRE LA ALTERNATIVA PROPUESTA</p> <p>12. ¿Qué tipos de actividades considera Ud. se deben realizar para conservar el agua?</p> <p><input type="checkbox"/> Reusó / Recirculación de aguas de lavado y mantenimiento</p> <p><input type="checkbox"/> Educación sobre uso racional y ahorro de agua</p> <p><input type="checkbox"/> Protección de ríos y quebradas</p> <p><input type="checkbox"/> Tratamiento de lodos</p> <p><input type="checkbox"/> Otro: _____</p> <p>13. ¿Qué considera que es más rentable?</p> <p><input type="checkbox"/> Optimizar para un correcto funcionamiento de la PTAP</p> <p><input type="checkbox"/> Ampliar la PTAP hasta una máxima producción</p> <p><input type="checkbox"/> Reconstruir por completo la PTAP</p> <p>14. ¿Ud. Conoce o ha escuchado sobre la recirculación de agua?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>15. ¿Ud. Cree que es posible recircular el agua dentro de una planta de tratamiento de agua potable?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>16. Considera que, para la ciudad de Tacna, ¿Hace falta una evaluación acerca de su esquema hidráulico?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>17. Cree Ud. ¿Qué optimizar el sistema de conducción y regulación es beneficioso para la ciudad de Tacna?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
---	---

ANEXO D: Reportes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana.

CARRERA DE FILTRACION (PLANTA CALANA)
(HORA DE LAVADO)

Filtro Nº	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
F-1	D		00:45	01:30 08:00	06:40		05:40	12:40	02:30	02:00 13:20	02:30	07:30	13:30	02:00	11:30	02:15	07:10	04:15	13:20	02:10	04:30	08:00		13:45	02:20	10:28	13:00	08:00 12:40	01:40	06:30	01:30	
	T		11:50	20:00	17:00	15:35	18:00		13:30		16:00	21:20		17:10		18:10		21:20		15:50	19:40	21:40	13:40		18:00	22:30			17:50		15:15	
	N																															
F-2	D		02:30	02:20	01:00 13:00	10:30 11:00	11:20 12:20	02:00 14:00		04:40 15:00	09:30	13:30		08:40	13:50	07:30	01:20	01:30	08:00	10:30	00:30 12:50	03:02	04:35	08:30	04:20 08:30	04:00	11:20		09:30	12:00	03:30	
	T		14:30	15:40							20:10	23:00	16:00	20:00		20:40			21:40			11:20					17:00	23:00	16:30			
	N																															
F-3	D				03:30	02:40	08:00	16:30	04:30 07:40	07:20	14:00	03:00	08:30	13:40		10:40		08:20	03:50	03:50	08:20	10:20	20:10		11:00	02:00		04:00		07:00	07:30	
	T	22:00	04:30	10:50	15:00	17:00	20:00		15:45	14:15		17:10	20:00	23:26	16:20	11:30	18:20		16:30	17:50	21:40	23:57		17:15		15:00	15:20	20:30	15:40	18:30	19:00	
	N		20:30																													
F-4	D				11:20	09:00	10:30	10:30	10:20	09:30	12:00	00:10	05:00	11:40	02:00	13:10	02:15	12:20	05:00	08:00	10:30	00:52	02:03	01:10	15:40	08:30	09:00	08:30	12:00	10:00	09:40	
	T	19:00	07:10	13:30	18:00	20:30	23:00		11:40	17:00		15:00	18:10		18:40		20:40		20:10	21:30		12:50		19:40		19:00	17:30	18:30	20:30	16:35	17:10	
	N		18:00	23:00					18:15																					03:50		
F-5	D		09:00	04:50	08:50	05:00	03:50	08:20	09:30	11:00		10:20	11:20		09:20	17:00	10:20	06:20	11:00	13:40	02:20	05:35	08:00	03:20	10:30	12:10	02:10	11:00	13:30	15:10	12:30	
	T	21:00	16:30	18:00	20:00	13:40	16:00	21:00	23:20	23:30	18:45	19:00	23:30	15:00	23:30		16:00	18:30	23:30		16:30	17:40			23:40		19:00	23:30				
	N																															

3 10 10 10 9 10 7 11 10 7 10 8 8 7 8 7 8 9 8 9 10 5 6 8 9 8 9 7 8 8 247

FECHA DE LAVADO DE UNIDADES

TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS:

- * TANQUE DE CONTACTO Nº 01 :24/04/2019
- * TANQUE DE CONTACTO Nº 02 :

CISTERNA :

RESERVORIO CIRCULAR:

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de abril del 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A.

**CARRERA DE FILTRACION (PLANTA CALANA)
(HORA DE LAVADO)**

Filtro N°	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
F-1	D	13:00	12:40	09:00	05:30	09:00	05:30	04:15	03:34	13:30		11:20	02:50	03:10	02:30	10:50	02:30	01:20	04:00	10:20	10:20	02:00	00:30	07:20	14:12	03:40	08:30	09:00	00:30				
													11:37				10:55	08:10				11:40											
	T				21:54		18:40			17:20		16:00				15:45			18:10	20:30	23:00			17:49	18:30		16:00	20:15		17:10			
N										23:47																							
F-2	D		10:30	11:40	09:30	00:40	00:40	01:20	07:20		13:40	08:30	13:57	05:18	09:33	10:20	01:10	03:40	02:30	03:20	03:20	04:00	10:20	11:05	11:55	12:30	11:00		11:00	01:08	11:50	01:40	
			09:50						11:30						12:20				11:08	11:50	12:30		07:40							13:40			
	T		18:44				17:00	20:20	12:30	17:00		23:40		15:10		16:20						17:50				23:30	19:08	23:40	15:40				17:30
N																														23:00			
F-3	D		03:20		11:40	11:45			09:47	02:00			01:30		11:30	01:30	00:40	01:10		00:40		09:30	04:00		15:58		16:40		08:10		02:10		
	T		20:40	16:46				15:00		18:40	17:40	15:40	16	16:30			19:50				17:00	15:20		19:55	15:30		21:10			15:20	17:40	15:20	
	N																													23:50			
F-4	D	10:40	11:00	03:10		03:30		05:30	02:00	10:20	08:30	01:01	04:20	08:36	01:08	03:40	15:30		01:20		08:00	05:45		13:15	01:10	08:20	12:45	03:50	03:40	11:10	08:30	12:20	
						08:10																	09:30				23:20		11:15				
	T			23:30	20:03					15:34			17:30	17:55	18:00		19:30			16:00	14:00	18:40		23:30		17:36			14:30	18:30		12:00	
N																																	
F-5	D								12:20		11:30	02:28	08:50	01:20	00:40	08:40						13:50	08:00	08:30	03:30		10:30	03:30		08:20	10:23	09:20	
	T		23:10	20:27	18:50	18:34	15:30	18:16		15:30		19:20			18:00	21:30	17:20	15:50	18:20	15:30					23:40	19:47		15:22	17:20	15:00	16:40	15:30	17:30
	N																																

214

FECHA DE LAVADO DE UNIDADES
 TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS:
 * TANQUE DE CONTACTO N° 01 : 21/08/2019
 * TANQUE DE CONTACTO N° 02 :
 CISTERNA:
 RESERVORIO CIRCULAR:

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de agosto 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A.

CARRERA DE FILTRACION (PLANTA CALANA)
(HORA DE LAVADO)

Filtro N°	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
F-1	D		12:00	10:30	11:10	00:40	12:20	09:00	01:50	00:40	07:30	09:40	18:00	12:10	10:10	00:00	18:00	08:00	08:41	12:40	07:40	02:00	10:17	03:00	10:20	00:40	09:20	08:30	03:20	03:40	03:30	08:00		
	T	16:10	20:40	20:40		15:50				11:09	19:30	23:40			20:00	23:00		21:40	20:40			14:30		21:49	21:40	09:00			16:28	15:07	18:00	20:30		
	N																																	
F-2	D																																	
	T																																	
	N																																	
F-3	D	12:40	02:00	00:40	03:00	11:50	03:40	13:00	12:30	08:20	00:00	08:00	11:00	08:20		08:10	01:10	09:30	01:05				03:00		08:00	04:20	02:30			00:30	12:00	00:40	08:00	12:20
				13:10																									07:20					
	T				16:30				20:40			17:00	20:30			17:20		14:30	23:00	23:00	19:00	23:05		23:00	18:00						18:10			
N																																22:50		
F-4	D		08:23	02:20	01:20	03:20	08:30	00:30		11:10	02:40	02:20	07:40	18:10	07:30	00:40	06:30	12:00	02:30	10:00				08:00	01:30	03:00	00:30	11:40	08:00	12:00	12:30	05:20		
				08:00	13:15							12:20	18			16:50	21:30		13:20															
	T	20:00				19:45		23:40	17:40					23:38										18:30	15:30		12:40		22:30		20:00	21:30		17:00
N																						23:25	20:20											
F-5	D	08:30		04:40	08:00	08:30	00:30		09:00	05:30	10:40	00:20	01:35	02:16	12:10	02:35	04:20	04:00	10:55						12:45	03:00	13:25	04:00	03:30		09:00	09:40	10:00	
												11:50																						
	T	02:30	16:30	16:10	08:52		18:40	18:10		18:36				21:00	16:45		19:28		17:50	18:30	15:30	11:10	23:40	14:30		18:20			23:35	18:33	21:11	02:00		
N																																		

5 5 8 7 6 5 6 4 6 7 8 6 5 5 7 6 7 8 5 4 4 5 5 7 5 5 6 6 8 7 6

FECHA DE LAVADO DE UNIDADES
 TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS:
 * TANQUE DE CONTACTO N° 01 : 11/12/2019
 * TANQUE DE CONTACTO N° 02 :

CISTERNA :
 RESERVORIO CIRCULAR:

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de diciembre 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A.

ANEXO E: Reportes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima.

**CARRERA DE FILTRACION (ALTO LIMA)
(HORA DE LAVADO)**

Filtro N°	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
F-1	D	06:20	07:00	06:30	07:00	07:30	07:30	06:10	07:10	06:10	06:10	06:10	06:10	06:15	07:00	06:30	06:20	07:00	07:00	6:30	06:15	7:30	06:40	04:30	06:20	07:00	07:00	07:00	07:05	06:25	06:15	
	T																															
	N	07:00	08:00	07:00	07:15	08:00	08:00	06:20	07:20	06:20	06:20	06:20	06:20	06:30	07:15	06:45	06:35	07:15	7:15	07:00	07:45	8:00	07:00	10:00	7:10	07:15	07:15	07:15	07:20	06:40	06:30	
F-2	D																															
	T																															
	N																															
F-3	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	T																															
	N																															
F-4	D																															
	T	15:00	17:00	17:15	17:15	15:45	15:15	17:00	14:15	17:45	16:15	16:15	16:15	15:25	17:20	16:10	14:20	15:10	14:20	16:20	15:25	16:15	15:15	15:15	15:25	17:00	15:30	16:00	17:00	16:30	15:30	
	N																															
F-5	D																															
	T	15:20	17:20	17:15	17:15	16:45	15:15	17:00	17:15	17:45	16:15	16:15	16:15	15:25	14:20	16:10	14:20	15:10	14:20	16:20	15:25	15:15	16:15	15:15	15:25	17:45	16:00	16:20	16:20	17:00	16:15	
	N																															
F-6	D																															
	T	15:40	17:40	17:50	17:30	17:00	15:30	17:30	17:15	14:30	18:00	16:30	16:30	16:30	15:30	14:30	16:20	14:30	15:20	14:30	16:45	16:30	16:30	15:30	15:30	17:30	16:30	16:40	16:40	17:20	16:30	
	N																															
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de abril del 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A.

**CARRERA DE FILTRACION (ALTO LIMA)
(HORA DE LAVADO)**

Filtro N°	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
F-1	D	07:15	06:20	06:30	06:15	06:30	06:40	06:30	07:00	07:00	06:30	06:10	06:10	06:50	07:30	06:10	06:30	06:35	06:40	06:05	06:15	06:30	06:25	06:20	06:30	07:00	06:40	06:15	07:30	07:00	07:00	07:00	
	T																																
	N																																
F-2	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	T																																
	N																																
F-3	D	07:30	06:40	06:30	07:30	06:00	07:00	07:10	06:45	07:15	06:45	06:20	06:20	07:00	07:40	06:20	06:40	06:50	06:55	06:20	06:30	06:35	06:40	06:50	07:00	07:30	07:20	06:45	08:00	07:15	07:15	07:15	
	T																																
	N																																
F-4	D	14:10	16:10	16:20	16:05	16:15	16:10	16:25	17:05	16:00	13:45	15:30	16:30	17:00	16:15	16:00	16:00	16:00	14:00	16:00	14:10	14:10	14:10	15:00	16:25	16:15	16:05	16:10	16:00	16:05	15:45	16:30	
	T																																
	N																																
F-5	D	14:20	16:20	16:40	16:20	16:30	16:25	16:40	17:20	16:15	16:00	16:00	17:00	17:45	16:30	16:15	16:15	16:15	14:20	16:10	14:20	14:20	14:20	15:10	16:40	16:30	16:20	16:25	16:25	16:20	16:00	16:45	
	T																																
	N																																
F-6	D	14:30	16:30	16:50	16:35	16:45	16:40	16:50	17:35	16:30	16:15	16:30	17:30	17:30	16:45	16:30	16:30	16:30	14:30	16:20	14:20	14:30	14:30	15:20	16:55	16:45	16:35	16:40	16:30	16:35	16:15	17:00	
	T																																
	N																																
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de agosto del 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A

**CARRERA DE FILTRACION (ALTO LIMA)
(HORA DE LAVADO)**

Filtro N°	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
F-1	D	07:15	06:20	06:15	06:25	06:10	06:45	06:15	07:00	06:30	07:30	08:45	08:00	08:00	08:00	08:00	06:10	07:00	07:00	07:00	07:00	08:00	06:40	06:25	06:40	06:15	06:10	07:00	06:30	07:15	06:15	06:45			
	T																																		
	N																																		
F-2	D	07:03	06:35	06:30	06:40	06:25	07:00	06:30	07:20	06:45	07:45	09:00	08:16	08:20	10:00	08:10	06:20	07:15	09:15	07:25	07:15	08:10	06:55	06:40	06:05	06:00	06:15	07:45	06:45	07:30	06:30	07:00			
	T																																		
	N																																		
F-3	D	07:45	06:50	06:45	06:55	06:40	07:13	06:45	07:40	07:00	08:00	09:15	08:50	08:20	10:15	08:20	06:30	07:30	07:30	07:30	07:30	08:20	07:10	06:55	06:50	06:45	06:40	07:30	07:00	07:45	06:45	07:15			
	T																																		
	N																																		
F-4	D	17:00	16:40	14:10	14:10	14:15	14:10	14:25	16:15	16:10	16:05	16:25	16:00	16:30	17:15	16:30	15:45	16:00	17:30	16:00	16:00	16:45	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:20	16:10	17:10	16:25			
	T																																		
	N																																		
F-5	D	17:01	16:50	14:20	14:00	14:25	15:00	16:40	16:30	16:25	16:20	16:40	16:15	16:45	17:30	16:45	16:20	16:15	17:45	16:10	16:10	16:40	16:15	16:15	16:15	16:15	16:15	16:15	16:15	16:35	16:30	17:25	16:40		
	T																																		
	N																																		
F-6	D	17:02	17:00	14:30	14:30	14:35	15:20	16:55	16:45	16:40	16:35	16:55	16:30	17:00	17:45	17:00	16:15	16:30	18:00	16:00	16:20	16:55	16:30	16:50	16:30	16:30	16:50	16:30	16:50	16:05	17:40	16:55			
	T																																		
	N																																		

6 186

Nota: Esta tabla es adaptada en base a la copia del reporte alcanzado del mes de diciembre del 2019 por el operador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Alto Lima. Fuente: Gerencia de Operaciones EPS TACNA S.A

ANEXO F: Formato de cálculos por tramo evaluado.



TESIS: EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CALANA Y ALTO LIMA, TACNA

1. DATOS GENERALES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE :		CALANA	
CAPTACIÓN:		450,00 lt/s	0,45 m3/s
PRODUCCION	Dia	38 880,00 m3/dia	
	Semana	272 160,00 m3/semana	
	Mes (30 días)	1 166 400,00 m3/mes	

FICHA N°

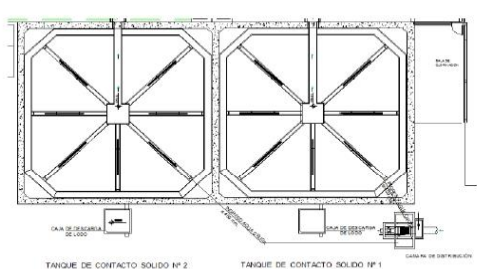
01

2. EVALUACION DE PRODUCCION DE LA PLANTA:

	MES DE ABRIL (2019)	MES DE AGOSTO (2019)	MES DE DICIEMBRE (2019)
Nro de días	30 días	31 días	31 días
Captacion de Diseño (m3/mes)	1 135 000,00	1 136 000,00	1 201 712,40
Captacion de PET	424,00 lt/s	424,00 lt/s	438,00 lt/s
Captacion Real (m3/mes)	1 133 327,00	1 056 358,00	1 073 555,00
Perdida de Captación	1 673,00 m3	79 642,00 m3	128 157,40 m3
	1 673 000,00 lt	79 642 000,00 lt	128 157 400,00 lt
	59,56 soles/mes	2 835,26 soles/mes	4 562,40 soles/mes

3. CARACTERISTICAS DE LA UNIDADES HIDRAULICAS:

UNIDAD HIDRAULICA:	TANQUES DE CONTACTO
CANTIDAD (UND):	02
Area de perfil (m2):	38,40
LARGO (m):	14,65
CAPACIDAD (m3):	1 125,12
CAPACIDAD (lts):	1 125 120,00



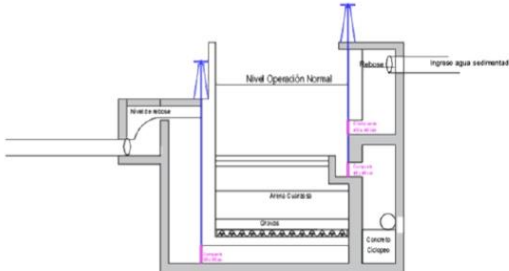
A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)		
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes		
VOL DE AGUA P/ LAVADO	1 716,00 m3	1 716 000 lt	107 cisternas	1 716,00 m3	1 716 000 lt	107 cisternas	1 716,00 m3	1 716 000 lt	107 cisternas
COLCHON (m)	1,60 m			1,00 m			2,00 m		
VOL DE AGUA D/ VACIADO	985,07 m3	985 066 lt	66 cisternas	1066,52 m3	1 066 520 lt	71 cisternas	920,02 m3	920 020 lt	61 cisternas
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	20 592 000,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL		11 886 424,00 lt		

B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIA DA DURANTE UN (01 AÑO)

TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	32 478 424,00 lt	1,03 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)	190,00 lt/hab/dia
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL	Qp= Pob. x Dot./86,400			
POBLACION	468 habitantes	78 familias	SOLES	S/. 22 442,59

UNIDAD HIDRÁULICA:	FILTROS	
ANCHO (m):	2,40	
LARGO (m):	3,00	
ALTURA (m):	2,50	
CAPACIDAD (m ³):	108,00	
CAPACIDAD (lts):	108 000,00	



A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)		
CANTIDAD (UND)	05			05			06		
LAVADO (N° de veces)	150 veces al mes			155 veces al mes			186 veces al mes		
VOL DE AGUA P/ LAVADO	14 400,00 m ³	14 400 000 lt	900 cists	14 880,00 m ³	14 880 000 lt	930 cists	17 856,00 m ³	17 856 000 lt	1116 cists
COLCHON (m)	0,15 m			0,15 m			0,15 m		
VOL DE AGUA D/ VACIADO	14,40 m ³	14 400 lt	1 cisternas	14,40 m ³	14400 lt	1 cisternas	14,40 m ³	14 400 lt	1 cisternas
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	188 544 000,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL		172 800,00 lt		

B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIA DA DURANTE UN (01 AÑO)

TOTAL DE AGUA DESPERDICIA DA	188 716 800,00 lt	5,98 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)	190,00 lt/hab/dia
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL	$Q_p = \text{Pob.} \times \text{Dot.} / 86,400$			
POBLACION	2 721 habitantes	454 familias	SOLES	S/. 165 919,81

1. DATOS GENERALES

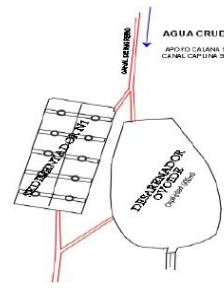
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE :		ALTO LIMA	
CAPTACIÓN:		100,00 lt/s	0,10 m ³ /s
PRODUCCION	Dia	8 640,00 m ³ /dia	
	Semana	60 480,00 m ³ /semana	
	Mes (30 días)	259 200,00 m ³ /mes	

 FICHA N°
02
2. EVALUACION DE PRODUCCION DE LA PLANTA:

	MES DE ABRIL (2019)	MES DE AGOSTO (2019)	MES DE DICIEMBRE (2019)
Nro de días	30 días	31 días	31 días
Captación de Diseño (m ³ /mes)	259 200,00	267 840,00	267 840,00
Captación Real (m ³ /mes)	266 603,00	261 997,00	283 243,00

Perdida de Captación	7403 m³	-5843 m³	15403 m³
	7 403 000,00 lt	-5 843 000,00 lt	15 403 000,00 lt
	263,55 soles/mes	-208,01 soles/mes	548,35 soles/mes

3. CARACTERISTICAS DE LA UNIDADES HIDRAULICAS:

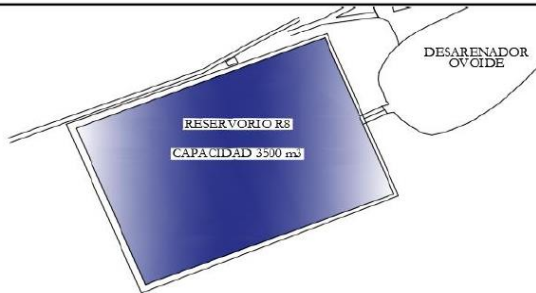
UNIDAD HIDRAULICA:	DESARENADOR OVOIDE	
CANTIDAD (UND):	01	
Area de la unidad (m ²):	334,78	
ALTURA (m):	4,70	
CAPACIDAD (m ³):	900,00	
CAPACIDAD (lts):	900000,00	

A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)			
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			2 vez al mes			
VOL DE AGUA P/ LAVADO	770,40 m ³	770 400 lt	51 cisternas	770,40 m ³	770 400 lt	51 cisternas	1 540,80 m ³	1 540 800 lt	103 cisternas	
COLCHON (m)	1,80 m			1,60 m			2,10 m			
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	12 326 400,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL			-		

B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIADA DURANTE UN (01 AÑO)

TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	12 326 400,00 lt	0,39 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)	190,00 lt/hab/dia
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL Qp= Pob. x Dot./86,400				
POBLACION	178 habitantes	30 familias	SOLES	S/. 774,10

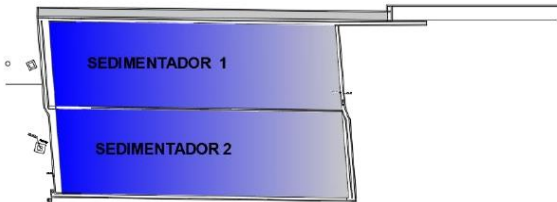
UNIDAD HIDRÁULICA:	RESERVORIO R-8	
CANTIDAD (UND):	01	
Área de planta (m ²):	583,00	
ALTURA (m):	6,00	
CAPACIDAD (m ³):	3 500,00	
CAPACIDAD (lts):	3 500 000,00	

A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)			
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes			
VOL DE AGUA P/ LAVADO	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	1 630,00 m ³	1 630 000 lt	109 cisternas	
COLCHON (m)	0,95 m			0,80 m			1,00 m			
VOL DE AGUA D/ VACIADO	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	875,00 m ³	875 000 lt	58 cisternas	
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	19 560 000,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL			10 500 000,00 lt		

B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICADA DURANTE UN (01 AÑO)

TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	30 060 000,00 lt	0,95 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)	190,00 lt/hab/dia
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL	Qp= Pob. x Dot./86,400			
POBLACION	433 habitantes	72 familias	SOLES	S/. 1 887,77

UNIDAD HIDRÁULICA:	SEDIMENTADORES	
CANTIDAD (UND):	02	
Área de planta (m ²):	800,00	
ALTURA (m):	4,00	
CAPACIDAD (m ³):	6 400,00	
CAPACIDAD (lts):	6 400 000,00	


A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)			
LAVADO (N° de veces)	1 vez al mes			1 vez al mes			1 vez al mes			
VOL DE AGUA P/ LAVADO	3 200,00 m ³	3 200 000 lt	213 cisternas	3 200,00 m ³	3 200 000 lt	213 cisternas	3 200,00 m ³	3 200 000 lt	213 cisternas	
COLCHON (m)	0,65 m			0,60 m			1,00 m			
VOL DE AGUA D/ VACIADO	3 200,00 m ³	3 200 000 lt	213 cisternas	291,20 m ³	291 200 lt	19 cisternas	251,20 m ³	251 200 lt	17 cisternas	
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	38 400 000,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL			14 969 600,00 lt		

B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICADA DURANTE UN (01 AÑO)

TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	53 369 600,00 lt	1,69 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)	190,00 lt/hab/dia
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL	Qp= Pob. x Dot./86,400			
POBLACION	770 habitantes	128 familias	SOLES	S/. 40 219,33

UNIDAD HIDRÁULICA:	FILTROS	
ANCHO (m):	8,20	
LARGO (m):	5,40	
ALTURA (m):	3,30	
CAPACIDAD (m3):	730,62	
CAPACIDAD (lts):	730 620,00	


A. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO/LAVADO DE LA UNIDAD

	MES DE ABRIL (2019)			MES DE AGOSTO (2019)			MES DE DICIEMBRE (2019)		
CANTIDAD (UND)	05			05			04		
LAVADO (N° de veces)	247 veces al mes			214 veces al mes			184 veces al mes		
VOL DE AGUA P/ LAVADO	81 510,00 m3	81 510 000 lt	5 094 cists	70 620,00 m3	70 620 000 lt	4 414 cists	60 720,00 m3	60 720 000 lt	3 795 cists
COLCHON (m)	0,15 m			0,15 m			0,15 m		
VOL DE AGUA D/ VACIADO	697,41 m3	697 410 lt	46 cisternas	697,41 m3	697 410 lt	46 cisternas	557,93 m3	557 928 lt	37 cisternas
PROMEDIO DE AGUA DE LAVADO ANUAL	851 400 000,00 lt			>	PROMEDIO DE AGUA DE VACIADO ANUAL		7 810 992,00 lt		

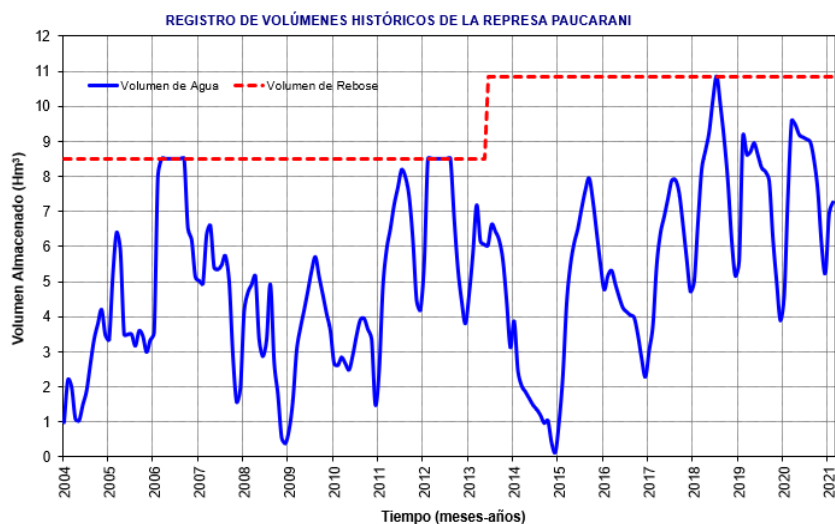
B. ANALISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIA DA DURANTE UN (01 AÑO)

	MES DE ABRIL (2019)		MES DE AGOSTO (2019)		MES DE DICIEMBRE (2019)	
TOTAL DE AGUA P/ ALTO LIMA	40 755 000,00 lt	15,72 lt/s	35 310 000,00 lt	13,62 lt/s	30 360 000,00 lt	11,71 lt/s
TOTAL DE AGUA DE RESIDUO	425 700 000,00 lt	13,50 lt/s	DOTACION (lt/hab/dia)		190,00 lt/hab/dia	
a. CONSUMO PROMEDIO ANUAL		Qp= Pob. x Dot./86,400				
POBLACION	6 138 habitantes	1 023 familias	SOLES		S/. 374 275,44	

ANEXO G: Registro Histórico de Volúmenes de agua en la represa Paucarani.

VOLÚMEN TOTAL DE AGUA EN LA REPRESA PAUCARANI (Hm³) REGISTRO HISTÓRICO															
NOMBRE DE ESTACIÓN : PAUCARANI		LONG. : 69° 47'													
CATEG. DE ESTACIÓN : LIMNIMÉTRICA		DPTO. TACNA													
CUENCA : UCHUSUMA		PROV. TACNA													
REPRESA : PAUCARANI		DIST. : PALCA													
		FUENTE : Proyecto Especial Tacna													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.	MÁX.	MÍN.
2004	1.000	2.200	2.000	1.100	1.050	1.500	1.900	2.650	3.360		4.200	3.480	2.222	4.200	1.000
2005	3.360	5.200	6.400	5.900	3.500		3.500	3.180	3.600	3.450	3.000	3.350	4.040	6.400	3.000
2006	3.550	8.000	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	6.530	6.200	5.130	7.409	8.500	3.550
2007	5.030	4.950	6.340	6.590	5.400	5.350	5.470	5.730	5.030	2.920	1.580	1.970	4.697	6.590	1.580
2008	4.150	4.690	4.915	5.150	3.360	2.880	3.350	4.920	2.730	1.800	0.560	0.400	3.242	5.150	0.400
2009	0.787	1.615	3.036	3.677	4.190	4.739	5.312	5.703	5.139	4.626	4.085	3.606	3.876	5.703	0.787
2010	2.669	2.624	2.845	2.669	2.499	2.924	3.482	3.920	3.953	3.642	3.358	1.500	3.007	3.953	1.500
2011	2.462	4.842	5.920	6.503	7.190	7.680	8.186	7.982	7.424	6.191	4.460	4.200	6.087	8.186	2.462
2012	5.489	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	6.824	5.378	4.455	3.814	7.122	8.500	3.814
2013	4.646	5.794	7.178	6.155	6.061	6.037	6.625	6.430	6.185	5.612	4.445	3.134	5.692	7.178	3.134
2014	3.869	2.470	2.039	1.868	1.684	1.494	1.369	1.203	0.979	1.042	0.407	0.156	1.548	3.869	0.156
2015	1.029	2.335	4.385	5.467	6.096	6.515	7.088	7.607	7.941	7.307	6.406	5.511	5.641	7.941	1.029
2016	4.780	5.171	5.312	4.926	4.565	4.258	4.142	4.047	3.981	3.482	2.814	2.293	4.148	5.312	2.293
2017	3.045	3.750	5.456	6.370	6.849	7.358	7.874	7.901	7.528	6.638	5.657	4.728	6.096	7.901	3.045
2018	5.000	6.659	8.187	8.728	9.257	10.178	10.844	10.027	9.055	7.850	6.190	4.699	8.056	10.844	4.699
2019	5.579	9.141	8.630	8.700	8.940	8.602	8.242	8.133	7.877	6.237	4.991	3.897	7.414	9.141	3.897
2020	4.587	7.416	9.579	9.461	9.184	9.112	9.055	8.969	8.435	7.560	6.025	5.358	7.895	9.579	4.587
PROMEDIO	3.590	5.021	5.837	5.898	5.696	5.977	6.085	6.200	5.797	5.017	4.049	3.366	5.188	6.997	2.408
MÁXIMO	5.579	9.141	9.579	9.461	9.257	10.178	10.844	10.027	9.055	7.850	6.406	5.511	8.056	10.844	4.699
MÍNIMO	0.787	1.615	2.000	1.100	1.050	1.494	1.369	1.203	0.979	1.042	0.407	0.156	1.548	3.869	0.156

Nota: Los volúmenes corresponden a fin de cada mes.



ANEXO H: Estructura Tarifaria Vigente EPS TACNA S.A.

EPS TACNA S.A. - ESTRUCTURA TARIFARIAResolución de Consejo Directivo N° 056-2018-SUNASS-CD del 21-12-2018
Oficio N° 0002-2019-SUNASS-120-22

TACNA y PACHIA	Categoría	Asignación (m3/mes)	Rangos (m3/mes)	Tarifa (S./m3)		Pensión (S./m3)		Cargo Fijo	Impuesto I.G.V.	Total
				Agua	Alcantarillado	Agua	Alcantarillado			
RESIDENCIAL										
USUARIO SIN MEDIDOR										
451	Social	10	0 a más	0.722	0.303	7.22	3.03	3.39	2.46	16.10
011	Doméstico	16	0 a 8	0.946	0.396	17.62	7.38	3.39	5.11	33.50
			8 a 16	1.256	0.527					
			16 a más	2.023	0.855					
NO RESIDENCIAL										
091	Comercial y Otros	30	0 a 30	2.023	0.855	60.69	25.65	3.39	16.15	105.88
			30 a más	4.269	1.792					
231	Industrial	60	0 a 60	4.269	1.792	256.14	107.52	3.39	66.07	433.12
			60 a más	6.928	2.928					
371	Estatal	40	0 a más	2.023	0.855	80.92	34.20	3.39	21.33	139.84
LOCUMBA										
	Categoría	Asignación (m3/mes)	Rangos (m3/mes)	Tarifa (S./m3)		Pensión (S./m3)		Cargo Fijo	Impuesto I.G.V.	Total
				Agua	Alcantarillado	Agua	Alcantarillado			
RESIDENCIAL										
USUARIO SIN MEDIDOR										
442	Social	10	0 a más	0.464	0.195	4.64	1.95	3.39	1.80	11.78
012	Doméstico	16	0 a 8	0.464	0.195	10.66	4.23	3.39	3.29	21.57
			8 a 16	0.868	0.334					
			16 a más	1.616	0.619					
NO RESIDENCIAL										
092	Comercial y Otros	20	0 a más	1.616	0.619	32.32	12.38	3.39	8.66	56.75
232	Industrial	50	0 a más	3.846	1.615	192.30	80.75	3.39	49.76	326.20
372	Estatal	75	0 a más	1.616	0.619	121.20	46.43	3.39	30.78	201.80

* Factor de Ajuste sobre la Tarifa de Agua Potable de la categoría Doméstico por aplicación del Sistema de Subsidios Cruzados Focalizados, según estratos, para las localidades de Tacna y Pachía. => 0.763 en el primer rango de consumo (0 - 8)