

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MONITOREO SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEO Y SISTEMA DE
REPOSICIÓN DE AGUA AL CANAL QUETARA EN LA CUENCA
CAÑIPÍA - ESPINAR - CUSCO”**

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

RONYL RICARDO VILLANO OBREGON

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“MONITOREO SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEO Y SISTEMA DE
REPOSICIÓN DE AGUA AL CANAL QUETARA EN LA CUENCA
CAÑIPÍA – ESPINAR -CUSCO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

RONYL RICARDO VILLANO OBREGON

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. GUILLERMO CLEMENTE AGUILAR GIRALDO
Presidente

Mg. Sc. RICARDO ~~APACLA~~ ~~ALVARTE~~
Asesor

Mg. Sc. GONZALO RAMCÉS FANO MIRANDA
Miembro

Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO GARCÍA ARMAS
Miembro

LIMA – PERU

2020

Dedicatoria

Al amor eterno de mis padres Victoria Obregon y Ricardo Villano por su gran esfuerzo y apoyo constante para lograr terminar mis estudios universitarios.

A mis hijos R. Gabriel y L. Romina por dejarme ser más que un padre, ser su amigo incondicional.

A la mujer que me enseñó a vencer los temores y sujetar fuerte las riendas de la vida, muchas gracias Mi Sucy.

AGRADECIMIENTO

- A mis padres Victoria y Ricardo por haberme enseñado a trabajar desde muy pequeño logrando muchas cosas con mi propio esfuerzo, por el amor incondicional de mi mamá para desvelarse al lado mío en los exámenes en la universidad y ser ese despertador mágico para llegar a tiempo.
- A mis suegros Roberta y Feliciano quienes hicieron todo lo posible y considero como mis segundos padres, apoyándome con el cuidado de mis pequeños hijos en el trabajo, culminar mi carrera profesional y este trabajo monográfico para mi titulación.
- A mis hermanos, comenzando por Eduardo, Celia, Raúl, Abel, Edith y Yulisa con quienes aprendí a trabajar de muchas formas y la motivación de tener como ejemplo a mis hermanos mayores el estudiar una carrera universitaria.
- A la compañía Minera Antapaccay y la empresa Sifman Soluciones SAC por dejarme ser parte de una experiencia inolvidable aprendiendo los procesos y servicios que son necesarios para obtener los recursos minerales.
- A los consejos de mis jefes y compañeros en el trabajo en Cusco, Alfio Miraval, Armando Veliz, Jorge Gálvez, Paul Tapia, Modesto Ayala, Edward Mendez y David Sifuentes para realizar y obtener el título profesional.
- Finalmente a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron y creyeron posible el desarrollo de este trabajo basado en una experiencia laboral y aplicativa con beneficio social.

ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN	1
1.1. Descripción de las funciones desempeñadas	1
1.2. Descripción de lo aprendido en mi formación como bachiller en Ingeniería Agrícola	2
II. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. Objetivos	4
2.1.1. Objetivo general	4
2.1.2. Objetivos específicos.....	4
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	5
3.1. Revisión bibliográfica	5
3.1.1. Cuenca hidrográfica	5
3.1.2. Componentes del sistema hídrico.....	10
3.1.3. Monitoreo de aguas superficiales	14
3.1.4. Monitoreo de aguas subterráneas	19
3.1.5. Sistema de reposición de agua en los canales I etapa.....	24
3.2. Metodología.....	27
3.2.1. Delimitación de la Cuenca Hidrográfica Cañipía	27
3.2.2. Hidrograma río Cañipía.....	30
3.2.3. Hidrogramas canales de riego Cañipía.....	35
3.2.4. Lecturas de Nivel Piezometrico Huinipampa.....	53
3.2.5. Operación del Sistema Reposición de Agua Cañipía.....	57
3.3. Problematicas y contribuciones	58
3.3.1. Problemáticas durante la estadía en el centro laboral	58
3.3.2. Contribuciones con el centro laboral.....	64
3.3.3. Contribución al centro laboral a partir de la solución de problemáticas	69
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1. Conclusiones	71
4.2. Recomendaciones.....	72
V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y CONSULTAS A PROFESIONALES	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vertientes hidrográficas del Perú	8
Tabla 2: Comparación de lagunas inventariadas según región hidrográfica	11
Tabla 3: Cantidad y superficie de lagunas según vertiente hidrográfica	12
Tabla 4: Estadísticas de pozos inventariados por Autoridades Administrativas del Agua según tipo de uso.....	13
Tabla 5: Operación y Monitoreo Sistema de Reposición de Agua.....	16
Tabla 6: Ubicación de estaciones hidrométricas	16
Tabla 7: Lecturas con el correntómetro en fuentes de aguas superficiales	19
Tabla 8: Ubicación de pozos de reposición Huinipampa	23
Tabla 9: Ubicación de piezómetros Huinipampa	23
Tabla 10: Compromiso estudio impacto ambiental Antapaccay	25
Tabla 11: Monitoreo río Cañipía año 2017	31
Tabla 12: Monitoreo río Cañipía año 2018	32
Tabla 13: Monitoreo del río Cañipía año 2019.....	33
Tabla 14: Monitoreo de caudal canal de riego Quetara año 2018.....	36
Tabla 15: Monitoreo de caudal canal de riego Quetara año 2019.....	37
Tabla 16: Monitoreo de caudal canal de riego San Jose año 2018.....	39
Tabla 17: Monitoreo de caudal canal de riego San Jose año 2019.....	40
Tabla 18: Monitoreo de caudal canal de riego Vista Alegre año 2018	42
Tabla 19: Monitoreo de caudal canal de riego Vista Alegre año 2019	43
Tabla 20: Monitoreo de caudal canales de riego Fredermice año 2018	45
Tabla 21: Monitoreo de caudal canales de riego Fredermice año 2019	46
Tabla 22: Monitoreo de aguas subterráneas piezómetros y pozos Huinipampa.....	55
Tabla 23: Ejemplo demostrativo reposición canal Quetara.....	60
Tabla 24: Sistema de reposición de agua canal Quetara año 2017.....	61
Tabla 25: Estándares de calidad ambiental.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de las interacciones en la cuenca hidrográfica.	6
Figura 2: Partes de una cuenca hidrográfica.....	8
Figura 3: Unidades Hidrográficas del Perú.	10
Figura 4: Unidad Hidrográfica Cañipía.....	15
Figura 5: Esquema de piezómetro Casa Grande.....	21
Figura 6: Esquema de piezómetro Cuerda Vibrante.....	22
Figura 7: Ubicación de piezómetros y pozos Huinipampa.....	24
Figura 8: Esquema hidrográfico Cañipía.....	25
Figura 9: Esquema Hidraulico Cañipía I Etapa.....	27
Figura 10: Sistema Pfafstetter para identificación de cuencas	28
Figura 11: Afluentes del río Cañipía	29
Figura 12: Hidrograma estación río Cañipía	34
Figura 13: Dique Tintaya temporada de estiaje.....	35
Figura 14: Hidrograma canal Quetara años 2018 y 2019.....	38
Figura 15: Hidrograma canal San José años 2018 y 2019.....	41
Figura 16: Hidrograma canal Vista Alegre años 2018 y 2019.....	44
Figura 17: Hidrograma canal Suchiñahui años 2018 y 2019.....	47
Figura 18: Hidrograma canal Urbaya años 2018 y 2019.....	48
Figura 19: Hidrograma canal Patito Ciego años 2018 y 2019.....	49
Figura 20: Hidrograma canal Cañon de Pururo años 2018 y 2019	50
Figura 21: Hidrograma canal Milagros años 2018 y 2019.....	51
Figura 22: Hidrograma canal Jutumayo años 2018 y 2019.....	52
Figura 23: Descripción litológica de piezometro APP 10-3.....	53
Figura 24: Monitoreo de niveles piezometricos PR-02	54
Figura 25: Evolución piezometrica APP 10-3.....	56
Figura 26: Ingreso al reservorio Maicol.	57
Figura 27: Sistema de reposición de agua Cañipía.....	59
Figura 28: Caudales naturales y reposición en el canal Quetara año 2017	62
Figura 29: Daño a la propiedad Antapaccay por parte de los comuneros	63
Figura 30: Aforo de la cárcava en el fondo del tajo abierto.	64
Figura 31: Replanteo topográfico centro comunal Marquiri Tintaya.....	65
Figura 32: Dirección de flujo del agua subterránea Huinipampa.....	67
Figura 33: Monitoreo de agua superficial descarga V-01.	68

I. PRESENTACIÓN

1.1. Descripción de las funciones desempeñadas

Forme parte del equipo conformado por la empresa Adecco para la firma de la empresa Noruega Statkraft Perú S.A., desde el 26 de Octubre del 2016 hasta el 5 de Mayo del 2017, realizando labores de levantamiento topográfico las líneas de media tensión pertenecientes a la empresa Statkraft desde Cerro de Pasco hasta San Mateo utilizando GPS Diferencial Leica GS-15 y estación total Leica TS-09 para las subestaciones eléctricas dentro de las indicaciones respectivas de la empresa, con el objetivo de realizar el monitoreo de las líneas de transmisión mediante Drones determinando de manera rápida alguna falla o robo en las torres; se aplicó los conocimientos de Topografía I, II y III, realizados en la formación académica para interpretar los datos obtenidos con los equipos topográficos en campo y la formulación de los productos entregables como son los planos e informes técnicos al área respectivo.

Se menciona las actividades realizadas en la empresa Sifman Soluciones desde el mes de Julio del año 2017 a Diciembre del año 2019, durante mi estadía en la empresa el servicio que se brinda a la compañía minera Antapaccay es puntual y sigue los objetivos que se utilizan para medir el grado de cumplimiento establecidos en el contrato, apoyando en resolver las inquietudes del área de Hidrogeología que en los meses de Junio del 2019 se independiza del área de medio ambiente para formar la gerencia de Recursos Hídricos que posee las áreas de Hidrogeología, Aguas Residuales y Relaves y Recursos Hídricos, siendo este último el área al que pertenece el servicio que se brinda, a continuación se mencionan las actividades realizadas dentro de la empresa Sifman Soluciones S.A.C.:

- Aforos diarios de canales de concreto y naturales adyacentes a las operaciones de la compañía Minera Antapaccay S.A.
- Aforos periódicos del río Cañipía en los puntos hidrométricos específicos para determinar las variaciones de caudal en el transcurso de su cauce.

- Reposición de agua en los canales: Quetara, San José y Vista Alegre mediante el cálculo respectivo para suplir la demanda hídrica de la licencia de uso de agua en dichos canales de riego en los meses de Agosto a Diciembre (Temporada de estiaje).
- Lectura de niveles de agua en piezómetros y pozas en Huinipampa, adyacente a las operaciones de la compañía Minera Antapaccay S.A. de manera semanal.
- Apoyo en la gerencia de Recursos Hídricos en gabinete con el diseño de canales de aguas de contacto y no contacto en la compañía Minera Antapaccay S.A. de manera eventual.

1.2. Descripción de lo aprendido en mi formación como bachiller en Ingeniería Agrícola

- Puesta en práctica del curso de topografía en manejos de equipos de medición como nivel de ingeniero, estación total y GPS diferencial, además, el desarrollo de los planos de planta, perfil y secciones en el programa de diseño AutoCAD Civil 3D al apoyar a la gerencia en trabajos encomendados como apoyo social para proyectos de irrigación y saneamiento rural.
- Conceptos específicos de canales de irrigación, secciones transversales, perímetro mojado, pendiente de canal, aforo superficial mediante método volumétrico y correntómetro en materia de Mecánica de Fluidos.
- Condiciones y parámetros hidráulicos para tener en consideración al momento de diseñar un aforador parshall como obra de arte para estimar el caudal en materias de Estructuras Hidráulicas.
- Cálculos hidráulicos de abastecimiento y dotación de agua teniendo en cuenta la ecuación de continuidad de masas por conducción contemplando factores de pérdidas de presión por altitud, fricción y accesorios, a través, de reservorios elevados en materias como Hidráulica.
- Almacenamiento e interpretación de datos de piezómetros como son la dirección del flujo de agua en el subsuelo y la recarga de acuíferos debido a las precipitaciones y nevados, reconociendo la curva de abatimiento que se genera al operar un pozo pasando de un nivel estático a uno dinámico generando el cono de depresión en materias de Aguas Subterráneas.
- Comportamiento del agua por medio de los perfiles litológicos debido a la granulometría del mismo para su clasificación respectiva en los piezómetros ubicados en Huinipampa en materias de Geología y Geotecnia.

II. INTRODUCCIÓN

En la subcuenca Cañipía se encuentra la compañía minera Antapaccay, cuya actividad necesita del agua superficial proveniente de la escorrentía del río que pasa por sus operaciones mineras, aguas más abajo se encuentra un esquema hidrográfico conformado por los canales de riego: (a)Quetara; (b)San José; (c)Vista Alegre; (d)Suchiñahui; (e) Urbaya; (f)Patito Ciego; (g)Cañón de Pururo; (h)Milagros.

Los canales de riego mencionadas logran la captación del recurso hídrico a través de obras de arte en el cauce natural del río Cañipía tanto en el margen izquierdo como en el derecho, la conducción del agua es a través de canales de material de concreto con secciones rectangulares y trapezoidales logrando un porcentaje eficiente en la conducción mas no en la distribución hacia las parcelas de los usuarios.

El problema central se basa en el déficit del recurso hídrico a partir de la temporada de estiaje durante los meses comprendido entre Agosto a Diciembre, donde los usuarios de los canales no poseen agua suficiente para realizar el sembrío de avena, alfalfa mejorada y papa, por lo cual el único sustento para sus hogares es la ganadería limitando el ingreso económico en las comunidades, es por ello que se brinda el servicio de reposición de agua, a través, de un sistema que incluye pozos de reposición de agua subterránea que bombean agua hacia la estación Yolanda para luego ser impulsado por líneas de conducción de material HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene), hacia el reservorio elevado Maicol logrando una Altura Dinámica Total (ADT) aproximado de 30 m. para luego ser distribuido por tuberías Hdpe hacia los canales de riego de la primera Etapa del convenio como plan del Estudio de Impacto Ambiental(EIA) firmados entre la compañía minera Antapaccay y los centros poblados dentro del área de influencia de las operaciones mineras.

Cabe mencionar que las actividades realizadas fueron como servicio para la Compañía Minera Antapaccay S.A. en un lapso de treinta meses seguidos, recopilando información y apoyo social en las comunidades con la reposición del sistema de agua para los canales de riego en el río Cañipía.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- Realizar el monitoreo superficial y subterráneo para el sistema de reposición de agua al canal Quetara margen derecha del río Cañipía – Espinar – Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Realizar reportes diarios, semanales y mensuales de las actividades realizadas durante el monitoreo de fuentes de aguas subterráneas y superficiales en el río Cañipía.
- Realizar los monitoreos de caudales para determinar los caudales mínimos y dar inicio al sistema de reposición de agua en el canal Quetara.
- Programar, supervisar y operar los trabajos en la infraestructura hidráulica del sistema de reposición del reservorio Maicol ubicados en el cerro Qoncco para el canal Quetara.
- Realizar el monitoreo de fuentes de agua subterráneas como piezómetros del tipo casa grande y pozos de reposición ubicados en los alrededores de la operación minera Antapaccay.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Revisión bibliográfica

3.1.1. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un sistema donde interactúa la geografía con la hidrología, está compuesta principalmente por un río principal que nace en la divisoria de agua hasta su desembocadura que podría ser en un mar o lago.

En una cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales: (a) suelo; (b) agua; (c) vegetación; (d) otros, allí habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades. Cualquier infraestructura e intervenciones que realiza el hombre se encuentran en una cuenca hidrográfica, por lo tanto, no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca. La excepción aceptada es para pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas denominadas “zonas de intercuenas”. Cuando las áreas planas son muy grandes y no es tan fácil distinguir las divisorias de las aguas, a estas se denominan cuencas de llanos, pampas o praderas. En el caso de cuencas que vierten sus aguas a los mares, se integra espacialmente el área de influencia sobre las zonas costeras, que muchas veces constituye un valioso ecosistema ecológico y económico (Faustino y Jiménez, 2000).

La cuenca hidrográfica es un sistema complejo, abierto donde ocurre el ciclo hidrológico y cuyos elementos naturales, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales son variables en el tiempo; y se encuentran en estrecha interrelación. Sin embargo, los efectos que resultan de las interacciones entre los diferentes componentes producen algo que es más que la suma de sus partes; tal como ocurre con el cuerpo humano que también es considerado como un sistema complejo. Por otro lado, una cuenca hidrográfica es un sistema abierto a flujos, influencias y líneas de acción que atraviesan sus fronteras; es decir que puede recibir y dar; pues una cuenca hidrográfica es solo una parte ínfima de la tierra. Además, se debe tener siempre presente que no existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica. Vásquez et al., 2016).

En la figura siguiente, se muestra un esquema donde interactúan los diferentes sistemas de una cuenca hidrográfica tales como: (a) Sistema Social; (b) Sistema Económico; (c) Sistema Demográfico; (d) Sistema Biofísico, donde los elementos de cada sistema están definidos desde las creencias religiosas y sus costumbres, sistemas de producción y tenencia de la tierra, tamaño y distribución de la población y flora y fauna de la cuenca.

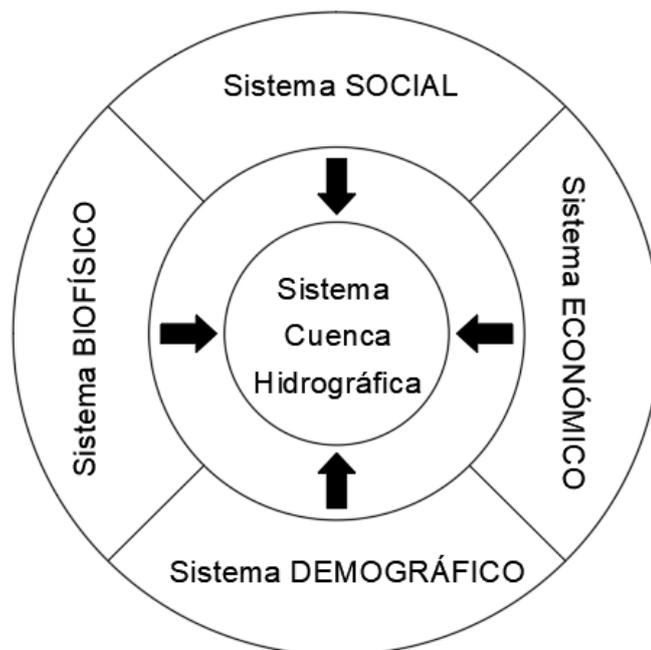


Figura 1: Esquema de las interacciones en la cuenca hidrográfica.

a. Clasificación de Cuencas Hidrográficas:

- **Arreicas**, cuando no logran drenar a un río, lago o mar. Sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo.
- **Criptorreicas**, cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos (caso de zonas kársticas).
- **Endorreicas**, cuando sus aguas drenan a un embalse o lago sin llegar al mar, en el caso del Perú el lago Titicaca.
- **Exorreicas**, cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como un río de mayor orden o mar.

En el caso de la Unidad Hidrográfica Cañipía se puede clasificar como una cuenca exorreica, debido a que es afluente al río Salado.

b. Partes de una Cuenca:

Se puede clasificar a la cuenca hidrográfica desde la cabecera de cuenca hasta la desembocadura del río principal en el mar comprendido en: (a) parte alta; (b) parte media; (c) parte baja.

- **Parte alta:** Estas partes comprenden altitudes superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar, llegando en algunos casos hasta los 6,500 msnm. En tales áreas se concentra el mayor volumen de agua ya sea en forma de nevados o de lluvia, dado que allí la precipitación pluvial es intensa y abundante; es frecuente asimismo la formación de nevados. La topografía de estas zonas es sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, su potencial erosivo es sumamente alto, pero al mismo tiempo su potencial para la producción hidroenergética también es alta. La precipitación total anual promedio alcanza los 800 hasta 1,600 mm por año. En esta parte es frecuente observar lagos y lagunas con abundante actividad biológica. Aquí se ubican los pastores y campesinos pobres que normalmente desarrollan una economía de autoconsumo y subsistencia; pero al mismo tiempo en estas zonas se encuentra un gran potencial con recursos mineros.

A estas partes altas también se le llama “cabecera de cuenca”, que son las zonas de mayor disponibilidad de agua y de muy buena calidad y que a partir de allí fluyen hacia las partes medias y bajas de las cuencas, ya sea en forma superficial o subterránea. Estas partes altas son claves para su preservación y protección por ser abastecedoras de agua para el resto de la cuenca. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas, Vásquez et al., 2016).

- **Parte media:** Son las comprendidas entre los 800 y 3000 msnm. Las precipitaciones promedio que caen en estas zonas varían entre los 100 – 800 mm/año. En estas zonas están los valles interandinos, caracterizados por el clima benigno y variado. La función de estas partes de la cuenca está relacionada fundamentalmente con el escurrimiento del agua, siendo frecuente en dicho ámbito la presencia de pequeñas ciudades que la circundan, dándose además como característica, una gran actividad económica. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas, Vásquez et al., 2016).
- **Parte baja:** Abarcan desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. La precipitación promedio que cae en la zona es muy escasa (< 100 mm/año), su pendiente es igualmente baja. En este ámbito están los amplios valles costeros, donde se

desarrolla una intensa actividad agropecuaria, así como también se ubican las medianas y grandes ciudades consumidoras. En estas zonas se ubican los grandes proyectos de irrigación con importantes sistemas de embalse. El potencial de aguas subterráneas de estas zonas es alto.

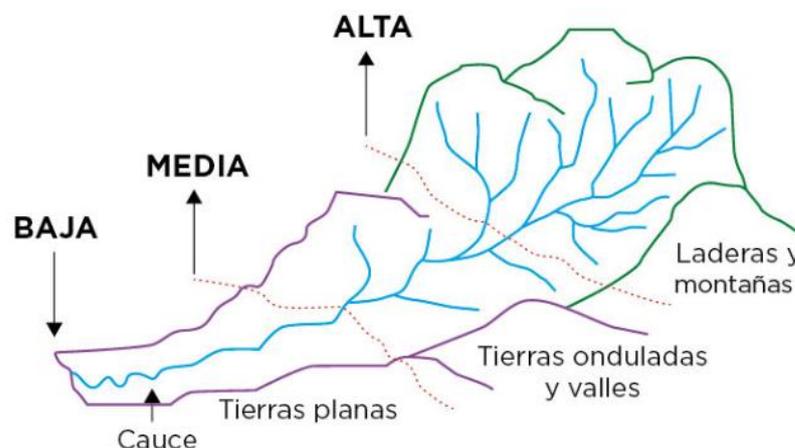


Figura 2: Partes de una cuenca hidrográfica.

c. Tipos de Cuencas Hidrográficas en el Perú

En el Perú por la desembocadura de los ríos se puede observar tres vertientes hidrográficas marcadas: (a) Vertiente Atlántico; (b) Vertiente Pacífico; (c) Lago Titicaca, que están administradas a nivel nacional por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), conformadas por 159 cuencas hidrográficas en las tres vertientes, bajo el enfoque de planificación y gestión territorial, la Autoridad Nacional del Agua ha determinado 14 Autoridades Administrativas del Agua (AAA) a nivel nacional. Se aprecia en la Tabla 1 y figura 3 la distribución de las cuencas hidrográficas en el Perú.

Tabla 1: Vertientes hidrográficas del Perú

Cuencas Hidrográficas del Perú	
Vertiente	Cantidad
Atlántico	84
Pacífico	62
Titicaca	13
Total	159

Fuente: Política y estrategia nacional de recursos hídricos, ANA

- **Vertiente Atlántico:** las 84 cuencas del Atlántico se caracterizan por una mayor precipitación pluvial en las partes altas, contar con valles interandinos más anchos y un recorrido más largo y amplio de sus ríos en sus partes medias y por las partes bajas que son tropicales húmedas. Interesa no tanto el uso racional del agua sino la construcción de una infraestructura que permite la captación de la misma al contar con suelos más fértiles y con mayores posibilidades de desarrollo. La calidad del agua sólo interesa a las partes altas y para la actividad pesquera de las partes medias compuestas por monte con alta vegetación por la extrema precipitación de las partes bajas, en contraste con la aridez de las partes medias y bajas de las cuencas del Pacífico. En muchos lugares de estas cuencas de la vertiente del Atlántico, existe un gran potencial para la producción de energía hidroeléctrica que deben ser aprovechadas adecuadamente. Al mismo tiempo el problema mayor de estas cuencas es la deforestación acelerada, la contaminación, creciente por la minería legal e ilegal y el narcotráfico.
- **Vertiente Pacífico:** Las 62 cuencas del Pacífico se caracterizan por la morfología muy accidentada, angosta y corta de sus partes altas, compuesta por cañones muy pronunciados, que se vuelven muy pedregosos en las partes medias, facilitando los torrentes y por una limitada amplitud en sus partes bajas por la presencia de desiertos. Es por ello que la necesidad de agua se torna imprescindible para sustentar la agricultura especialmente en las partes bajas de estas cuencas, que son desiertos, lo que ha obligado a recurrir a la construcción de importantes obras de infraestructura hidráulica, tales como grandes reservorios de agua, canales de irrigación que han permitido ganar tierra al desierto, trasvases que logran ampliar de esta manera la frontera agropecuaria en la costa del Pacífico, la cual más se asemejan a una oasis dentro de un largo desierto.
- **Vertiente Titicaca:** Las 13 cuencas del Titicaca se caracterizan por estar impactadas por el lago navegable más alto del mundo, a una altura promedio de 3809 msnm; por la irregularidad de los torrentes de sus cursos de agua que provienen también de las partes altas de la cordillera occidental que desemboca en el lago, teniendo periodos de escasez de agua que se alternan con las inundaciones, que han hecho que los alrededores del lago se dediquen más a la ganadería que a la agricultura. De esta manera, se reproduce la pobreza porque esta ganadería tiene una limitada rentabilidad al estar muy lejos de los mercados más importantes que son Arequipa, Lima y el exterior y que al mismo tiempo los

pastizales y demás cubierta vegetal está muy deteriorada o simplemente ya no existe.

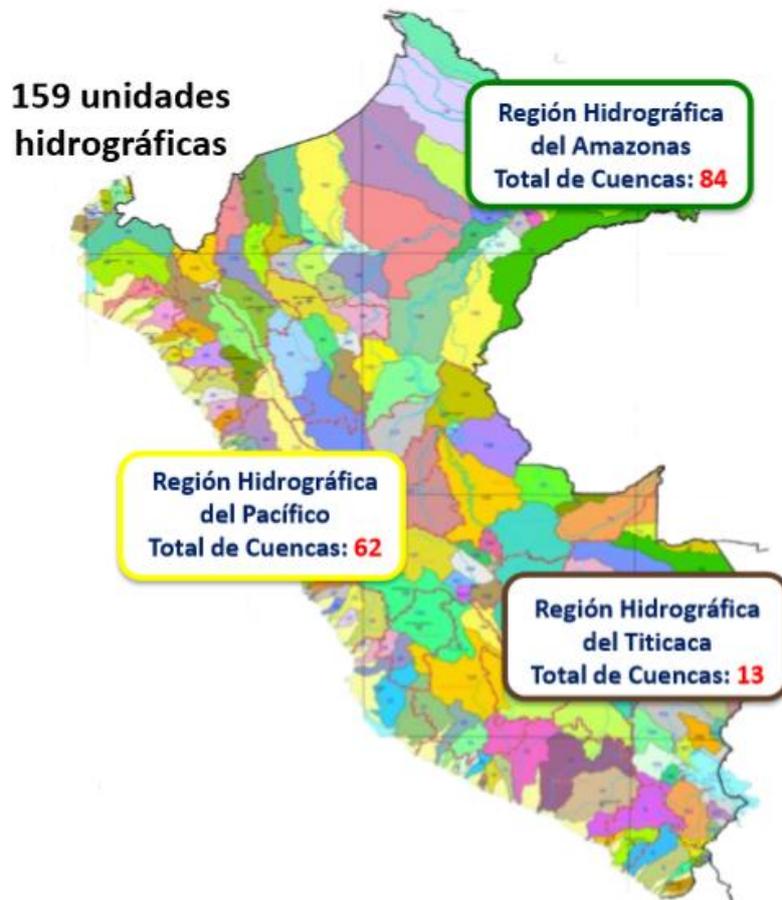


Figura 3: Unidades Hidrográficas del Perú.

3.1.2. Componentes del sistema hídrico

a. Agua atmosférica, precipitaciones pluviales

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

b. Aguas superficiales (ríos)

Existen cerca de 1007 ríos que producen un promedio anual de 1'765,323 hm³, y se localizan en las vertientes del Pacífico, Atlántico y Titicaca. Los ríos muestran una

alta variabilidad en relación con la cantidad, calidad y distribución del recurso hídrico (ANA, 2014).

Las cuencas de la vertiente del Pacífico exhiben diferencias notables en cuanto a caudal promedio anual según la latitud a la que se encuentren. Los ríos Santa, Tumbes, Ocoña y Chira, ubicados al norte aportan un caudal promedio superior a los 100 m³/s, mientras los ríos ubicados en la parte sur como Locumba, Sama, Caplina, Uchusuma y Hospicio generan un cauce promedio de 8 m³/s.

La vertiente del Atlántico los ríos son caudalosos con regímenes permanentes por la menor densidad poblacional. Las cuencas del Amazonas, Ucayali y Marañón son los que aportan caudales promedios por encima de los 10,000 m³/s y los ríos más pequeños recorren espacios interandinos como Huancabamba, Crisnejas, Chotano y el Llaucano poseen caudales por debajo de los 50 m³/s.

En la vertiente del Titicaca los ríos presentan valores entre los 100 m³/s y 10 m³/s, los ríos más representativos son Ramis, Huancane, Coata y el Ilave cuya región donde la oferta hídrica resulta ser del nivel moderado con respecto a la población y sus necesidades del recurso renovable.

c. Lagunas

Según el Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos (ONERN, 1980), se reconocieron 12,201 lagunas en el territorio peruano, la mayoría de las cuales eran de origen glaciar, y en algunos casos eran aprovechadas como embalses reguladores. No fue sino hasta el año 2014 que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó una actualización del inventario de lagunas sobre la base de datos satelitales y verificaciones en campo (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Comparación de lagunas inventariadas según región hidrográfica

Región Hidrográfica	Año	
	1980	2014
Pacífico	3896	3315
Amazonas	7441	8006
Titicaca	841	280
Cuencas cerradas	23	
Total	12201	11601

Fuente: ONERN (1980); ANA (2014)

La actualización de las informaciones relacionadas a las lagunas se enfoca sobre aquellas que son de origen glaciar, y que además de ser una fuente disponible de agua para actividades antrópicas podrían representar riesgos para las comunidades que viven aguas abajo en caso se dé un rebose de los niveles naturales (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Cantidad y superficie de lagunas según vertiente hidrográfica

Vertiente Hidrográfica	Inventariadas		No Inventariadas		Total	
	Cantidad	Superficie (km ²)	Cantidad	Superficie (km ²)	Cantidad	Superficie (km ²)
Pacífico	2045	249,35	1270	3,05	3315	252,40
Atlántico	6077	606,68	1929	5,63	8006	612,31
Titicaca	233	60,60	47	0,17	280	60,77
Total	8355	916,63	3246	8,85	11601	925,48

Fuente: ANA, Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas (2014)

d. Aguas subterráneas

Las reservas de aguas subterráneas representan el volumen de agua almacenada en el reservorio acuífero. Las aguas subterráneas son parte del ciclo hidrológico. Parte del agua que cae por la precipitación, se incorpora a los lagos, ríos, arroyos y océanos, mientras que otra parte es absorbida por la vegetación, que incorpora el agua nuevamente a la atmósfera mediante la evapotranspiración. El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos, o no es transpirada por las plantas, se filtra a través del subsuelo y pasa a formar los acuíferos subterráneos.

Desde las nacientes de los ríos hasta su desembocadura, existe una gran variedad de rocas y suelos con propiedades permeables e impermeables. Las rocas permeables son fracturadas, porosas y kársticas, y tienen capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas; por lo tanto, son las que constituyen los reservorios acuíferos. Las rocas impermeables son compactas; en ciertos sectores constituyen la base y/o techo de los acuíferos (sobre todo en los acuíferos confinados) y en otros sectores condicionan la surgencia de aguas subterráneas en forma de manantiales.

Los acuíferos en la vertiente del Pacífico se encuentran sobre materiales porosos no consolidados de los valles costeros y se recargan a través de las aguas superficiales de los ríos. Actualmente, estos son los acuíferos más explotados del país. De otro lado, el carácter montañoso de la sierra evidencia la presencia de acuíferos fisurados y kársticos a través de surgencias de aguas subterráneas en forma de manantiales.

Estos reservorios se ubican entre la cabecera y la parte media de las cuencas. En la zona del Altiplano, se alternan rocas permeables e impermeables de característica volcánica y volcánica sedimentaria. En el caso de la selva, esta es húmeda, con elevadas precipitaciones y una densa vegetación. Su área de recarga es extensa, y el relleno fluvial y aluvial es mayormente permeable; por ello, constituye la zona de mayor importancia en cuanto a reservas de aguas subterráneas y superficiales que tiene el país (Ver Tabla 4).

Tabla 4: Estadísticas de pozos inventariados por Autoridades Administrativas del Agua según tipo de uso

Autoridad Administrativa del Agua	Agrícola	Doméstico	Pecuario	Industrial	Total	%
Caplina - Ocoña	442	178	18	26	664	1,94
Chapara - Chíncha	2598	856	148	155	3757	11,00
Cañete - Fortaleza	1310	5831	208	1350	8699	25,47
Huarmey - Chicama	1930	3432	203	115	5680	16,63
Jequetepeque Zarumilla	2895	3720	752	86	7453	21,82
Mantaro	1	101	0	18	120	0,35
Amazonas	3	1322	4	6	1335	3,91
Ucayali	7	2779	20	78	2884	8,44
Titicaca	6	3218	287	54	3565	10,44
TOTALES	9192	21437	1640	1888	34157	100,0

Fuente: ANA, Oficina del Sistema de Información de Recursos Hídricos, 2016.

e. Glaciares

Los glaciares son espacios con extensas masas de hielo que se ubican en las zonas alto andinas cercanas a los 5000 msnm. El espesor promedio de estos glaciares oscila entre 14 y 22 m y su importancia radica en su rol de almacenamiento y distribución paulatina de agua a los ecosistemas cuenca abajo. Este servicio ambiental es de suma importancia en las zonas con marcada estacionalidad en las lluvias o con poca lluvia, como la sierra y la costa, respectivamente. Asimismo, los glaciares tropicales son excelentes indicadores de la evolución del clima y constituyen las reservas sólidas de agua dulce.

En Sudamérica, los glaciares tropicales están emplazados entre Bolivia y Venezuela, cubriendo una superficie aproximada de 2758 km², Perú es el país con mayor importancia con 71%, seguido de Bolivia 20%, Ecuador 4%, Colombia 4% y

Venezuela 0.1%, (Jordán, 1991, citado por INRENA).

En las 18 cordilleras más importantes del país, existen 3044 glaciares, con un área aproximada de 1596 km² y 44338 millones de m³ de volumen estimado de hielo. Las cordilleras con los glaciares más importantes se listan en la siguiente figura. Las tres cordilleras más grandes, mantienen el 75% del volumen de hielo almacenado en los Andes peruanos; estas son la cordillera Blanca (43%), la cordillera de Vilcanota (24%) y la de Ampato (8%).

f. Humedales

Los humedales constituyen ecosistemas que albergan una alta diversidad biológica. Son clave para diversos procesos ecológicos y brindan servicios ambientales a las poblaciones locales, a los países amazónicos y al planeta en general. Entre sus principales servicios eco sistémico resalta la calidad de agua que brindan a las poblaciones cercanas. Teniendo en cuenta la totalidad del sistema de humedales con el que cuenta el territorio nacional, se ha percibido la necesidad de agruparlos y clasificarlos según las características de sus parámetros geoquímicos y localización. En ese sentido, el Ministerio del Ambiente - MINAM - generó por primera vez en el año 2014 el mapa de Humedales del país, donde se reconocen los sistemas de aguajales y pantanos, localizados principalmente en la región amazónica, con un área de 6'063,551 ha (4.7% del territorio nacional); el sistema de bofedales, localizados en regiones alto andinas, con un área de 509,381 ha (0.4% del territorio nacional); y los manglares y humedales costeros, localizados en las regiones costeras, con áreas de 5,790 y 3,448 ha respectivamente. Se estima que los humedales constituyen aproximadamente el 20% del total de los hábitats presentes en la cuenca amazónica.

3.1.3. Monitoreo de aguas superficiales

La empresa Sifman Soluciones se encarga del Servicio para la Operación y Monitoreo de los Sistemas de Reposición de Cañipía y Suministro de agua Tintaya. Dicho servicio se realiza en el ámbito de influencia de las operaciones Antapaccay, bajo supervisión técnica de la Superintendencia de Recursos Hídricos e Hidrogeología, y dentro del marco que establece el Estudio de Impacto Ambiental Antapaccay dentro de la Primera Etapa. El soporte en campo lo realiza la Gerencia de Relaciones Comunitarias, a través de sus unidades de Gestión Social.

Esta subcuenca tiene su origen en la cabecera de la divisoria de aguas con la cuenca del río Colca. El escurrimiento se origina de quebradas y ríos, entre los principales se identifican los ríos Choco y Vila Vila, que dan origen al río Huilcarani, el mismo que recibe aporte de los ríos Cotimayo, Chalchamayo, Coropuquio, Suramayo. La confluencia del río Huinimayo y el Huilcarani dan origen al río Cañipía, el mismo que aguas abajo recibe el aporte de los ríos Ccatunmayo y Ccoloyo. Recorre aguas abajo con aportes de quebradas hasta su desembocadura en el río Salado.

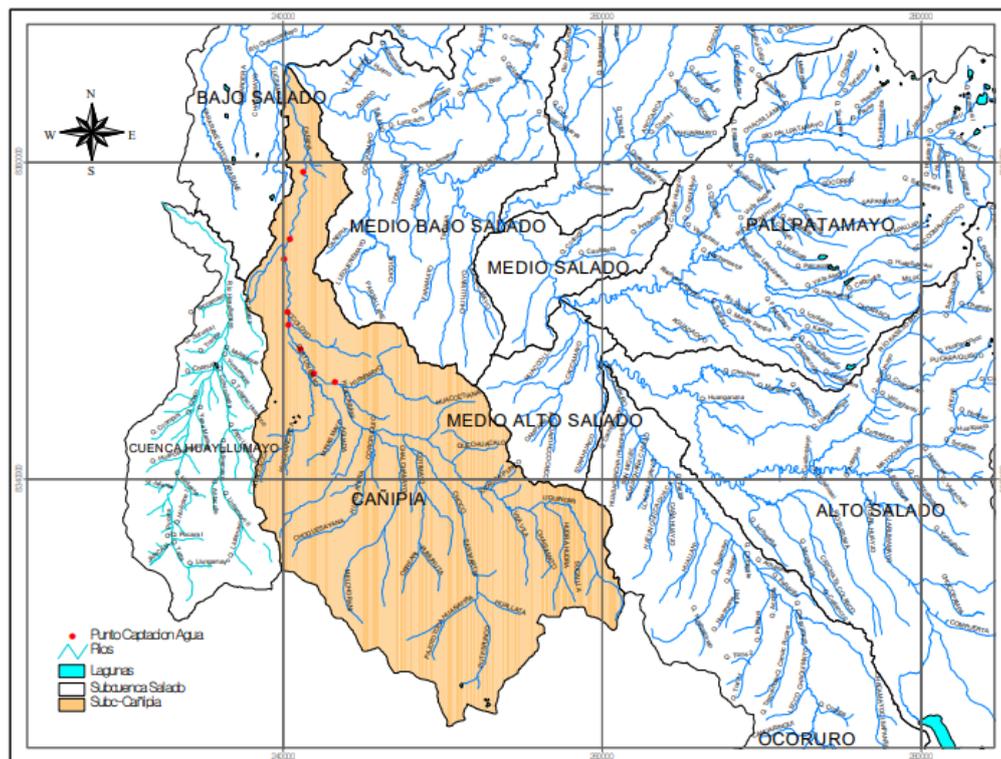


Figura 4: Unidad Hidrográfica Cañipía

De manera diaria y periódica según la Tabla 5, se realizaron los aforos en los canales Quetara, San José y Vista Alegre. Además, del río Tintaya y canal Ccocareta. Por otro lado, se realizó el aforo semanal a los canales de Jutumayo, Urbaya, Suchiñahui, Patito Ciego, Pururo y Milagros. Finalmente, se realizaron los aforos del río Cañipía y punto de Vertimiento Cañipía (V01), realizando apoyos repentinos según la solicitud de la gerencia para el monitoreo de fuentes de agua en las comunidades aledañas y en operaciones mina (Antapaccay); siempre coordinando con el área de Supervisión de Hidrogeología y el área de Relaciones Comunitarias para las facilidades respectivas durante el traslado a los puntos de monitoreo.

Tabla 5: Operación y Monitoreo Sistema de Reposición de Agua

CAÑIPIA		TINTAYA		ANTAPACCAY
MONITOREO	OPERACIÓN	MONITOREO	OPERACIÓN	MONITOREO SOPORTE
Diario	Reposición	Diario	Reposición	Fuentes de Agua Antapaccay
Canal Quetara	Quetara	Dique Tintaya	Canal Ccocareta	Canales de contacto
Canal San José	San José	Río Tintaya	Río Tintaya	Canales de no contacto
Canal Vista Alegre	Vista Alegre			Irrupciones
Semanal	Jutumayo			Riachuelos
Canal Jutumayo	Tanque Ubaldo Calla			Quebradas
Canal Suchiñahui				Cárcavas
Canal Urbaya				Manantes
Canal Patito Ciego				
Canal Pururo				
Canal Milagros				

Fuente: Sifman Soluciones SAC.

La ubicación de los puntos hidrométricos de los canales de riego fue establecida en ambas márgenes del río Cañipía, los canales cuentan con una sección definida de material de concreto, las secciones típicas de los canales son del tipo rectangular y trapezoidal con variaciones en sus dimensiones, estos canales son administrados por los mismos usuarios de las comunidades, quienes son los encargados de dar el mantenimiento del mismo para su óptimo funcionamiento (Ver Tabla 6).

Tabla 6: Ubicación de estaciones hidrométricas

Canal	Tipo	Margen	Coordenadas WGS - 84	
			Este	Norte
Quetara	Rectangular	Derecho	242890	8348807
San José	Rectangular	Izquierdo	243481	8348055
Vista Alegre	Trapezoidal	Izquierdo	241968	8348872
Jutumayo	Mampostería	Izquierdo	241878	8347602
Suchiñahui	Rectangular	Derecho	241278	8350514
Urbaya	Trapezoidal	Izquierdo	240312	8351543
Patito Ciego	Rectangular	Derecho	240508	8353453
Pururo	Rectangular	Izquierdo	240079	8356160
Milagros	Trapezoidal	Derecho	240675	8357432

Nota: WGS-84= World Geodetic System 1984; Fuente: Elaboración propia.

a. Hidrogramas

Según Heras (1983), el hidrograma permite representar la variación del caudal de un río, en función del tiempo.

Un hidrograma de caudal es una gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y escorrentía de una cuenca de drenaje particular. (Aguas Subterráneas – Acuíferos, J. Ordoñez, 2011).

Los valores máximos de monitoreo, “se denomina tránsito de avenidas, tránsito de hidrograma, propagación de caudales (en inglés *flood routing*, *hydrograph routing* o *flow routing*), al procedimiento a través del cual se puede determinar el hidrograma del caudal, en un punto de un curso de agua, utilizando hidrogramas conocidos en uno o más puntos aguas arriba del cauce. (Máximo Villón, 4ta Edición, p. 57).

Un hidrograma es la expresión gráfica de entre el caudal en función del tiempo. Puede representarse a escalas muy diversas; aparecer en intervalos de tiempos desde valores de 12 horas hasta un tiempo prolongado según sea el historial de datos del punto de monitoreo.

El área comprendida bajo un hidrograma es el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo en el intervalo de tiempo considerado. En un hidrograma anual se puede apreciar los valores máximos y mínimos registrados en uno o varios puntos hidrométricos.

b. Métodos de aforo

La organización meteorológica Mundial, 2011 señala los métodos prácticos más utilizados como son:

- **Método Volumétrico:** es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa.

Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y controlar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene una relación entre el volumen de llenado y el tiempo de almacenamiento.

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

Donde:

Q: es el caudal expresado en m³/s

V: volumen dado en m³

T: tiempo en segundos

- **Método del flotador:** se utiliza cuando se carece de equipos de medición para este fin. Los caudales de ríos y quebradas pueden ser estimados generando primero una relación caudal-altura para un punto estable a lo largo del curso del agua mediante un aforador en una serie de condiciones de caudal bajo, medio y alto.

Medición de la velocidad: V (m/s)

- Seleccionar un tramo homogéneo.
- Identificar 2 puntos fijos para determinar el tiempo de transcurso que se demora el flotador en llegar del punto inicial al final.
- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante.
- Unidad de medida más representativa es m/s.

Medición de la sección transversal: A (m²)

- Extender una cinta métrica entre ambas orillas para medir la longitud.
- Medir las profundidades a lo largo del cauce tomando como referencia la cuerda.
- Estimar el área de la sección transversal.

Medición del caudal: Q= m³/s

El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$Q = V \times A$ Donde:

Q: es el caudal expresado en m³/s

V: velocidad dado en m/s

A: área de la sección transversal m²

- **Método del correntómetro:** estima la velocidad del agua por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua.

Existen varios tipos de correntómetros, pero los más empleados son los de hélice de varios tamaños; cuanto más grande sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del equipo. Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se debe, en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua. Las profundidades a las que se miden las velocidades con el correntómetro están en función de la altura del tirante de agua (h) (Ver Tabla 7).

Tabla 7: Lecturas con el correntómetro en fuentes de aguas superficiales

Tirante de agua (h)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	h/2
15 < h < 45	0.6h
> 45	0.2h y 0.8h o 0.2h, 0.6h y 0.8h

Fuente: Resolución Jefatura N° 182-2011 ANA MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

3.1.4. Monitoreo de aguas subterráneas

a. Tipos de Piezómetros:

La decisión de perforar hasta una cierta longitud es por la formación rocosa, lo más importante son los niveles freáticos, la litología sobre todo la porosidad de la roca y los parámetros geotécnicos si se encuentra el piezómetro cerca al talud y si este está comprometiendo el minado (Veliz A.)

- **Piezómetro Abierto:** Es conocido también como tipo Casagrande, en honor a quién lo desarrolló “Arthur Casagrande” (Terzagui, Peck & Mesri, 1996). Este

piezómetro está conformado por los siguientes elementos: (a) un filtro de 11 arena dentro del cual se coloca una celda permeable o bulbo; (b) un tubo vertical; (c) un sello de bentonita que se coloca arriba del filtro de arena y envuelve al tubo vertical. Los piezómetros de Casagrande pueden usarse para la medición del nivel freático respecto a la superficie del terreno, presión de agua en terraplenes, fundaciones, presas, o en lugares seleccionados. Formado por un tubo plástico o de metal, con una piedra porosa en su base. Este piezómetro se basa en el contacto del limnómetro eléctrico con el agua para registrar el nivel freático respecto a la superficie del terreno, además se menciona que es apropiado en lugares donde la superficie freática es sensiblemente estática (Novak, 2001) (Ver Figura 5).

Para medir el nivel de agua dentro del tubo vertical del piezómetro, se emplea una sonda eléctrica, que en términos generales es un circuito eléctrico abierto mediante la separación de las puntas de un cable eléctrico, el cual al introducirse en el tubo vertical y descenderlo hace contacto en el agua cerrando el circuito; en la superficie esto se ve porque se produce un cambio de voltaje que prende una luz o activa una chicharra. Desde su creación y hasta la fecha, este tipo de piezómetro se sigue utilizando porque ha demostrado dar resultados confiables si se construyen e instalan correctamente. Siendo el punto crítico de la construcción el sello de bentonita, sobre todo cuando se tiene que colocar a profundidades considerables, (Beltran y Vintimilla, 2014).

La forma de tomar y anotar los datos se lo debe realizar de manera ordenada y periódica. Además, siempre se debe usar el mismo formato para evitar equivocaciones en la manipulación de los mismos.

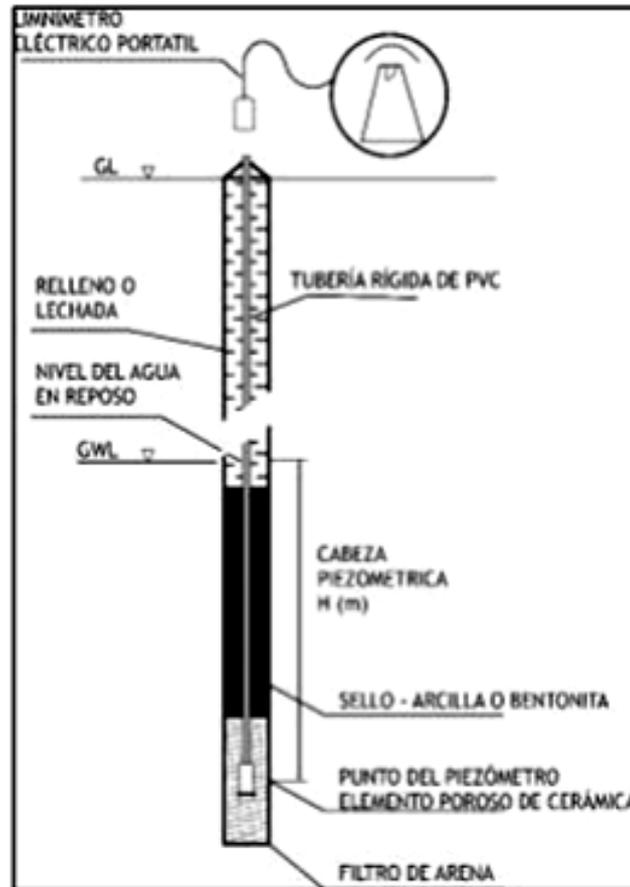


Figura 5: Esquema de piezómetro Casa Grande

- Piezómetro Cuerda Vibrante:** Es un tipo de piezómetro cerrado, integrado a un transductor por una cuerda que puede vibrar, el extremo de un alambre de acero se sujeta al cuerpo del transductor por una mordaza fija y es tensionado con una segunda mordaza móvil, hasta que vibre libremente, a esta forma de vibrar se define como frecuencia natural (Ver Figura 6). Esta frecuencia de vibración variará si cambia la tensión del cable, lo que se logra con movimientos relativamente pequeños de la mordaza móvil, en este caso la mordaza móvil es parte del diafragma flexible que se deforma cuando el agua del suelo llena la cámara del transductor. El cambio de frecuencias de vibración del alambre antes y después de deformado el diafragma flexible, puede ser traducido en una presión de poros utilizando equipo electrónico (Beltran & Vintimilla, 2014).
 El tiempo de respuesta para la recolección de datos es menor al piezómetro de Casagrande, pero requiere que la instalación y la operación sea por personal calificado.

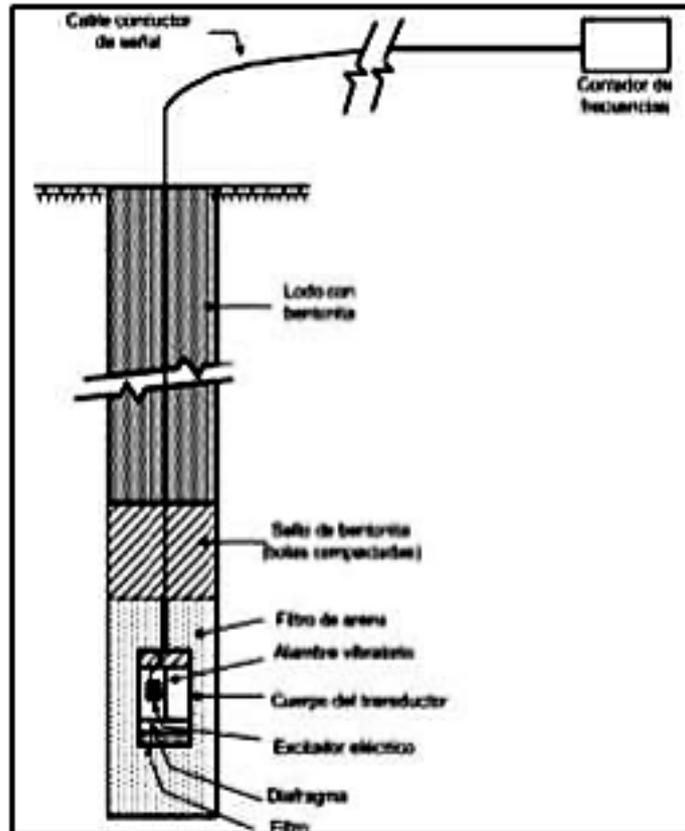


Figura 6: Esquema de piezómetro Cuerda Vibrante

b. Ubicación de Piezómetros y Pozos de Reposición Huinipampa

En la operación de la compañía minera Antapaccay, se realiza el monitoreo de aguas subterráneas en los alrededores del tajo norte, ubicados en las parcelas de Huinipampa, con la finalidad de identificar los niveles estáticos de agua en los diferentes puntos de control (Ver Tabla 8 y Tabla 9). Estos piezómetros y pozos de reposición en algunos casos se encuentran desmontados, obstruidos por parte de la comunidad.

Tabla 8: Ubicación de pozos de reposición Huinipampa

POZOS	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
PR 01	8346466	246308
PR 02	8346362	245748
PR 03	8346250	245164
PR 04	8345849	245333
PR 05	8346953	245276
PR 06	8347228	244824
PR 07	8346887	244559
PR 08	8345959	245739
PR 09	8347310	244339
PB 01	8346588	244982

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Ubicación de piezómetros Huinipampa

PIEZOMETROS	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
APP 10-3	8347307	244252
PZ 01	8345626	246690
PZ 04	8347262	245247
PZ 05	8346509	2444888
PZ 08	8345965	245707
PZ 11	8350760	247313
PZ 13	8348850	246154
PZ 14	8348521	246735
PZ 16	8347356	247181

Fuente: Elaboración propia.

Los pozos de reposición (PR), PR-05, PR-06, PR-07 y PR-09 se encuentran en la actualidad de manera operativa y son monitoreadas por otro servicio y es operado por la empresa Xylem, en conjunto se realiza las coordinaciones para el encendido y apagado de las mismas con la finalidad de brindar el déficit de agua en los canales de riego del compromiso asumido en el EIA Antapaccay (Ver Figura 7).

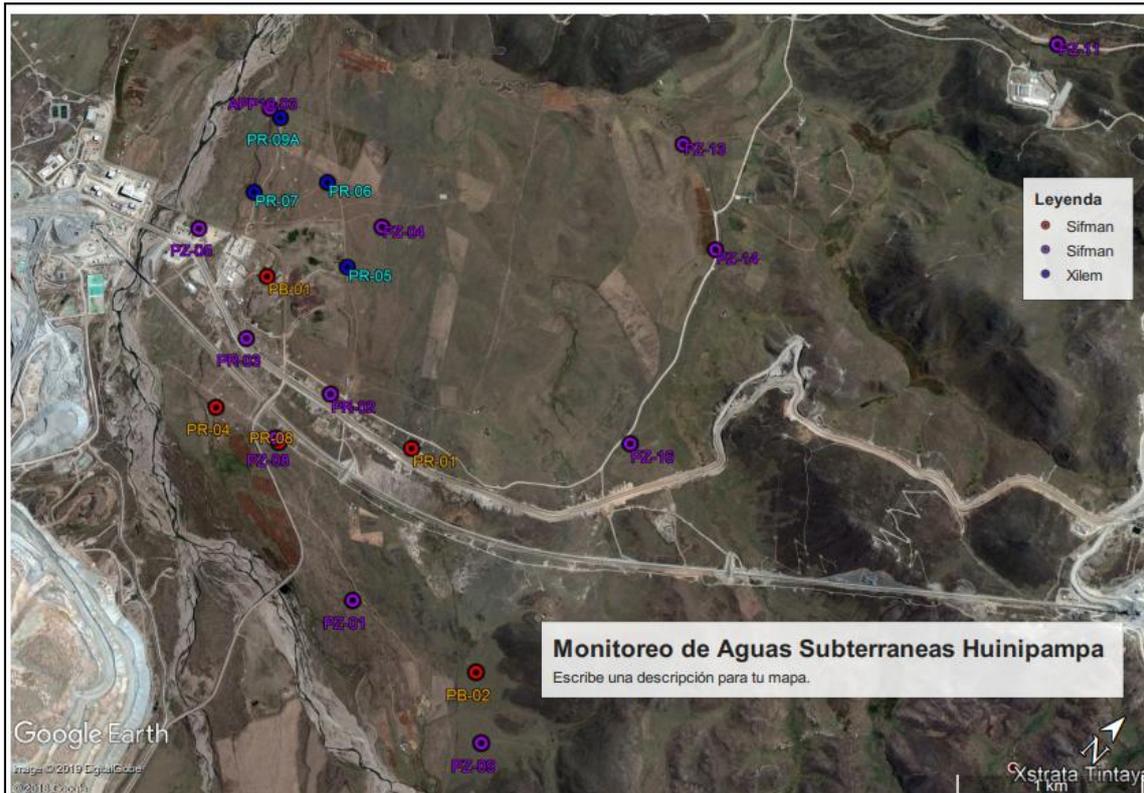


Figura 7: Ubicación de piezómetros y pozos Huinipampa

3.1.5. Sistema de reposición de agua en los canales I etapa

Concepto de reposición de aguas, compromiso asumido en Estudio Impacto Ambiental (EIA): En caso se evidencie afectación en la calidad y/o cantidad de agua, que pueda perjudicar a los usuarios de la cuenca Cañipía, la empresa Antapaccay se compromete a garantizar el caudal indicado en las licencias de uso de agua de cada Comisión de Regantes, en la cantidad que fuese impactado.

Los canales que se encuentran en ambas márgenes del río Cañipía presentan algunos licencia de uso de agua y otros no, es el caso del canal San José que se asume un caudal mínimo para la reposición de agua a través del sistema de 10 l/s. En la Tabla 10 se puede apreciar las etapas comprendidas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Tabla 10: Compromiso estudio impacto ambiental Antapaccay

SISTEMA REPOSICIÓN CAÑIPÍA		
Etapa	Canales Riego	Fase Construcción
1	Quetara San José Vista Alegre Jutumayo	Entre 0 a 5 años operación minera
2	Suchiñahui Urbaya	Entre 5 a 10 años operación minera
3	Patito Ciego Cañón Pururo Milagros	Entre 10 a 15 años operación minera

Fuente: Sistema de Compensación de Agua Cuenca Cañipía – Antapaccay 2014.

Se puede determinar un esquema hidrográfico en el río Cañipía dentro del área de influencia de las operaciones mineras a tajo abierto en Antapaccay. En la actualidad la fase uno se encuentra ejecutada al 100% (Ver Figura 8).

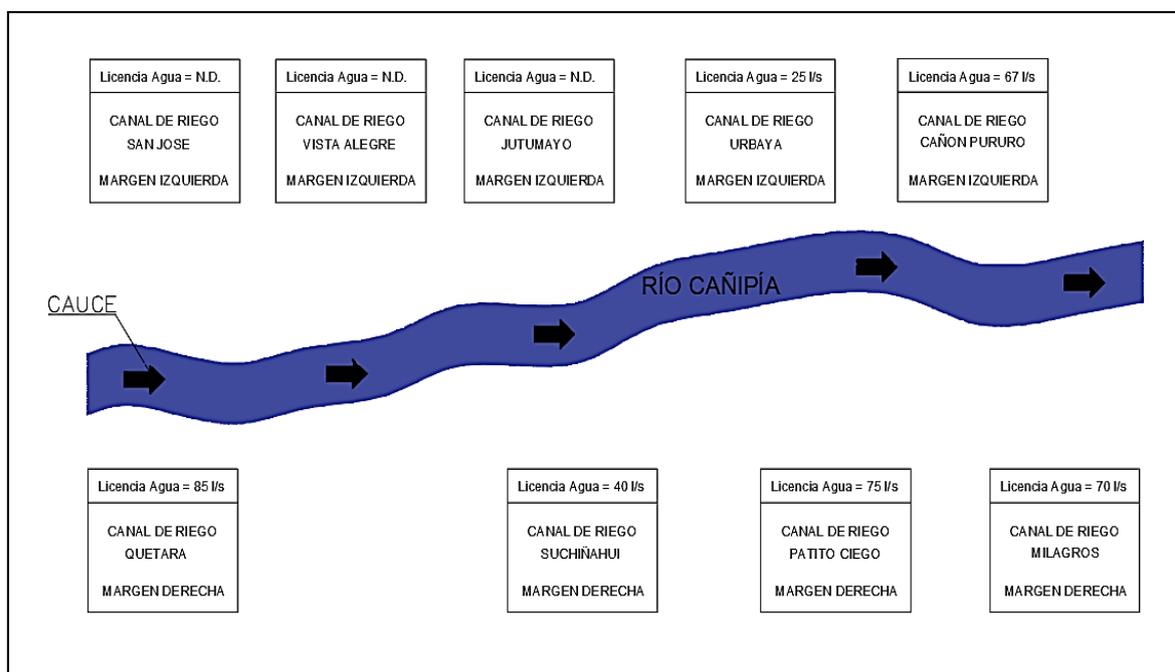


Figura 8: Esquema hidrográfico Cañipía.

El sistema de reposición Cañipía en su primera etapa, abarca los canales Quetara, San Jose, Vista Alegre y Jutumayo, este sistema está compuesto por varios componentes:

- Pozos de reposición

- Línea de 10 kv para suministro eléctrico.
- Sistema de impulsión – Rebombéo Yolanda.
- Sistema de distribución – Reservorio Michael (cerro Qoncco)
- Red de tuberías de aducción para cada bocatoma
- Equipos de bombeo sumergible y subestaciones

En los exteriores de la operación minera Antapaccay, se instalaron los componentes necesarios para la dotación de agua en la primera etapa a los canales: Quetara, San José, Jutumayo y Vista Alegre; el sistema comienza en los pozos PR-05, PR-06, PR-07 y PR-09A los cuales bombean el agua hacia la estación de recepción Yolanda donde se almacena para luego a través de una línea de tubería HDPE de 16” Ø hacia el reservorio Maicol ubicado en el cerro Concco con una capacidad de almacenaje de 1500 m³, para luego derivar el agua hacia los canales por gravedad.

En la Figura 9 se puede distinguir los canales: Quetara (color azul), San José (color verde), Jutumayo (color rosado) y Vista Alegre (color amarillo); todas las líneas mencionadas que salen del reservorio Maicol antes de ingresar a los canales cuentan con una cámara de carga que posee una válvula reguladora y su vertedero triangular de forma que se pueda controlar la dotación de agua hacia los canales de riego, “el canal Quetara posee dos captaciones en el margen derecho del río, debido a las socavaciones se quedó inoperativo la segunda captación” (Miraval A.)

Los canales mencionados de riego cuenta con una cámara de carga con una válvula y su caseta de operación, estos son maniobrados con la finalidad de brindar el déficit del recurso hídrico necesario según la licencia de uso de agua correspondiente.

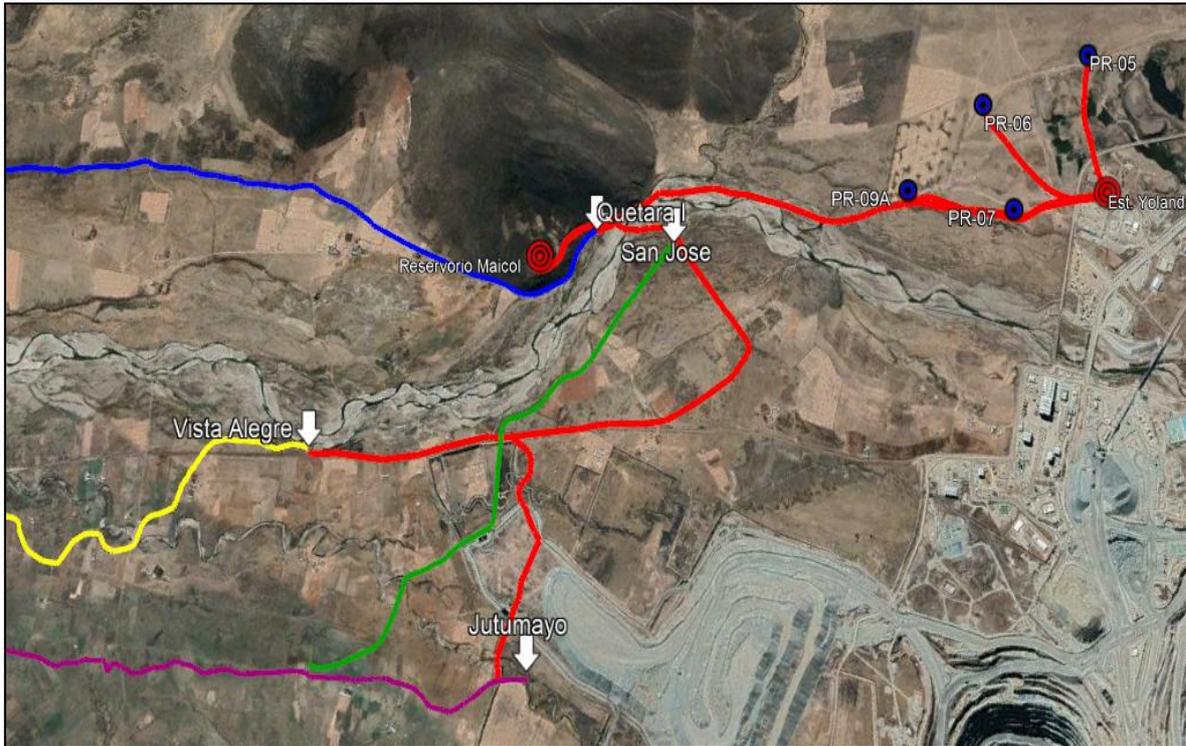


Figura 9: Esquema Hidraulico Cañipía I Etapa

3.2. Metodología

3.2.1. Delimitación de la Cuenca Hidrográfica Cañipía

En este método la importancia de cualquier río está relacionada con el área de su cuenca hidrográfica. Es hecha una distinción entre río principal y tributario, en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos. Denominándose cuencas las áreas drenadas por los tributarios e intercuenas las áreas restantes drenadas por el río principal.

El proceso de automatización SIG (Sistema de Información Geográfica), consistió en delinear las cuencas hidrográficas de los tributarios de la cuenca que está siendo subdividida, sobre un mapa cartográfico digital a escala 1:100,000, con información de los flujos de agua, lagos y lagunas, curvas de nivel con 50 metros de equidistancia, señales geodésicas y otras marcas con valores altitudinales. Una vez concluido ese proceso, se generó los polígonos de las cuencas e intercuenas delineadas, obteniéndose así una nueva cobertura de información congregando a todos los polígonos obtenidos e ingresándole los valores de la codificación en su base de datos, el cual fue estructurado para recibir los diferentes niveles de clasificación.

Utilizando el método Pfafstetter (United States Geological Survey ±USGS, quienes realizaron las delimitaciones y codificaciones de cuencas hidrográficas), se ha definido el Mapa de unidades hidrográficas o subcuencas del área de estudio. Debido a la configuración irregular del sistema hidrográfico del área de estudio se ha realizado la división de unidades hidrográficas en varios niveles con el fin de uniformizar el área de cada unidad hidrográfica, lo que ha permitido hacer un análisis más aproximado y también presentar los resultados del estudio en una forma más detallada.

Una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área. Una intercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba y una cuenca interna es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como se indica en la figura 10.

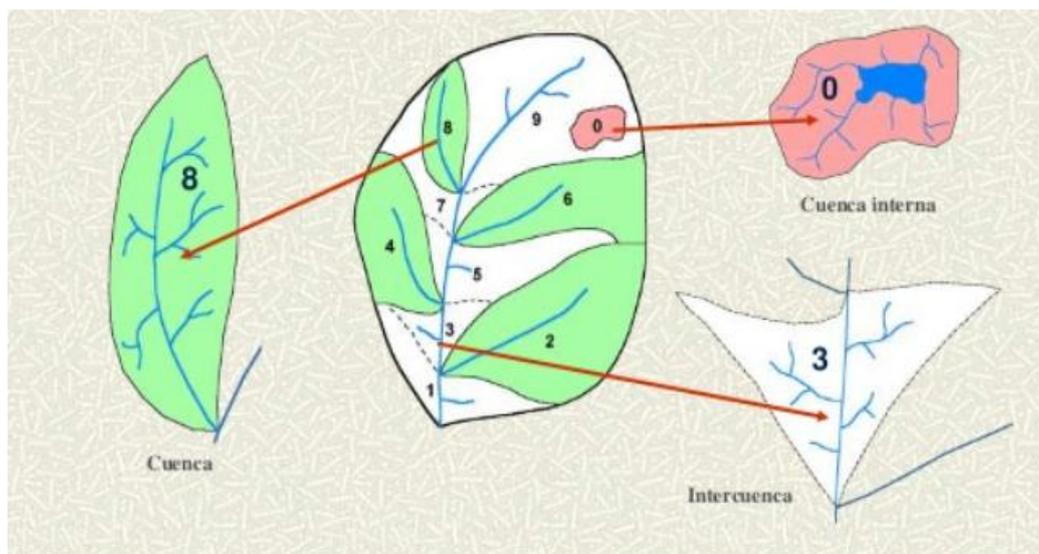


Figura 10: Sistema Pfafstetter para identificación de cuencas

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Según esta clasificación de cuenca, se obtiene un código específico para la Unidad Hidrográfica del río Cañipia “4999982” (Balance Hídrico Superficial de las Subcuencas de los Ríos Salado, Cañipia y Huayllumayo-ANA), delimitando la cabecera de cuenca y todo el recorrido del río hasta ser afluente del río Salado.

Utilizando el software ArcGIS 10.5 para realizar la delimitación de la unidad hidrográfica

Existen usuarios de agua, ubicadas en el trayecto del cauce del río Cañipía son: Comité de usuarios de agua Quetara con 36 beneficiarios, cuyas aguas aprovechan por la margen derecha, para riego de pastos naturales mejorados y abrevadero de animales en aproximadamente 112 hectáreas; el Comité de usuarios de agua San José con 16 beneficiarios, su derivación es a la margen izquierda, aprovechan para un área de riego de 30 ha; el Comité de usuarios de agua Jutumayo con 20 beneficiarios, su derivación es a la margen izquierda, aprovechan para un área de riego de 62 ha; el Comité de usuarios de agua Vista Alegre con 32 beneficiarios, su derivación es a la margen izquierda, aprovechan para un área de riego de 20 ha; aguas abajo se encuentra la captación de Comité de usuarios de Agua Suchiñahui con 37 beneficiarios, que derivan las aguas a la margen derecha para 33 hectáreas de riego de pastos mejorados y abrevadero de animales; aguas abajo se ubica el Comité de usuarios de agua Urbaya con 31 beneficiarios, derivan las aguas a la margen izquierda de dos captaciones, mediante canal de concreto para riego de 40 ha; en seguida aguas abajo se ubica el canal de concreto de Comité de Usuarios de agua Patito Ciego con 30 beneficiarios, cuyas aguas son captadas a la margen derecha para riego de 62 ha de pastos naturales y abrevadero de animales; aguas abajo se sitúa canal de riego del comité de usuarios de agua Cañón Pururo con 17 beneficiarios, las aguas son captadas a la margen izquierda aprovechadas para riego de 51 hectáreas de pastos mejorados y abrevadero de animales; aguas abajo se ubica el Comité de usuarios de agua Milagros con 45 beneficiarios, cuyas aguas son captadas por la margen derecha del río Cañipía para riego de 90 hectáreas de pastos naturales y abrevadero de animales.

3.2.2. Hidrograma río Cañipía

El río Cañipía es de vital importancia para las operaciones en la compañía minera Antapaccay, resulta algo conflictivo con las comunidades en el uso del agua para los propósitos de la compañía, es por ello que nace el servicio de monitoreo de aguas superficiales desde el inicio de las operaciones en la mina, se registran datos históricos del monitoreo en el río con registros desde el año 2014 hasta la actualidad, con la finalidad de conocer el comportamiento del río a lo largo de los años, marcando el inicio de la recesión y la crecida del cauce generado por escorrentía pluviales.

La empresa Sifman Soluciones S.A.C., está a cargo de los monitoreos periódicos y rutinarios en los canales y ríos de la cuenca Cañipía a partir del año 2016 hasta la actualidad, el período

donde conforme parte del equipo técnico es en los años 2017 hasta el 2019 por un periodo total de 30 meses, brindando soporte en la recolección de datos técnicos de campo y resolver inconvenientes en la parte de gabinete. En las tablas 11, 12 y 13 se detallan los monitoreos periódicos incluyendo el monitoreo del V 01, como encargo de la supervisión de la compañía Antapaccay y su hidrograma respectivo en la Figura 12.

Tabla 11: Monitoreo río Cañipía año 2017

Fecha	Estaciones Hidrométricas		
	EH-1 (l/s)	V-01 (l/s)	EH-2 (l/s)
6/06/2017	1168,63	--	834,00
13/06/2017	293,73	--	557,66
16/06/2017	203,72	--	283,46
27/06/2017	36,48	--	306,76
11/07/2017	15,41	--	191,36
14/09/2017	0,00	248,9	236,00
20/09/2017	38,68	187,43	287,98
25/09/2017	56,99	69,86	189,01
29/09/2017	52,24	98,36	160,93
4/10/2017	36,75	236,36	214,57
11/10/2017	35,4	228,4	234,3
18/10/2017	57,5	321,84	340,5
22/10/2017	53,37	338,29	342,34
26/10/2017	43,5	221,4	274,3
31/10/2017	44,9	325,4	340,3
7/11/2017	30,75	0,00	26,39
14/11/2017	57,61	329,51	375,68
19/11/2017	73,76	214,09	289,5
22/11/2017	41,45	0,00	39,9
30/11/2017	43,58	0,00	35,79
4/12/2017	54,47	0,00	18,54
11/12/2017	52,76	0,00	44,76
17/12/2017	60,71	265,22	372,07
24/12/2017	953,15	367,77	1387,23
29/12/2017	2117,44	350,15	2785,89

Fuente: Elaboración propia.

Nota: EH= Estación hidrométrica, V= Vertimiento, --=No hay datos.

Tabla 12: Monitoreo río Cañipía año 2018

Fecha	Estaciones Hidrométricas		
	EH-1 (l/s)	V-01 (l/s)	EH-2 (l/s)
1/01/2018	2884,53	394,48	3959,04
8/01/2018	1439,75	156,21	1634,28
11/01/2018	2419,81	304,68	3502,33
14/01/2018	3439,85	97,23	3499,3
19/01/2018	8140,52	0,00	8152,24
25/01/2018	9052,86	0,00	10153,49
29/01/2018	3135,96	75,48	3946,49
5/02/2018	5878,19	0,00	6289,66
9/02/2018	7093,65	0,00	7590,21
14/02/2018	24998,45	0,00	25073,45
23/02/2018	8470,27	82,17	8980,06
27/02/2018	11284,48	112,11	11624,52
7/03/2018	20185,24	142,43	20409,14
15/03/2018	13398,78	121,56	13525,07
19/03/2018	14528,14	127,71	14729,13
28/03/2018	7812,25	151,42	7987,32
2/04/2018	867,1	92,26	986,24
9/04/2018	2162,00	134,00	2360,67
18/04/2018	1360,20	207,2	994,1
23/04/2018	852,07	0,00	874,58
2/05/2018	647,81	227,7	688,12
8/05/2018	611,18	12,41	641,74
16/05/2018	366,06	149,47	384,36
30/05/2018	229,54	240,99	241,02
16/06/2018	175,08	124,36	183,83
27/06/2018	155,63	63,89	163,41
2/07/2018	126,25	134,74	158,47
12/07/2018	155,29	136,34	225,85
25/07/2018	123,29	370,71	255,33
30/07/2018	128,95	153,68	213,91
8/08/2018	108,64	145,00	243,7
5/09/2018	93,13	40,08	190,7
10/09/2018	83,45	285,42	268,69
14/09/2018	75,96	96,44	229,27
11/11/2018	38,53	146,3	169,6
22/11/2018	68,66	149,03	202,28

Fuente: Elaboración propia.

Nota: EH= Estación hidrométrica, V= Vertimiento, --=No hay datos.

Tabla 13: Monitoreo del río Cañipía año 2019

Fecha	Estaciones Hidrométricas		
	EH-1 (l/s)	V-01 (l/s)	EH-2 (l/s)
16/01/2019	1229.09	115.42	1485.13
24/01/2019	5007.65	174.00	5814.66
31/01/2019	20453.45	165.00	22569.31
2/02/2019	18781.00	158.00	19870.00
17/02/2019	11183.00	152.00	12068.00
21/02/2019	1004.17	146.76	1115.74
25/02/2019	8188.45	157.28	9098.28
11/03/2019	5687.75	26.29	6319.72
20/03/2019	9972.08	4.21	11080.09
25/03/2019	13781.29	177.24	15312.54
12/04/2019	2375.61	42.47	2180.32
20/05/2019	584.45	139.98	655.14
5/06/2019	253.35	167.24	352.50
17/06/2019	304.78	129.28	333.19
15/07/2019	192.92	128.22	241.15
29/07/2019	171.65	127.83	214.57
15/08/2019	90.23	142.90	190.56
28/08/2019	50.00	155.44	198.00
9/09/2019	27.34	158.71	175.15
23/09/2019	24.38	207.41	223.79
27/09/2019	27.08	56.92	234.12
7/10/2019	17.70	190.41	200.11
12/10/2019	21.12	221.13	317.91
21/10/2019	18.65	152.87	163.52
27/10/2019	17.21	144.54	195.40
4/11/2019	14.23	172.45	183.62
11/11/2019	33.79	112.31	255.69
18/11/2019	16.59	147.71	159.30
2/12/2019	20.84	138.98	150.22
6/12/2019	55.66	135.00	183.96
16/12/2019	61.29	132.69	186.98

Fuente: Elaboración propia.

Nota: EH= Estacion hidrometrica, V= Vertimiento

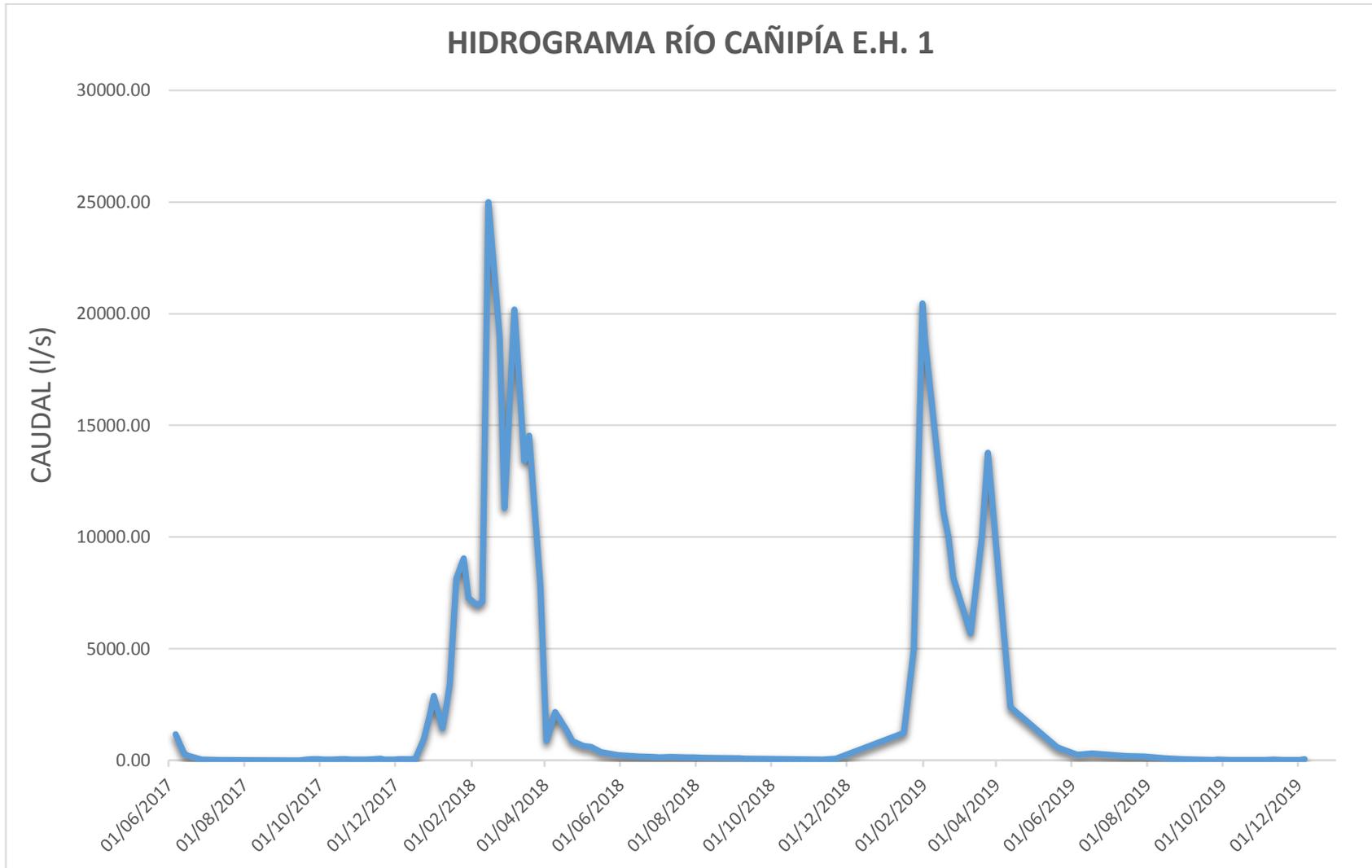


Figura 12: Hidrograma estación río Cañipía

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Hidrogramas canales de riego Cañipía

Se realizaron monitoreos diarios y semanales en los canales de la cuenca Cañipía, estos son por encargo directo de la gerencia de Recursos Hídricos, estos canales se encuentran ubicados en ambas márgenes del río Cañipía, al momento de realizar las labores en exteriores cerca a los centros poblados dentro del area de influencia de la mina, se gestiona la visita con el área de Relaciones Comunitarias para tener la aprobación de ingresar por sus parcelas a los puntos hidrometricos establecidos para el monitoreo de caudal correspondiente en todos los canales. Se representan los valores obtenidos de los caudales de los monitoreos en las tablas correspondientes de cada canal de la cuenca Cañipía. Ver Tabla 14 y 15, figura 14 (canal Quetara); Tabla 16 y 17, figura 15 (canal San Jose); Tabla 18 y 19, figura 16 (canal Vista Alegre); Tabla 20 y 21, figura 17, 18, 19, 20, 21 y 22 (Canales Fredermice).

En el mismo tiempo tambien se monitorean los caudales del canal de riego Ccocareta y el Río Tintaya cerca al campamento minero que tiene el mismo nombre, se ejecuta un plan de monitoreo donde a su vez se verifica la infraestructura hidraulica en el dique Tintaya y la operación del sistema de riego Tintaya, operando válvulas para la apertura y cierra con la finalidad de lograr cumplir con la licencia de uso de agua del río Tintaya, en la figura 13 se puede apreciar el dique Tintaya.



Figura 13: Dique Tintaya temporada de estiaje.

Tabla 14: Monitoreo de caudal canal de riego Quetara año 2018

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	166,15	41,00	214,76	43,04	98,93	30,67	120,85	78,86	117,09	78,86	71,99	125,08
2	233,89	78,48	254,23	46,6	98,57	79,46	118,94	115,76	77,76	62,84	71,69	83,11
3	142,9	164,28	286,75	45,57	88,18	145,62	137,03	129,64	108,73	51,18	63,85	103,05
4	110,52	174,48	310,2	39,2	91,03	148,25	188,18	138,6	76,17	72,03	62,1	99,33
5	96,78	189,53	298,54	52,04	81,01	60,94	185,57	99,62	128,2	78,41	79,35	151,22
6	88,68	94,45	308,36	37,73	85,58	123,66	188,18	46,49	100,01	83,16	75,27	143,68
7	49,29	100,01	300,94	30,87	102,16	132,03	172,65	26,88	109,68	79,53	74,97	109,92
8	57,35	66,98	352,99	37,98	87,59	125,43	177,73	46,99	91,25	73,85	56,01	123,66
9	51,91	268,83	341,69	33,32	79,84	130,58	177,73	46,82	84,65	106,79	74,68	103,05
10	129,53	320,21	335,24	45,57	87,07	138,54	159,96	41,82	117,09	70,42	78,41	105,32
11	232,51	255,93	338,28	34,88	75,57	145,62	144,92	25,69	82,14	75,57	78,41	82,49
12	240,82	226,27	345,00	18,38	62,73	59,74	151,98	28,5	103,64	147,26	160,55	91,02
13	152,17	352,92	344,93	15,14	61,36	149,2	144,92		106,64	143,38	154,13	98,78
14	117,69	364,27	287,05	10,29	59,74	159,28	123,22		106,22	125,00	179,6	109,92
15	109,82	360,54	289,36	11,76	67,21	158,88	103,95		102,46	185,2	172,41	112,33
16	233,89	326,63	278,27	9,7	65,12	152,61	90,33		108,73	169,66	141,88	125,46
17	144,09	314,16	321,44	2,6	53,77	151,83	122,77		49,29	175,4	148,75	141,53
18	188,18	306,84	298,34	2,84	60,22	152,61	112,01		37,79	179,22	147,68	143,59
19	257,87	298,56	286,5	117,76	61,11	133,67	112,01		29,23	150,1	113,36	147,49
20	236,13	291,45	226,72	104,1	58,49	118,51	112,91		23,61	174,44	99,74	141,14
21	274,21	156,82	303,26	114,36	55,56	123,14	41,97		21,07	159,06	136,28	134,42
22	252,8	116,05	290,19	10,31	60,64	129,94	44,67		21,58	141,14	157,27	137,26
23	243,74	165,41	277,2	9,41	61,23	125,26	51,53		26,35	158,36	123,66	106,49
24	296,31	170,86	284,74	9,71	56,75	122,29	43,98	60,11	36,32	163,54	87,82	106,49
25	294,24	285,8	123,89	161,15	49,66	121,87	51,97	61,29	58,78	156,82	89,39	115,18
26	259,28	223,06	120,75	149,5	36,6	121,31		62,37	66,31	66,09	109,92	121,34
27	159,51	207,67	116,24	137,85	47,79	121,15	53,53	56,68	90,73	63,24	114,39	139,02
28	123,89	180,57	112,38	83,49	58,02	119,36	48,81	58,45	60,34	60,49	135,91	171,46
29	98,12		93,89	86,62	53,77	113,7	132,18	60,94	31,21	59,67	139,27	165,89
30			89,32	82,36	51,08	121,15	155,25	108,88	40,77	68,7	119,48	258,00
31	67,9		62,53		35,84		132,18	112,61		70,2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Monitoreo de caudal canal de riego Quetara año 2019

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	248,68	57,35	31,36	43,61	27,82	80,45	156,82	132,4	125,45	65,71	149,43	128,64
2	266,15	57,35	67,96	46,87	24,46	76,25	142,18	125,46	128,45	69,9	154,58	130,68
3	250,00	58,02	63,24	49,06	24,46	136,66	142,93	133,14	130,54	38,23	155,66	114,7
4	261,22	57,98	37,04	43,01	30,36	157,72	145,77	138,6	121,27	26,29	168,02	94,09
5	84,83	52,57	42,21	38,64	32,93	156,82	143,38	138,9	118,73	36,21	136,58	118,29
6	88,86	51,42	37,04	34,35	33,58	156,03	142,45	138,9	156,82	71,69	130,68	186,24
7	69,52	62,91	37,64	60,11	50,84	152,34	140,34	143,53	162,49	74,68	152,64	95,59
8	69,67	61,94	31,89	61,83	42,71	138,9	138,9	157,42	177,73	54,89	141,14	133,07
9	68,7	66,79	27,24	59,78	39,2	136,74	143,53	152,14	172,5	58,52	120,38	130,13
10	54,57	61,94	27,78	49,29	39,35	138,6	143,38	148,27	155,1	187,88	130,68	134,2
11	43,49	62,53	22,48	55,86	290,07	127,61	138,9	140,99	152,79	182,36	151,59	120,23
12	51,52	62,13	20,76	50,18	286,34	156,82	138,9	148,16	129,64	149,43	163,35	122,26
13	53,77	60,2	45,7	45,63	304,68	104,55	148,16	152,79	52,57	198,64	173,25	123,36
14	69,52	58,63	52,27	43,91	289,94	140,47	145,77	134,41	129,94	164,6	153,76	126,65
15	63,18	59,38	34,5	39,2	285,47	128,64	138,9	134,42	84,68	162,49	158,91	128,32
16	62,43	57,12	33,45	37,46	108,49	162,05	138,6	127,7	66,01	145,1	179,22	130,68
17	63,43	57,5	34,5	36,29	95,35	162,05	143,38	131,23	77,66	138,9	180,21	125,83
18	64,35	58,31	35,02	37,34	121,87	125,46	157,72	132,00	125,46	143,53	171,08	151,59
19	64,00	62,73	46,64	32,26	107,53	134,42	132,3	133,5	127,7	138,9	129,04	126,95
20	63,2	52,27	40,27	36,07	96,18	131,95	132,3	138,9	117,09	127,55	135,09	107,17
21	63,18	47,79	38,35	38,31	99,53	108,73	103,05	148,16	80,65	138,6	219,85	107,17
22	57,13	52,9	40,15	34,05	112,01	105,89	89,61	177,43	152,79	108,78	215,07	106,49
23	63,18	36,44	34,92	36,32	109,92	116,49	46,3	96,78	162,64	119,48	178,36	106,36
24	69,00	35,61	34,5	34,5	90,96	125,1	39,65	156,82	76,54	116,49	160,25	106,54
25	65,55	35,84	61,61	27,6	106,49	141,94	18,82	162,05	68,7	121,35	226,72	110,75
26	55,11	36,53	41,82	28,38	94,09	143,38	19,34	164,36	85,88	122,32	210,59	146,68
27	63,18	25,99	36,59	25,39	90,73	137,97	78,41	134,27	85,88	129,4	208,65	168,78
28	60,73	23,7	37,64	25,54	91,94	162,49	147,86	140,09	77,25	156,82	67,43	183,54
29	62,43		36,59	26,29	89,61	167,27	143,38	127,02	72,44	162,05	75,24	176,32
30	60,49		37,45	30,92	78,86	166,68	140,47	123,44	98,27	159,06	126,95	140,02
31	63,1		38,45		85,88		138,6	123,44		155,92		158,81

Fuente:Elaboración propia.

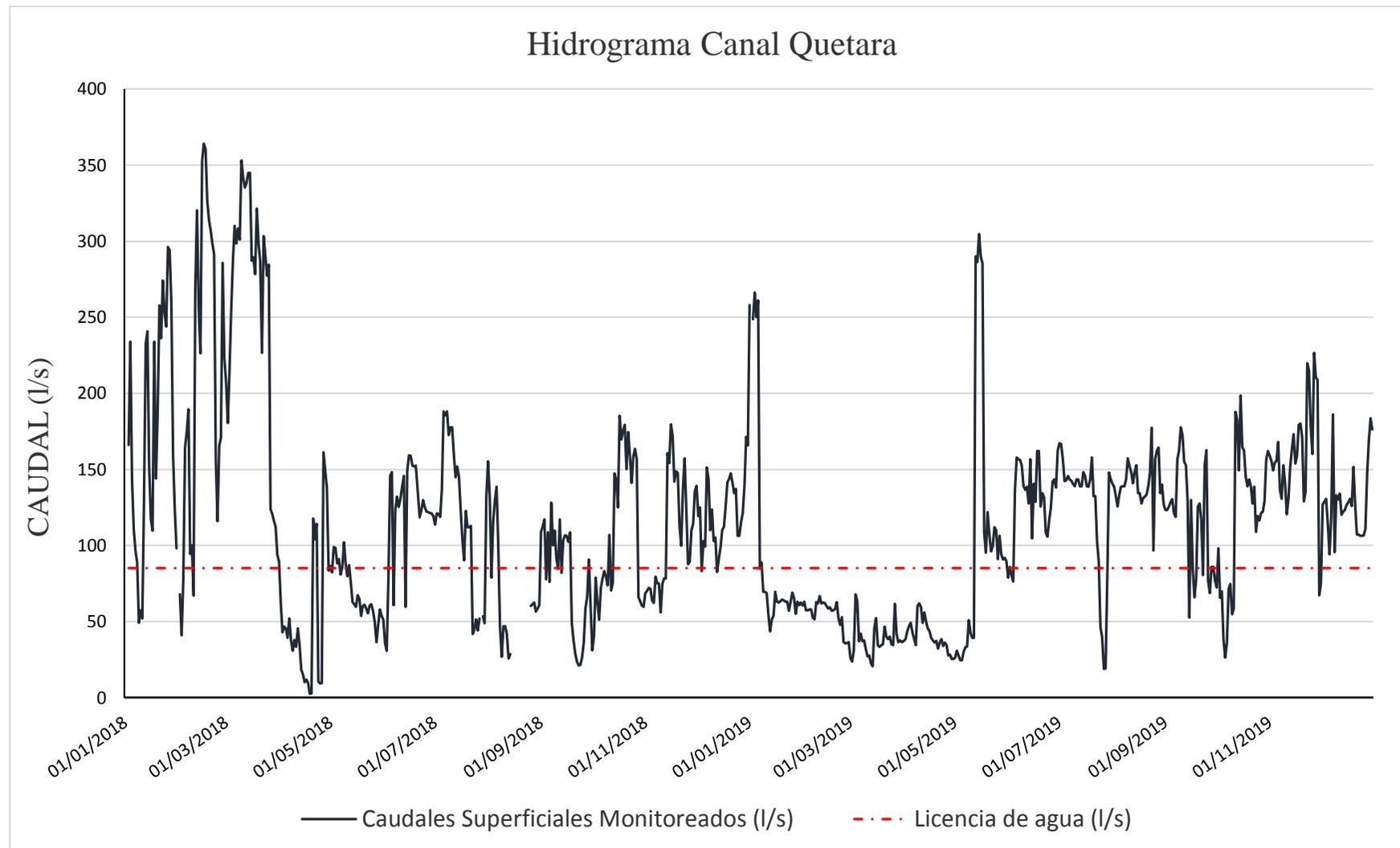


Figura 14: Hidrograma canal Quetara años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Monitoreo de caudal canal de riego San Jose año 2018

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	24,69	2,74	8,16	2,1	36,21	14,41	20,64	17,41	17,28	12,55	32,07	30,53
2	28,93	26,15	8,42	2,4	40,33	17,87	19,78	21,32	15,13	14,09	35,72	11,14
3	17,03	54,86	9,14	2,1	35,48	22,71	21,26	26,76	15,54	14,98	31,78	12,48
4	11,43	46,65	10,6	1,62	36,03	22,91	28,42	29,17	14,15	15,77	33,39	10,65
5	11,2	15,09	9,24	2,61	31,82	12,55	30,07	23,04	19,46	17,83	30,72	13,17
6	10,8	13,99	9,12	2,4	33,41	19,89	29,44	31,55	16,79	12,12	31,68	14,63
7	5,26	26,55	8,23	3,06	43,21	18,65	29,44	7,04	16,01	12,8	30,15	13,99
8	5,21	14,4	13,39	3,12	35,66	20,92	29,02	30,15	16,32	10,64	27,8	13,17
9	3,04	16,28	16,21	2,52	36,03	21,15	28,39	32,81	16,17	17,83	33,65	10,75
10	5,6	10,46	16,05	2,43	36,58	21,45	25,55	27,36	19,09	12,23	27,43	10,63
11	17,12	13,02	20,42	0,9	31,9	21,51	22,27	20,12	16,46	16,64	28,9	10,7
12	18,11	15,88	16,71	0,99	27,9	20,48	23,13	21,03	21,02	27,16	30,72	10,22
13	10,68	12,66	12,17	0,78	29,56	20,57	24,74		19,81	29,26	28,35	10,55
14	8,83	16,7	11,66	2,19	33,01	21,51	21,7		17,1	23,3	34,8	10,7
15	9,14	16,23	11,34	0,93	28,97	21,65	18,24		20,33	27,8	38,83	11,65
16	12,26	13,17	11,16	0,9	27,98	21,36	17,89		17,56	24,87	38,91	18,11
17	10,31	19,2	13,13	0,74	26,88	21,95	19,98		5,6	25,84	37,22	36,48
18	12,67	9,14	11,32	0,63	27,07	22,97	21,52		3,13	28,15	29,76	37,22
19	13,53	8,77	10,78	0,84	26,7	19,97	24,82		1,92	26,06	30,15	38,4
20	4,94	7,89	10,84	0,77	26,41	19,02	23,23		0,25	28,71	27,43	32,00
21	6,4	4,72	10,97	0,38	21,95	21,36	22,66		0,1	23,37	34,6	34,28
22	8,32	5,28	9,36	0,84	27,43	24,25	25,4		0,00	27,8	34,2	33,34
23	9,29	8,63	13,5	0,73	23,32	23,84	35,66		0,00	26,65	28,8	20,21
24	11,36	7,68	10,02	41,7	23,54	23,26	23,77	13,68	4,57	25,19	23,77	20,21
25	7,68	6,17	8,64	70,41	24,36	23,41	31,13	15,64	6,45	26,06	23,77	20,92
26	8,07	8,12	5,76	65,38	14,92	21,13		16,85	7,79	23,41	34,7	21,22
27	9,88	7,00	6,12	63,09	22,22	22,97	24,03	13,9	15,54	24,24	28,57	27,98
28	7,96	7,81	4,78	54,68	19,02	22,82	25,92	12,97	10,32	25,45	31,11	34,75
29	4,75		0,41	53,04	20,48	20,03	29,76	12,44	0,45	24,78	31,88	28,91
30			0,41	47,55	19,2	20,85	33,65	17,78	6,58	26,33	30,15	52,14
31	5,94		2,1		12,01		26,76	26,33		35,2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Monitoreo de caudal canal de riego San Jose año 2019

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	48.69	13.76	7.13	0.00	2.80	0.00	2.74	5.25	0.00	0.00	3.11	5.32
2	51.76	11.14	10.78	2.06	2.96	0.00	2.56	4.66	0.00	0.00	3.06	4.57
3	65.20	12.23	8.56	2.88	2.63	0.00	2.24	5.24	0.00	0.00	3.11	4.35
4	57.61	13.78	7.13	2.56	2.80	0.00	2.19	8.32	0.09	0.00	15.09	7.13
5	59.94	12.67	5.96	2.31	2.55	0.00	2.56	19.20	0.09	0.00	6.40	5.94
6	60.35	9.01	4.25	2.24	2.74	0.00	2.26	19.02	0.09	0.00	19.61	26.88
7	24.96	9.05	2.93	1.92	2.56	0.00	2.02	13.17	0.09	0.00	15.36	22.32
8	48.68	9.05	4.28	2.19	3.29	0.00	2.88	13.90	0.09	0.00	28.80	17.37
9	40.23	9.92	7.68	2.15	2.57	0.00	2.19	12.14	0.09	0.00	32.00	16.85
10	35.81	9.24	7.13	3.47	1.95	0.00	1.92	10.51	0.00	36.48	37.31	17.32
11	37.22	9.93	6.04	3.38	1.60	0.00	2.19	9.51	0.00	36.21	22.59	16.40
12	33.60	9.89	6.30	3.36	1.56	1.92	2.47	8.78	0.00	27.98	24.61	15.98
13	34.56	9.32	8.32	3.30	1.28	0.00	2.19	8.78	0.00	27.43	26.06	15.22
14	48.01	9.25	8.23	3.29	1.34	0.00	2.47	5.76	0.00	31.27	27.43	17.32
15	14.72	9.78	7.68	2.88	1.64	0.00	2.19	7.00	0.00	26.06	20.74	16.88
16	14.60	9.86	7.24	4.94	0.00	1.65	4.75	7.41	0.00	25.46	23.04	16.42
17	16.60	9.70	6.89	2.88	3.29	2.47	5.49	6.52	0.00	3.29	24.61	12.50
18	15.71	9.52	7.13	2.74	1.79	2.56	2.12	4.80	0.00	3.57	23.32	15.25
19	20.53	10.88	7.68	2.80	0.91	4.11	6.00	5.90	0.00	3.29	22.45	17.92
20	21.98	5.63	7.81	3.70	0.80	3.66	6.00	6.58	0.00	2.74	26.43	18.82
21	22.86	6.63	7.55	2.93	0.99	2.56	5.49	3.66	0.00	1.92	21.95	18.82
22	10.61	5.49	7.68	2.47	0.27	2.45	4.39	1.65	0.00	0.00	20.57	19.92
23	22.86	5.41	4.39	2.56	0.55	1.37	2.29	0.18	0.00	0.00	20.68	19.75
24	10.11	1.94	4.39	2.88	0.41	2.24	1.10	0.09	0.00	0.00	20.57	19.82
25	8.67	2.29	9.56	2.24	0.27	2.30	0.18	0.09	0.00	0.00	21.76	24.65
26	10.58	2.50	8.39	2.24	0.27	2.19	0.18	0.09	0.00	0.00	20.57	45.66
27	14.12	7.68	7.18	2.20	0.00	3.20	0.09	0.37	0.00	0.00	20.42	63.25
28	13.53	5.24	6.75	2.19	0.00	2.47	0.00	0.50	0.00	0.00	3.66	75.68
29	13.52		6.85	2.15	0.00	2.74	0.00	1.10	0.00	0.00	4.12	71.23
30	14.26		7.15	2.88	0.00	2.47	4.27	1.10	0.00	0.00	5.49	21.45
31	16.46		8.58		0.00		7.13	1.10		3.18		34.29

Fuente: Elaboración propia

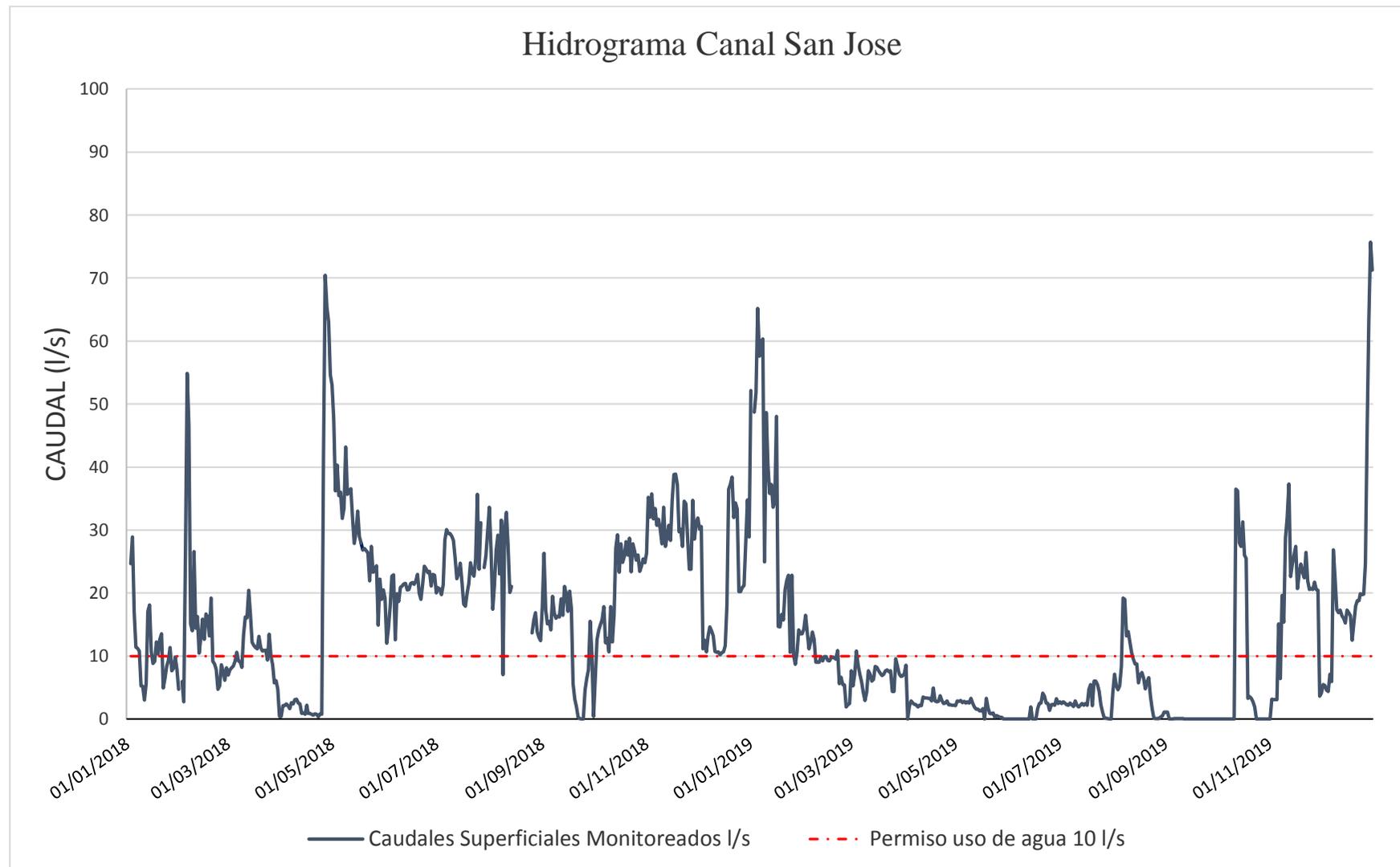


Figura 15: Hidrograma canal San José años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 18: Monitoreo de caudal canal de riego Vista Alegre año 2018

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	35,29	29,22	7,08	4,2	2,6	18,29	18,39	18,45	19,9	10,00	28,3	18,1
2	37,41	27,1	7,08	4,3	3,97	19,05	16,28	21,65	22,4	12,1	22,7	19,85
3	35,2	32,8	7,00	4,53	2,62	20,63	18,2	23,1	22,9	12,51	21,1	19,85
4	31,4	32,54	7,00	5,19	4,04	19,98	27,1	24,36	21,1	12,64	23,65	18,78
5	31,4	31,36	7,00	5,19	3,93	16,41	26,3	23,5	21,28	9,83	23,81	20,52
6	30,24	28,35	2,21	4,66	3,97	15,92	25,4	23,09	20,2	12,18	23,8	19,25
7	29,3	28,52	1,49	4,99	3,76	16,17	25,5	27,5	20,92	17,46	24,3	16,42
8	27,8	23,62	58,59	4,68	5,77	17,93	29,4	24,5	21,28	15,74	23,3	20,52
9	31,00	34,29	1,34	5,6	4,73	18,14	24,95	23,4	20,74	20,47	23,8	19,09
10	32,7	47,21	0,84	5,53	3,21	18,92	25,98	25,8	21,65	17,82	21,8	20,21
11	37,4	44,00	0,47	2,84	2,78	19,17	23,29	24,8	20,5	14,5	23,00	16,97
12	39,2	38,57	0,42	2,87	24,8	19,1	24,53	29,2	22,9	18,78	19,8	19,72
13	31,6	51,08	1,49	2,9	24,8	19,25	24,33		23,4	19,9	19,2	18,57
14	32,00	50,1	0,32	2,8	24,98	16,96	22,9		20,7	19,1	21,68	17,68
15	34,1	52,58	1,25	2,6	22,2	16,74	19,31		22,3	29,2	21,82	17,64
16	38,75	67,3	1,95	3,15	22,69	18,05	23,88		22,00	23,17	23,48	21,65
17	36,09	52,6	2,06	3,19	23,03	17,37	23,7		18,4	22,11	19,44	26,47
18	38,3	17,00	1,67	3,12	22,68	16,96	21,9		17,35	22,46	19,57	28,87
19	40,6	7,00	1,32	3,11	23,53	18,2	23,69		18,85	21,76	22,88	22,98
20	37,2	8,03	2,55	3,18	22,82	18,35	23,9		19,36	26,5	23,03	20,43
21	38,9	5,98	2,18	3,34	20,04	18,72	25,4		17,97	22,82	21,08	20,48
22	41,7	6,83	0,83	3,38	21,35	18,8	26,00		14,89	22,86	21,87	20,73
23	37,8	7,00	1,47	2,78	22,82	18,72	28,35		15,45	23,33	19,7	20,12
24	44,93	7,2	2,17	3,38	21,41	18,84	27,75	21,93	16,59	24,07	21,8	18,5
25	43,91	7,25	2,23	3,55	21,4	18,8	27,3	23,17	14,98	22,35	18,5	19,56
26	37,8	6,92	2,26	3,69	20,5	18,12	26,14	21,35	12,9	18,5	19,2	20,21
27	36,19	6,77	2,38	3,69	21,2	16,55	25,6	22,99	15,2	22,34	20,4	20,4
28	32,03	7,08	2,38	3,56	20,79	19,1	27,1	21,56	12,32	23,2	19,6	22,7
29	32,87		2,4	3,3	19,4	18,5	27,3	20,7	10,00	22,63	19,47	20,42
30			2,4	3,00	17,58	18,8	23,71	22,3	12,8	26,3	17,98	31,7
31	27,8		4,1		18,91		24,53	22,3		23,9		

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 19: Monitoreo de caudal canal de riego Vista Alegre año 2019

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	269,31	57,35	31,36	43,61	27,82	80,45	25,79	26,56	22,22	28,36	26,28	25,21
2	266,15	57,35	67,96	46,87	24,46	76,25	20,55	24,33	25,4	27,06	28,91	38,1
3	250,00	58,02	63,24	49,06	24,46	136,66	19,08	25,35	24,76	31,75	28,65	38,1
4	261,22	57,98	37,04	43,01	30,36	157,72	19,88	24,12	24,12	27,06	23,65	13,47
5	84,83	52,57	42,21	38,64	32,93	156,82	19,08	35,23	26,42	28,23	25,53	30,64
6	88,86	51,42	37,04	34,35	33,58	156,03	19,26	36,18	23,49	24,07	25,72	41,27
7	69,52	62,91	37,64	60,11	50,84	152,34	18,78	40,06	22,98	25,9	31,43	36,45
8	69,67	61,94	31,89	61,83	42,71	138,9	17,61	37,13	27,8	26,85	26,28	37,15
9	68,7	66,79	27,24	59,78	39,2	136,74	14,68	32,18	31,43	24,85	27,04	37,15
10	54,57	61,94	27,78	49,29	39,35	138,6	20,55	30,75	23,03	31,28	25,72	35,89
11	43,49	62,53	22,48	55,86	290,07	127,61	23,17	29,36	23,34	28,49	23,45	33,45
12	51,52	62,13	20,76	50,18	286,34	156,82	18,35	27,13	32,44	25,46	28,42	30,74
13	53,77	60,2	45,7	45,63	304,68	104,55	18,29	27,85	28,76	46,19	39,08	30,56
14	69,52	58,63	52,27	43,91	289,94	140,47	17,61	25,4	32,45	39,56	35,82	32,16
15	63,18	59,38	34,5	39,2	285,47	128,64	16,74	15,32	28,58	24,06	34,04	32,26
16	62,43	57,12	33,45	37,46	108,49	162,05	19,86	22,22	30,62	27,6	38,49	32,22
17	63,43	57,5	34,5	36,29	95,35	162,05	20,35	21,32	30,64	28,09	39,08	28,45
18	64,35	58,31	35,02	37,34	121,87	125,46	22,2	20,83	28,09	30,64	40,06	43,1
19	64,00	62,73	46,64	32,26	107,53	134,42	23,00	22-18	27,27	25,33	34,92	42,86
20	63,2	52,27	40,27	36,07	96,18	131,95	19,53	23,64	32,29	25,53	38,1	45,12
21	63,18	47,79	38,35	38,31	99,53	108,73	17,86	22,79	38,1	25,53	33,16	34,29
22	57,13	52,9	40,15	34,05	112,01	105,89	13,89	22,22	33,16	27,04	36,73	35,21
23	63,18	36,44	34,92	36,32	109,92	116,49	9,92	22,79	32,44	24,61	32,68	35,38
24	69,00	35,61	34,5	34,5	90,96	125,1	6,36	22,86	28,5	19,25	27,13	35,68
25	65,55	35,84	61,61	27,6	106,49	141,94	7,14	23,49	26,3	20,35	33,16	39,23
26	55,11	36,53	41,82	28,38	94,09	143,38	8,6	24,12	28,55	19,82	38,1	56,09
27	63,18	25,99	36,59	25,39	90,73	137,97	20,63	20,03	28,14	20,36	36,21	60,32
28	60,73	23,7	37,64	25,54	91,94	162,49	17,51	24,12	27,45	21,65	28,58	60,53
29	62,43		36,59	26,29	89,61	167,27	31,28	22,22	27,78	21,65	30,46	55,48
30	60,49		37,45	30,92	78,86	166,68	30,49	22,22	28,42	24,06	34,04	48,23
31	63,1		38,45		85,88		29,74	22,22		26,47		52,6

Fuente: Elaboracion propia

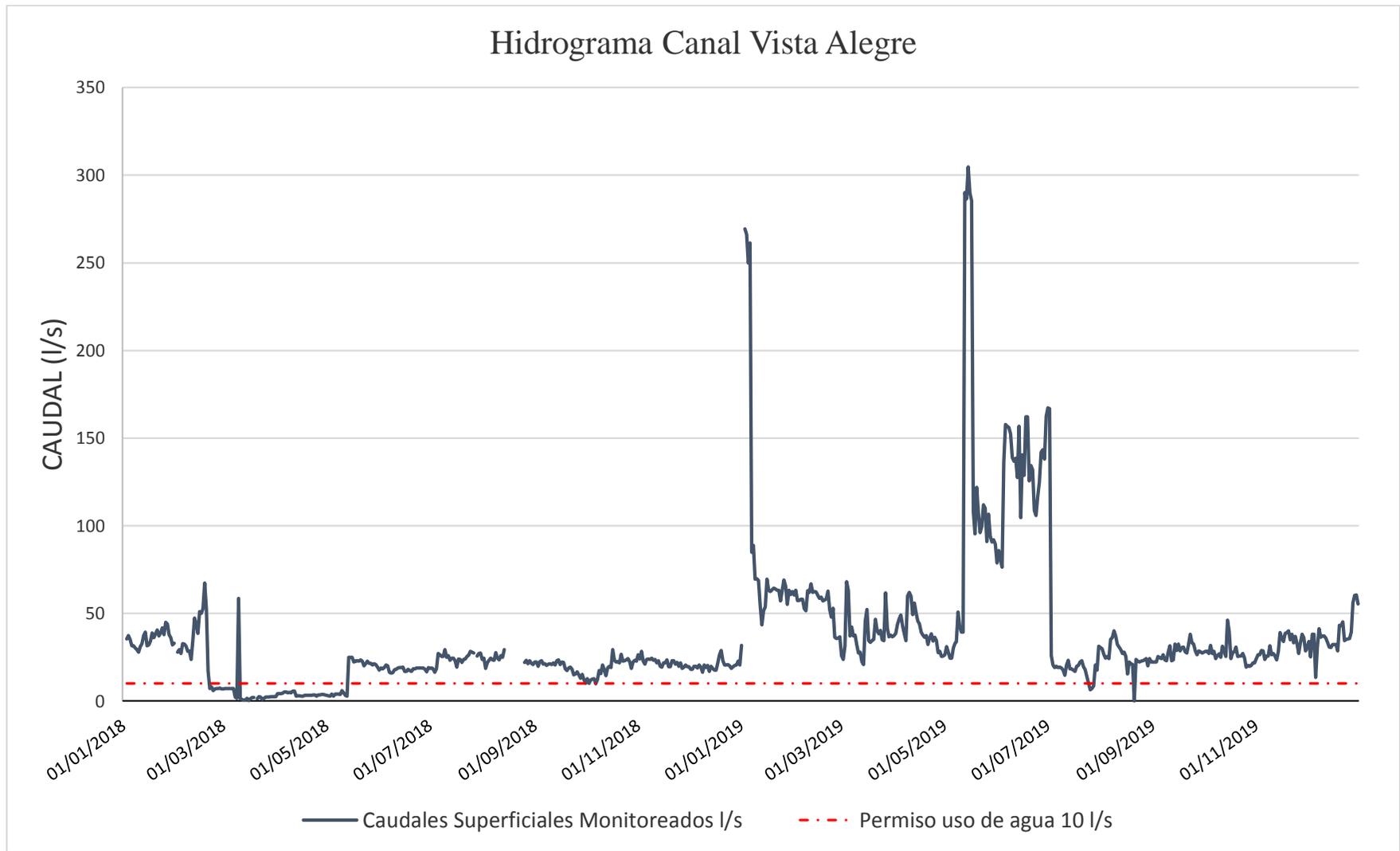


Figura 16: Hidrograma canal Vista Alegre años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Monitoreo de caudal canales de riego Fredermice año 2018

CANALES FREDERMICE						
Fecha de Monitoreo	Suchiñahui	Urbaya	Patito Ciego	Cañon Pururo	Milagros	Jutumayo
	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
7/01/2018	22,22	47,5	140,81	133,3	68,9	CC
20/01/2018	30,72	47,5	153,62	196,23	62,6	CC
26/01/2018	6,58	CC	179,47	102,87	42,83	CC
7/02/2018	15,36	CC	101,93	84,86	37,69	6,22
12/02/2018	4,53	CC	163,62	73,9	25,17	7,68
22/02/2018	8,23	CC	151,18	15,98	62,82	6,95
27/02/2018	6,04	CC	185,07	99,62	50,78	CC
5/03/2018	6,17	CC	539,00	66,82	91,52	CC
12/03/2018	3,31	CC	168,98	82,45	52,33	CC
21/03/2018	3,55	3,54	156,06	73,19	26,22	CC
26/03/2018	3,22	2,66	153,62	43,31	19,67	CC
4/04/2018	15,3	4,26	90,6	36,66	20,37	CC
9/04/2018	73,13	5,8	106,8	67,86	62,06	CC
15/04/2018	43,2	2,53	45,00	15,08	22,2	CC
23/04/2018	52,67	85,08	48,72	126,44	40,47	CC
29/04/2018	4,32	86,53	61,45	135,77	22,56	CC
7/05/2018	41,83	24,73	47,07	111,62	20,3	CC
21/05/2018	38,4	23,24	48,28	80,28	41,83	15,79
29/05/2018	28,8	26,98	36,21	60,11	35,04	12,85
15/06/2018	18,36	24,22	70,04	45,79	45,44	13,83
24/06/2018	23,6	28,26	96,00	69,15	51,2	13,25
2/07/2018	19,61	24,73	72,54	58,55	41,4	8,33
8/07/2018	19,75	38,04	76,81	103,86	58,55	7,24
16/07/2018	18,71	37,11	97,76	115,79	60,48	15,39
22/07/2018	38,06	33,82	100,95	69,74	68,43	15,62
29/07/2018	28,8	38,79	100,07	79,82	69,75	16,73
12/08/2018	26,65	36,14	99,97	60,94	73,4	9,16
25/08/2018	13,63	31,16	88,49	81,29	54,57	7,36
2/09/2018	8,64	23,5	78,76	110,31	62,1	5,87
8/09/2018	19,2	26,35	83,64	90,87	60,22	3,4
15/09/2018	17,28	19,61	57,72	72,22	45,14	4,21
22/09/2018	23,04	17,94	61,84	64,49	51,31	1,66
6/10/2018	19,08	16,74	55,99	91,96	72,7	1,8
14/10/2018	21,6	20,08	51,21	72,92	66,89	1,98
21/10/2018	56,78	24,7	67,57	32,67	54,52	3,95
2/11/2018	88,11	24,46	66,75	81,74	70,45	2,24
10/11/2018	72,97	26,74	72,24	56,22	47,43	3,84
16/11/2018	59,94	23,06	75,1	112,12	52,97	4,72
25/11/2018	37,03	19,73	60,23	76,64	50,47	3,58
1/12/2018	33,54	17,75	68,58	75,04	49,18	2,51
9/12/2018	28,5	14,18	60,59	60,58	39,49	3,2
16/12/2018	27,16	13,31	54,62	68,06	43,06	2,32
Licencia de uso de agua (l/s)	40	25	75	67	70	2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Q= caudal, CC= Compuerta cerrada por los usuarios de los canales de riego; Fredermice= Conjunto de canales representados por cada comité de usuarios de los canales: Suchiñahui, Urbaya, Patito Ciego, Pururo, Milagros y Jutumayo.

Tabla 21: Monitoreo de caudal canales de riego Fredermice año 2019

CANALES FREDERMICE						
Fecha de Monitoreo	Suchiñahui	Urbaya	Patito Ciego	Cañon Pururo	Milagros	Jutumayo
	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
3/02/2019	105,21	35,42	110,66	67,07	85,32	0,00
24/02/2019	CC	CC	125,09	CC	28,41	0,00
3/03/2019	CC	CC	138,99	CC	40,13	0,00
10/03/2019	CC	CC	91,68	CC	30,21	33,83
17/03/2019	CC	6,37	120,21	CC	32,00	30,28
7/04/2019	CC	22,47	100,58	CC	20,64	5,49
14/04/2019	CC	21,09	26,33	CC	23,8	7,48
28/04/2019	CC	21,7	30,72	89,45	23,35	5,42
5/05/2019	118,3	23,61	41,45	106,07	22,94	39,5
18/05/2019	113,16	45,05	25,6	77,78	14,59	37,76
26/05/2019	71,93	28,14	24,69	127,28	17,01	30,18
12/06/2019	118,51	14,54	78,76	47,2	78,58	20,31
17/06/2019	131,95	16,64	105,68	53,04	84,53	7,86
23/06/2019	105,61	32,55	93,3	35,00	31,21	5,32
29/06/2019	159,38	31,68	81,69	135,86	62,43	3,75
14/07/2019	115,21	28,52	86,56	119,33	50,89	2,74
28/07/2019	28,8	26,62	104,97	79,2	57,82	3,66
4/08/2019	89,29	29,42	87,78	56,92	47,75	1,98
18/08/2019	67,5	28,82	76,00	101,5	54,9	0,7
1/09/2019	62,96	18,41	70,47	92,8	45,68	0,00
6/09/2019	57,61	22,5	81,2	59,75	51,84	0,00
15/09/2019	52,12	24,71	80,83	59,4	40,28	0,00
21/09/2019	63,09	19,77	78,76	72,13	52,17	0,00
29/09/2019	16,46	26,62	65,89	54,01	60,00	0,00
4/10/2019	19,75	21,78	74,62	84,86	64,62	0,00
13/10/2019	11,52	20,08	60,11	75,44	57,85	0,00
20/10/2019	33,81	22,5	57,06	67,36	49,63	0,00
27/10/2019	21,4	21,92	66,32	69,49	54,43	0,00
3/11/2019	18,93	18,15	47,55	46,94	31,58	0,00
10/11/2019	26,75	17,23	52,67	72,54	54,81	0,00
17/11/2019	27,84	23,87	51,21	67,21	58,72	CC
23/11/2019	41,97	22,82	37,06	58,52	58,73	CC
1/12/2019	36,14	20,79	42,67	67,36	62,63	CC
8/12/2019	107,26	23,88	70,13	40,01	62,43	CC
15/12/2019	107,78	21,35	66,26	40,53	64,34	CC
21/12/2019	102,97	36,18	68,1	63,45	69,12	CC
29/12/2019	100,95	44,04	68,95	85,34	73,6	CC
Licencia de uso de agua (l/s)	40	25	75	67	70	2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Q= caudal, CC= Compuerta cerrada por los usuarios de los canales de riego; Fredermice= Conjunto de canales representados por cada comité de usuarios de los canales: Suchiñahui, Urbaya, Patito Ciego, Pururo, Milagros y Jutumayo.

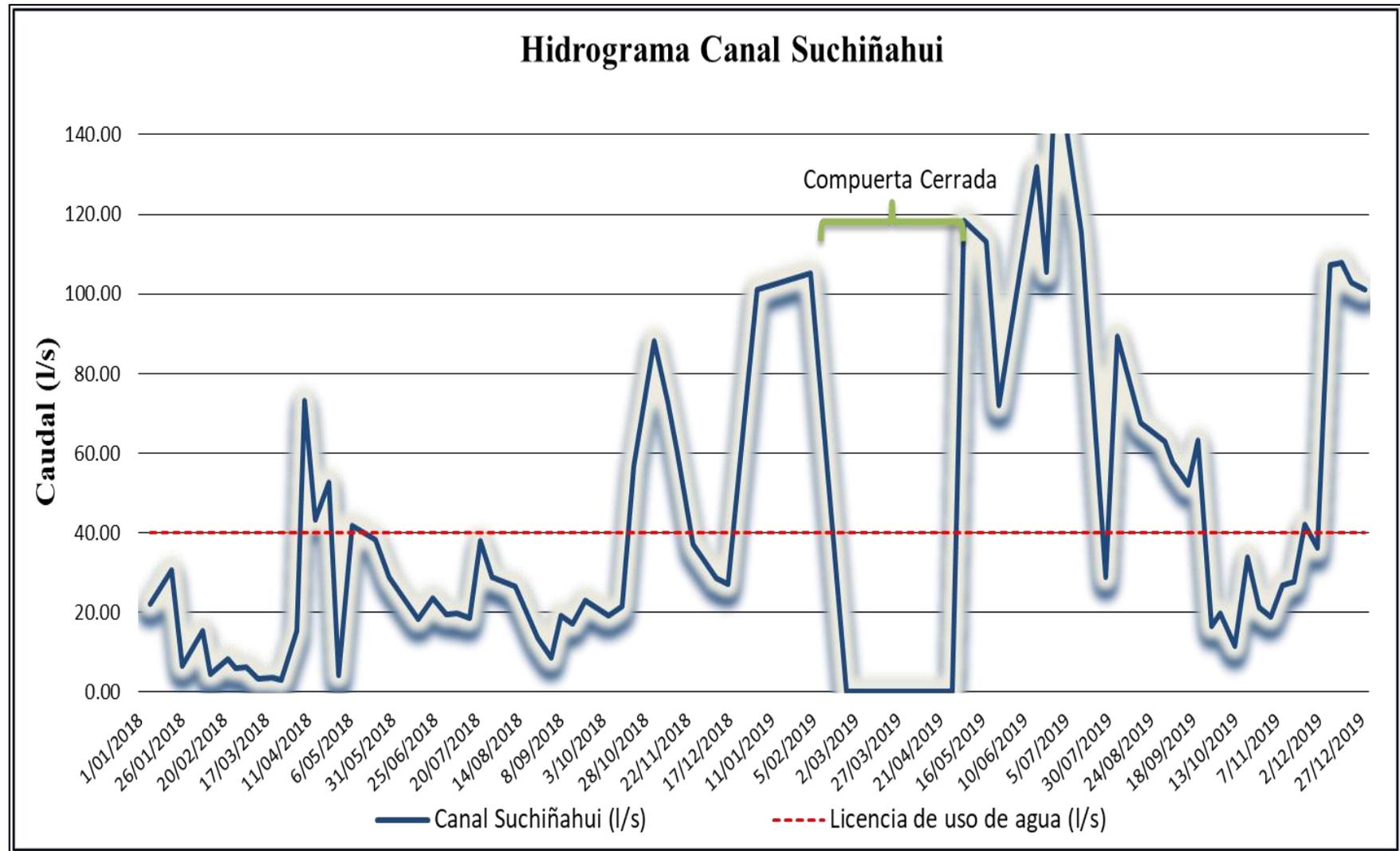


Figura 17: Hidrograma canal Suchiñahui años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboracion propia

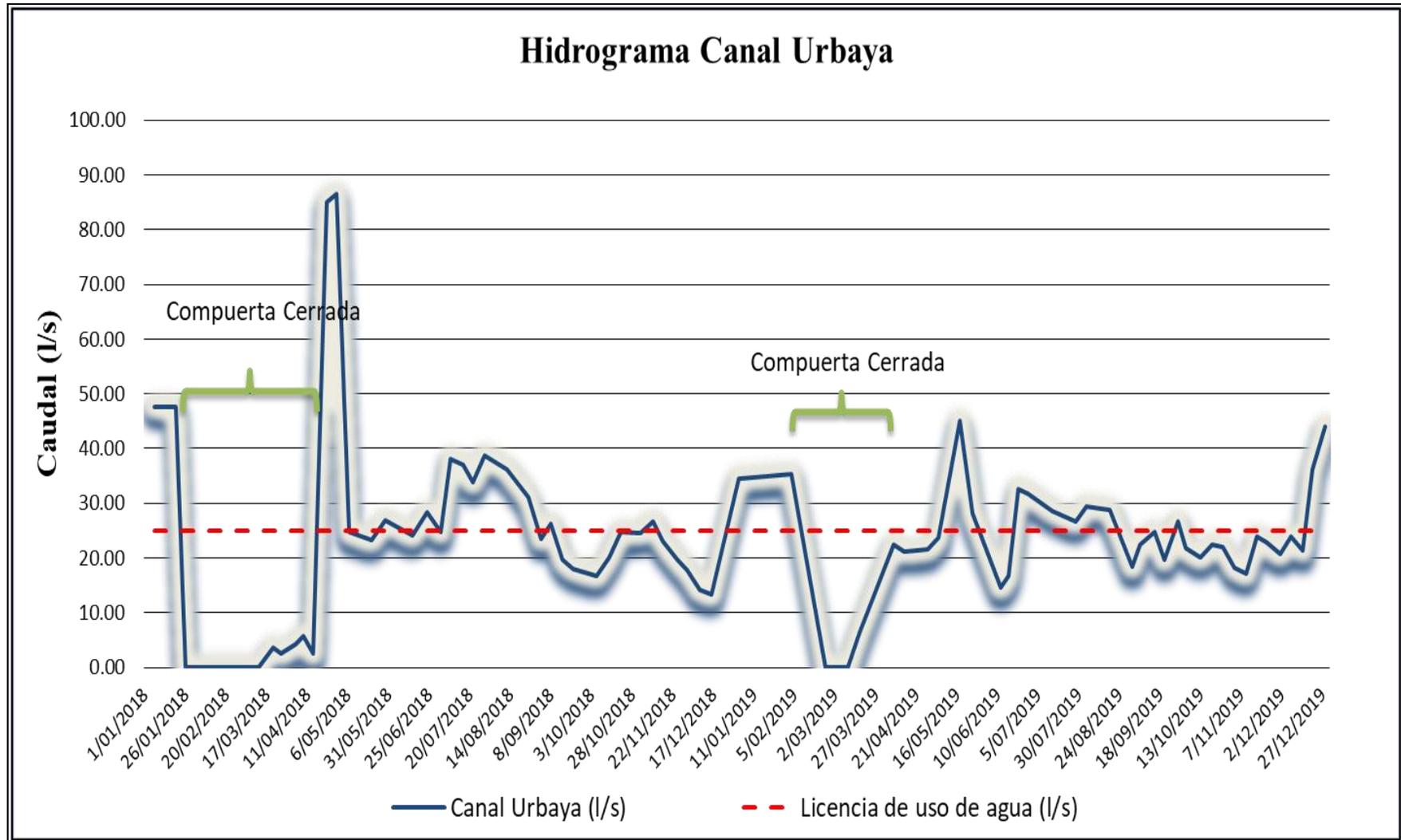


Figura 18: Hidrograma canal Urbaya años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia.

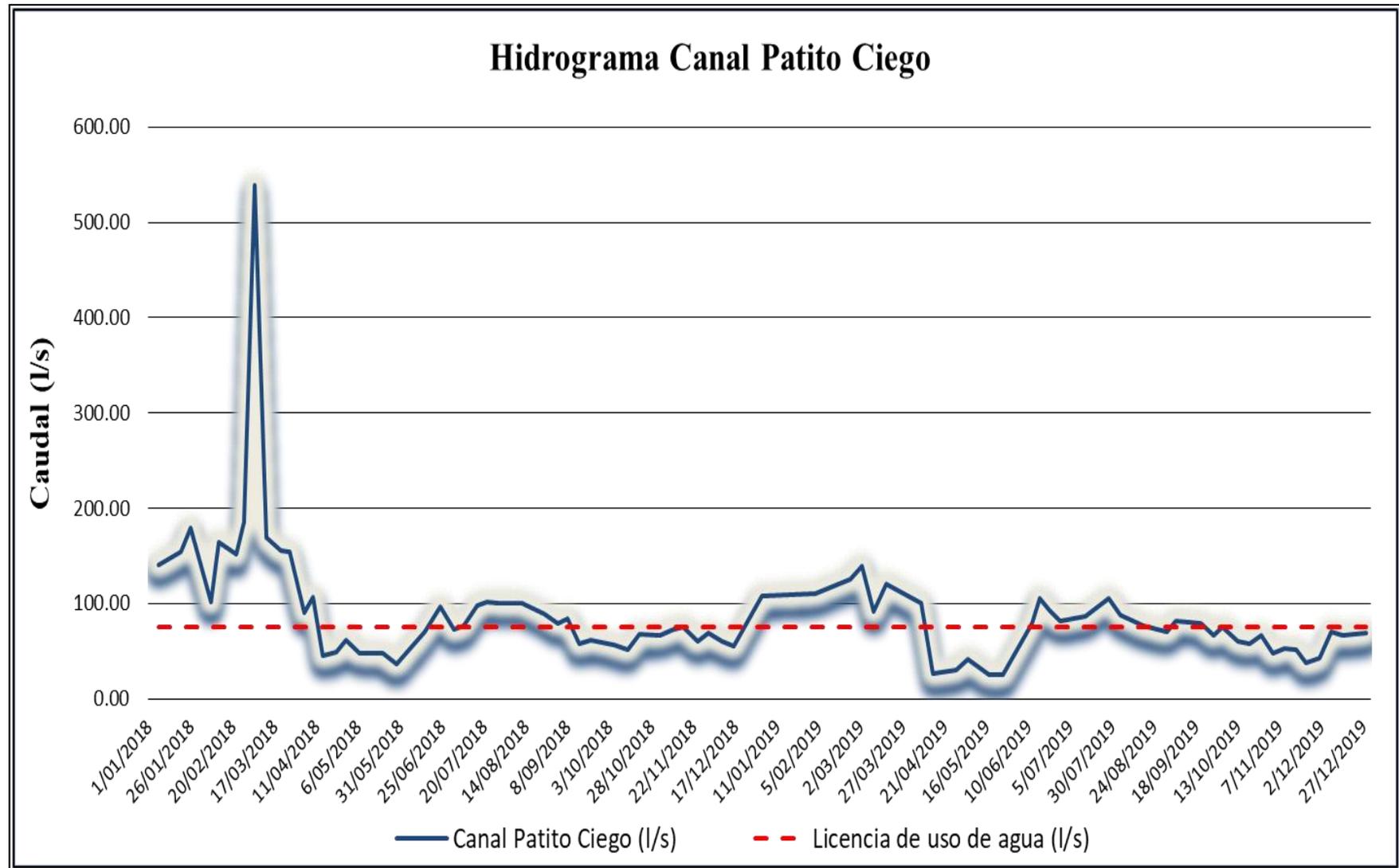


Figura 19: Hidrograma canal Patito Ciego años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia.

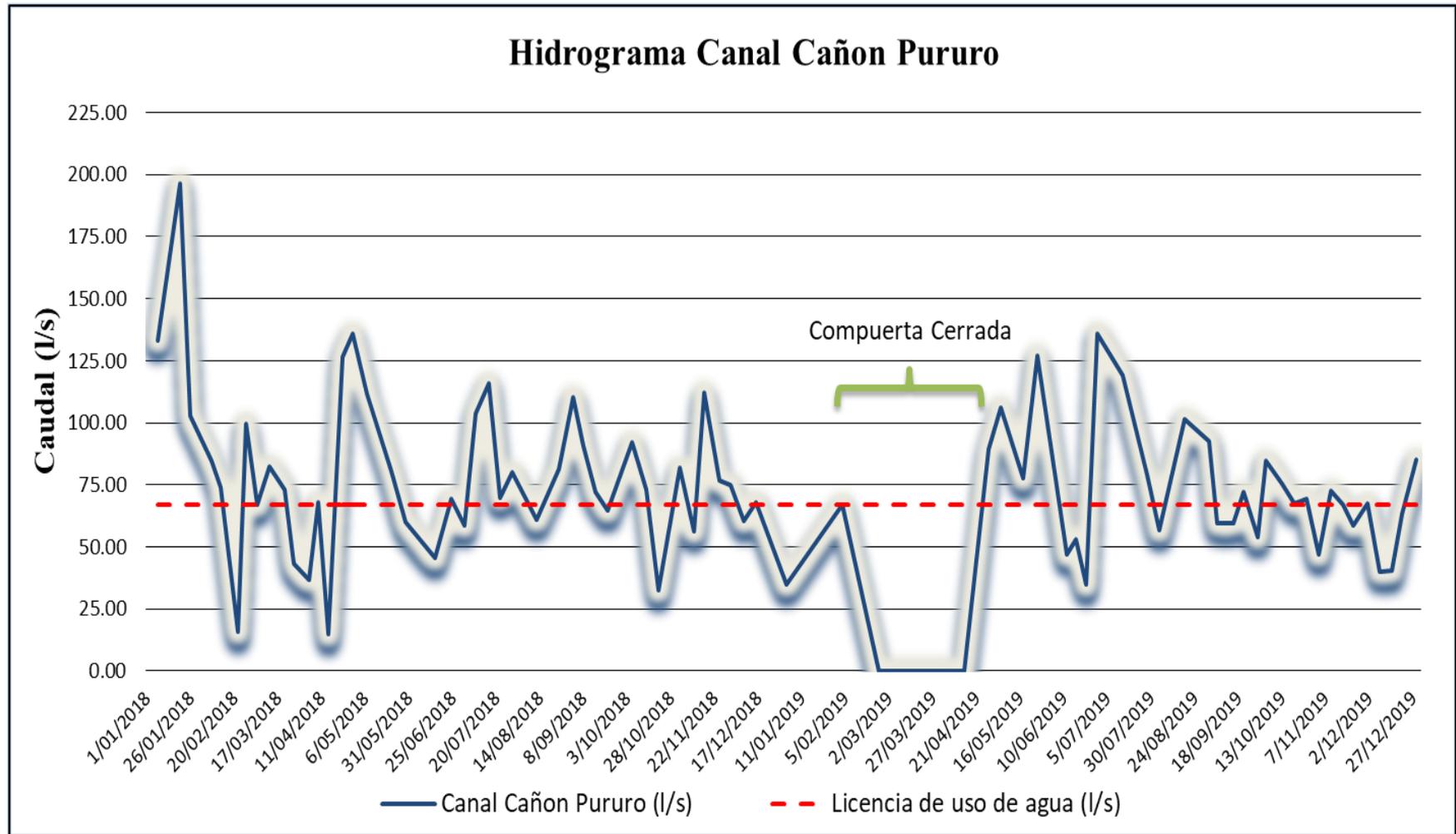


Figura 20: Hidrograma canal Cañon de Pururo años 2018 y 2019

Fuente: Elaboración propia.

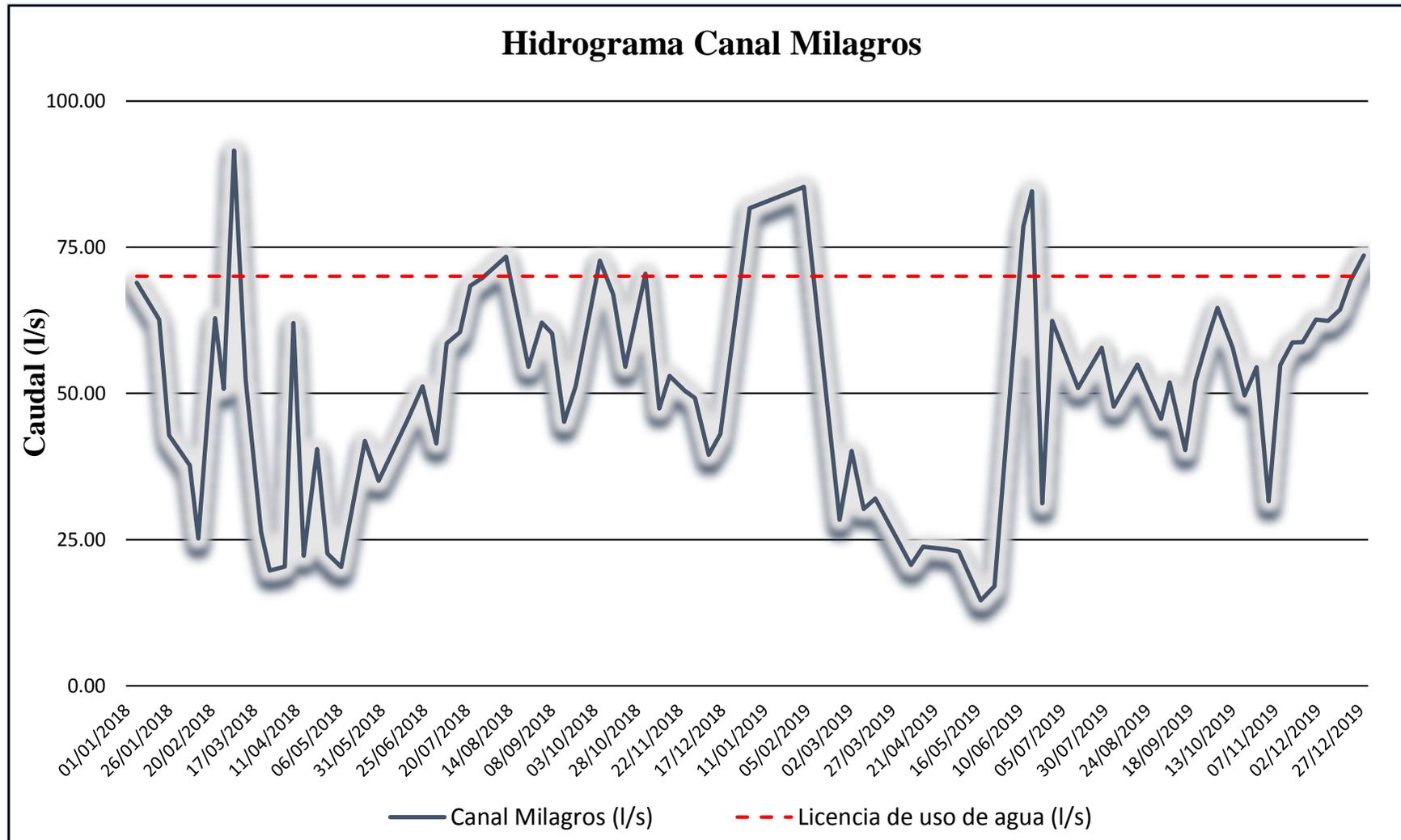


Figura 21: Hidrograma canal Milagros años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia.

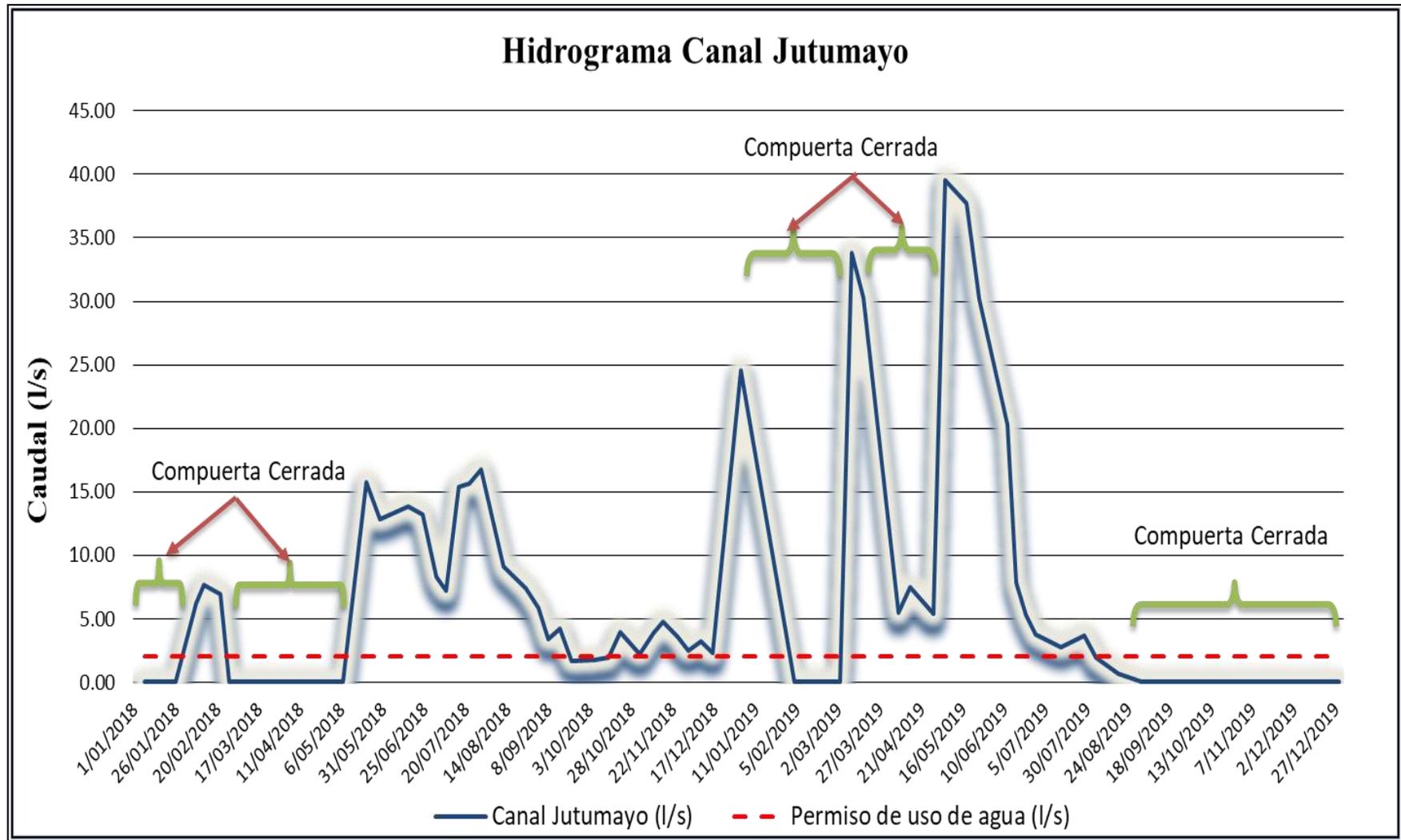


Figura 22: Hidrograma canal Jutumayo años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Lecturas de Nivel Piezometrico Huinipampa

La compañía minera Antapaccay invierte en la construcción de piezómetros para el monitoreo de agua en las paredes del tajo abierto en la extracción de minerales donde principalmente es cobre, a su vez tambien implemento piezómetros en los alrededores de la explotación minera. En la zona de huinipampa se realizarón los ensayos de perforaciones geotécnicas en todos los piezómetros y pozos ubicando el perfil litológico y las profundidades con las pruebas de Airlift. En algunos casos se instalarón niveles someros y profundos como son el caso de los piezometros APP 10-3; PZ-01, PZ-04, PZ-05, PZ-08 y PZ-16. La descripción litológica para el piezómetro APP 10-3, encuentra material grava limosa, limo, arcilla, grava, arcilla gravosa con algo de limo y arena fina hasta la profundidad de 30m del nivel del terreno natural (Ver Figura 23).

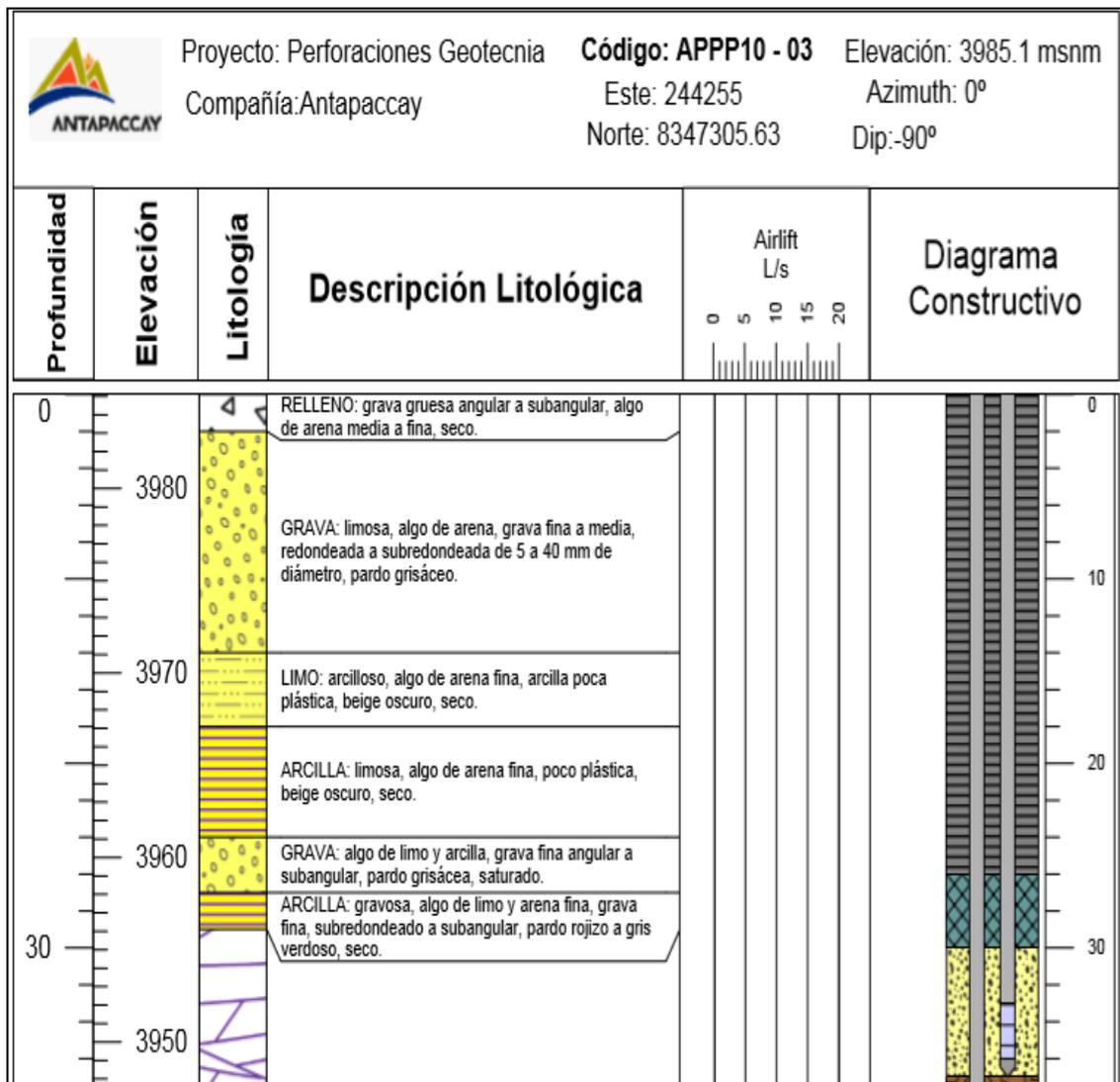


Figura 23: Descripción litológica de piezometro APP 10-3

Como valor agregado al servicio brindado por la empresa Sifman Soluciones SAC, se le encomendó el monitoreo de agua piezométrica en la zona de Huinipampa, incorporando piezómetros y pozos en donde algunos se encuentran desmontados y otros en actividad de extracción de agua, los pozos que se encuentran montados son operados por la empresa Xylem Let's Solve Water, esto debido a que estas casetas de bombeo se encuentran energizadas para el bombeo del agua subterránea y conducción hacia el tanque Yolanda para los fines pertinentes (Ver Figura 24).

Los monitoreos de estos niveles de agua piezométrica se realizan de manera semanal, desplazándose por todos los puntos de monitoreo para la recolección de datos y su análisis comparativo con los datos de las precipitaciones obtenidas en la estación meteorológica que se encuentra cerca a las oficinas del área de Hidrogeología en el campamento Antapaccay. En la Tabla 22 y Figura 25 para el análisis respectivo.

Los datos de precipitación son proporcionados por el área de Medio Ambiente, se adjuntan para el análisis correspondiente en los gráficos luego de procesar los datos obtenidos en campo, en el inicio los puntos de monitoreo se basaron en algunos piezómetros y pozos de reposición que se encuentran desmontados.



Figura 24: Monitoreo de niveles piezometricos PR-02

Tabla 22: Monitoreo de aguas subterráneas piezómetros y pozos Huinipampa

Piezómetros y pozos	APP 10-3		PZ-04		PZ-08		PR-02	PR-03
	A	B	A	B	A	B		
Stick Up	0,7	0,7	0,65	0,65	0,6	0,6	0,4	0,4
Cota	3985	3985	3989,8	3989,8	3998,11	3998,11	4003,07	3999,26
Cota Referencia	3985,7	3985,7	3990,45	3990,45	3998,71	3998,71	4003,47	3999,66
13/10/2017	3975,38	3975,76	3979,63	3983,27	3989,15	3991,91	3995,16	3985,12
21/10/2017	3975,83	3976,1	3979,62	3983,22	3989,1	3991,89	3995,14	3985,06
28/10/2017	3975,57	3975,83	3979,58	3983,14	3989,01	3991,82	3995,11	3985,05
4/11/2017	3975,23	3975,51	3979,78	3983,04	3989	3991,79	3995,25	3985,14
11/11/2017	3974,14	3974,42	3979,61	3983,13	3988,88	3991,77	3995,16	3985,03
18/11/2017	3974,46	3974,74	3980,02	3983,08	3989,12	3991,87	3995,42	3985,33
25/11/2017	3974,03	3974,31	3980,78	3983,41	3989,55	3992,19	3996,01	3986
3/12/2017	3973,75	3974,03	3979,46	3983,08	3988,94	3991,82	3995,1	3984,84
10/12/2017	3973,48	3973,76	3979,18	3982,76	3988,71	3991,62	3994,88	3984,6
17/12/2017	3972,95	3972,56	3979,04	3982,7	3988,54	3991,54	3994,76	3984,41
25/12/2017	3973,6	3973,25	3980,22	3982,88	3989,07	3991,91	3995,66	3985,38
31/12/2017	3974,27	3973,84	3980,57	3983,23	3989,45	3992,28	3996,03	3985,83
7/01/2018	3975,48	3975,08	3980,86	3983,41	3989,85	3992,58	3996,31	3986,3
14/01/2018	3976,39	3975,72	3981,04	3983,58	3990,02	3992,75	3996,48	3986,48
21/01/2018	3977,88	3976,52	3981,25	3983,45	3990,23	3992,88	3996,61	3986,67
28/01/2018	3979,11	3977,42	3981,44	3984,11	3990,44	3993,02	3996,75	3986,88
4/02/2018	3,979,055	3976,88	3981,54	3984,27	3990,48	3993,06	3996,82	3986,9
11/02/2018	3979,53	3977,37	3982,12	3984,34	3990,49	3993,12	3996,9	3986,95
18/02/2018	3,980,935	3979,17	3982,12	3984,85	3991,01	3993,53	3997,25	3987,3
25/02/2018	3980,48	3978,64	3982,47	3985,28	3991,3	3993,71	3997,48	3987,51
3/03/2018	3980,49	3978,67	3982,55	3985,35	3991,28	3993,72	3997,54	3987,56
12/03/2018	3980,98	3979,28	3982,79	3985,55	3991,71	3994	3997,75	3987,74
21/03/2018	3981,39	3979,93	3983,13	3985,83	3992,53	3994,54	3998,13	3988,12
25/03/2018	3981,53	3980,12	3983,24	3985,93	3992,73	3994,64	3998,24	3988,26
2/04/2018	3981,23	3979,68	3983,25	3985,91	3992,67	3994,56	3998,23	3988,27
8/04/2018	3981,05	3979,53	3983,23	3985,86	3992,5	3994,44	3998,19	3988,21
14/04/2018	3980,59	3978,73	3983,15	3985,82	3992,19	3994,29	3998,12	3988,02
22/04/2018	3980,38	3978,45	3983,03	3985,72	3991,92	3994,12	3998	3987,83
6/05/2018	3980,15	3978,12	3982,87	3985,58	3991,57	3993,92	3997,85	3987,57
20/05/2018	3979,92	3977,8	3982,71	3985,43	3991,32	3993,76	3997,69	3987,36
25/05/2018	3979,84	3977,56	3982,65	3985,4	3991,2	3993,7	3997,63	3987,52

Fuente: Elaboración propia

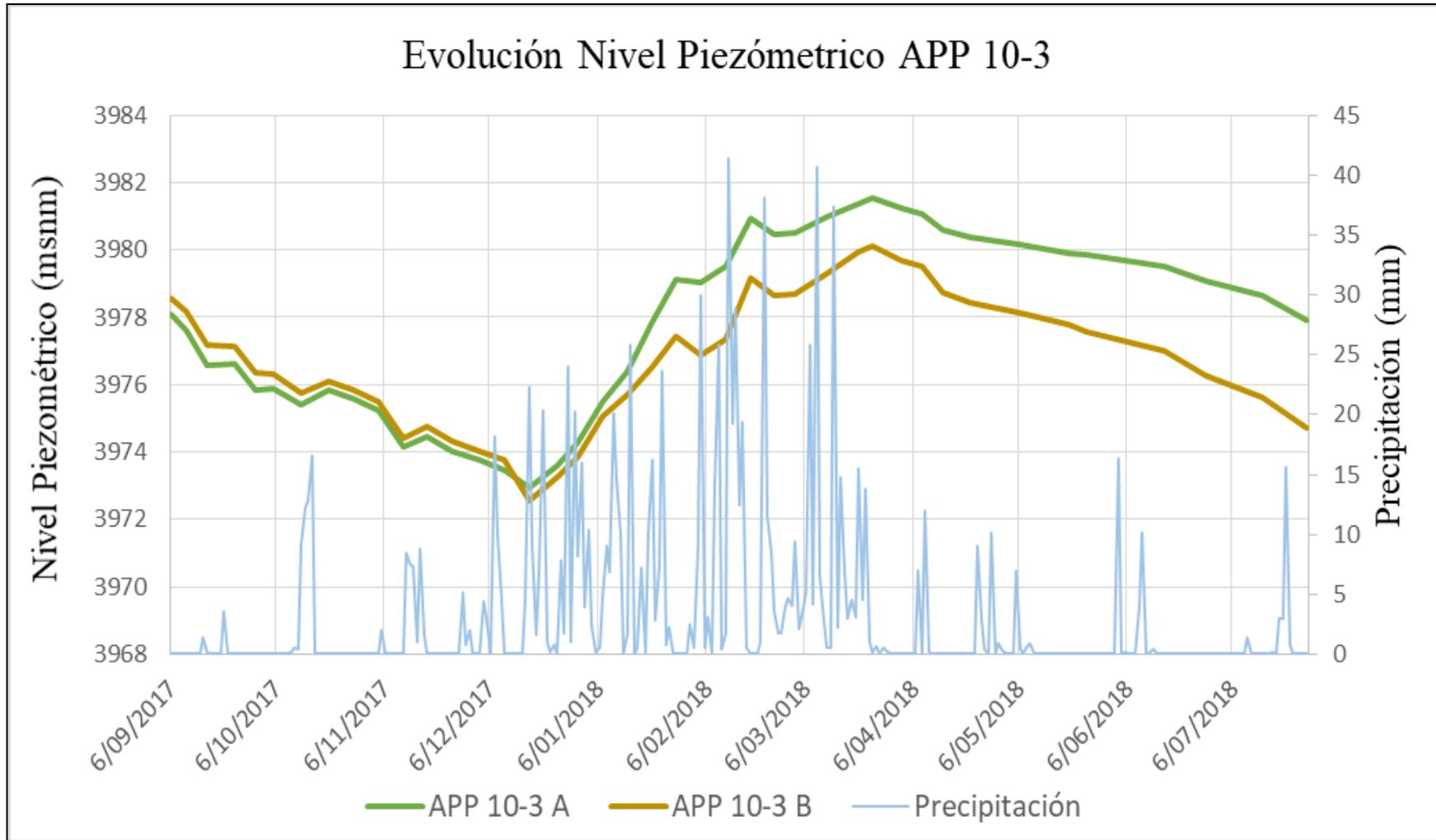


Figura 25: Evolución piezometrica APP 10-3.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Operación del Sistema Reposición de Agua Cañipía

El sistema de reposición de agua cumple la finalidad de brindar agua hacia los canales que se encuentran en ambas márgenes del río Cañipía, se inicia las operaciones con la autorización de la supervisión a cargo en la guardia de la minera Antapaccay. Esta regulación de caudal se basa en la reposición y cumplimiento de las licencias de uso de agua otorgadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En los canales comprendidos en la Primera Etapa, se opera la reposición únicamente para el canal Quetara debido a la autorización directa de parte de la gerencia de Medio Ambiente. La operación del sistema de Reposición de agua está a cargo únicamente de la empresa Sifman Soluciones, quien está encargado de su operación y verificación de infraestructuras hidráulicas de todo el sistema a partir de la conducción de agua por tuberías Hdpe del tanque Yolanda hasta el reservorio Maicol ubicado en el cerro Cconco y sus derivaciones hacia los canales de la primera etapa comprendidos en el Estudio de Impacto Ambiental (Ver Figura 26).



Figura 26: Ingreso al reservorio Maicol.

3.3. Problemáticas y contribuciones

3.3.1. Problemáticas durante la estadia en el centro laboral

La problemática principal y razón de la existencia del servicio que brinda Sifman Soluciones SAC a la compañía minera Antapaccay, es la operación del sistema de agua de reposición hacia los canales que se encuentran beneficiando a los pobladores dentro del área de influencia de las operaciones de extracción de mineral.

En los meses donde las precipitaciones son mínimas y por ende el caudal del río Cañipía se encuentra en etapa de recesión se activan los protocolos para el arranque del sistema de reposición de agua que intervienen varios elementos desde la activación de las bombas para dotar de agua del subsuelo y conducirlo hasta un reservorio ubicado sobre el nivel del río en 40 metros para luego por conducción a través de tubería hdpe cubrir el nivel de la licencia de uso de agua de los canales, en el caso puntual del canal Quetara que cuenta con un permiso de agua de 85 l/s otorgados por la autoridad correspondiente, en los meses de estiaje el caudal superficial monitoreado arroja valores menores a dicha licencia de agua, es por ello que nace el servicio de operar el sistema para suplir dicha diferencia de caudal, si el caudal natural que se afora en el canal Quetara es de 35,28 l/s el compromiso del estudio de impacto ambiental nos obliga a dotar por reposición el caudal necesario para llegar a los 85 l/s siendo el caso del caudal de reposición en total para el caso puntual de 49,72 l/s. El sistema cumple esa función de dotar de agua lo más exacto posible para cumplir con este compromiso ambiental.

La solución que se brindó para dotar de agua a los canales en la temporada de estiaje incluye una logística previa para el inicio del arranque del Sistema, desde la limpieza de sedimentos en el reservorio Maicol, la operación de los pozos de reposición ubicados en la zona de Huinipampa y la coordinación con el área de Relaciones Comunitarias para el comunicado previo del inicio de la operación del sistema, todo ello siempre que se evidencie que los niveles aforados se encuentran por debajo de la licencia de agua en los puntos hidrométricos y la aprobación explícita por parte de la supervisión del área de Hidrogeología de la compañía minera Antapaccay.

En la operación del sistema intervienen las empresas Xylem Let's Solver Water (Encargados del encendido de las pozas de reposición y dotación de agua de la Estación Yolanda hasta el

Reservorio Maicol) y Sifman Soluciones (Operación de la descarga de agua del Reservorio Maicol hasta los canales comprendidos en la I etapa EIA). En la Figura 27 se aprecian los pozos de reposición en Huinipampa de los cuales solo el PR-09^a no se encuentra operativo debido a que en la prueba hidráulica el agua q se obtiene presenta sedimentos que al unir el agua obtenida con los otros pozos produciría futuras fallas en la bomba ubicada en la tanque Yolanda.

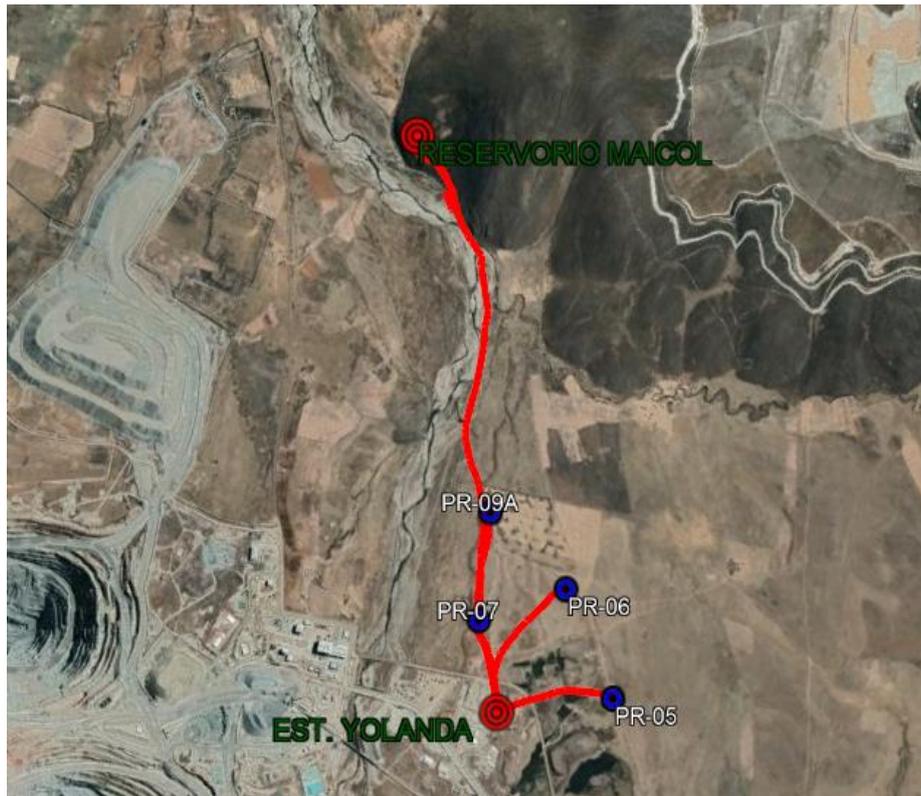


Figura 27: Sistema de reposición de agua Cañipía

El sistema se operó en mi estadia en la empresa Sifman con fecha de inicio el 25/08/2017 hasta el 21/12/2017 temporada donde el aforo en los canales eran inferiores a la licencia de uso de agua, en este período se coordinó con la empresa Xylem para el encendido y apagado de los pozos de reposición previos calculos en el reservorio Maicol, se tuvieron ciertas consideraciones como las condiciones climáticas adversas, esto debido a los lineamientos de seguridad de la compañía por el refugio ante tormentas eléctricas.

En la Tabla 23 se definen los cálculos realizados para la operación del sistema y que este cubra el caudal para obtener aforos en los punto hidrometricos superiores a la licencia de uso

de agua para el canal Quetara, mencionar que se parte como ejemplo con un caudal y volumen inicial de 75.48 l/s y 660 m³ respectivamente. Con una capacidad de almacenamiento de 1500 m³ se tienen que realizar los calculos respectivos para cumplir con la reposicion de caudal al canal y evitar que el reservorio logre rebosar, los parámetros a tener en cuenta es el caudal de bombeo y el caudal de descarga al canal, ya que estos determinaran si el nivel del agua asciende o desciende en el reservorio Maicol, existen casos excepcionales en donde no se puede concretar la hora de prendido o apagado por emergencias generadas en el tajo abierto como son el desbordes de las pozas en las paredes del mismo generando posibles inestabilidades.

Tabla 23: Ejemplo demostrativo reposición canal Quetara

Reposición de agua para el canal Quetara											
Caudal Inicial (l/s)	Estación Yolanda		Caudal (l/s)		Tiempo (h)		Volúmen (m ³)			Caudal Final (l/s)	
	Encendido	Apagado	Bombeo	Descarga	Impulsion	Descarga	Incial	Bombeo	Descarga	Almacenado	
75,48										660	75,48
68,45	08:00:00	15:30:00	84,6	20	6.5	24	660.00	1979,64	1728.00	911,64	88,45
47,38	08:00:00	17:30:00	93,4	40	9.5	24	911,64	3194,28	3456.00	649,92	87,38
40,24	07:00:00	17:00:00	94,56	50	12	24	649,92	4084,99	4320.00	414,91	90,24
35,41	07:00:00	18:00:00	93,38	50	13	24	414,91	4370,18	4320.00	465,09	85,41
28,47	07:00:00	22:00:00	92,27	60	15	24	465,09	4982,58	5184.00	263,67	88,47
16,74	07:00:00 20:00:00	17:00:00 06:00:00	92,34	70	20	24	263,67	6648,48	6048.00	864,15	86,74
9,63	09:00:00	Continuo	90,54	80	22	24	108,15	7170,76	6912.00	366,92	89,63
8,33	Continuo	Continuo	88,71	80	24	24	366,92	7664,54	6912.00	1119,46	88,33
7,62	Continuo	Continuo	81,41	80	24	24	1119,46	7033,82	6912.00	1241,29	87,62
9,12	continuo	08:00:00	82,35	80	24	24	377,29	7115,04	6912.00	580,33	89,12
8,57	11:00:00 Continuo	Continuo Continuo	84,28	80	24	24	580,33	7281,79	6912.00	950,12	88,57

Fuente: Elaboración propia

El reservorio Maicol es la única fuente de reposición para los canales que se encuentran en ambas márgenes del río Cañipía, los canales que se encuentran en la primera etapa del compromiso ambiental solo el canal Quetara fue autorizado por parte de la supervision de la compañía minera para reponer el caudal necesario para cumplir con la licencia de agua, a continuacion se presenta la tabla 24 identificando el inicio y fin de la operación del sistema de reposicion de agua Cañipía en el año 2017.

Tabla 24: Sistema de reposición de agua canal Quetara año 2017

Sistema de Reposición de Agua Cañipía año 2017												
Fecha	Caudales Superficiales Canales I Etapa				Operación Sistema de Reposición Cañipía				Operación Pozos de Reposición			Suma de caudales Superficial + Reposición
	Quetara (l/s)	San Jose (l/s)	Vista Alegre (l/s)	Jutumayo (l/s)	Caudal (l/s)		Número de Horas		Caudal (l/s)			
					Impulsión	Descarga	Impulsión	Descarga	PR-05	PR-06	PR-07	
25-Ago	79,35	4,94	23,53		94,96	7	4	24	24,15	37,61	33,2	86,35
26-Ago	77,27	4,48	23,89		82,3	12	6	24	24,22	26,08	32	89,27
27-Ago	77,06	4,58	22,99		0		0	24	0	0	0	77,06
28-Ago	88,89	9,33	19,88	3,31	85,4		2	24	24,08	28,32	33	88,89
:												
1-Oct	24,3	15,6	27,8		94,16	65	21	24	24,5	35,66	34	89,3
2-Oct	28,2	11,7	26,8		93,82	65	21	24	24,29	35,53	34	93,2
3-Oct	25,67	14,32	27,4		91,8	60	18	24	24,45	35,58	31,77	85,67
1-Nov	40,81	35,43	27,02		91,61	60	20	24	25,08	35	31,53	100,81
2-Nov	24,68	27,97	22,2		92,01	60	20	24	25,91	35	31,1	84,68
3-Nov	33,34	36,57	24,1		91,91	60	14	24	25,83	35	31,08	93,34
:												
10-Nov	29,61	0	17,51		91,74	60	20	24	25,48	35	31,26	89,61
11-Nov	28,89	17,28	20,32		92,4	60	17	24	25,99	35	31,41	88,89
12-Nov	31,4	4,39	26,86	0	92,28	60	16,5	24	25,83	35	31,45	91,4
13-Nov	33,2	9,22	27,76		92,2	60	17	24	25,75	35	31,45	93,2
:												
19-Dic	62,75	27,55	0		91,65	30	17	24	25,18	35	31,47	92,75
20-Dic	52,29	21,12	0,4		91,63	30	24	24	25,34	35	31,29	82,29
21-Dic	85,94	44,58	22,5		91,95	5	6	24	25,62	35	31,33	90,94
22-Dic	261,15	90,53	59,6		0	5	0	0				266,15

Fuente: Elaboración propia

Nota: PR= Pozo de reposición, ...= Continúa

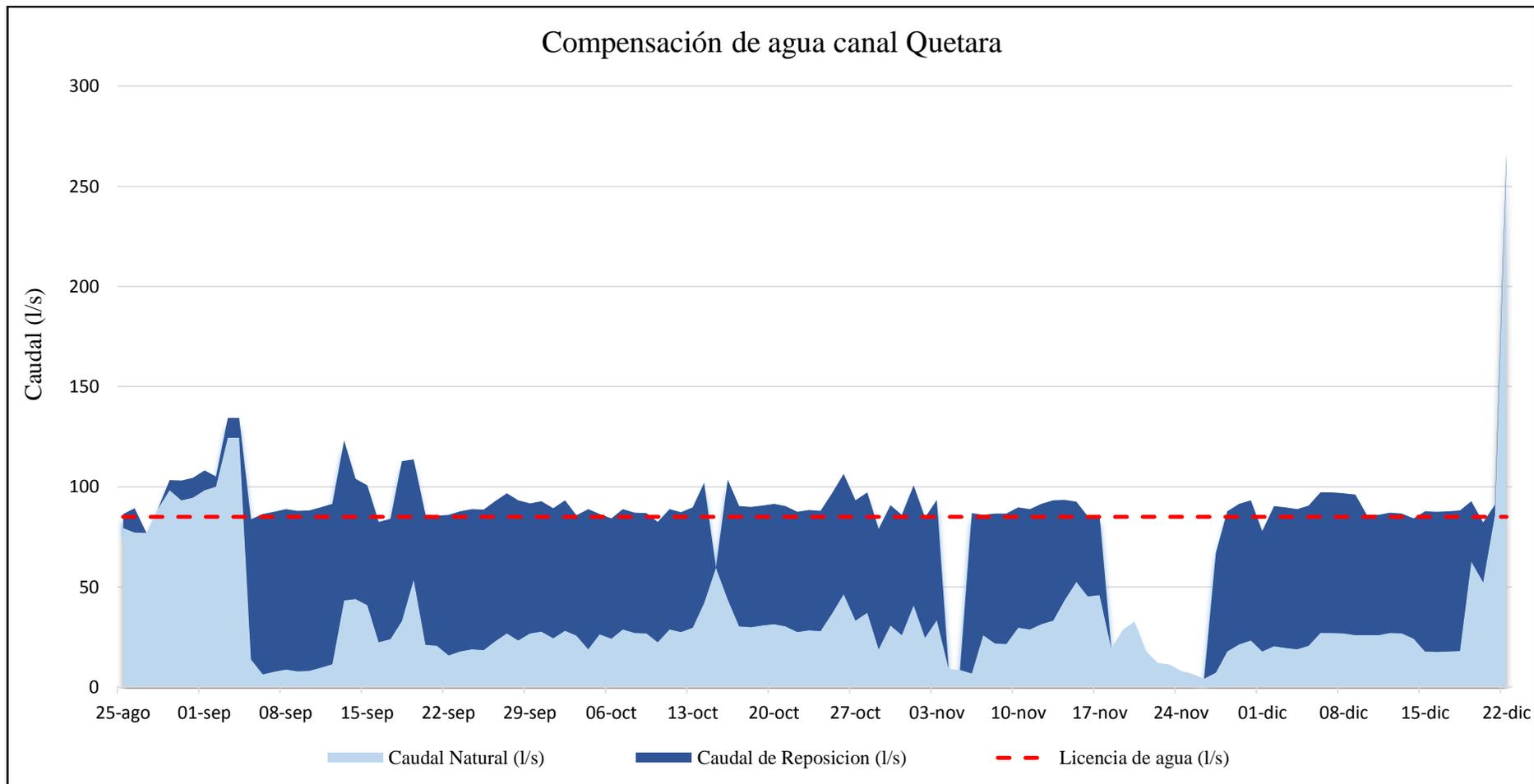


Figura 28: Caudales naturales y reposición en el canal Quetara año 2017

En el año 2018 en la temporada de estiaje los usuarios de los canales que se encuentran en la etapa III del estudio de impacto ambiental (Patito Ciego, Pururo y Milagros), mostraron sus molestias y quejas por no ser beneficiarios con la dotación de agua a sus canales de riego como se hacía en el caso del canal Quetara, es por ello que al expresar su malestar y su pronta atención por parte de la compañía minera quemaron parte de la tubería que conducía agua de la estación de bombeo Yolanda hacia el reservorio Maicol, se hizo el metrado de la tubería afectada para solicitar la pronta acción de reparación de la misma a través de máquinas para las pegas por termo fusión. En la Figura 29 se puede apreciar los daños a la propiedad ocasionados por los comuneros.



Figura 29: Daño a la propiedad Antapaccay por parte de los comuneros

Se dio una solución de diseñar una derivación directa con un accesorio en forma de Y que se conectó a la tubería principal de 16” de diámetro, esto dejando operativo el sistema de reposición para los canales de la I etapa y una derivación directa hacia el río Cañipía incrementando el caudal del mismo para que todos los canales que se encuentran aguas abajo sean beneficiarios del recurso, a su vez se incorporó un punto de descarga de agua tratada proveniente de la PTAE (Planta de Tratamiento de Agua Excedentes), al río autorizados por la entidad correspondiente.

3.3.2. Contribuciones con el centro laboral

- Se realizaron monitoreos de aguas superficiales en diferentes lugares como son en el fondo del tajo para registrar el agua que se tiene que evacuar para que no perjudique en las labores de extracción de mineral ya que ello conlleva a un mayor gasto económico si se extrae el mineral con agua usando los Epp's específicos debido a la interacción con diversas empresas que están involucradas en el proceso minero en el fondo del tajo utilizando el correntómetro para medir las velocidades del agua, en las paredes del tajo cuando se efectúan los drenes horizontales a través del método volumétrico y otros como los inventarios de manantes de agua en las comunidades adyacentes con fines de proporcionar algunos proyectos de saneamiento rural, estos servicios son siempre autorizados por el supervisor de guardia de la compañía minera Antapaccay y en apoyo social con el área de relaciones comunitarias para dirigirse al punto de monitoreo de los manantes que en la mayoría de los casos se encuentran dentro de los predios de los comuneros (Ver Figura 30).



Figura 30: Aforo de la cárcava en el fondo del tajo abierto.

- Se realizó un nuevo trazo en gabinete para el canal San José debido a que la huella del botadero norte otorgada por el área de Hidrogeología afectaba el canal existente en varios tramos, es por ello q se trabajó con la huella del botadero para buscar un nuevo trazo para el canal y no perjudicar en la dotación del recurso hídrico a los

beneficiarios con dicha obra de conducción, se realizaron los metrados respectivos para compensar los tramos afectados.

- Se realizó el replanteo de la ampliación de la línea de impulsión existente que dota agua potable desde el reservorio R-3 en el campamento Tintaya hasta el punto inicial del reservorio RM-1 ubicado en la comunidad de CC Tintaya Marquiri con una cota de 4005.7 msnm hasta el reservorio RM-2 ubicado en la parte alta de la comunidad Marquiri con una cota de 4028.6 msnm con la finalidad de ampliar el abastecimiento de agua potable a la comunidad de Tintaya Marquiri, el trabajo se realizó en conjunto con el Sr. Alfredo Quispe representante del área de relaciones comunitarias de la compañía minera Antapaccay, para su posterior ejecución a cargo de otra empresa contratista (Ver Figura 31).



Figura 31: Replanteo topográfico centro comunal Marquiri Tintaya.

- Se realizó el levantamiento topográfico de la captación y el trazo del canal entubado usando GPS Diferencial Trimble modelo r10 y los diseños hidráulicos para la captación de agua del río Cañipía mediante galerías filtrantes con una conducción de canal enterrado de material hdpe, en gabinete se realizó los planos de planta y perfil y los metrados correspondientes para el mejoramiento del sistema de la captación hídrica del canal San José.

- Por encargo de la gerencia de recursos hídricos se solicitó el incremento de toma de niveles freáticos en los piezómetros y pozos de Huinipampa que en un inicio eran cinco puntos de monitoreo a dieciocho puntos de muestreo, con la finalidad de analizar y determinar la dirección del flujo de aguas subterráneas para conocer el comportamiento hidráulico del acuífero. El sistema de agua subterránea se recarga debido a la precipitación pluvial y el agua fluye desde los puntos de mayor presión atmosférica hasta los menores generando un gradiente hidráulico, se evidencia mediante el modelamiento de dirección de flujo usando el software Surfer 16. El Agua bombeada del sistema subterráneo causa que la capa freática baje de nivel y cambie la dirección de la corriente del agua subterránea como son el caso de las operaciones de los Pozos de reposición (PR-05; PR-06 y PR-07). Se puede apreciar en la figura 32 que existe un desnivel de 120m desde la cota piezométrica PZ -11 hasta el APP 10-3, en la parte de color verde se aprecia una extensión plana dando origen al río Huinimayo ubicado al Noreste del piezómetro PZ-04 y los pozos de reposición PR (05,06 Y 07). En los meses donde el sistema de reposición se encuentra operativo estos pozos generan una curva de abatimiento debido al bombeo durante un tiempo establecido pasando de un nivel estático a uno dinámico, identificando un cono invertido cuyo eje de simetría es el eje del pozo determinando así el cono de depresión. Los factores que determinan dicho abatimiento se pueden mencionar como: (a) caudal de bombeo; (b) tiempo de bombeo; (c) características hidrogeológicas del acuífero; (d) la distancia al eje del pozo. Ver figura 32.

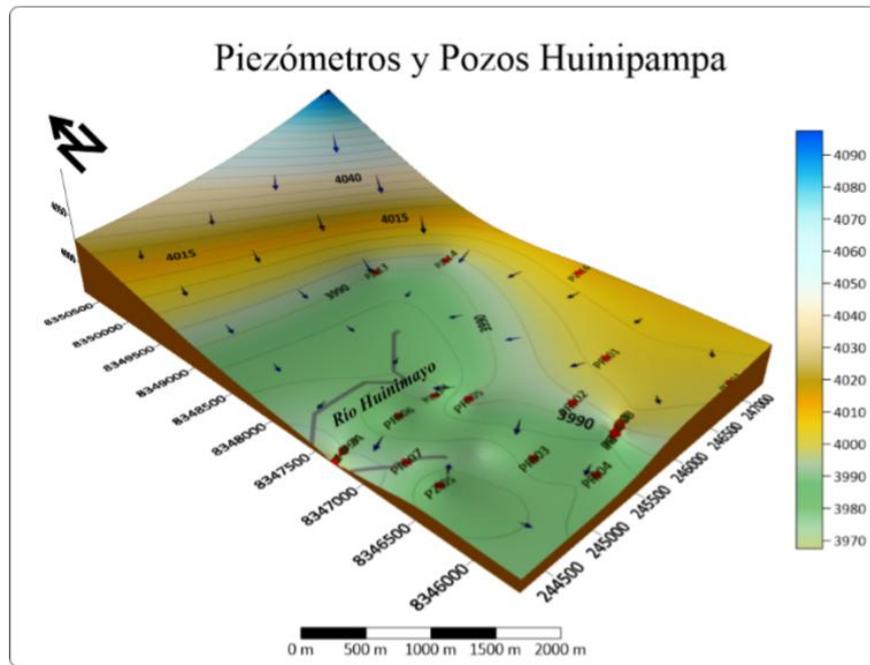


Figura 32: Dirección de flujo del agua subterránea Huinipampa.

- Se realizó el análisis de los niveles piezómetros incluyendo el parámetro mensual promedio de la precipitación que se obtuvieron en la estación meteorológica ubicada en el campamento minero Antapaccay, evidenciando el nivel ascendente de las cotas en los piezómetros cuando los índices de precipitación incrementan.
- Se realizó el balance hídrico con fines agrícolas, determinando la demanda hídrica de los cultivos de pasto mejorados y alfalfa en una extensión total de 45 Ha, como plan piloto de riego por aspersión se realizaron los cálculos para la instalación del sistema de riego tecnificado de 8.5 Ha, como resultado del cálculo de las demandas de agua por el método de Hargreaves (Relación entre los parámetros climáticos de precipitación, factor de energía solar, número de días del mes, humedad relativa para calcular la evapotranspiración), se obtuvo una demanda hídrica de 28.92 l/s, el sistema de riego para la parcela piloto se culminó de instalar los accesorios en el mes de agosto del año 2018.
- Se realizó los monitoreos de agua que cerca al Dique de Óxidos en el campamento Tintaya, cerca al talud de la pared norte de la relavera producto de la actividad minera Tintaya, aguas abajo unos 900m se evidencia cuerpos de agua que se generan a través del movimiento de agua subterráneo por roca fracturada para buscar su evacuación en lugares donde tenga menor presión atmosférica por medio de la percolación, debido a la posible falla, se diseñó un aforador parshall con sensor para determinar

el caudal que se infiltra por dicha zona evitando el tránsito de personal en la pared norte de la relavera.

- Se realizó los monitoreos superficiales de agua rutinario de los puntos hidrométricos a lo largo del río Cañipía y no rutinario para los canales Fredermice, representando los valores en hidrogramas para identificar los valores máximos y mínimos en los canales, así mismo indicar los meses de recesión donde el recurso hídrico se encuentra por debajo de la licencia de uso de agua en los canales (Ver Figura 33).



Figura 33: Monitoreo de agua superficial descarga V-01.

- Realizar el informe mensual, recopilando todos los servicios brindados por la empresa Sifman dentro del área de recursos hídricos y medio ambiente para luego presentar la valorización mensual y la conformidad de la misma cumpliendo los objetivos señalados en el contrato: “Contrato de prestación del servicio para la operación y monitoreo los sistemas de reposición de Cañipía y suministro de agua de Tintaya **CA-137/18** firmados entre la compañía minera Antapaccay y la empresa Sifman Soluciones SAC.
- Realizar la distribución de agua descargada de la Ptae en la zona forestal por zonas de riego para la viabilidad del proyecto liderado por la gerencia de cierre de mina, realizando nuevos trazos y solicitando sensores de caudal como los caudalímetros

para determinar mejor la dotación de caudal por cada ramal que se extendía desde la Ptae hasta el último punto de descarga V01 que poseía una licencia de vertimiento en el río Cañipía de 100 l/s.

- Se realizó muestras de calidad de agua en los puntos de descarga al río Cañipía para determinar los parámetros ambientales cumpliendo los lineamientos de Estándares de Calidad Ambiental (ECA), cumpliendo con la categoría tres **“Riego de vegetales y bebidas de animales”** siendo los puntos de monitoreo la descarga al río Cañipía V-01 y P-05. Traslado de las muestras al laboratorio ubicado en la planta de tratamiento de aguas excedentes (PTAE) (Ver Tabla 25).

Tabla 25: Estándares de calidad ambiental

Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	
Categoría	Descripción
I	Poblacional y recreacional.
II	Extracción, cultivo y otras actividades marino Costera.
III	Riego vegetal y bebidas de animales.
IV	Conservación de medio Acuático.

Fuente: Decreto Supremo N°004-2017-MINAM

3.3.3. Contribución al centro laboral a partir de la solución de problemáticas

Cuando me incorporo a la empresa Sifman Soluciones SAC en el mes de Julio del año 2017, el personal total de la empresa era de tres miembros incluyendo mi persona donde se trabaja con un régimen brindado por la mina Antapaccay, del cual nuestro caso era bajo el sistema de trabajo 8x6, esto indica que se trabaja ocho días en la mina para descansar seis. Para cubrir con el régimen se formó dos grupos de trabajo, donde un personal se dedicaba a laborar en el régimen de 5x2, trabajar de lunes a viernes donde mi persona trabajaba solo los días sábados y domingo de cada guardia.

Las problemáticas mencionadas y contribuciones se dieron durante el tiempo del contrato que se vencía el mes de agosto del año 2018 **“CA-035/16”**, debido a dirimir las acciones generadas permite ganar la licitación del mismo servicio por el período de Agosto 2018 a Agosto 2020 con número de contrato **“CA-137/18”**, esto trajo por consecuente incrementar

los horizontes del servicio y el incremento de personal, de pasar de tres personas con el servicio anterior a ser un grupo humano de cinco personas. Se incrementó el servicio de manejo de aguas excedentes del tajo norte al nuevo contrato, donde se determinaba el manejo de aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Excedentes (PTAE) para fines de regadío de árboles propios de la zona y bebidas de animales, así mismo, “la descarga y distribución, a través, de válvulas para poder regar todas las zonas forestales sembradas por la gerencia de cierre de mina cumpliendo los parámetros de Estándares de Calidad Ambiental categoría tres ECA´s III” (Gálvez J.)

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizaron los controles diarios y semanales de las fuentes de agua superficiales y subterráneas de la cuenca Cañipía.
- Se evidencia que los caudales disminuyen entre los meses de julio y diciembre, registrando valores mínimos de 158.48 l/s y 150.22 l/s en los años 2018 y 2019 respectivamente.
- Se inició el Sistema de reposición de agua al canal Quetara el 25 de agosto hasta el 21 de diciembre del año 2017 cumpliendo con registrar caudales por encima de la licencia de uso de agua.
- En el año 2018 no se realizaron operaciones en la reposición de agua a los canales de la I etapa debido a la derivación directa de la tubería principal de conducción mediante un accesorio del tipo “Y” hacia el río Cañipía.
- Se aprecia la alta correlación entre el ascenso y descenso de los niveles de agua en los diferentes piezómetros y las precipitaciones ubicados en Huinipampa correspondiente a la recarga de acuíferos.
- La dirección del flujo de agua subterránea es hacia la quebrada que origina al río Huinimayo que es confluyente con el río Huilcarani para dar origen al río Cañipía.

4.2. Recomendaciones

- Instalar miras para la medición de caudales en forma indirecta en los canales de riego que permitan un monitoreo continuo.
- Realizar el mantenimiento periódico de las infraestructuras hidráulicas en el sistema de reposición de agua Cañipía.
- Instalación de sensores para el monitoreo de los piezómetros en Huinipampa que no cuentan con este dispositivo.
- Instalar caudalímetros en las tomas laterales de la tubería principal de descarga de la Ptae hacia la zona forestal para mejorar la dosificación del agua en las parcelas.
- Mejorar las vías de acceso a los puntos de monitoreo y el reservorio Maicol, evitando cualquier accidente con la unidad liviana.
- Coordinar con el área de relaciones comunitarias la limpieza de los canales de riego y sus obras de arte en la cuenca Cañipía durante la temporada de estiaje.
- Mantener reuniones periódicas con los comités de usuarios de los canales de riego para lograr un diálogo dinámico entre la compañía minera Antapaccay y los comuneros afectados por el radio de influencia de la mina.
- Realizar una base de datos virtuales para la actualización de las mismas en las diferentes guardias y mantener una única fuente de los trabajos realizados por la empresa Sifman Soluciones SAC.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y CONSULTAS A PROFESIONALES

ANA (2014). Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas.

ANA (2016). Oficina del Sistema de Información de Recursos Hídricos.

ANA (2016). Balance Hídrico Superficial de las Subcuencas de los Ríos Salado, Cañipía y Huayllumayo 2014.

Barranco L. (2012) Trabajo de investigación “Movimiento de las aguas subterráneas en una ladera de monitoreo en Cerro Peldo Gamboa”. Panamá.

Beltran, C. & Vintimilla, J. (2014). Estudio de la instrumentación a utilizar en las presas de tierra del proyecto Pacalori. Tesis de grado. Universidad de Cuenca-Ecuador.

Cabrera P. & Sanabria J. (2015). Trabajo de investigación “Instrumentación geotécnica para monitorear el nivel freático y calidad del agua con sensores eléctricos en piezómetros de tubo abierto”. Lima-Perú.

Faustino, J. y Jiménez F. (2000). Manejo integral de cuencas hidrograficas.

Gálvez Tapia J. Ing. Químico, Especialista en plantas de tratamiento de aguas.

Heras, R. (1983). Recursos Hídricos Síntesis Metodología y Normas. Edita Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, canales y Puertos. Almagro, 42. Madrid. 4361 p.

Jordán (1991), citado por INRENA).

Miraval Vargas A. Ing. Agrícola, Especialista en Recursos Hídricos.

Mejía Maecacuzco, A. (2006). Hidrología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú

Musy, A. (2001). Cours “Hydrologie générale”. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d’Hydrologie et Aménagement. Capítulo 1, 2, 3, 4 y 5.

Novak, P., Nalluri, C. & Moffat, A. (2001). Estructuras Hidráulicas. 2nd Ed, Mac Graw-Hill.

Ordoñez Gálvez, Juan J. (2011). Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas – Acuíferos. Edit. Sociedad Geográfica de Lima. 44 p.

SENAMHI (2018). Manual de Hidrometría documento técnico Senamhi –DHI.

Sistema de compensación de agua cuenca Cañipía Antapaccay, informe Estudio Impacto Ambiental

Terzaghi, K., Peck, R., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Ed, John Wiley and Sons.

Universidad de Chile, Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra, Aforo en un Cauce Natural Dussaubat S. & Vargas X

Vásquez J.; Mejía A.; Faustino J.; Terán R.; Vásquez I.; Díaz R.; ... Alcántara J. (2016). Manejo y gestión de cuencas hidrográficas.

Veliz Rojas. A. Ing. Geólogo (UNSA) y Master en Mecánica de suelos e Ingeniería Geotécnica (Universidad Politécnica de Madrid), Especialidad en Hidrogeología

Villon, M. (2002). Hidrología. 4ta Edición. Editorial Villón. Lima - Perú. P. 57