

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROQUÍMICA EN EL
AMBITO DEL DISTRITO DE OLLACHEA**

TESIS

PRESENTADO POR:

JOHNNY JAVIER CONDORI CASTELLANOS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

PUNO - PERU

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROQUÍMICA EN EL AMBITO DEL
DISTRITO DE OLLACHEA**

TESIS

PRESENTADO A LA COORDINACION DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
AGRICOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

:

Msc. Oscar R. Mamani Luque

PRIMER JURADO

:

Msc. Roberto Alfaro Alejo

SEGUNDO JURADO

:

Msc. Bernardo Coloma Paxi

DIRECTOR DE TESIS

:

Msc. Audberto Millones Chafloque

ASESOR

:

Msc. Audberto Millones Chafloque

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Modelamiento de aguas subterráneas
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi padre Victoriano Condori Condori, mi madre Lastenia Castellanos Zuispe, y mi hermano Edson Condori Castellanos, por su apoyo constante en toda mi formación profesional.

También dedicarle a mi esposa Lourdes Lacuta Sapacallo e hijo Juan Condori Lacuta, por ser parte importante en mi vida y el motivo para salir adelante, hoy, mañana y siempre.

Una dedicatoria especial a mi hermano Juan Condori Castellanos que desde el cielo, comparte y compartirá los logros de mi vida.

RESUMEN

El presente estudio de caracterización hidrogeológica e hidroquímica, ubicado en el ámbito del distrito de Ollachea, provincia de Carabaya y departamento de Puno, las áreas de investigación son la intercuenca Challouno y parte media baja de la microcuenca Oscocachi, la investigación se desarrolló en 4 años del 2012 – 2015. Presenta un clima con un promedio de precipitación anual de 1,230 mm/año, evaporación total anual de 614.55 mm, humedad relativa de 85.95 por ciento, y una temperatura media de 12.49 °C, como resultado de la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas podemos mencionar a los parámetros que sobrepasan los estándares de calidad ambiental categoría 1, en las épocas húmedas y secas de los años 2013 al 2015 son, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de Oxígeno, Fosforo Tota, pH, Turbiedad, Aluminio, Arsénico, Hierro, Manganeso, plomo, Coliformes Termotolerantes, coliformes Totales, como resultado de la caracterización hidrogeológica en el área de investigación se identificó dos unidades geológicas las cuales son, las formación Ananea y Sandia, también de identifico depósitos de poco espesar de caluviales y aliviales principalmente en el área de Challouno, por lo que se generó los 04 corte hidrogeológico del área de Challouno (A-A´, B-B´, C-C´, D-D´), y mapa geológico y corte del área de oscocachi, a continuación se procedió a instalar piezómetros que nos sirvió para realizar pruebas hidráulicas en las diferentes formaciones geológica y realizar mediciones periódicas de nivel de aguas subterranas, donde podemos mencionar que en el área de Oscocachi se distingue dos sectores; en el sector de Oscocachi parte alta (TP-01,TP-02,TP-04,TP-05), tiene una variación promedio de 46.04 m., y en el sector de Oscocachi cercanos al rio (TP-02,TP-03, TP-07, TP-08), la profundidad promedio es de 6.81 m., del mismo modo en el area de Challouno el nivel de agua subterránea, varia en promedio es de 12.44 m. con esta, y otras informaciones, se pudo realizar el modelamiento numérico hidrogeológico y generar mapas de isoprofundidad del agua subterránea, mapa de hidroisohipsas, mapa de isoconductividad hidráulica, donde podemos concluir que el escurrimiento del flujo de agua subterránea, en el sector de Challouno, se dirige predominantemente en dirección Este-Oeste en dirección al rio Ollachea, y en el área de investigación del sector de Oscocachi, la dirección de flujo es Este-Oeste en dirección al rio Oscocachi.

Palabras claves: Hidrogeología, hidroquímica, parámetros hidráulicos, caracterización geológica, modelamiento hidrogeológico.

ABSTRACT

This study of hydrogeological and hydrochemical characterization, located in the area of Ollachea district, province and department of Puno Carabaya, areas of research are Challouno interbasin and lower middle part of the watershed Oscocachi, the research was conducted in 4 years 2012 - 2015. It has a climate with an average annual rainfall of 1,230 mm / year, total annual evaporation of 614.55 mm, relative humidity of 85.95 percent and an average temperature of 12.49 ° C, as a result of hydrochemical characterization groundwater can mention the parameters that exceed environmental quality standards category 1, in the wet and dry seasons of the years 2013 to 2015 are, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, Total Phosphorus, pH, Turbidity, Aluminum, arsenic, iron, manganese, lead, thermotolerant coliforms, total coliforms, as a result of the hydrogeological characterization in the research area two geological units which are identified, the Ananea and Sandia training, also I identify deposits slightly thicken caluviales and aliviales mainly in the area of Challouno, so the 04 hydrogeological Challouno cutting area (AA', BB', CC', DD'), and geological map of the area and cut Oscocachi generated, then he proceeded to install piezometers which helped us to make hydraulic tests in different geological formations and periodic measurements of groundwater level, where we can mention that in the area of Oscocachi distinguishes two sectors; in the field of Oscocachi top (TP-01, PT-02, TP-04, TP-05), has an average variation of 46.04 m., and in the field near the river Oscocachi (TP-02, TP-03, TP-07 TP-08), the average depth is 6.81 m., just as in the area of Challouno the groundwater level varies on average is 12.44 m. with this and other information, could be performed hydrogeological numerical modeling and generate maps isoprofundidad groundwater, hidroisohipsas map, map of hydraulic isoconductividad where runoff can conclude that the groundwater flow in the area of Challouno, It is directed predominantly east-west toward the river Ollachea, and in the area of research Oscocachi industry, the flow direction is east-west toward the river Oscocachi.

Keywords: hydrogeology, hydrochemistry, hydraulic parameters, geological characterization, hydrogeological modeling.

INDICE

I.- INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivo especifico	3
1.4 Hipótesis	3
1.4.1 Hipotesis general	3
1.4.2 Hipotesis especifico	3
1.5 Justificación	3
II.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Definición de modelos	4
2.1.1 Modelo físico	4
2.1.2 Modelo análogo	4
2.1.3 Modelo matemático	4
2.1.4 Modelo conceptual	4
2.2 Definición Hidrogeología.	5
2.2.1 Hidrogeología del medio	5
2.2.2 Hidrogeología de medios no consolidados.	5
2.2.3 Depósitos procedentes de la sedimentación fluvial y coluvial	6
2.2.4 Parámetros hidrogeológicos.	7
a. Porosidad.	7
b. Conductividad hidráulica.	9
2.2.5 Hidroquímica calidad del agua	10
a. Calidad química	10
2.2.6 Hidrogeología de rocas ígneas y metamórficas	10

a. Aspectos geológicos generales	10
b. Grado de fracturación	11
c. Porosidad y conductividad hidráulica	12
d. Hidroquímica calidad del agua	13
2.2.7 Acuífero	14
2.2.8 Recarga	15
2.2.9 Nivel piezométrico	15
2.2.10 Nivel freático	15
2.2.11 Parámetros hidrogeológicos	15
2.3 Definición geología	16
2.3.1 Geología regional	16
2.3.2 Deposito proluviales	16
2.3.3 Falla	16
2.4 Definición hidrológica	17
2.3.4 Precipitación	17
2.3.5 Evapotranspiración	17
2.3.6 Recarga	18
2.3.7 Balance hídrico	18
III MATERIALES Y METODOLOGÍA.	19
3.1 Características generales de la zona de estudio	19
3.1.1 Ubicación del estudio	19
a. Ubicación geográfica	19
b. Ubicación hidrográfica	19
c. Ubicación política	19
3.1.2 Vías de acceso	20
3.2 Hidrografía de la zona de estudio	20
3.2.1 Aspectos fisiográficos	22
3.2.1.1 Cuenca Ollachea	22
3.2.1.2 Microcuenca Oscocachi	23
3.2.1.3 Microcuenca Cuncurchaca	24
3.2.2 Aspecto climático	25

3.2.2.1	Temperatura media	25
3.2.2.2	Evapotranspiración	26
3.2.2.3	Humedad relativa (%)	26
3.2.2.4	Precipitación media mensual	26
3.3	Investigación de campo	27
3.3.1	Geología regional	27
3.3.1.1	Formación Sandia	28
3.3.1.2	Formación Ananea	28
3.3.2	Estructuras	30
3.3.2.1	Falla	30
3.3.3	Inventario de piezómetros	32
3.3.4	Medición de niveles freáticos	33
3.3.5	Hidrometría de los ríos	33
3.4	Hidroquímica	34
3.4.1	Estandares de calidad ambiental	34
3.4.2	Muestreo en campo	37
3.4.3	Metodología de muestreo	37
a	Análisis in situ	37
b	Toma de muestra	37
c	Análisis de laboratorio	38
3.4.4	Comparación de muestreo de campo con los estándares de calidad	38
3.5	Hidrogeología	38
3.5.1	Litología de acuíferos	38
3.5.2	Zona de carga y descarga subterránea	39
3.5.3	Prueba para determinar propiedades hidráulicas	39
a	Prueba de Lugeon	39
b	Prueba de Lefranc	40
c	Prueba de Slug test	40
3.6	Modelamiento numérico del flujo de agua subterráneas	40
3.6.1	Modelo conceptual del sistema acuífero	40

3.6.2	Hidrología del modelo	41
a	Drenaje superficial del agua	41
3.6.3	Discretización del modelo	41
a	Diseño de la malla (GRID)	41
b	Propiedades hidráulicas	41
b.1	Conductividad hidráulica	41
b.2	Coeficiente de almacenamiento	42
c	Condiciones de borde	42
c.1	Rios	42
d	Pozos de observación	42
e	Dren	42
3.6.4	Calibración del modelo	42
a	Pozos observados vs pozos calculados	43
3.6.5	Simulación del modelo numérico del acuífero del área de estudio	43
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1	Resultados de la caracterización de la caracterización geológica de las áreas de investigación	44
4.1.1	Caracterización geológica intercuenca Challouno	44
4.1.2	Caracterización geológica parte baja microcuenca Oscocachi	46
4.2	Resultado de determinación de los parámetros hidráulicos de las dos áreas de investigación	46
4.2.1	Conductividad hidráulica	46
4.2.2	Coeficiente de almacenamiento	47
4.3	Resultados de la caracterización de los niveles de agua subterránea	

del área de investigación	47
4.3.1 Caracterización de los niveles de agua subterránea en la parte baja de la microcuenca Oscocochi	47
4.3.2 Caracterización de los niveles de agua subterránea en la intercuenca Challouno	48
4.4 Resultados de caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas de las áreas de investigación	49
4.4.1 Caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas en parte baja de la quebrada Oscocochi	49
4.4.2 Caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas en la intercuenca Challouno	51
4.5 Resultados de caracterización hidroquímica de aguas subterráneas de las áreas de investigación parte baja de la microcuenca Oscocochi e intercuenca Challouno	54
4.5.1 Parámetros físicos y químicos	54
4.5.2 Parámetros inorgánico	61
4.5.3 Parámetros microbiológicos	67
V CONCLUSIONES	72
VI RECOMENDACIONES	73
VII BIBLIOGRAFIA	74

RELACION DE FIGURAS

2.1 Perfil vertical transversal de los depósitos fluviales y coluviales	6
2.2 Relación entre la granulometría y las porosidades total y eficaz	8
2.3 Zona típica de acuíferos por fractura en rocas duras	11
3.1 Ubicación del área de estudio	19
3.2 Modelo de elevación digital de la zona de estudio, Cuenca Ollachea	21
3.3 Delimitación con WMS de la microcuenca Ollachea	22
3.4 Delimitación con WMS de la microcuenca Oscocachi	23
3.5 Delimitación con WMS de la microcuenca Cuncurchaca	24
4.1 Geología del área de investigación intercuenca Challouno	44
4.2 Cortes hidrogeológicos A-A´/B-B´ del área de investigación intercuenca Challouno	45
4.3 Cortes hidrogeológicos C-C´/D-D´ del área de investigación intercuenca Challouno	45
4.4 Ubicación de pozos de monitoreo de la microcuenca Oscocachi	48
4.5 Ubicación de pozos de monitoreo de la intercuenca Challouno	49
4.6 Dirección de flujo de agua subterránea de la parte baja microcuenca Oscocachi	50
4.7 Mapa geológico y corte de la margen izquierda de la parte baja microcuenca Oscocachi	51
4.8 Modelo conceptual del acuífero del área de estudio intercuenca Challouno	52
4.9 Hidroisohipsas de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno	52
4.10 Isoconductividad hidráulica de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno	53
4.11 Isopropundidad de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno	53

RELACION DE GRAFICAS

3.1 Variación de la temperatura media	26
3.2 Variación de precipitación	27

RELACION DE CUADROS

3.1 Vías de acceso	20
3.2 Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Ollachea	23
3.3 Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Oscocochi	24
3.4 Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Cuncurchaca	25
3.5 Clasificación de la cuenca	25
3.6 Temperatura media (°C) de la zona de estudio	25
3.7 Humedad Relativa (%) Máxima, Mínima y Promedio Estación Ollachea	26
3.8 Piezómetros ubicados en las áreas de Oscocochi	32
3.9 Piezómetros ubicados en las áreas de Challouno	32
3.10 Caudal promedios, máximo, mínimo mensual del rio Ollachea en m ³ /s	33
3.11 Caudal promedios, máximo, mínimo mensual rio Oscocochi en m ³ /s	33
3.12 Caudal promedios, máximo, mínimo mensual rio Cuncurchaca en m ³ /s	34
4.1 Valores de conductividad hidráulica	46
4.2 Valores del coeficiente de almacenamiento	47

ANEXO.

Anexo 1 Mapas geológicos regional y local	76
Anexo 2 Perfil de pozos instalados en el ámbito de estudio	79
Anexo 3 Analisis de hidrogramas de niveles de agua subterránea en la Intercuenca Challouno y parte baja de la microcuenca Oscocachi en los años 2013 al 2015	81
Anexo 4 Resultado de laboratorio de análisis de muestras de agua subterránea de los años 2013 al 2015 en el ámbito de la intercuenca challouno y parte baja de la microcuenca Oscocachi	96
Anexo 5 Mediciones de caudales de los rio Oscocachi, Cuncurchca y Ollachea	110
Anexo 6 Panel fotográfico de investigación 2013 al 2015	113
Anexo 7 Mapas de las áreas de investigación	119
Anexo 8 Resultados de pruebas hidráulicas lefranc, Lugeon y resultados de Modelamiento	131

I.- INTRODUCCIÓN

La presente investigación se encuentra ubicado en el ámbito del distrito de Ollachea, provincia de Carabaya y departamento de Puno, las áreas de investigación son la intercuenca Challouno y parte media baja de la microcuenca Oscocachi, donde se pretende caracterizar la hidrogeología e hidroquímica de las aguas subterráneas, y así realizar una adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo y poder prever cualquier impacto negativo en las áreas de investigación.

La investigación se desarrolló en 4 años del 2012 – 2015; con enfoque a dos etapas, la primera etapa de campo fue el reconocimiento de componentes principales, realización de inventarios de fuentes de agua, perforación e instalación de piezómetros, medición automática de niveles freáticos en los pozos de observación (durante todo el periodo de investigación), análisis de la información hidrológica y climatológica con la finalidad de relacionar con el comportamiento dinámico subterránea de los diferentes acuíferos de las área de estudio y así elaborar, validar el modelo conceptual y numérico de flujo subterráneo

En la segunda etapa de campo se inició en el mes de febrero del 2013 con los programa de muestreo de agua subterránea en época seca y húmeda de cada año (2013 al 2015), estas muestras de agua se enviaron a un laboratorio autorizado y certificado ALS CORPLAB PERÚ S.A. para el análisis de concentraciones de parámetros físicos y químicos, parámetros inorgánicos y parámetros microbiológicos, posterior a ello se defino las familias y los parámetros que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental categoría 1 (ECA - 1), teniendo en cuenta las características geológicas de las áreas de estudio.

Como conclusión del presente estudio se puede mencionar que los parámetros que sobrepasan los ECA categoría 1 en el área de investigación de Challouno y Oscocachi son, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de Oxígeno, Fosforo Tota, pH, Turbiedad, Aluminio, Arsénico, Hierro, Manganeso, plomo, Coliformes Termotolerantes, coliformes Totales, esto valores se presentan por ser propios de la geología local y actividades antrópica en el área de investigación.

Se ha desarrollado el estudio de modelamiento numérico de flujo de las aguas subterráneas, como resultados se presenta los siguientes mapas, mapa isopropundidad del agua subterránea, mapa de hidroisohipsas, mapa de isoconductividad hidráulica, también se generaron, 04 corte

hidrogeológico del área de Challouno (A-A', B-B', C-C', D-D') y un mapa geológico local y corte del área de Oscocachi.

1.1 Planteamiento del problema

La enorme variabilidad de la naturaleza se manifiesta también en la gran diversidad de medios geológicos existentes. Los distintos tipos de material geológico, generados por procesos de formación muy diversos y sometidos con posterioridad a procesos de modificación exógena o endógena configuran unas características del terreno muy variadas tocante al almacenamiento y a las propiedades del flujo de las aguas subterráneas que lo atraviesan, así como de la evolución de su composición química por interacción con el terreno, por ello que es necesario conocer con detalle las características asociadas a cada tipo de medio.

En la presente investigación se desarrollan los aspectos fundamentales de la caracterización hidrogeológica e hidroquímica. No se pretende tener un tratamiento estrictamente homogéneo, es decir, con un índice idéntico para cada medio, ya que la problemática y la complejidad son muy diferentes en cada uno de ellos. Si se pretende esbozar, para cada medio, una idea general de las características hidráulicas de circulación a través del flujo y caudal, de su composición química natural, no solo con lo que les sucede a las moléculas de H₂O, sino con la multitud de compuestos químicos que caracterizan las aguas subterráneas.

1.2 Antecedentes

Como antecedente en las áreas de investigación de Ollachea, se puede mencionar el “estudio hidrogeológico del proyecto Ollachea”, realizado por la consultora tecnología XXI S.A. en el año 2013.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Caracterizar la hidrogeología e hidroquímica de las intercuenas Challouno y parte media baja de la microcuenca Oscocachi en el ámbito del distrito de Ollachea.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Efectuar la caracterización geológica de las áreas de investigación.
- Definir la caracterización hidrogeológica, hidroquímica de las áreas de investigación.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

- Las áreas de investigación en el distrito de Ollachea, tienen un comportamiento hidrogeológico e hidroquímico adecuado a la geología de las zonas.

1.4.2 Hipótesis Específicos

- Las dos áreas de investigación en el distrito de Ollachea, tiene condiciones geológicas adecuadas para diferentes fines.
- El comportamiento hidrogeológico e hidroquímico de las dos áreas de investigación en el distrito de Ollachea, son similares.

1.5 Justificación

La presente investigación pretende validar y ajustar el modelo hidrogeológico conceptual propuesto, que está orientado a efectuar el análisis de la información de campo tanto de las características geológicas, hidráulicas, variables climáticas, fluctuación de niveles de agua subterránea, los cuales permitirán conocer la dinámica de las aguas subterráneas en el ámbito de las áreas de la investigación. También se pretende validar los resultados de la hidroquímica, con análisis de laboratorio obtenido en campo y conocer el comportamiento de la calidad de las aguas subterráneas.

La información a ser procesada permitirá conocer el comportamiento y calidad de las aguas subterráneas en régimen estacionario y transitorio, requerido para una buena gestión del recurso hídrico subterránea y prever cualquier impacto negativo.

II.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Definición de modelos

Según Aliaga (1985), un modelo es una representación simplificada de un proceso simple o complejo expresando relaciones entre variables y parámetros. Pueden ser:

2.1.1 Modelo Físico

Es una representación física de un proceso natural, tal como el estudio a escala en laboratorio, de la escorrentía en una cuenca.

2.1.2 Modelo Analogo

Tal como el modelo basado en la analogía formal entre la ley de Darcy y la ley de Ohm en la investigación de aguas subterráneas. Por ejemplo El Hele Shaw es un modelo análogo que usa el movimiento de un fluido viscoso entre dos placas paralelas muy cercanas para modelar el flujo a través de un acuífero o terraplén.

2.1.3 Modelos Matemático

El modelo matemático es una representación numérica de un problema real físico, en la cual cuyo comportamiento es expresado en forma de ecuaciones funcionales, relacionadas entre si en forma lógica y cuya solución se realiza con la ayuda de la computadora. (Ven Te Chow, 1994).

2.1.4 Modelo conceptual

Es la representación simplificada de las características hidrogeológicas del sistema acuífero, así como los detalles del comportamiento hidrológico del acuífero y sus externalidades.

Es frecuente durante la formulación del modelo conceptual emplear el principio de simplicidad, manteniendo la suficiente complejidad para la representación adecuada de los elementos físicos del sistema acuífero y reproducir su comportamiento hidráulico y la respuesta frente a esquemas de drenaje (construcción de túneles o galerías), sequías, y cambios hidrológicos naturales y antrópicos.

2.2 Definición Hidrogeología

2.2.1 Hidrogeología del medio

Ribera y Galofé (2009), La enorme variabilidad de la naturaleza se manifiesta también en la gran diversidad de medios geológicos existentes. Los distintos tipos de materiales geológicos, generados por procesos de formación muy diversos y sometidos con posterioridad a procesos de modificación exógena o endógena, configuran unas características del terreno muy variadas tocante al almacenamiento y a las propiedades del flujo de las aguas subterráneas que lo atraviesan, así como a la evolución de su composición química e isotópica por interacción con el terreno. Esto afecta a las posibilidades de utilización del recurso hídrico y a la gestión del territorio. Por ello, en hidrogeología es necesario conocer con detalle las características asociadas a cada tipo de medio.

2.2.2 Hidrogeología de medios no consolidados

Custodio y Llamas (1983), Son aquellas formaciones geológicas cuya estructura sólida está compuesta por materiales granulares sin cementar. La conductividad hidráulica de estos medios están básicamente condicionados por la magnitud y disposición geométrica de su porosidad intergranular o primaria.

En general, este tipo de formaciones suelen mostrar una serie de características muy favorables a la explotación:

- Facilidad de excavación o de perforación (lo que significa captaciones relativamente económica).
- Niveles piezométricos cercanos a la superficie del terreno (es decir, pequeñas alturas de elevación, lo que implica bombeos de menor coste comparativo).
- Tasa de recarga aceptable o elevada en caso de acuíferos libres (que significa buen mantenimiento de los caudales en el tiempo).
- Alta porosidad eficaz (lo que representa volúmenes de regulación altos y gran capacidad de almacenamiento).
- Elevada posibilidad de obtener zonas con alta conductividad hidráulica y permeabilidad (que permitirán buenos caudales punta de explotación).
- Sin embargo, las características anteriores también propician una serie de efectos no deseados:

- Problemas de elevada vulnerabilidad frente a la contaminación, derivada de su alta capacidad de recarga desde la superficie.
- Problemas de explotación muy interesa de los recursos a nivel regional, derivada de sus favorables características de transmisividad y facilidad de extracción.

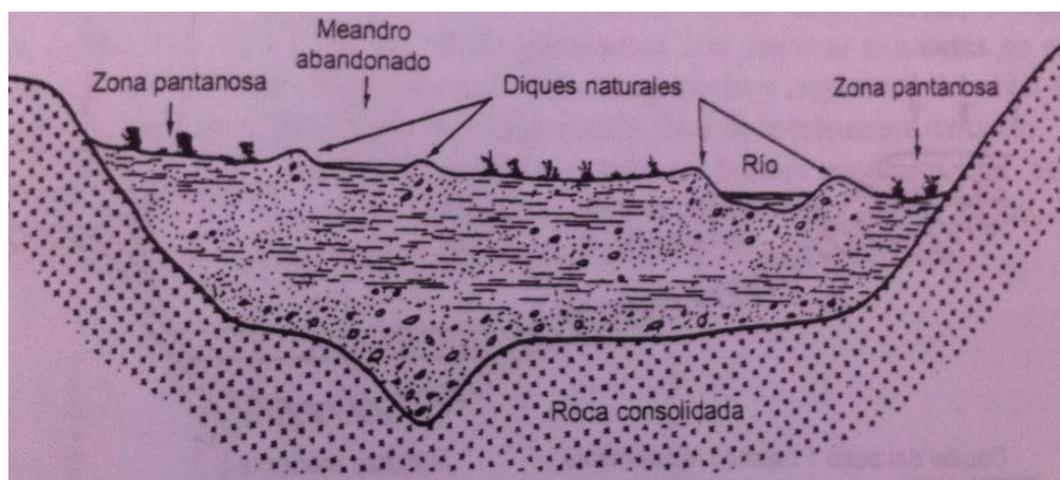
2.2.3 Depósitos procedentes de la sedimentación fluvial y coluvial

Custodio y Llamas (1983), Están constituidos por todo el conjunto de materiales acumulados y sedimentados gracias a la acción exógena de las corrientes de agua superficiales. En este caso, la predominancia de uno u otro de los agentes geológicos modificadores del relieve terrestre (erosión, transporte, sedimentación), está en función del caudal del curso de agua en cada lugar y cada momento (en realidad, de la velocidad del agua y del perfil longitudinal del río

El perfil longitudinal de un valle fluvial no es constante, ya que el régimen natural tiende siempre a modificarlo lentamente en cualquiera de sus dimensiones. Por otro lado, las acciones del hombre pueden transformarlo substancialmente.

En general, en situaciones naturales los perfiles verticales transversales suelen ser similares al que se muestra en la figura 2.1, (custodio y Llamas, 1983)

Figura N° 2.1: Perfil vertical transversal de los depósitos fluviales y coluviales



Fuente: Centro internacional de hidrogeología subterránea – Barcelona 2009

Las dimensiones de los aluviales son muy variables, tanto en su espesor vertical como en anchura, pudiéndose presentar desde espesores casi nulos o discontinuos de sedimentos hasta

grosor que superan al centenar de metros en vertical, y que sobrepasan el orden kilométrico en el plano horizontal.

Desde el punto de vista litológico, están normalmente constituidos por una mezcla o alternancia estratificada de arena, grava, limo, arcilla, muy frecuentemente en forma de lentejones o intercalaciones mutuas, generalmente con un cierto grado de estratificación sudhorizontal.

En numerosas cuencas aluviales suelen ser muy comunes la existencia de sistemas de terrazas aluviales escalonadas, es decir, formaciones compuestas por sedimentos no consolidados, situadas a diferentes alturas topográficas sobre el río actual, con o sin conexión hidráulica entre sí, que corresponderían a una alternancia en las fases de erosión y sedimentación, motivados por importantes cambios climáticos o por efectos de procesos de movimientos tectónicos.

2.2.4 Parámetros hidrogeológicos

a. Porosidad

Custodio y Llamas (1983), La porosidad de este tipo de sedimentos acostumbra a ser superior a la de muchas formaciones acuíferas: entre 0.2 y 0.65 según Davis y De Wiest (1966), para la porosidad total, mientras que la porosidad eficaz estaría entre 0 y 0.50 aunque típicamente por debajo de 0.25.

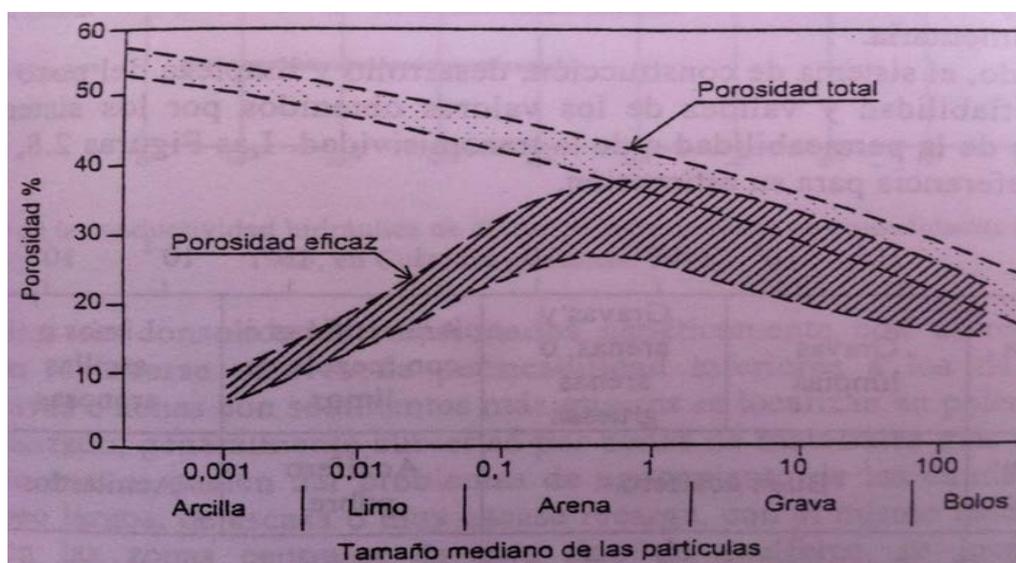
Debe tenerse presente que la porosidad puede verse influida por:

- La uniformidad granulométrica, es decir, su clasificación por el tamaño de grano. Una arena de duna, generalmente de tamaño muy uniforme, tendrá más porosidad eficaz que una morrena o un depósito de derrubios de ladera o de cono de deyección, con una granulometría o distribución del tamaño de grano muy dispersa.
- La morfología de las partículas, los depósitos con predominio de grano anguloso suelen tener una mayor porosidad que aquellos que incluyan partículas más redondeadas, siempre que no existan procesos de compactación o asentamientos posteriores.
- El propio empaquetado de las partículas, ya que la consolidación de los sedimentos reducen progresivamente la porosidad.

Debe también recordarse que la porosidad total es independiente del tamaño absoluto de las partículas. Una arena de duna, de tamaño uniforme y perfectamente homométrica (con un diámetro de 0.5 mm, por ejemplo), tendrá teóricamente la misma porosidad total que una masa de esferas de acero de 10 mm de diámetro, siempre que tengan la misma disposición o empaquetamiento.

Por el contrario, la porosidad eficaz varía con el tamaño del grano, y así una arcilla o limo tendrá una porosidad eficaz mucho menor que una arena gruesa, aunque sus respectivos valores de porosidad total sean equivalentes, ver figura 2.2, (Custodio y Llamas, 1983).

Figura N° 2.2: Relación entre la granulometría y las porosidades total y eficaz



Fuente: Centro internacional de hidrogeología subterránea – Barcelona 2009

El concepto de la porosidad eficaz va ligado al tiempo o lapso de tiempo que se tome para el drenaje de la muestra los valores facilitados por los ensayos de laboratorio en muestras de terreno o formaciones acuíferas suelen dar valores mínimos o por defecto condicionados por la razón antes citada.

Si no se ha obtenido ninguna medida del valor de la porosidad, esta puede estimarse directamente o evaluarse con ayuda de las tablas de valores de la porosidad en función de la granulometría (figura 2.2). De todas formas, debe recordarse siempre que estos valores de la porosidad proceden de estudios específicos y no puedan generalizarse sin más a otras zonas.

Por ello, los valores de aquellas deben tomarse solamente como referencias cualitativas o estimaciones.

Una alternativa puede ser la utilización de valores extremos o rangos de variación. El uso de estos valores extremos, fijados por simple evaluación visual del sedimento, puede ser un ejercicio hidrogeológico muy aconsejable a la hora de acotar determinadas características hidrogeológicas de una zona dada. Además, debe considerarse que el error que se comete en estas evaluaciones es mucho más pequeño que el que se pueda cometer en otras evaluaciones como, por ejemplo, de la conductividad hidráulica, ya que los respectivos rangos de variación o fluctuación son muy distintos, siendo menor en el caso de la porosidad, de 0.01 a 0.5-0.6, es decir de 0 a 50-60 veces mayor, y muy grande en el caso de la permeabilidad, de 10^{-3} a 10^{-4} m/día hasta 10^3 o 10^4 m/día, es decir, unas 108 veces superior.

b. Conductividad hidráulica

Custodio y Llamas (1983), Es con mucho el parámetro hidrológico de mayor variabilidad en estos medios. Se encuentran valores reales comprendidos entre 1 y varios centenares de m/d, entre arenas finas y gravas gruesas, respectivamente.

Por el contrario, como valores mínimos suelen aceptarse conductividades entre 10^{-2} a 10^{-4} m/día para los limos o arcillas (acuitardo, acuicludos) o incluso menos, en función de las características hidrológicas de cada lugar.

Las causas de esta gran variación en los valores se deben a motivos tan diversos como la propia granulometría del material, la presencia de intercalaciones finas entre las formaciones más groseras y, a una escala de trabajo superior, de la propia variabilidad sedimentológica de la cuenca sedimentaria.

En los depósitos no consolidados relacionados genéticamente con el relleno de fosa tectónica, suelen registrarse valores de permeabilidad inferiores a los de los depósitos aluviales. Las gravas o zonas con sedimentos más gruesos se localizan en paleocauces con un carácter muy localizado, generalmente cubiertas por zonas de materiales más finos, en todos sus límites, por lo cual se suelen dar problemas de agotamiento de los caudales en caso de tiempo de bombeo largo, de escasa o muy escasa recarga, con el mismo resultado práctico. Paralelamente, en las

zonas centrales de este tipo de acuíferos, se localizan cuerpos sedimentarios de granulometría más fina, con lo que la permeabilidad es comparativamente menor en el centro que en las zonas de margen de cuenca.

Hidroquímica calidad del agua

a. Calidad química

(Garrido y Gonzales 1997), La calidad del agua subterránea en estas formaciones dependerá de tres factores principales: la climatología, el quimismo del agua de recarga y la composición litológica de la estructura sólida del acuífero. Los dos primeros están sujetos a un condicionante natural o antrópico. EL último factor varía si se trata de un acuífero natural o de uno análogo realizado por el hombre (por ejemplo un depósito de residuos urbanos en masa).

En condiciones naturales el quimismo del agua subterránea es función del clima, del régimen hidrológico de la zona, de las relaciones con el mar, de los materiales aflorantes en la cuenca vertiente y de la calidad del río que lo alimenta. Bajo dicha condiciones, no suele ser habitual encontrar una mala calidad química en estos acuíferos, salvo casos o situaciones especiales (cuencas vertiente con roca que contenga minerales solubles en mayor o menor grado). En este caso, la afección suele ser continua o permanente en el tiempo.

La presencia de cantidades elevadas de Fe^{++} y Mn^{++} disueltos (mal sabor, coloraciones en el agua), suelen ser debida a la existencia de restos orgánicos acumulados en el subsuelo, dando un ambiente reductor al agua que favorece la disolución de estas especies presentes en el suelo en forma de compuestos insolubles.

En el caso de acuíferos conectados hidrogeológicamente a un río, con una cierta variabilidad física o química en sus aguas, la calidad del agua de los pozos cercanos al mismo suele acabar siendo del mismo tipo que la del río, sobre todo para tiempos de bombeo largo, lo que puede plantear problemas a los usuarios de estos pozos.

2.2.5 Hidrogeología de rocas ígneas y metamórficas

a. Aspectos geológicos generales

(Cabrera y Custodio 2004), Las rocas intrusivas y metamórficas (habitualmente englobadas bajo el nombre de macizos o medios cristalinos) han sido tradicionalmente consideradas,

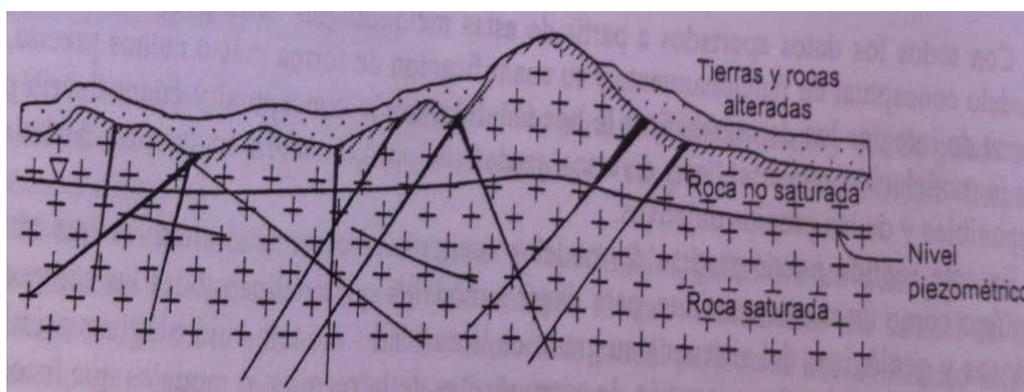
especialmente las segundas, como medios hidrogeológicamente poco favorables, de baja conductividad hidráulica, donde la posibilidad de obtener un elevado volumen de recursos hídricos subterráneos es prácticamente nula y donde las captaciones muy raramente superan la decena de litros por segundo.

Sin embargo, la realidad geológica del planeta muestra que en muchas zonas del mismo ésta son las formaciones rocosas predominantes, por lo que el interés hidrogeológico desde el punto de vista de distribución geográfica es muy superior. Por otro lado, también en muchas zonas áridas o semiáridas, con evidente falta de agua superficial, suelen formar amplia zonas del subsuelo, por lo que no queda otra solución que acudir a los relativamente bajos caudales que suelen proporcionar estas formaciones.

La litología específica de las diferentes rocas ígneas o metamórficas (granitos, granodioritas, gneises, cuarcita, esquistos, filitas, pizarras, etc.) no es el principal factor claramente condicionante a la hora de evaluar los recursos hidráulicos de las mismas. Ello es debido a que no existen significativas en su grado de consolidación, todas ellas, desde el punto de vista hidrogeológico son rocas “duras”, es decir, muy compactas y de reducida capacidad de almacenamiento, y todas ellas muestran una muy baja porosidad primaria.

De este modo, es la porosidad secundaria, en sus diferentes formas (básicamente a partir de la alteración mineralógica de la roca a partir de procesos químicos o a la generación), la propiedad que controla su capacidad acuífero, ver figura 2.3, (modificada de Larsson, 1985)

Figura N° 2.3: Zona típica de acuíferos por fractura en rocas duras



Fuente: Centro internacional de hidrogeología subterránea – Barcelona 2009

b. Grado de fracturación

En profundidad, cuando el espesor de roca alterada puede considerarse nulo, la porosidad secundaria existe está fundamentalmente constituida por las superficies de discontinuidad (estratificación, esquistosidad, falla, diaclasas, etc.) que son las responsables del almacenamiento y transmisión del agua subterránea recargada desde la superficie, formaciones acuíferas confinadas y de ahí hacia los pozos o puntos de drenaje.

En este sentido, si puede ser posible diferenciar un estilo de deformación, frágil a priori, favorecedor de discontinuidades mecánicas (fallas o diaclasas) que pueden proporcionar una cierta capacidad de almacenamiento y un cierto flujo, de otro estilo de deformación, mas dúctil con peor potencial acuífero. En este caso las discontinuidades son substituidas por una serie de planos de esquistosidad o lineamientos, con muy poca capacidad de transmitir y almacenar agua. En este último tipo de macizo, la posibilidad de encontrar agua se tiende a basar casi exclusivamente en la existencia de liques o filones constituidos por materiales más frágiles (cuarzo), que se emplacen cortando a las discontinuidades anteriores, o a rocas metamórficas más frágiles intercaladas en la serie pelítica pudiendo dar lugar a surgencias, generalmente de caudales moderados a bajos.

c. Porosidad y conductividad hidráulica

La porosidad general del macizo decrece generalmente en profundidad en función de su grado de alteración, mientras que la conductividad hidráulica local suele o puede crecer, en función de la posición, el rumbo y la densidad de las fracturas o diaclasas. Todo ello provoca un escenario de alta heterogeneidad espacial y, en general, un modelo de doble porosidad, con una matriz muy poco porosa, atravesada por zonas o lineamientos mucho más conductivos.

A menudo, la porosidad total de la zona de alteración puede ser notable (30 a 40, quizá hasta del 50%), sobre todo la más superficial. Sin embargo, mucho de estos poros se encuentran rellenos con minerales de neoformación; básicamente, óxido, hidróxidos y silicatos, por lo que su conductividad hidráulica es baja, o muy baja, aproximadamente del orden de 0.01 a 1×10^{-5} m/día.

La conductividad hidráulica del macizo y de sus zonas de discontinuidad es muy variable, por lo que no puede atribuirse un valor prefijado. En general, podemos hablar de rangos que van desde valores inferiores 1×10^{-5} m/d, en el macizo rocoso no alterado ni fracturado.

Los valores de transmisividad son también muy amplios. (Krásny. 1997) identifica un rango que puede oscilar entre 0.1 y más de 1000 m²/d.

d. Hidroquímica calidad del agua

En las zonas húmedas e incluso semiáridas, las aguas subterráneas de las rocas cristalinas y metamórficas suelen tener residuos secos muy bajos, inferiores a las 300 ppm, dada la poca o muy poca solubilidad de las mismas, siempre que no haya aportes contaminantes extremos.

Por el contrario, en zonas áridas, las aguas subterráneas pueden ser muy salinas, principalmente por el efecto de la evapotranspiración y posterior redisolución e infiltración de los compuestos precipitados por aquélla.

Todo estudio hidrogeoquímico en un área determinada se inicia con la selección de los puntos de muestreo. Esta práctica es especialmente importante en los macizos cristalinos (Custodio y Llamas, 1983; Molina et. Al., 1997) y depende de la correcta ejecución de un inventario de puntos de agua previo.

En general, la distribución geográfica, la profundidad del sondeo y el conocimiento de puntos singulares en cuanto a caudal, quimismo o temperatura son criterios inicialmente válidos para establecer una primera selección.

Las determinaciones analíticas se clasifican en dos grupos: in situ y laboratorio. En el primer grupo es usual determinar:

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Potencial REDOX
- Oxígeno disuelto
- Alcalinidad

Las determinaciones de laboratorio más usuales serían, además de los parámetros anteriores, las siguientes:

- Compuestos mayoritarios: balance iónico (Na, K, Mg, Ca, y HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-}).
- Elementos minoritarios: destacando Fluor, litio, hierro, manganeso, cobre, zinc.
- Sílice.

Los análisis isotópicos más usuales son, por un lado, los isótopos estables que constituyen la molécula de agua oxígeno e hidrógeno (deuterio) y, por otro lado, aquellos isótopos radiogénicos que pueden tener utilidad, además de como trazadores, como geocronómetros (tritio o carbono 14).

La existencia de diversos sistemas de flujo, generalmente independientes, pero que de forma local afloran o se comunican hidráulicamente a partir de sistemas de fracturas o captaciones, condiciona también un quimismo de una determinada zona de macizo (Garrido et al. 1997; Martín - Loeches et al., 1997) y del propio pozo a lo largo del sondeo, según esté o no en funcionamiento, o según sea su estado de conservación.

Por lo que se refiere a los caracteres microbiológicos, la capacidad de las fisuras, grietas o fracturas de estas rocas para retener o eliminar gérmenes patógenos es considerada pequeña o muy pequeña. Si encima se trata de pozos excavados, poco profundos, con el nivel próximo a la superficie del terreno y cercanos a posibles focos de contaminación (granjas, amplias zonas ganaderas difusas, zonas de pastoreo, poblaciones sin sistema de saneamiento eficaz, ríos contaminados) se entiende que estos acuíferos contengan a menudo aguas contaminadas bacteriológicamente.

Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de muestrear adecuadamente estas captaciones, si no se quieren cometer errores graves en la interpretación de los resultados analíticos obtenidos.

El grado de vulnerabilidad natural guarda muchas afinidades con lo citado para medios carstificados. En este sentido, cuando mayor sea la conexión de las fracturas o discontinuidades con la superficie del terreno, mayor grado de vulnerabilidad natural puede atribuirse. Con todo, los procesos de disolución que pueden existir en este tipo de medios son de carácter fundamentalmente endógeno y a escala de transformación mineralógica, por lo que dicho

procesos son muchos menos selectivos que en otros medios, como, por ejemplo, los carstificados.

2.2.6 Acuífero

(Roser y Josep – FCIHS, 2009), Formación geológica que almacena agua y que es capaz de transmitirla de manera que puede ser aprovechada como recurso. El agua de superficie se infiltra a través del suelo hasta encontrarse con una capa impermeable; entonces se acumula y llena los poros y fisuras de las rocas, dando lugar a una zona de saturación. El agua subterránea puede brotar de modo natural (manantiales o fuentes) o ser extraída mediante pozo u otros elementos de captación. Las características fundamentales de un acuífero son la baja velocidad en el movimiento del agua subterránea, los grandes volúmenes de reservas y el gran tiempo de renovación del agua en el sistema

2.2.7 Recarga

El agua que penetra a través de la superficie del terreno se dice que se ha infiltrado. Del agua infiltrada, una parte es retenida por el suelo hasta alcanzar la capacidad de campo y una vez superada esta retención máxima, el resto del agua desciende por gravedad hasta el nivel freático. A este volumen se le denomina infiltración eficaz o recarga por infiltración vertical.

2.2.8 Nivel piezométrico

(a) es el nivel al que asciende el agua de un determinado acuífero cuando se mide con un piezómetro.

(b) Es la suma de los términos de energía potencial y de presión, expresados en unidades de longitud.

2.2.9 Nivel freático

Es el nivel de agua subterránea de un acuífero no confinado, donde la presión es igual a la presión atmosférica.

2.2.10 Parámetros hidrogeológicos

(Roser y Josep – FCIHS, 2009), Características de los acuíferos que rigen su comportamiento frente a la circulación hídrica y a influencias externas (alimentación, extracciones, etc.). Parámetros fundamentales son la porosidad, el coeficiente de almacenamiento y la permeabilidad o conductividad hidráulica. Otros derivan de los anteriores; así, la transiividad es el producto de la permeabilidad por el espesor saturado.

2.3 Definición Geología

2.3.1 Geología regional

En los diversos trabajos de superficie y/o subterráneo, la geología regional es el primer aspecto que uno debe entender luego que se conoce el sitio donde se requiere realizar el estudio. Esta descripción dará una importante visión de lo que ocurre a nivel local. En primer lugar es necesario conocer el tipo de material de la región circundante donde se emplazará el estudio, las fallas regionales y zonas de falla, las estructuras regionales, los procesos dinámicos e inclusive la geología histórica de la región. Toda esta información ayudará para tener mayores argumentos para la descripción del macizo rocoso, y tener respuestas del origen y presencia de muchas discontinuidades e in-homogeneidades que se presenten en el mismo. En el caso que existan depósitos no consolidados (i.e. suelo) y otros depósitos superficiales por encima del macizo rocoso, se aconseja diferenciar y describir el origen genético y la litología de los mismos.

La descripción geológica regional se hace en toda la zona morfoestructural a la que pertenece el sitio de investigación.

2.3.2 Depósitos proluviales

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura.

Constituido por gravas arenosas limosas y gravas limo arcillosas. Cuando es a manera de flujo de lodo, su composición es limo arcilloso.

2.3.3 Fallas

(Rivera, Hugo 2011), Las fracturas de las rocas de la corteza se produce como consecuencia de los esfuerzos que pueden ser tensionales, compresionales y de aplastamiento, sobrepasando los límites de resistencia o límite de elasticidad, y la roca deja de comportarse como una sustancia plástica. Este límite es variable para las distintas rocas, por lo que es frecuente que estas fracturas se presenten o afecten a unas rocas y desaparezca en otra.

Fallas. Es una estructura en la cual se ha realizado una fractura o ruptura y un desplazamiento relativo entre los dos bloques separados por la fractura. Sus dimensiones son muy diversas, desde desplazamientos de escaso centímetros, a muchos cientos de metros, y desde una longitud muy pequeña a fracturas de muchos cientos de kilómetros.

2.4 Definición hidrología

2.4.1 Precipitación

(Heras, Rafael 1972), Precipitación se forma a partir de los núcleos de condensación atmosférica presentes en el vapor de agua de la atmosfera. Por encima de cierto nivel de humedad en el aire, el agua se condensa y cae por gravedad, al aumentar el peso de cada núcleo. Esta precipitación puede presentarse de diversas formas: líquida (lluvia, llovizna), sólida amorfa (granizo) sólida cristalizada (nieve), intermedia (nieve granulada, aguanieve), por condensación (rocío, nieve), por sublimación (escarcha), etc.

Como ya se ha comentado, la precipitación puede ser considerada como originaria de todas las corrientes de aguas superficiales y subterráneas, de manera que será fundamental su medición y conocimiento para la realización de cualquier estudio de carácter hidrológico.

Para realización de los cálculos hidrológicos, es necesario estimar la precipitación caída en toda la cuenca hidrográfica vertical a un punto dado. Esta se define como un área o superficie del territorio en la que el agua de lluvia que se drena por escorrentía superficial, sale por un mismo y único punto de la red fluvial, situado a la cota más baja. Las cuencas están limitadas por montañas o terrenos elevados, cuyo límites topográficos más altos son denominados con divisoria hidrográfica de agua superficial.

2.4.2 Evapotranspiración

Heras, Rafael (1972), La evapotranspiración es el peso del estado líquido al estado gaseoso del agua. La transpiración es básicamente el mismo fenómeno, pero se realizara a través del sistema circulatorio de las plantas que a su vez toma agua de la zona del suelo edáfico. En las superficies cubiertas por la vegetación se reúnen estos dos conceptos de manera que la separación cuantitativa de ambos procesos es prácticamente imposible. Por lo tanto, la evapotranspiración es un fenómeno físico que suma el de la evaporación del agua del suelo, de los cursos de agua superficiales, de los embalses y de los lagos; y el de la transpiración del agua de la zona vegetal. La unidad utilizada para la evapotranspiración es también el milímetro de altura de agua, al igual que la lluvia, y que equivale a 1 L/m² o a 10 m³/ha

2.4.3 Recarga

Heras, Rafael (1972), El agua que penetra a través de la superficie del terreno se dice que se ha infiltrado. Del agua infiltrada, una parte es retenida por el suelo hasta alcanzar la capacidad de campo y una vez superada esta retención máxima, el resto del agua desciende por gravedad hasta el nivel freático. A este volumen se le denomina infiltración eficaz o recarga por infiltración vertical.

2.4.4 Balance hídrico

Heras, Rafael (1972), El balance hídrico consiste en aplicar el principio de la conservación de la masa, aunque en este caso se calcula en volumen, ya que a efectos de este balance las densidades se pueden considerar siempre constantes. Este principio se aplica a una región definida por unas determinadas condiciones de constantes. Este principio se aplica a una región detenida por unas determinadas condiciones de contorno y para un determinado periodo de tiempo. Se establece que la diferencia entre las entradas y las salidas del sistema que se ha definido, es igual a la variación de almacenamiento, es decir, debe existir una igualdad entre las entradas menos las salidas y las variaciones de agua almacenada en el sistema definido, positivas o negativas.

Para calcular un balance hídrico, el autor debe definir en primer lugar la zona y los contornos donde se aplicará. Así, puede calcular el balance para una capa de un acuífero, para el conjunto del sistema acuífero, o para este más la red de aguas superficiales, pero siempre teniendo claro que la delimitación de este volumen de control es distinto en cada caso y que dará lugar a balances con unos términos que pueden variar en número y valor.

Así, un balance hídrico siempre responde a una ecuación de tipo.

$$\text{Entrada} - \text{Salidas} = \text{Variación del almacenamiento} \pm \text{error}$$

III.- MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 Características generales de la zona de estudio.

3.1.1. Ubicación del estudio.

a Ubicación Geográfica

Geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM (WGS84 zona 19):

Este : 337000 y Este : 340400

Norte : 8473000 Norte : 8477400

Altitudinalmente se encuentra entre las altitudes: 2,675.00 – 3,200.00 m.s.n.m.

b Ubicación Hidrográfica

Se ubica en la parte media superior de la cuenca del río Inambari, entre las microcuencas del río Osccocachi y microcuenca del río Cuncurchaca:

c Ubicación Política

El área de estudio, políticamente se ubica en la zona de Ollachea:

Región	:	Puno
Provincia	:	Carabaya
Distrito	:	Ollachea
Lugar	:	Cuncurchaca, Osccoachi, Challouno

Figura N° 3.1: Ubicación del área de estudio



3.1.2 Vías de acceso

Las áreas de investigación tiene acceso mediante dos vías: Vía aérea – terrestre y Vía terrestre. La primera vía se inicia en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en la Provincia Constitucional del Callao hasta el Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac en la ciudad de Juliaca, continuando por vía terrestre por la ruta Juliaca – Azángaro – Macusani - Ollachea. La segunda vía se inicia partiendo de Lima utilizando la Carretera Panamericana Sur siguiendo la ruta de Lima – Ica – Arequipa – Juliaca – Azángaro –Macusani - Ollachea.

Cuadro N° 3.1: Vías de Acceso

Vías de Acceso	Distancias (Km.)	Tiempo (Horas)	Características de las Vías
Vía Aérea			
Callao (Lima)- Juliaca (Puno)	850	1.3	Espacio Aéreo
Vía Terrestre			
Lima-Nazca-Ica-Arequipa	1003	14	Carretera Panamericana Sur (Asfaltada)
Arequipa-Juliaca	279	4	Carretera Asfaltada
Juliaca – Azángaro- Macusani-Ollachea	310	4.5	Carretera InterOceánica (Asfaltado-Afirmado)
Distrito de Ollachea – área de investigación	2	0.5	Trocha Carrozable
Total Terrestre	1594	23	---

Fuente: Elaboración propia.

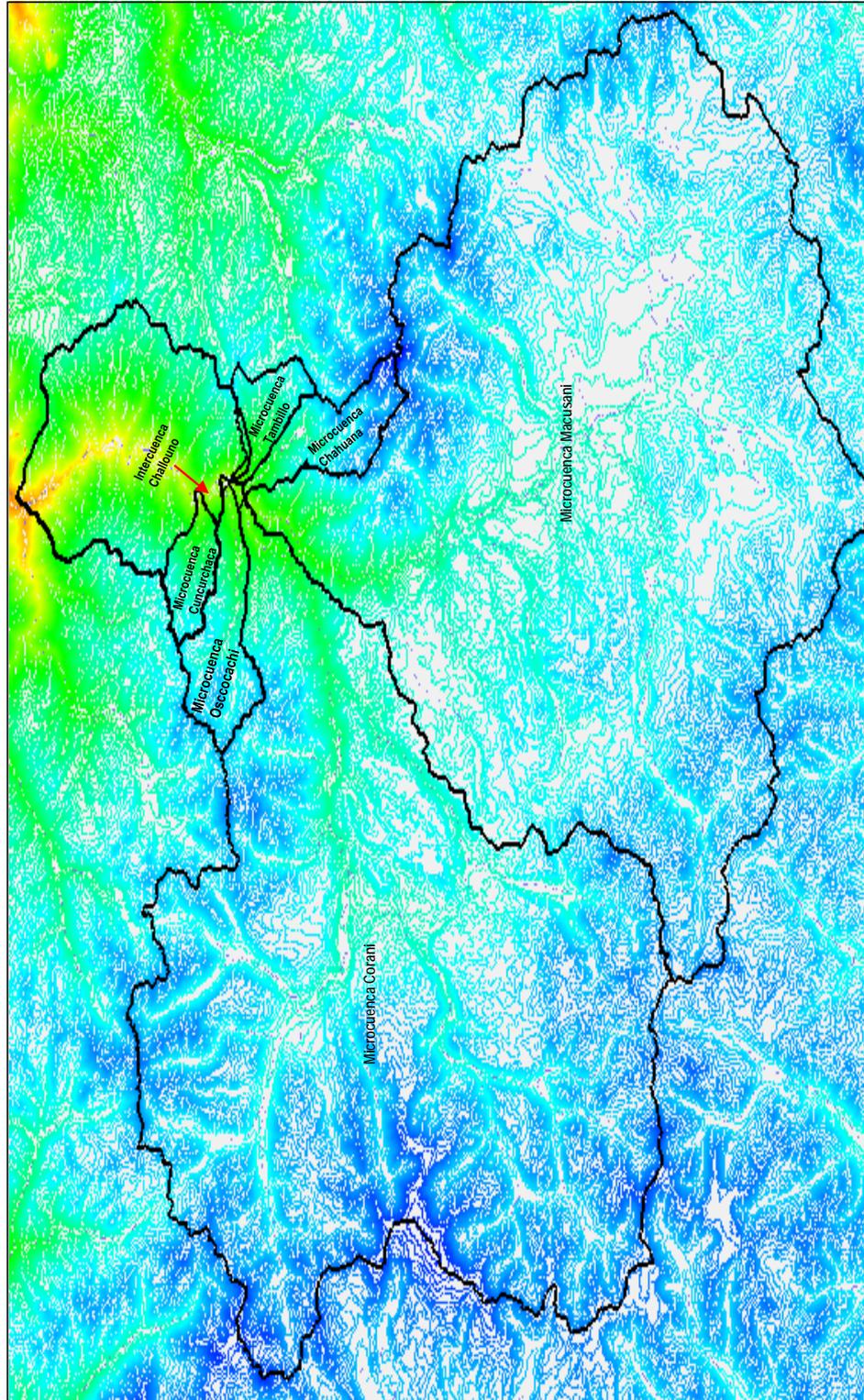
3.2 Hidrografía de la zona de estudio

Las unidades hidrográficas que se encuentran dentro del ámbito del área de investigación, son la cuenca Ollachea y microcuencas Oscocochi, Cucnurchaca, estas aguas desemboca en el Océano Atlántico, cabe mencionar que también se ubicar la intercuenca Challouno que no presenta flujo superficial, como se puede apreciar en la **figura N° 3.2**.

Para la división de las microcuencas hidrográficas se ha utilizado el método de “divortium acuarium”, o las divisorias de aguas es decir obedeciendo únicamente a demarcaciones naturales. Se identificaron y delinearon las divisorias de aguas a partir de la visualización de las curvas de nivel o DEM y de la red hidrográfica disponible, de esta manera las divisorias separan a las diferentes subunidades junto con sus redes hidrográficas naturales y totalmente independientes de sus vecinas.

En el entorno de estudio de la cuenca Ollachea, se ha delimitado 6 microcuencas y una intercuenca por ubicarse en el área directa de estudio y son: microcuenca Oscocochi, Cucnurchaca, Tambillo, Chahuana, Macusani, Corani y la intercuenca Challouno, ver **figura N°3.2**.

Figura N° 3.2: Modelo de elevación digital (DEM) de la zona de estudio, Cuenca Ollachea



Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Aspectos fisiográficos

La caracterización de la cuenca y microcuenca del área de estudio, consiste en la evaluación de los parámetros fisiográficos relevantes en su respuesta hidrológica, este análisis se hace con fines de conocimiento básico de cada unidad de drenaje de interés para la investigación y se usa también con fines comparativos.

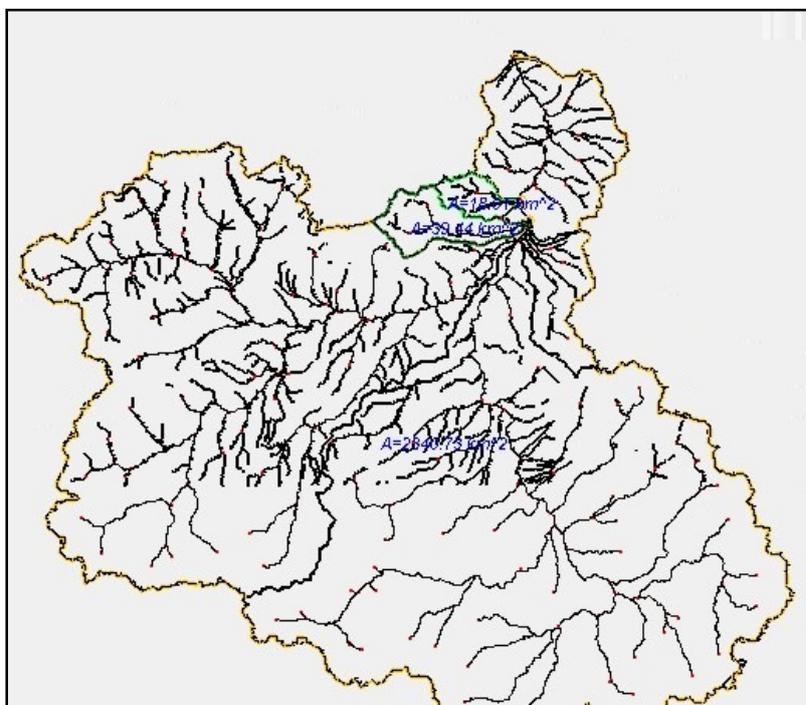
Para realizar la delimitación de la cuencas y microcuenca en el presente estudio se ha empleado el software Watershed Modeling System (WMS), así se pudo delimitar como para la generación del sistema de drenaje y los parámetros geomorfológicos de las microcuencas, Oscocachi, Cuncurchaca y cuenca Ollachea.

a. Cuenca Ollachea

Cuenca Ollachea que aguas arriba nace de la confluencia de los ríos Corani y Macusani los mismos que tienen su origen de los nevados, lagunas y aguas subterráneas de las partes altas, en el recorrido de las aguas del río Ollachea.

La cuenca Ollachea tiene una extensión superficial de 2340 km² y un perímetro de 420 km, cuya naciente se encuentra en la cabecera de cuenca del río Ollachea, variando altitudinalmente desde los 2240 msnm hasta los 5350 msnm, ver **cuadro 3.2**

Figura N° 3.3: Delimitación con WMS de la microcuenca Ollachea.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.2: Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Ollachea

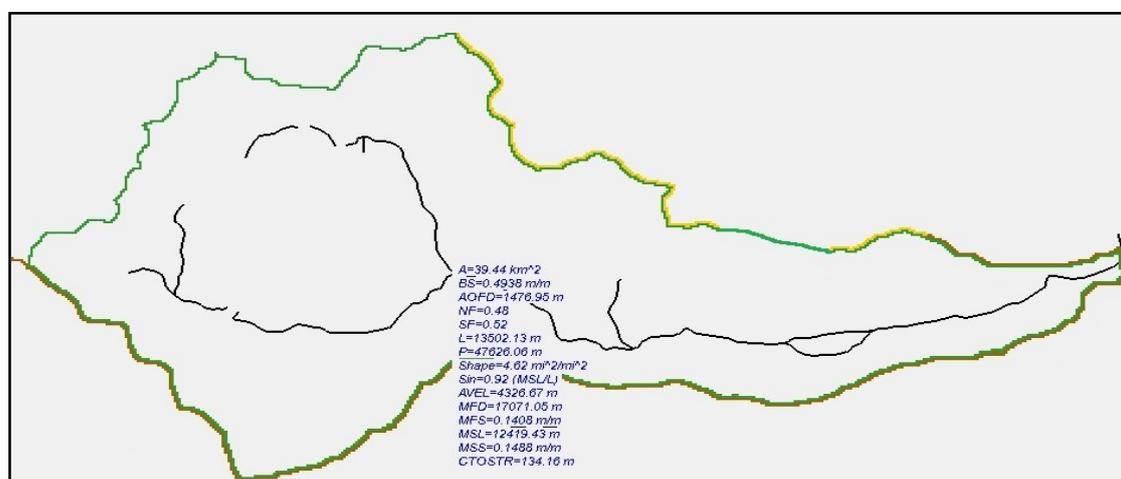
PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Área de Cuenca (A)	2340	Km ²
Perímetro (P)	420	km
Elevación Media (m.s.n.m)	3586	m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	2	
Factor de Forma (Kf)	0.26	
Longitud Mayor Rectángulo Equivalente	11.81	Km
Longitud Menor Rectángulo Equivalente	198.19	Km
Longitud Total del Cauce	95.50	Km
Orden de Ríos	4	Orden
Densidad de Drenaje	0.01	Km/Km ²
Altitud Máxima del Cauce	5350	m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	2240	m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	0.024	m/m
Coefficiente de Torrencialidad	0.00	ríos/Km ²

b. Microcuenca Oscocachi

La microcuenca Oscocachi, cuyas aguas nacen en la parte alta, donde existen 04 lagunas, en donde se da el inicio del escurrimiento superficial y subterráneo, tanto en la parte alta, media no existe actividades antrópicas, se tiene una extensión de bofedales, que es un aporte al caudal del rio oscocachi, su topografía es bastante accidentada desde la parte media hasta la parte baja de la microcuenca, se puede mencionar que de la parte media y baja es una microcuenca húmeda en donde existe escorrentía superficial y subterránea durante todo el año.

La microcuenca Oscocachi tiene una extensión superficial de 39.4 km² y un perímetro de 47.6 km, cuya naciente se encuentra en la cabecera de la microcuenca Oscocachi. Variando altitudinalmente desde los 2617 msnm hasta los 5000 msnm, ver **cuadro 3.3**

Figura N° 3.4: Delimitación con WMS de la microcuenca Oscocachi



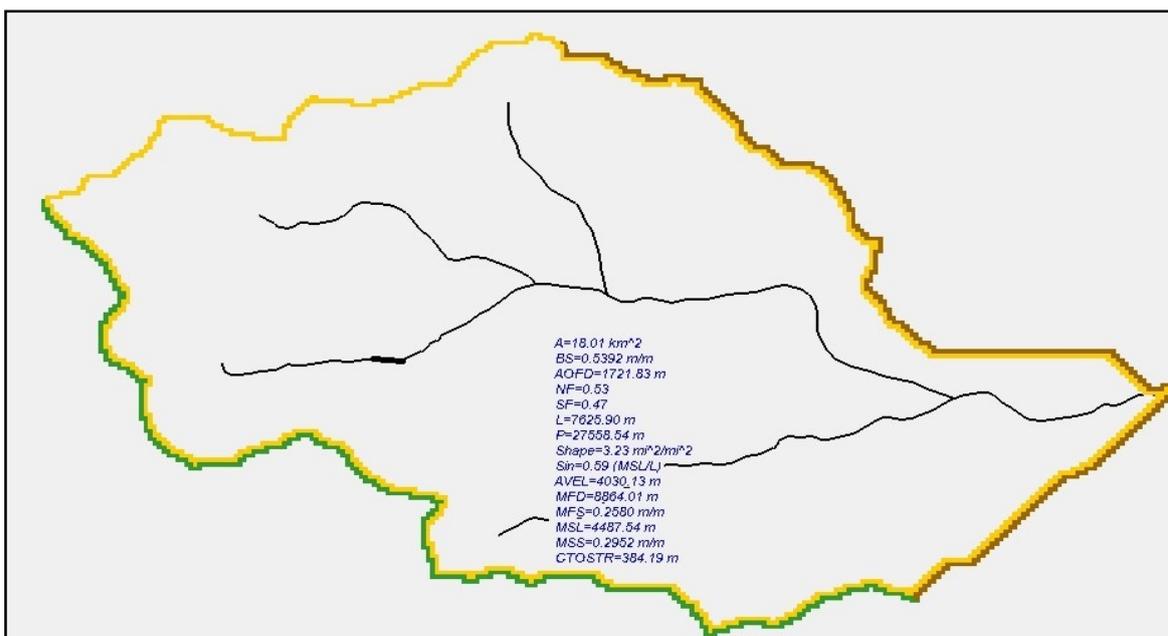
Cuadro N° 3.3: Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Oscocachi

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Área de Cuenca (A)	39.44	Km ²
Perímetro (P)	47.62	km
Elevación Media (m.s.n.m)	3687	m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	2	
Factor de Forma (Kf)	0.22	
Longitud Mayor Rectángulo Equivalente	1.79	Km
Longitud Menor Rectángulo Equivalente	22.02	Km
Longitud Total del Cauce	13.50	Km
Orden de Ríos	10	Orden
Densidad de Drenaje	1.00	Km/Km ²
Altitud Máxima del Cauce	5000	m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	2617	m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	0.138	m/m
Coefficiente de Torrencialidad	0.08	ríos/Km ²

c. Microcuenca Cuncurchaca

La microcuenca Cucurchaca tiene una extensión superficial de 18 km² y un perímetro de 27.5 km, cuya naciente se encuentra en la parte alta de la microcuenca Cuncurchaca. Variando altitudinalmente desde los 2539 msnm hasta los 4840 msnm, ver **cuadro 3.4**

Figura N° 3.5: Delimitación con WMS de la microcuenca Cuncurchaca



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.4: Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Cuncurchaca

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Área de Cuenca (A)	18.01	Km ²
Perímetro (P)	27.55	km
Elevación Media (m.s.n.m)	2400	m.s.n.m.
Coefficiente de Compacidad (Kc)	2	
Factor de Forma (Kf)	0.23	
Longitud Mayor Rectángulo Equivalente	1.46	Km
Longitud Menor Rectángulo Equivalente	12.31	Km
Longitud Total del Cauce	8.86	Km
Orden de Ríos	2	Orden
Densidad de Drenaje	0.26	Km/Km ²
Altitud Máxima del Cauce	4840	m.s.n.m.
Altitud Mínima del Cauce	2539.5	m.s.n.m.
Pendiente Media del Cauce Principal	0.213	m/m
Coefficiente de Torrencialidad	0.11	ríos/Km ²

A continuación se clasifica las cuencas Ollachea, microcuenca Oscoacachi de interés hidrológico en base a la clasificación propuesta por I-Pai Wu y Springall, **ver cuadro 3.5.**

Cuadro N° 3.5: Clasificación de la cuenca

Cuenca	Superficie Km2	Longitud de curso principal en Km.	Clasificación de cuenca
Ollachea	2340	95.5	Intermedia - Grande
Oscocachi	3.44	13.5	Muy pequeña
Cuncurchaca	18.01	8.86	Muy pequeño

3.2.2 Aspectos Climáticos

a. Temperatura Media

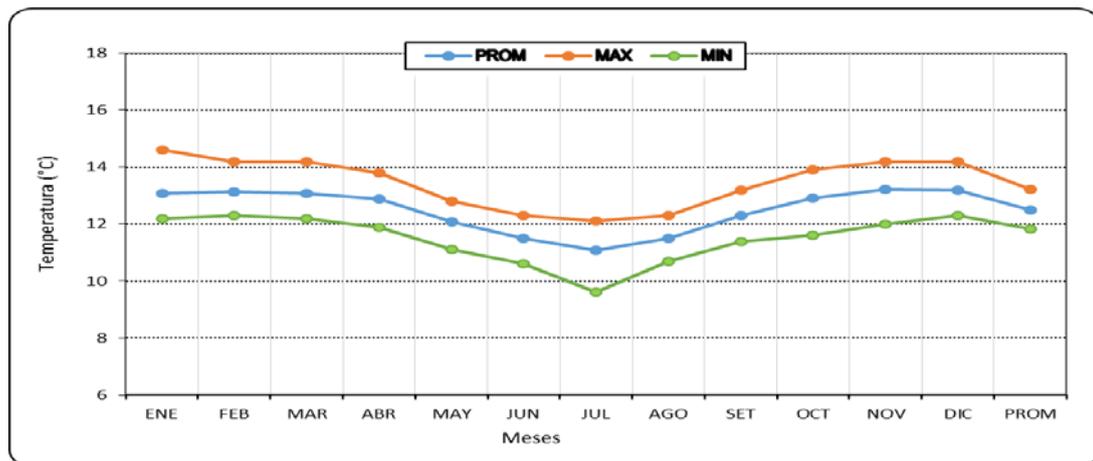
La estación Ollachea, se ubica a una cota de 2725 msnm, muy cercana al área de estudio, es posible caracterizar las condiciones climáticas del área de estudio en cuanto al parámetro de temperatura.

La estación Ollachea, muestra que la temperatura es uniforme sin apreciarse mayores cambios considerables. La temperatura anual media es de 12.49 °C. La temperatura media anual máxima fue de 13.23 °C y la temperatura media anual mínima fue de 11.83 °C el año de 1968.

Cuadro N° 3.6: Temperatura media (°C) de la zona de estudio

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	13.09	13.13	13.08	12.88	12.09	11.5	11.07	11.49	12.29	12.91	13.21	13.19	12.49
MAX	14.6	14.2	14.2	13.8	12.8	12.3	12.1	12.3	13.2	13.9	14.2	14.2	13.23
MIN	12.2	12.3	12.2	11.9	11.1	10.6	9.6	10.7	11.4	11.6	12	12.3	11.83

Grafica N° 3.1: Variación de la temperatura media



Fuente: Elaboración propia

b. Evapotranspiración

La evapotranspiración dentro del área de estudio se le ha considerado debido a la vegetación un valor del 20% de la precipitación media anual el cual nos da un valor de 1230 mm/año, mientras que en la zona alta la evapotranspiración es de 10% debido a la vegetación muy pobre o nula.

c. Humedad relativa (%)

La humedad relativa en el área de estudio se puede ver en el **cuadro 3.8** donde se puede apreciar que el promedio anual de mayor valor se presenta en el mes de diciembre con 94.4 por ciento y el menor valor en mes de agosto con 77.51 por ciento. Los valores diarios de la humedad por lo general siguen los ciclos de la temperatura. Durante el día el valor de la humedad es bajo, mientras que en la noche tiende a aumentar como consecuencia de las temperaturas más bajas.

Cuadro N° 3.7: Humedad Relativa (%) Máxima, Mínima y Promedio Estación Ollachea

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	93.19	94.40	93.34	88.93	78.84	83.44	78.12	77.51	84.84	90.85	92.55	94.41
Maximo	94.21	96.10	95.42	92.43	83.29	92.44	84.52	84.73	88.70	93.72	93.06	95.35
Minimo	91.09	90.49	91.02	84.00	68.13	76.39	72.11	71.41	81.53	88.43	92.19	92.33

Fuente: SENAMHI - Línea Base Ambiental – Py Minero Ollachea

d. Precipitación media mensual

La precipitación media mensual en el área de investigación se puede apreciar en la **grafica N° 3.2**, de las estaciones Macusani, Corani y Ollachea. Lo que permite establecer altas

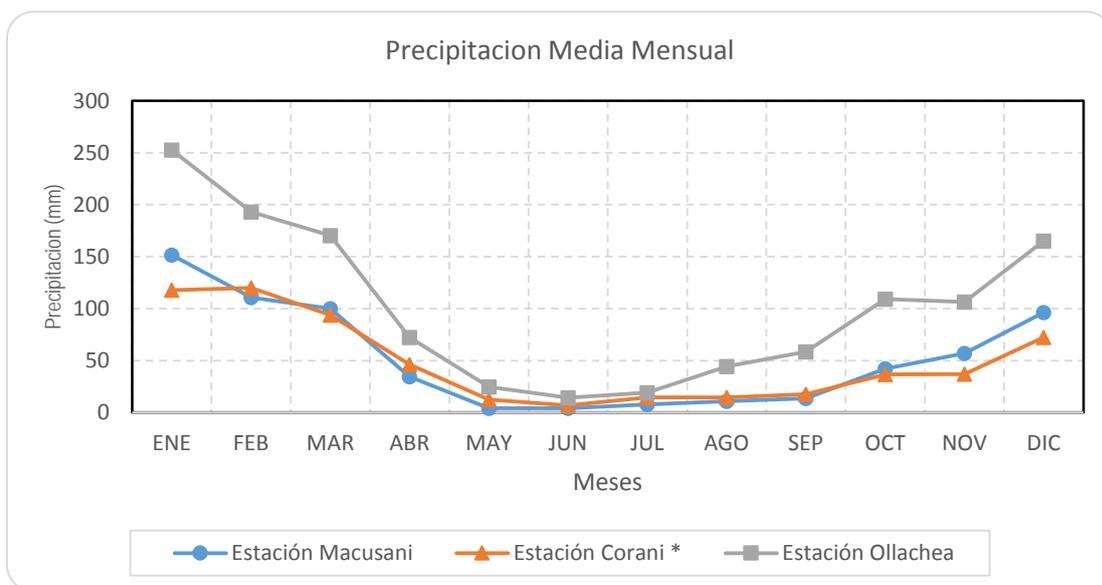
precipitaciones en los meses de verano; descendencia gradual en los meses de otoño; baja precipitación en los meses de invierno; y ascendencia gradual en los meses de primavera.

En el ámbito de estudio, el análisis espacial de las precipitaciones, muestran una relación indirecta con respecto a la altitud, es decir incremento de la precipitación con una disminución de la altitud. Así se tiene:

- Macusani, 4,250 msnm 830.6 mm/año
- Ollachea, 2,850 msnm 1.230 mm/año
- Corani, 4,080 msnm 517.44 mm/año

Del total de precipitación, un alto porcentaje ocurre en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (70 por ciento en la estación Macusani y 63 por ciento en la estación Ollachea); el resto de la precipitación en los meses transicionales, siendo muy bajos en los meses de estiaje: junio, julio, agosto y setiembre.

Grafica N° 3.2: Variación de precipitación



Fuente: Elaboración propia

3.3 Investigación de campo

3.3.1 Geología regional

El área de influencia de la investigación está localizada en la vertiente oriental de la cordillera Oriental de los Andes.

Geológicamente el área de investigación se ubica en el cuadrángulo de Ayapata 28 v; y los principales afloramientos corresponden a materiales del Paleozoico (San José, Sandia,

Ananea), rocas intrusivas del complejo San Gabán, con algunas áreas recubiertas por depósitos más recientes, como el propio valle del río Oscocochi y Challouno. La cordillera oriental se denomina en este sector cordillera de Carabaya. Morfológicamente es bastante abrupta y conspicua, con fuertes pendientes hacia sus flancos, con altitudes casi continuas que sobrepasan los 5000 msnm, con picos prominentes como el Aricoma y el Coasa.

Esta cordillera conformada por una secuencia sedimentaria Paleozoica plegada, está asociada a plutones graníticos, que se originan en el Permo-Triásico-Jurásico.

Regionalmente la zona de investigación ocupa una parte del flanco oeste de la cordillera oriental, la que está conformada por un extenso y grueso paquete de rocas sedimentarias pertenecientes al Paleozoico, las que se encuentran parcialmente cubiertas por una secuencia de rocas ígneas del complejo San Gabán de edad más reciente.

Los elementos estructurales predominantes son fallas, aunque también se dan fases de plegamiento posteriores. Se han descrito tres fases de deformación que no están bien datadas. Las formaciones geológicas que se desarrollan en el área de investigación, se puede apreciar en el **anexo 1.1 y 1.2** y se describen a continuación:

a) Formación Sandia

Esta unidad litoestratigráfica del Paleozoico (Ordovícico superior), constituida por pizarras, areniscas cuarzosas de grano fino a medio y siltitas; se encuentra afectada por un plegamiento algo apretado, dando lugar a anticlinales y sinclinales ligeramente inclinados hacia el SW. En esta formación se ha emplazado el plutón de San Gabán.

Esta unidad aflora ampliamente en ambas laderas del valle de San Gabán entre Ollachea y TabinaPampa. El contacto con la formación Ananea en la localidad de Ollachea se realiza por intermedio de una falla inversa de alto ángulo, el contacto con el grupo San José es por falla (aguas debajo de Churumayo). El grosor de la formación Sandia es de 1500 m. aproximadamente.

b) Formación Ananea

Laubacher (1978), describe como una gruesa secuencia de pizarras y esquistos que afloran a lo largo de la Cordillera de Carabaya, en la ruta entre Ananea y Cuyo-Cuyo. Esta unidad conforma una gruesa secuencia homogénea y monótona sucesión de pizarras negras, característicamente laminar en capas delgadas, seguida por cuarcitas y esquistos gris oscuros

se observan afectados por una esquistocidad de flujo, que en muchos casos impide observar la estratificación y micropliegues.

Esta formación de edad Siluriano – Devoniano, aflora ampliamente en el área de la investigación, en ambas laderas de la microcuenca Oscocachi, en la margen y ladera derecha de la microcuenca Calachaca (Baños Termales de Ollachea) y en la margen y ladera izquierda del valle del río Corani.

Litológicamente, consiste de una secuencia de capas de pizarras, siltitas, areniscas, lutitas negras pizarrosas, cuarcitas y esquistos arenosos. Las capas de siltitas contienen micas como sericita, moscovita y clorita. Esta unidad se encuentra plegada y afectada de una esquistosidad de fractura.

Las características sedimentarias correspondientes a siltitas y lutitas con laminación milimétrica, sugiere facies de llanura abisal o cuenca con déficit de aportes detríticos.

- **Depósitos Cuaternarios (Q)**

En el escenario de la investigación se representa diversos tipos asociados a las geoformas actuales de la cordillera Carabaya, algunos directamente conectados al nevado Allin Ccapac en sus partes bajas, rellenos valles como el valle Ollachea – San Gabán; así se presentan los depósitos morrénicos, fluvioglaciales y aluviales.

- **Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

En el flanco occidental del nevado AllinCcapac (cuenca alta del río Macusani), se encuentran extensos depósitos de morrenas originados por la dinámica glaciár, durante el proceso de glaciación y retroceso glaciár.

Estos depósitos están formados por gravas y bloques angulosos sin selección, aglutinados en una matriz areno arcillosa y se ubican por encima de los 4200 msnm de altitud, generalmente son morrenas de tipo lateral.

- **Depósitos fluvioglaciales (Q-fg)**

Estos depósitos se forman por la erosión de los depósitos morrénicos; se trata de conos aluviales que descienden de las paredes laterales de los valles, conformando terrazas que rellenan los fondos de los valles y consisten de gravas subredondeadas, arenas gruesas, limos, arcillas, así mismo engloban bloques de roca.

- **Depósitos aluviales (Q-al)**

Estos depósitos se encuentran en general rellenando los cauces actuales de los ríos y microcuencas. Litológicamente consisten de gravas, cantos y bloques redondeados a subredondeados, aglutinados en una matriz arenosa con presencia de limo. Estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del cauce y márgenes del río Ollachea y otras microcuencas tributarias. Los materiales de estos depósitos constituyen potenciales canteras de agregados para la construcción de las obras a proyectarse.

- **Depósitos coluviales (Qh-co)**

Estos depósitos de suelos in-consolidados se localizan normalmente por las inmediaciones de las laderas y taludes que flanquean a las riberas del cauce del río Ollachea. Se trata de depósitos con granulometría heterogénea angulosa, conformados por bloques, bolonerías, cantos y adicionalmente gravas con escasa arena y finos; los elementos gruesos son de naturaleza de roca arenisca, granito y otros materiales.

- **Rocas intrusivas (Pm-tr-gr)**

En el área de la investigación afloran cuerpos intrusivos, que a consecuencia de su emplazamiento cortan a rocas paleozoicas, desarrollando aureolas de metamorfismo de contacto con la presencia de cristales de andalucita y biotitas.

3.3.2 Estructuras

Las fallas observadas en las áreas de investigación, se describimos a continuación.

a. Fallas

- **Falla Paquillusi:** Ubicada en el extremo central oeste del cuadrángulo de Ayapata una falla inversa de alto ángulo que pone en contacto rocas siluro-devonianas de la formación Ananea al Noreste con las permo-triásicas del grupo Mitu al Suroeste, así como a intrusivos del Jurásico inferior-medio (sienita nefelínica), su orientación preferencial es de N 70° W, con una inflexión al Suroeste, se prolonga al cuadrángulo de Corani hasta Quisayoc donde es truncada por una falla transversal de orientación N 15° W. Posiblemente sea la prolongación de la falla Corani. A lo largo de esta falla está repartido la mayor cantidad de alteraciones hidrotermales, se observa además zonas de brechas con grandes bloques

decamétricos acompañadas de mineralización y silicificación, esto es observable 200 m aguas abajo del puente San Francisco sobre el río Macusani.

- **Falla Corani:** Es una falla inversa de alto ángulo que se ubica entre Huacune y el cerro Angostura en el sector central del cuadrángulo de Corani, tiene una orientación Noroeste-Sureste, a la altura de la quebrada Pachachani es cortada por una falla transversal más reciente que se extiende desde Occo Pata hasta Pampa Cerro. Pone en contacto rocas del Paleozoico inferior con las del Permo-Triásico.

- **Falla Ollachea:** Se trata de una falla inversa de alto ángulo, ubicada en el extremo central occidental del cuadrángulo de Ayapata, que pone en contacto a rocas sedimentarias de la formación Sandia al Noreste con las de la formación Ananea al Suroeste, presenta una orientación N 75° O, con una inflexión al Sureste bien marcada en el cerro Maychane. En el cuadrángulo de Corani se extiende de extremo a extremo poniendo en contacto rocas sedimentarias ordovícicas de la Formación Sandia hacia el Noreste con rocas siluro-devonianas de la formación Ananea y del Permo - Triásico del grupo Mitú.

La falla presenta un espesor estimado de 15 metros, dirección N260°-280° inclinación 35° - 45° Noreste poniendo en contacto a la Formación Sandia con la Formación Ananea, la falla está formado por una zona de cizalla es decir se trata de una serie de fallas y fracturas comprendidas dentro de esta zona.

Esta falla ha sido reconocida en superficie así como en los sondajes realizados durante las campañas de exploración. Su longitud se estima en más de 3 km, siendo una falla regional importante.

- **Falla Joropiña:** Tiene un espesor de 1,5 metros, con una inclinación de 30°-40° Noreste, esta falla se encuentra en la Fm. Sandia dentro de rocas sedimentarias identificadas como metareniscas y siltitas.

- **Falla Oscocachi:** Reconocida en superficie por aflorar en la microcuenca del mismo nombre habiéndose interceptado en varios sondajes teniendo su traza una dirección casi E-W con 60°-65° hacia el Norte en Minapampa Central pero hacia el lado este su comportamiento parece cambiar a una dirección sin embargo se tiene poca información, se estima su espesor en 8 metros aproximadamente, esta falla se ubica en la Formación Ananea conformada por Pizarras carbonosas y está cerca de las zonas de mineralización.

Otras fallas se presenta entre la laguna Chungara y la laguna Umaccia situada en la parte sur central del cuadrángulo de Ayapata. Se trata de un sistema de fallas transcurrentes dextrales de orientación Norte - Sur que pone en contacto la formación Sandia (Ordovícico), con el grupo Mitu (Pérmico superior).

En el terreno aparte de las dos fallas asociadas se observa una serie de fallas menores lo cual le confiere características de una zona de cizalla.

3.3.3 Inventario de Piezómetros

En las dos áreas de investigación existen 13 piezómetros instalados, en la parte baja de la microcuenca Oscocochi existen 08 piezómetros (TP-01 al TP-08), de los cuales los piezómetros TP-01, TP-06, TP-04, TP-05, tienen una profundidad de perforación de 150m, mientras que los TP-02, TP-03, TP-07, TP-08, tienen una profundidad de perforación de 20m., estos pozos se ubican en los márgenes derecho e izquierdo de la parte baja del rio Oscocochi, ver **figura N° 4.4** Ubicaciónde los pozos de monitoreo, ver **anexo 2.1** donde se puede observar el perfil de pozos instalados.

Cuadro N° 3.8: Piezómetros ubicados en las áreas de Oscocochi

CODIGO POZO	COORDENADAS (WGS 84)		COTA	PROFUNDIDAD
	ESTE	NORTE		
TP - 01	338643.14	8473725.44	3217.28	150
TP - 02	338986.65	8474021.38	3038.19	20
TP - 03	338918.88	8474069.01	3041.52	20
TP - 04	339096.68	8474218.00	3066.96	150
TP - 05	339505.26	8474291.04	3040.94	150
TP - 06	339522.69	8473930.93	3056.32	150
TP - 07	340829.30	8474709.35	2680.37	20
TP - 08	340839.24	8474686.59	2681.69	20

Fuente: Elaboración propia

En la intercuenca Challouno se encuentran 05 piezómetros instalados, ubicados en la parte media de la intercuenca, tienen los siguientes códigos BH-1, BH-4, BH-6, BH-7, BH-8, las mismas que tienen una profundidad de perforación que varía de 21 m. a 40 m., como se puede apreciar en la **tabla N° 3.9**, ver **anexo 2.1** donde se puede observar el Perfil de pozos instalados, ver **figura N° 4.5** Ubicaciónde los pozos de monitoreo.

Cuadro N° 3.9: Piezómetros ubicados en las áreas de Challouno

CODIGO POZO	COORDENADAS (WGS 84)		COTA	PROFUNDIDAD
	ESTE	NORTE		
BH-1	340331.26	8475343.04	2700.96	30.75
BH-4	340504.53	8475389.65	2656.71	30
BH-6	340556.83	8475167.51	2704.21	36
BH-7	340685.65	8475208.16	2652.68	40
BH-8	340700.19	8475071.75	2701.34	21

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Medición de niveles freáticos

En el desarrollo de este estudio se realizó mediciones de nivel freático en los pozos de observación, estos pozos tienen un diámetro de perforación de 4” y una tubería interna de PVC de 2 ½” de diámetro. Por lo que se procedió a utilizar equipos de medición automáticos y adecuados, para esto se utilizaron los equipos llamados levellogger y barologger, programados con intervalos de 30 min y 120 min., estas mediciones nos permiten tener un conocimiento del comportamiento de las aguas subterráneas en intervalos de tiempos cortos, también se utilizó una Sonda manual de medición de nivel de agua, esta medición se realizó con un intervalo de tiempo de uno a dos meses, con esta información nos permitió calibrar los equipos automáticos.

El registro histórico de niveles de agua subterránea para las áreas de Challouno y Oscocachi se realizaron en los años 2013 al 2015, donde se puede observar la variación de los niveles mensuales según el año hidrológico de las áreas de investigación, los resultados se puede observar en el **anexo 3.1 y 3.2.**

3.3.5 Hidrometría de los ríos

En el presente estudio se procedió a realizar mediciones hidrométricas de los ríos Ollachea (1982 -2014), y los ríos Oscocachi y Cuncurchaca (2010 – 2015), ver caudales históricos en **anexo 6.1, 6.2 y 6.3.**

Del registro de los caudales promedios, máxima y mínima mensuales se presentan en los **cuadros 3.10, 3.11, 3.12.**

Cuadro N° 3.10: Caudal promedios, máximo, mínimo mensual del rio Ollachea en m3/s

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	64.59	65.47	59.52	34.58	14.60	8.98	7.62	7.68	8.41	10.52	18.71	32.65
Maxima	119.90	92.56	103.37	67.30	20.76	13.10	10.70	11.00	11.40	15.17	32.80	65.30
Minima	29.13	35.33	20.00	20.80	7.90	6.34	4.79	5.37	6.11	7.49	10.90	16.49

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.11: Caudal promedios, máximo, mínimo mensual del rio Oscocachi en m3/s

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	2.89	3.06	2.17	1.18	0.72	0.59	0.53	0.37	0.44	0.44	0.62	1.27
Maxima	3.56	4.10	2.45	1.62	0.99	0.71	0.94	0.46	0.56	0.62	0.90	1.57
Minima	2.09	1.73	1.87	0.79	0.42	0.34	0.37	0.23	0.33	0.32	0.38	0.96

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.12: Caudal promedios, máximo, mínimo mensual del rio Cuncurchaca en m³/s

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	2.34	2.38	1.60	1.12	0.59	0.40	0.30	0.26	0.17	0.23	0.72	1.64
Maxima	3.08	3.43	3.01	1.69	0.94	0.65	0.65	0.56	0.28	0.36	1.36	2.73
Minima	0.43	1.92	1.06	0.49	0.23	0.23	0.11	0.03	0.07	0.11	0.30	0.37

Fuente: Elaboración propia

3.4 Hidroquímica

3.4.1 Estándares de calidad ambiental

Mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el ministerio del ambiente, aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua; estableciéndose que ellos son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Los ECA establecen parámetros de concentraciones de elementos o sustancias que puede contener el agua sin afectar la calidad del recurso para determinados usos específicos como son: a) Poblacional y Recreacional b) Aguas para actividades marino costeras c) Aguas para riego de vegetales y bebida de animales y d) Aguas para la conservación del ambiente acuático. Estos constituyen los objetivos de calidad aplicables a los componentes del ambiente, ej., aire ambiental, cuerpos de agua naturales, suelos, etc., los estándares ECA categoría 1 para agua se muestra en la **tabla N° 3.14**

Tabla N° 3.14: Estándares nacional de calidad ambiental para agua potable categoría 1:
Poblacional y recreacional

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM		
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable
		A1
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		
FISICOS Y QUIMICOS		
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0
Cianuro libre	mg/L	0.005
Cianuro wad	mg/L	0.08
Cloruros	mg/L	250
Color	color verdadero escala Pt/Co	15
Conductividad	uS/cm	1500
Conductividad (*)	uS/cm	1500
DBO*	mg/L	3
DQO	mg/L	10
Dureza	mg/L	500
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5
Fenoles	mg/L	0.003
Fluoruros	mg/L	1
Fosforo total	mg/L P	0.1
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10
Nitritos	mg/L N	1
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5
Olor		Aceptable
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6
pH	Unidad de pH	6,5-8,5
pH (*)	Unidad de pH	6,5-8,5
Solidos disueltos totales	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L	250
sulfuros	mg/L	0.5
Turbiedad	UNT	5
INORGANICOS		
Aluminio	mg/L	0.2
Antimonio	mg/L	0.006
Arsenico	mg/L	0.01
Bario	mg/L	0.7
Berilio	mg/L	0.004
Boro	mg/L	0.5
Cadmio	mg/L	0.003
Cobre	mg/L	2
Cromo total	mg/L	0.05
Cromo hexavalente	mg/L	0.05
Hierro	mg/L	0.3
Manganeso	mg/L	0.1
Mercurio	mg/L	0.001
Niquel	mg/L	0.02
Plata	mg/L	0.01
Plomo	mg/L	0.01
Selenio	mg/L	0.01
Uranio	mg/L	0.02
Vanadio	mg/L	0.1
Zinc	mg/L	3

ORGANICOS		
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES		
Hydrocarburos totales de petroleo, HTPP	mg/L	0.05
Trihalometanos	mg/L	0.1
Compuestos organicos volatiles (VOCS)		
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2
1,1-Dicloroetano-75.35-4	mg/L	0.03
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04
Tetracloro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07
BETX		
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5
Hydrocarburos Aromaticos		
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02
Plaguicidas		
Organofosforados		
Malation	mg/L	0.0001
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia
Paratión	mg/L	Ausencia
Organoclorados (COP)		
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia
clordano	mg/L	Ausencia
DDT	mg/L	Ausencia
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia
Endosulfan	mg/L	0.000056
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003
Lindano	mg/L	Ausencia
Carbamatos		
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia
Policloruros Bifenilos Totales		
PCBs	mg/L	0.000001
Otros		
Asbesto	Millones de fibras/L	7
MICROBIOLOGICO		
Coliformes Termotorelantes (44,4°C)	NMP/100mL	0
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50
Enterococos fecales	NMP/100mL	0
Escherichia coli	NMP/100mL	0
Formas parasitarias	organismo/litro	0
Giardia duodenalis	organismo/litro	Ausencia
Salmonella	Presencia/100mL	Ausencia
Vibrio Cholerae	Presencia/100mL	Ausencia
UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad NMP/100 mL número mas probable en 100mL (*) Valor proporcionado por el cliente y/o Campo		

3.4.2 Muestreo en campo

Se describen las características fisicoquímicas del agua subterránea de las áreas de estudio, según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA-categoría 1); se procedió a recopilar muestras de agua subterránea según el programa de monitoreo hidroquímico y la red de monitoreo de aguas subterráneas, donde se establecieron 13 estaciones de control de calidad de agua subterránea en las dos áreas de investigación. Se realizaron dos campañas por año, la primera campaña de monitoreo se realizó en los meses de febrero de cada año (época húmeda), en la segunda campaña de monitoreo en los meses de agosto de cada año (época seca), después de cada campaña de monitoreo se obtuvieron muestras representativas que fueron enviadas al laboratorio certificado ALS CORPLAB PERÚ S.A. para su respectivo ensayo, los resultados se puede observar en el **anexo 4.1 y 4.2**.

3.4.3 Metodología de muestreo

El método empleado en la caracterización del cuerpo de agua fue establecido en el protocolo de monitoreo para calidad de agua de la Dirección General de Asuntos Ambientales – Ministerio de Energía y Minas. Los protocolos utilizados permiten el aseguramiento y control de la calidad de la labor de muestreo.

a. Análisis in situ

La medición de los parámetros in situ tiene una especial importancia, ya que representan de mejor manera las condiciones reales del cuerpo de agua evaluado. Se realizaron mediciones de tres parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

b. Toma de muestra

Las muestras se colectaron en frascos de vidrio y plástico (según parámetros objetivos), debidamente esterilizados y provistos de cierre hermético. Para la preservación de las muestras se adicionó soluciones químicas (HNO_3 , Ac, Zn, o NaOH). Posteriormente se etiquetó y se realizó el llenado de cadenas de custodia. Para el seguimiento histórico de la muestras desde la recolección hasta la presentación del informe.

Se almacenaron las muestras en cajas térmicas (coolers) para su transporte y conservación a 4°C para garantizar la adecuada preservación hasta su entrega al laboratorio, junto con sus respectivas cadenas de custodia.

c. Análisis de laboratorio

Los análisis de calidad de las muestras de agua subterránea se efectuaron en el laboratorio: ALS CORPLAB S.A. (Ver resultados de laboratorio de análisis de muestras de agua subterránea de los años 2013 al 2015 del **anexo 4.1 y 4.2.**). En las áreas de estudio de las microcuencas Oscocachi e intercuenca Challouno.

3.4.4 Comparación de muestreo de campo con los estándares de calidad ambiental categoría 1

Para la presente investigación se comparó entre los resultados de análisis químico extraído de los reportes de monitoreo de calidad de agua subterránea del laboratorio ALS CORPLAB S.A., que son muestreo realizado en campo y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua categoría 1 (ECA-1), esta comparación nos permitirá conocer los parámetros de las aguas subterráneas que sobrepasaron los estándares nacionales de calidad en las áreas de investigación, para los periodos de monitoreo del 2013 al 2015 en las épocas húmeda y seca de cada año, los resultados de esta comparación se pueden observar en el **anexo 5.1 y 5.2.**

3.5 Hidrogeología

3.5.1 Litología de Acuíferos

Basándose en los resultados de los estudios geológicos, realizados para el presente estudio, así como del análisis de algunos perfiles litológicos, cartas geológicas, ha sido posible determinar la litología del acuífero.

- Lavas afaníticas y porfirítica.- Son lavas de textura afaníticas (cristales muy pequeños) y de textura porfirítica (cristales de mayor tamaño).
- Brechas Silíceas y Andesíticas.- Son brechas mixtas que consisten con fragmentos de sílice, andesitas con variaciones en alteración desde silicificadas, sericitizadas y argilizadas; la matriz está compuesto por arcillas, sericita, cuarzo y óxidos.
- Depósitos Aluviales, coluviales y morrénicos.- Se depositan en las laderas de los valles y microcuencas. Están compuestos por gravas, arenas, guijarros y cantos con dimensiones de 2 a 20 cm de diámetro y ocasionalmente mayores; los materiales están sueltos o pobremente aglutinados por matriz arenosa, limosa o limo arcilloso.

3.5.2 Zona de carga y descarga subterránea

La recarga del acuífero Ollachea se zonifica en 2 puntos muy relevantes, el primero proviene de la recarga de la microcuenca Oscocachi, cuya litología está conformada de la formación Sandia (constituidos de pizarras) y Formación Ananea (se describe como una gruesa secuencia de pizarras y esquistos que afloran a lo largo de la Cordillera de Carabaya), en el cual se presentan fracturas de Oeste a Este, es decir el flujo subterráneo se trasmite hacia la zona del río Ollachea, la segunda fuente de recarga proviene de la microcuenca Cuncurchaca, en la zona de Challouno, cuya litología está conformada por Metareniscas (Ms), Depósitos Coluviales (Co), Depósitos Coluvio - Aluvial (Co-al), y en la parte profunda se presenta la formación sandia con presencia de roca metarenisca.

3.5.3 Pruebas para determinar propiedades hidráulicas

La permeabilidad de la zona del modelo se ha determinado en función de tres pruebas de campo los cuales son:

- Pruebas de Lugeon
- Pruebas de Lefranc
- Pruebas de Slug

La prueba de tipo Lugeon se realizó tal como la prueba primaria para material consolidado, y la prueba de Lefranc se llevó a cabo donde la roca fue altamente fracturada o en material no consolidada. Mientras que la prueba de Slug para una evaluación de la permeabilidad del acuífero donde existe ya instalado el piezómetro y su rejilla.

a. Pruebas de Lugeon

La prueba Lugeon se lleva a cabo con el fin de identificar las características hidrogeológicas locales de las permeabilidades en rocas consolidadas. Con este ensayo se busca tener una idea de la permeabilidad de las fisuras de las rocas o del material granular cementado no consolidado.

Las pruebas de permeabilidad de Lugeon se han realizado en la zona perteneciente a la formación Ananea, que pertenece a la parte baja de la microcuenca Oscocachien.

b. Pruebas de Lefranc

El objetivo de la prueba de permeabilidad Lefranc es medir el coeficiente de permeabilidad en una sección definida de tierra no consolidada y / o altamente fracturado, roca fragmentada. Las pruebas de permeabilidad de Lefranc realizadas en material no consolidado se llevaron a cabo en 13 perforaciones geotécnicas, de las cuales 5 perforaciones pertenecen a la formación Sandia y 5 en la zona aluvial.

c. Pruebas de Slug test

La prueba de Slug testes concebido inicialmente para formaciones de mayor permeabilidad por Cooper, Bredehoeft y Papadopulos (1967), es aplicable a los medios de baja permeabilidad. El método requiere teóricamente una penetración completa de la formación y proporciona el valor de la transmisividad T y del coeficiente de almacenamiento S.

3.6 Modelamiento numérico del flujo de aguas subterráneas

3.6.1 Modelo conceptual del sistema acuífero

El desarrollo del modelo conceptual es uno de los pasos de importancia en el desarrollo de los modelos de simulación de acuíferos. Por definición, el modelo conceptual es la representación simplificada de las características hidrogeológicas del sistema acuífero, así como los detalles del comportamiento hidrológico del acuífero y sus externalidades. Durante el proceso de elaboración del modelo conceptual, es frecuente realizar asunciones y simplificaciones a fin de representar múltiples procesos complejos. Las asunciones son explicadas debido a la imposibilidad de reconstruir completamente el sistema acuífero a ser modelado. Consecuentemente en la formulación del modelo conceptual emplearemos el principio de simplicidad, de modo que sea lo más simple posible, manteniendo la suficiente complejidad para la representación adecuada de los elementos físicos del sistema acuífero y reproducir su comportamiento hidráulico y la respuesta frente a esquemas de bombeos, sequías, y cambios hidrológicos naturales y antrópicos.

El modelo conceptual de los acuíferos de la microcuenca Oscocachi e intercuenca Challouno han sido elaborados acorde con la información geológica, límites permeables e impermeables, marco hidrológico, sus variaciones naturales, y los factores antropogénicos preponderantes.

3.6.2 Hidrología del modelo

a. Drenaje Superficial del agua

El área de escorrentía se inicia en la parte alta de las microcuencas Oscocachi y Cuncurchaca hasta el límite del área de influencia del modelo. La microcuenca del río Oscocachi nace en la parte alta en las lagunas Huañunacocha, Jomercha, Sallacocha y Yanacocha, el cual tiene una superficie de 39,44 km² y una longitud 13.50 km; mientras que la microcuenca Cuncurchaca tiene un área de 18,01 km² y una longitud de 8,86 km.

Asimismo, la precipitación promedio anual es de 1230,00 mm y la escorrentía de la microcuenca Oscocachi es de 701,76 mm con coeficiente de escorrentía de $C=0,60$, mientras que para la microcuenca del río Cuncurchaca es de 526,32 mm, con coeficiente de escorrentía de $C=0,45$.

3.6.3 Discretización del modelo

a. Diseño de la malla (GRID)

Se ha asignado en el modelo MODFLOW 2010, las mallas para una longitud de 4,3 km y un ancho de 3 km, para obtener una mejor discretización espacial de los componentes litológicos y estructurales de la formación geológica. En la discretización espacial horizontal y vertical se resumen en 157 columnas, 202 filas y 7 capas espaciados cada 100 m en promedio, con un número total de 20135 mallas y 140135 celdas; siendo cada celda de un ancho y largo de 25 metros.

Las celdas inactivas circunscriben el modelo limitando los bordes activos, de tal manera que el modelo limita al sur con la población de Ollachea, al norte con el río Cuncurchaca y al este con el río Ollachea y al oeste con el cerro Oscocachi. Las celdas activas presentan el área de estudio, dentro de ella se ubican la parte baja de la microcuencas de Oscocachi, y la intercuenca Challouno, georeferenciadas en coordenadas UTM WGS 84.

b. Propiedades Hidráulicas

b.1. Conductividad hidráulica

La distribución de los valores de la permeabilidad en el modelo se ha realizado teniendo en cuenta la referencia litológica.

Del mismo modo se ha considerado que la información de las pruebas hidráulicas tomadas a 20 m y 50 m de profundidades son referenciales; debido a que el modelo requiere valores de permeabilidad mayores profundidades.

b.2. Coeficiente de almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento (S_s) para el acuífero confinado (F. Ananea) y semiconfinado (F. Sandia y depósitos coluvial-aluvial y coluvial); rendimiento específico (S_y), porosidad específica y porosidad total que corresponden a la zona de formación litológica de Ananea, Sandia, y los depósitos coluviales, y coluvial-aluvial.

c. Condiciones de borde

Las condiciones de frontera indican la interacción del dominio del modelo con el medio que lo rodea a través de formular el comportamiento del flujo en los límites o el efecto en celdas específicas del modelo.

c.1. Ríos

El programa Visual Modflow permite simular el intercambio de flujo (In –OutFlow), el cálculo está determinado por el ancho del río, espesor de la base del río, la permeabilidad vertical del material base y la conductividad de los ríos, Ollachea, Oscocachi y Cuncurchaca.

d. Pozos de observación

En el modelo se ha ingresado 13 pozos de observación, cuyos niveles de agua han sido monitoreados durante los años 2013 y 2015, los cuales se encuentran distribuidos en la parte baja de la microcuenca Oscocachi (TP-01, TP-02, TP-03, TP-04, TP-05, TP-06, TP-07, TP-08) y Challouno (BH-01, BH-04, BH-06, BH-07, BH-08).

En la **figura 4.3 y 4.4** se puede visualizar la localización de los pozos de observación.

e. Dren

Los ríos Oscocachi y Cuncurchaca, que presentan caudales aforados en los periodos marzo 2010 agosto 2015, cabe mencionar en la intercuenca Challouno no presentan drenaje alguno.

3.6.4. Calibración del modelo

Antes que el modelo pueda iniciar los escenarios de simulación del acuífero se efectuara la calibración, para generar una correcta modelación de los niveles históricos en el lapso del tiempo que se requiera.

Se ha realizado la sensibilización del modelo en las propiedades hidráulicas de los dos sectores; Challouno y Oscocachi, principalmente el sector que mayor afectación respecto a la permeabilidad del área de Challouno, considerándose que las pruebas de la permeabilidad solo se ha tomado a profundidades de 40 m y el modelo requiere pruebas mayores de 200 a 400 m. De la misma manera se tuvo que realizar el ajuste en la zona de Oscocachi cuyas profundidades en promedio no superan los 40 m.

Por lo que el modelo ha tenido que realizar ajustes de tal manera que los pozos observados y calculados tengan un residual mínimo.

a. Pozos Observados vs Pozos Calculados

La calibración del modelo se realizó mediante el proceso de prueba y error, obteniéndose un ajuste global satisfactorio entre los valores medidos y simulados. El ajuste se mide a través de bondad de ajuste, siendo el indicador de calidad del ajuste el RMS (Root Mean Squared). El coeficiente de correlación de 99,6%; el cual indica una buena calibración del modelo numérico del acuífero.

3.6.5. Simulación del modelo numérico del acuífero del área de estudio.

A partir de la calibración del modelo, se inicia la simulación para un periodo de 10 años.

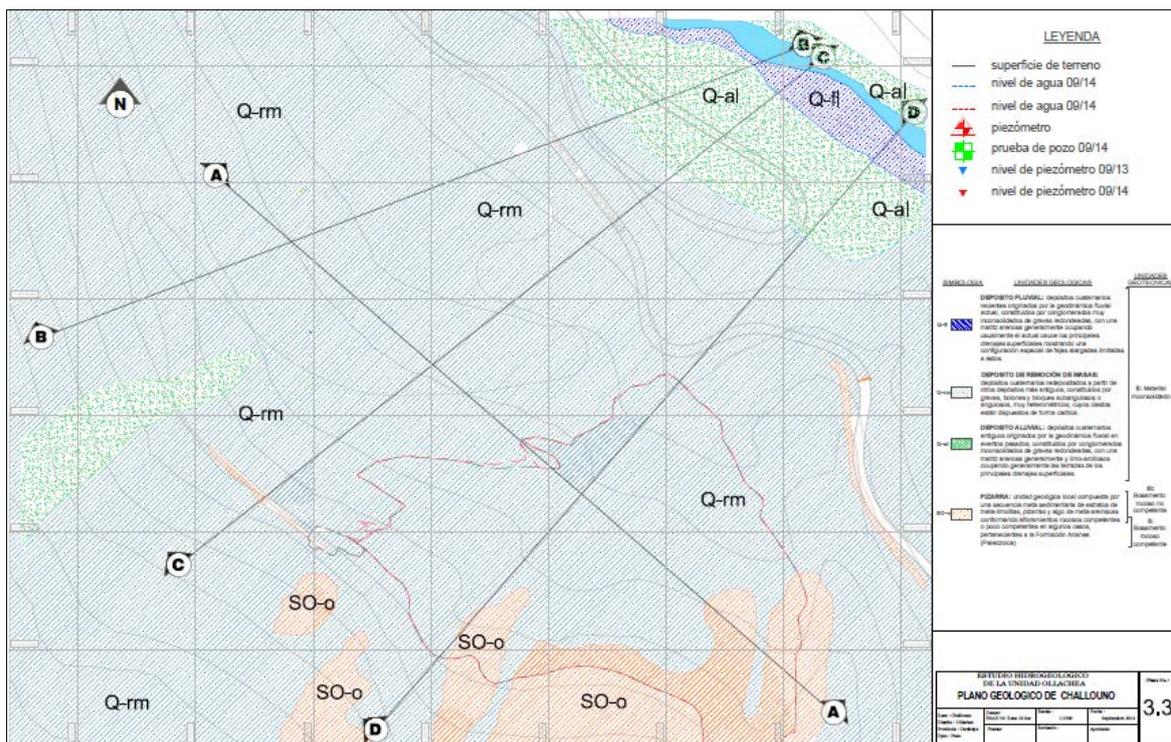
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la caracterización geológica de las áreas de investigación

4.1.1 Caracterización geológica intercuenca Challouno

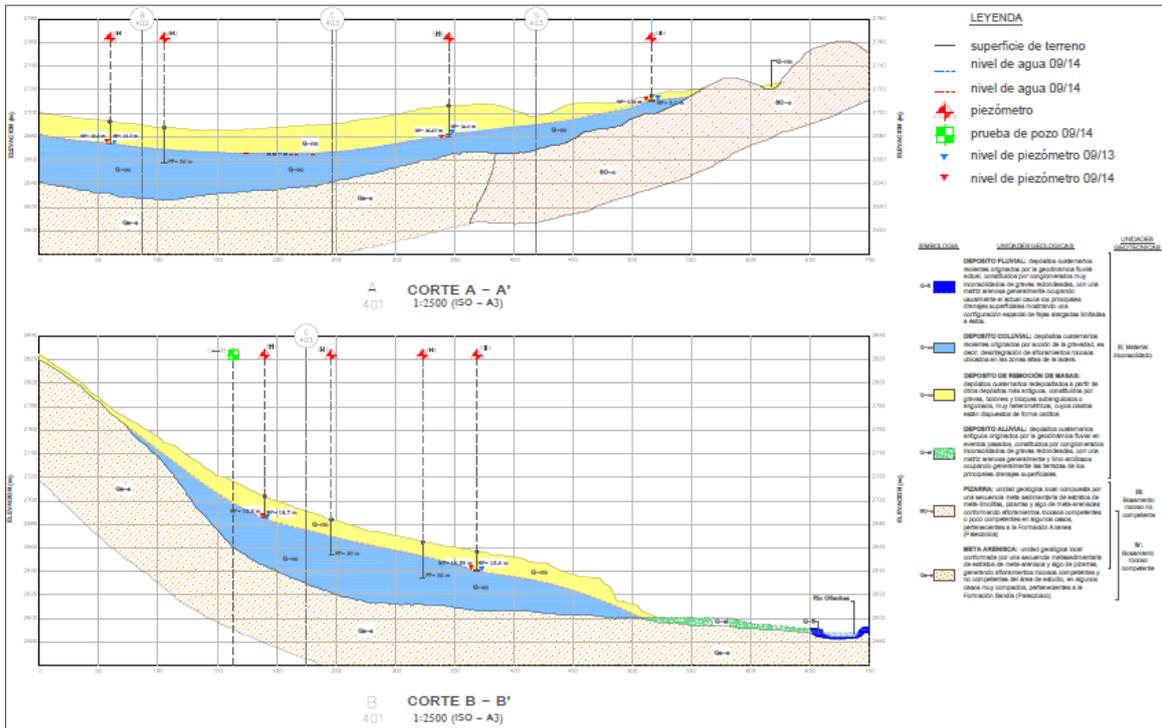
Desde el punto de interés hidrogeológico en el área de investigación se distinguen la formación del cuaternario reciente, constituida por depósitos coluviales y fluvio – coluviales de aproximadamente 40 metros de espesor, en la parte inferior se tiene presencia de roca metarenisca que es una unidad geológica local, en esta área ocurren lluvias que recargan a pequeños sistemas de acuíferos colgados, los cuales se hallan hidráulicamente conectados a las microcuencas activas las cuales conducen al flujo base, estas microcuencas son Cuncurchaca y Oscocochi, se presentan mapa geológico local y cortes hidrogeológicos del área de investigación intercuenca Challouno, ver **figura N° 4.1, 4.2, 4.3 y Anexo 8.1, 8.2, 8.3.**

Figura N° 4.1: Geología del área de investigación intercuenca Challouno



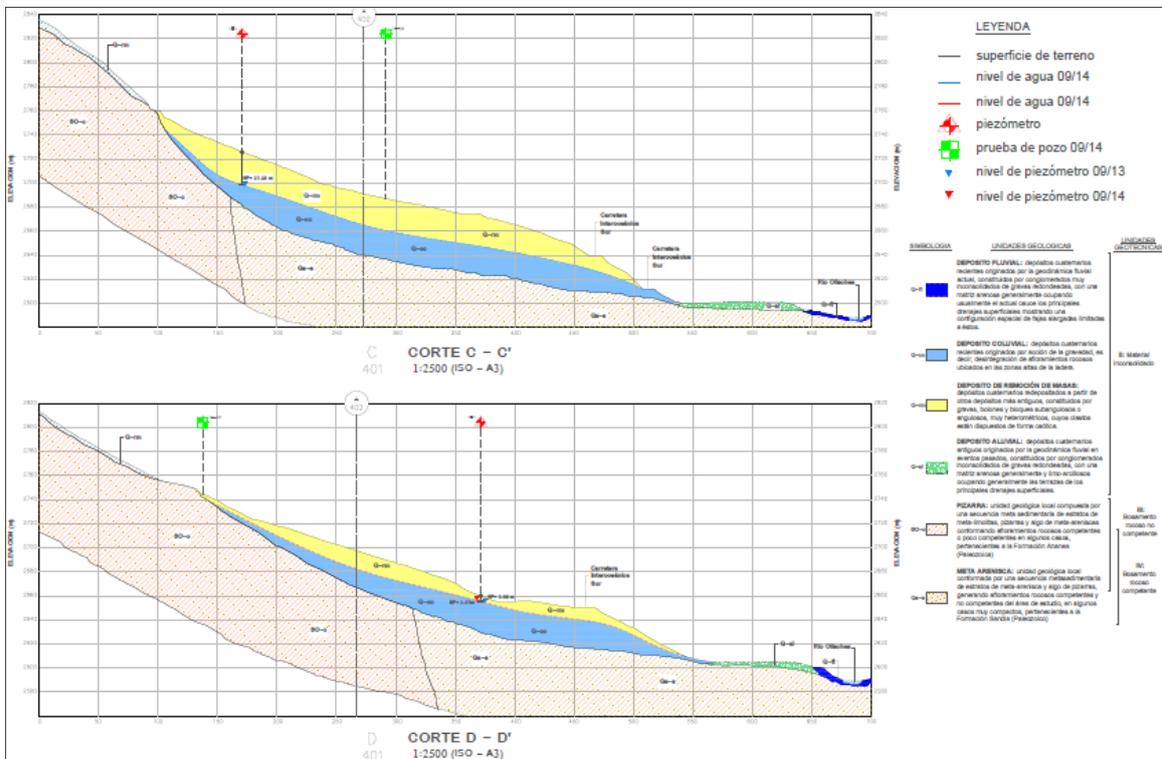
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.2: Cortes hidrogeológicos A-A'/B-B' del área de investigación intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.3: Cortes hidrogeológicos C-C'/D-D' del área de investigación intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Caracterización geológica parte baja microcuenca Oscocachi

Desde el punto de interés hidrogeológico en el área de investigación se distinguen la formación del cuaternario reciente constituida por depósitos coluviales de un espesor mínimo, en la parte inferior se tiene presencia de la formación Ananea, compuesta por pizarras superficialmente fracturadas y a mayor profundidad compacta, también tiene presencia de la formación Sandia constituida por pizarras y areniscas cuarzosas. Hidrogeológicamente el estrato superficial fracturado es permeable y a mayor profundidad impermeable, tal como se ha podido comprobar durante la perforación del túnel de 1243 m de longitud, se presentan mapa geológico local y cortes del área de investigación de Oscocachi, ver **figura N° 4.7 y Anexo 8.7**.

4.2 Resultado de determinación de los parámetros hidráulicos de las dos áreas de investigación

4.2.1 Conductividad Hidráulica

La distribución de los valores de la permeabilidad en las áreas de investigación se ha realizado teniendo en cuenta la referencia litológica y permeabilidad del estudio hidrogeológico.

Se ha considerado el valor de la conductividad hidráulica de la formación Ananea en 0,2 m/día, el cual representa un incremento de 3 veces más respecto al valor inicial tomado de la prueba de Lugeon debido al alto grado de fracturamientos de las estructuras geológicas en el área de estudio. Del mismo modo se ha considerado que la información de las pruebas hidráulicas tomadas a 20 m y 50 m de profundidades son referenciales; debido a que el modelo requiere valores de permeabilidad mayores profundidades, entre el rango de 200 a 400 m de profundidad. Por lo tanto, durante el análisis de sensibilidad del estudio se ha considerado los valores indicados en la **cuadro N° 4.1**.

Cuadro N° 4.1: Valores de conductividad hidráulica

ID	Descripción/Litología	K m/día
1	Formacion Ananea (Pizarra carbonosas)	0.2
2	Formacion Sandia	0.6
3	Metareniscas (Ms)	1.0
4	Depositos Coluviales (Co)	1.0
5	Depósito Coluvial - Aluvial /Co-al)	2.0
6	Falla ollachea y Joropiña	2.0
7	Falla Oscocachi	1.0
8	Tunel Ollachea	5.0
9	Tunel / Formacion Ananea	1.0
10	Túnel / Formacion Sandia	10.0

Fuente: Elaboración propia y consultora Tecnología XXI – consultora Emec Perú

4.2.2. Coeficiente de Almacenamiento

Se presenta los valores de coeficiente de almacenamiento (S_s) para el acuífero confinado (F. Ananea) y semiconfinado (F. Sandia y depósitos coluvial-aluvial y coluvial); rendimiento específico (S_y), porosidad específica y porosidad total que corresponden a la zona de formación litológica de Ananea, Sandia, y los depósitos coluviales, y coluvial-aluvial. Los parámetros hidráulicos asignados al modelo numérico se basan en los resultados de las perforaciones y la interpretación hidrogeológicos de las perforaciones, como se puede apreciar en la **Cuadro N° 4.2 y anexo 9** donde se pueden ver los resultados de campo.

Cuadro N° 4.2: Valores del coeficiente de almacenamiento

ID	Descripción / litología	Coeficiente de almacenamiento (S_s)	Rendimiento específico (S_y)	Porosidad Efectiva (%)	Porosidad Total (%)
1	Formación Ananea (Pizarras carbonosas)	1E-05	0.001	0.10	0.30
2	Formación Sandia	1E-04	0.001	0.15	0.30
3	Metareniscas (MS)	1E-03	0.200	0.20	0.30
4	Deposito Coluviales (Co)	1E-03	0.200	0.20	0.30
5	Deposito Coluvio - Aluvial (Co-al)	1E-05	0.300	0.25	0.30
6	Falla Ollachea y Joropiña	1E-04	0.001	0.15	0.30
7	Falla Oscocochi	1E-05	0.001	0.15	0.30
8	Túnel Ollachea	1E-05	0.010	0.20	0.30
9	Túnel / Formación Ananea	1E-05	0.010	0.15	0.30
10	Túnel / Formación Sandia	1E-05	0.01	0.25	0.30

Fuente: Elaboración propia y consultora Tecnología XXI – consultora Emec Perú

4.3 Resultados de la caracterización de los niveles de agua subterránea del área de investigación

4.3.1 Caracterización de los niveles de agua subterránea en la parte baja de la microcuenca Oscocochi

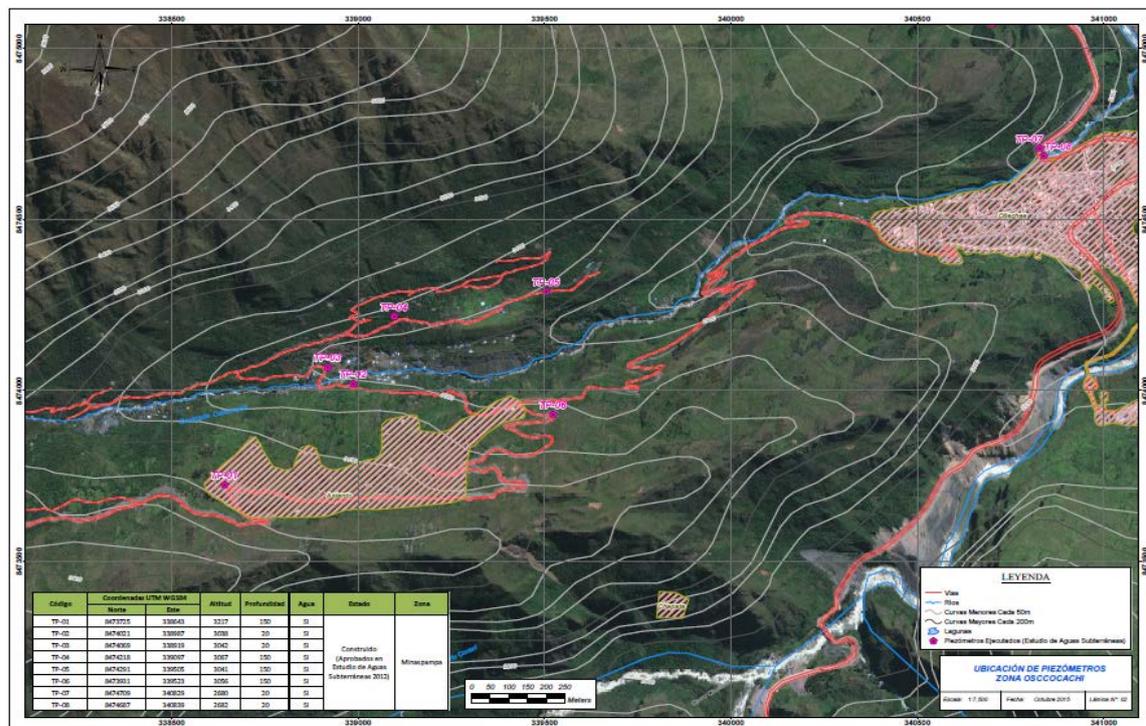
De los hidrogramas generados para cada uno de los pozos presentado en el **anexo 3.2**, podemos mencionar que el comportamiento de las aguas subterráneas mantienen relación con la recarga superficial de los acuíferos, que principalmente son las lluvias y la recarga del ríos Oscocochi.

En la mayoría de pozos se observa una reacción del ascenso de los niveles de agua subterránea con 4 a 5 meses después de iniciado las épocas de lluvia, esto se debe a que los pozos se ubican en la formación ananea que está compuesta en su mayoría por la roca pizarra, que se comporta como un techo semi permeable, teniendo en cuenta que las aguas subterráneas se trasladan por medio de fracturas y fallas de la roca.

El comportamiento de las agua subterráneas en los pozos ubicados cerca al rio Oscocochi (TP-02, TP-03, TP-07 y TP-08) estos pozos tienen una profundidad de perforación de 20 metros, se presentan una diferencia de nivel de agua entre los 2 a 5 metros, que básicamente son recargados por el rio, estos pozos tienen una profundidad de perforación de 20 metros.

El comportamiento de las agua subterráneas en los pozos que se ubican mucho más alejados río Oscocachi (TP-01, TP-04 y TP-06) estos pozos tienen una profundidad de perforación de 150 metros, y presentan una diferencia de nivel de agua entre los 3 a 7 metros, este comportamiento se debe a que en la parte baja de los pozos no se presenta galería de mineros artesanales, por lo tanto el nivel de agua tiene un comportamiento natural, en este análisis cabe mencionar que se presenta el pozo TP-05 con 150 metros de perforación, se presenta una diferencia de nivel de agua de 28 metros, este comportamiento se debe a que en la parte baja se tiene presencia de galería de mineros artesanales que podría generar un drenaje leve en las aguas subterráneas, ver **Figura N° 4.4 y anexo 8.4**, donde se puede ver la ubicación de pozos de monitoreo.

Figura N° 4.4: Ubicación de pozos de monitoreo de la microcuenca Oscocachi



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Caracterización de los niveles de agua subterránea en la intercuenca Challouno

De los hidrogramas generados para cada uno de los pozos presentado en el **anexo 3.1**, podemos mencionar que el comportamiento de las aguas subterráneas mantienen relación con la recarga superficial de los acuíferos, que principalmente son las lluvias y la recarga del ríos Oscoachi y Cuncurchaca.

En la mayoría de pozos se observa un ascenso en los niveles de agua subterránea con 4 a 5 meses después de iniciado las épocas de lluvia, esto se debe a que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad, propio de los depósitos coluviales y aluviales.

El comportamiento de las agua subterráneas en los 5 pozos que se ubican en el área de Challouno (BH-1, BH-4, BH-6 y TP-7) estos pozos tienen una profundidad de perforación de 30 a 40 metros, se presentan una diferencia de nivel de agua subterránea entre los 0.5 a 1.2 metros, este comportamiento se debe a que el material presente en el área de investigación está compuesto por depósitos cuaternarios aluviales y coluviales.

En este análisis cabe mencionar que se presenta el pozo BH-8 ubicado en una quebrada seca al norte del área de Challouno con 21 metros de perforación, presenta una diferencia de nivel de agua de 0 a 4 metros, y en los meses de recarga superficial (Diciembre a Febrero), se presenta un ascenso de nivel de agua que llega a la superficie del pozo, de donde podemos concluir que en esta área presenta una formación que se comporta como un techo permeable, ver **Figura N° 4.5** y **Anexo 8.5**, donde se puede ver la ubicación de los pozos de monitoreo.

Figura N° 4.5: Ubicación de pozos de monitoreo de la intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia

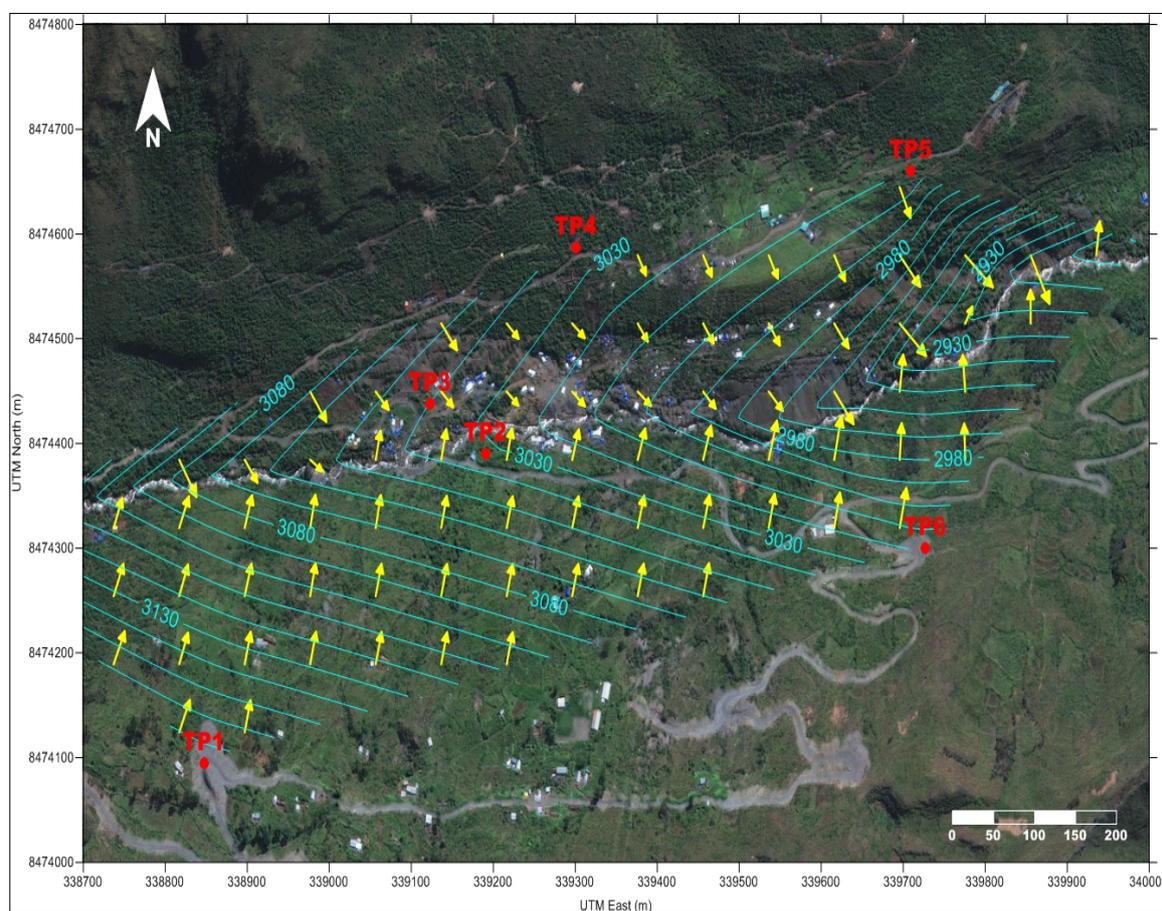
4.4 Resultados de caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas en las áreas de investigación

4.4.1 Caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas en parte baja de la microcuenca Oscocachi

El mapeo de aguas subterráneas brinda una idea de la gradiente y el flujo de agua subterránea en el área de estudio. El mapeo de agua subterránea utiliza la altura del agua subterránea observado en puntos de observación seleccionados tales como piezómetros. Para vincular el nivel de agua subterránea con la descarga superficial del acuífero, también se utiliza comúnmente los cuerpos de agua superficiales, los ríos y pozas. Como era de esperar la

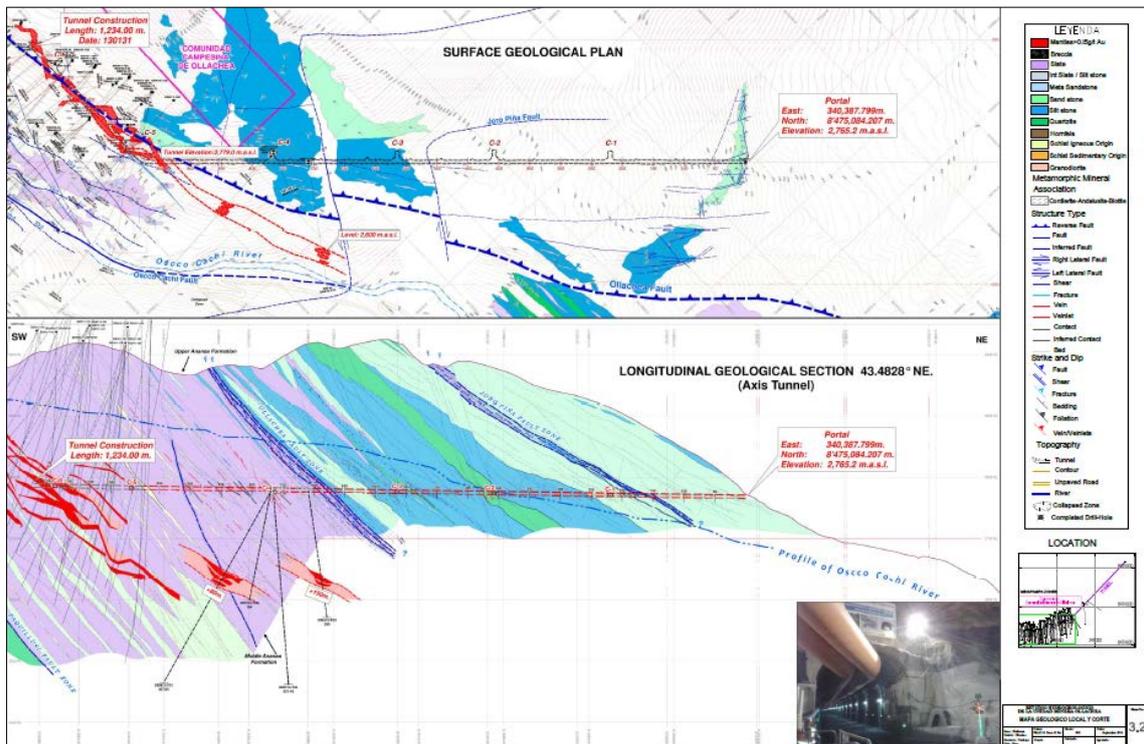
dirección del flujo de agua subterránea es de Este - Oeste teniendo su mayor componente perpendicular al río Oscocachi, con un componente más pequeño al este (flujo de agua en parte baja de la microcuenca Oscocachi), en la **figura N° 4.6 y anexo 8.6**. Se muestra isocontornos de la altura del agua subterránea y los vectores ilustrados muestran la dirección del flujo del agua subterránea local, en la **figura N° 4.7 y anexo 8.7**, donde se puede observar la geología local y corte del cerro joropiña (margen derecha de la parte baja de la microcuenca Oscocachi), que nos mostrara la estructura geológica y así entender el comportamiento de las aguas subterráneas.

Figura N° 4.6: Dirección de flujo de agua subterránea de la parte baja microcuenca Oscocachi



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.7: Mapa geológico y corte de la margen izquierda de la parte baja microcuenca Oscocochi



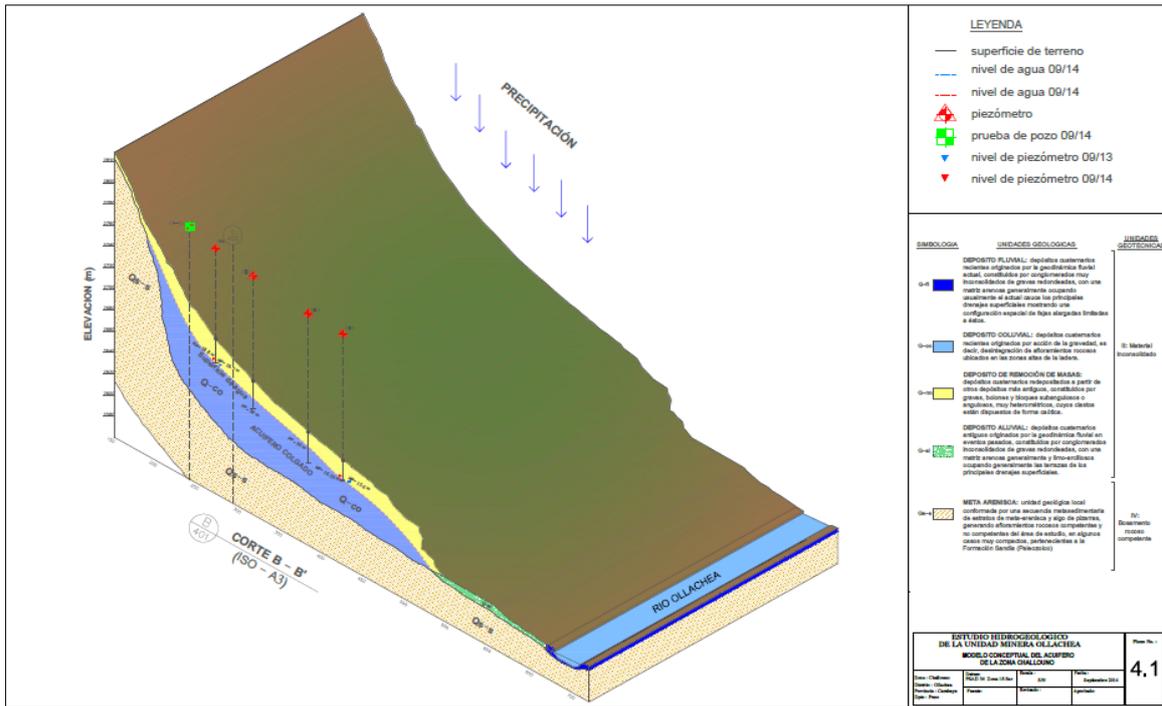
Fuente: Área de geología – Minera Kuri Kullu

4.4.2 Caracterización hidrogeológica de las aguas subterráneas en la intercuenca

Challouno

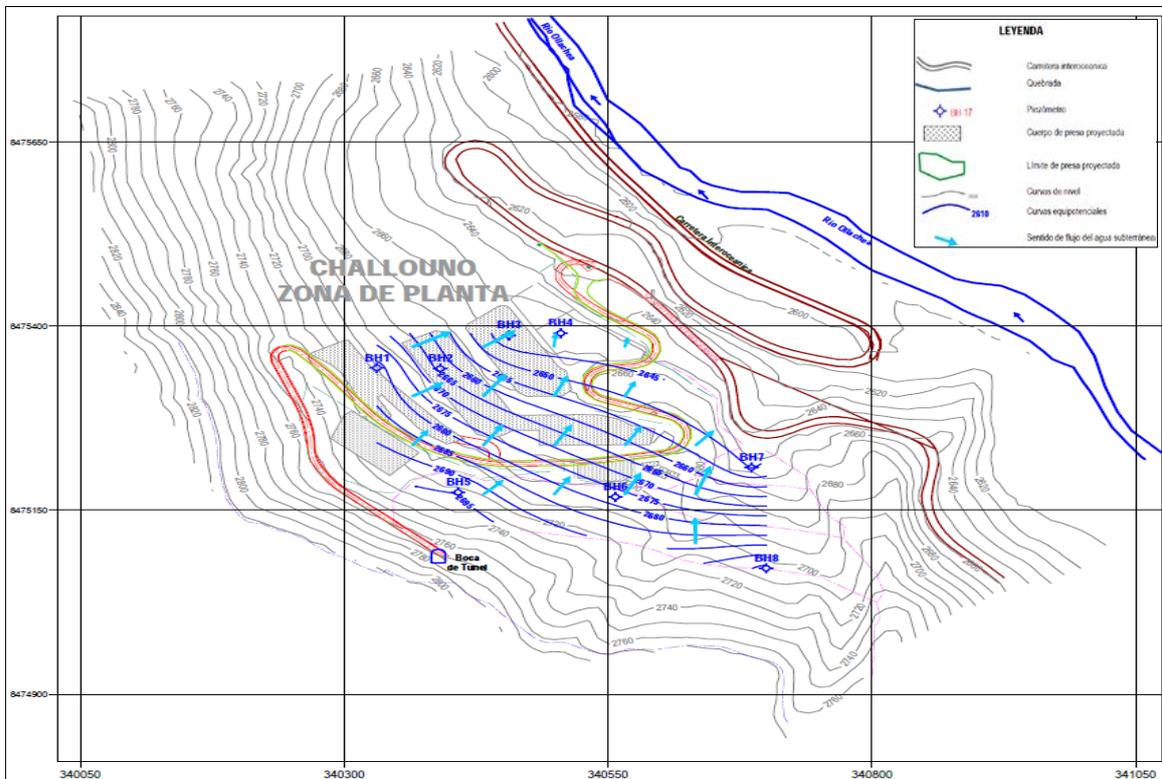
El mapeo de aguas subterráneas brinda una idea de la gradiente y el flujo de agua subterránea en el área de estudio. El mapeo de agua subterránea utiliza la altura del agua subterránea observado en puntos de observación seleccionados tales como piezómetros. Para vincular el nivel de agua subterránea con la descarga superficial del acuífero, también se utiliza comúnmente los cuerpos de agua superficiales, los ríos y pozas. El flujo de agua subterránea, en el sector de Challouno, se dirige predominantemente en dirección Este-Oeste hacia el río Ollachea, para esta investigación se presenta, la **figura N° 4.8** y **anexo 8.8**. modelo conceptual del acuífero del área de estudio, la **figura N°4.9** y **anexo 8.9**. Mapa hidroisohipsas de las aguas subterráneas, la **figura 4.10** y **anexo 8.10**. Mapa isoconductividad hidraulica de las aguas subterráneas, la **figura 4.11** y **anexo 8.11**. Mapa Isoprofundidad de las aguas subterráneas.

Figura N° 4.8: Modelo conceptual del acuífero del área de estudio intercuenca Challouno



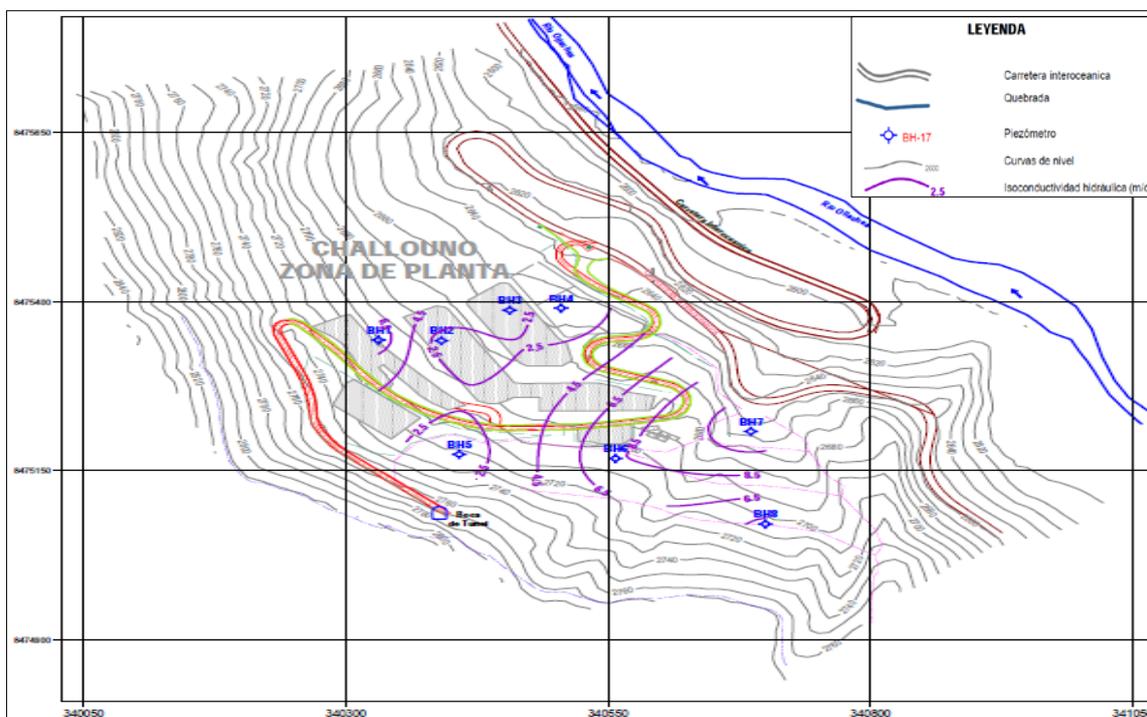
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.9: Hidroisohipsas de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



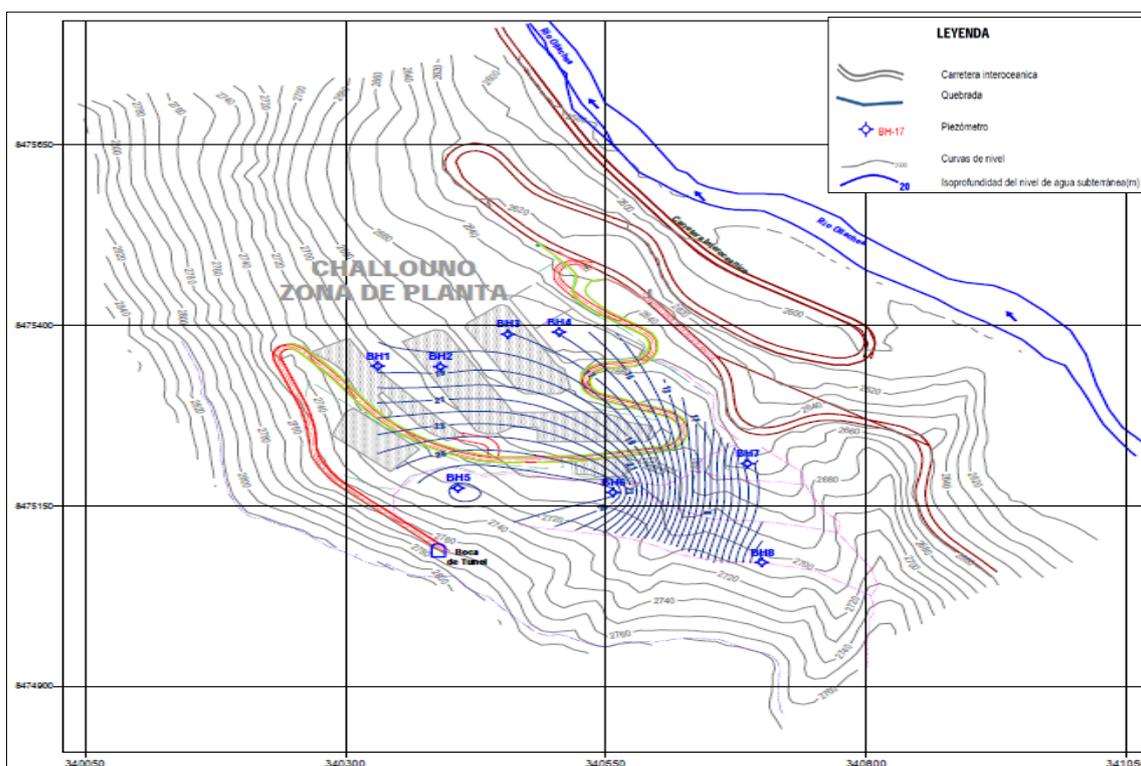
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.10: Isoconductividad hidraulica de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.11: Isopropundidad de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia

4.5 Resultados de caracterización hidroquímica de aguas subterráneas de las áreas de investigación parte baja de la microcuenca Oscocachi e intercuenca Challouno

Como resultado del análisis hidroquímico de las dos áreas de investigación (Oscocachi y Challouno), en las épocas húmeda y seca periodo 2013 al 2015, se procedió a comparar los resultados de análisis químico extraído de los reporte de monitoreo de calidad de agua, realizado en campo por parte del laboratorio ALS CORPLAB PERU S.A., y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua categoría 1 (ECA-1), esta comparación nos permitió conocer los parámetros que exceden los límites máximos permisibles, cabe mencionar que los parámetro que exceden son los mismos en las dos áreas de investigación, esto debido a que las formaciones geológicas son similares y no se presentan actividades antrópicas significativas, podemos concluir que este comportamiento es natural.

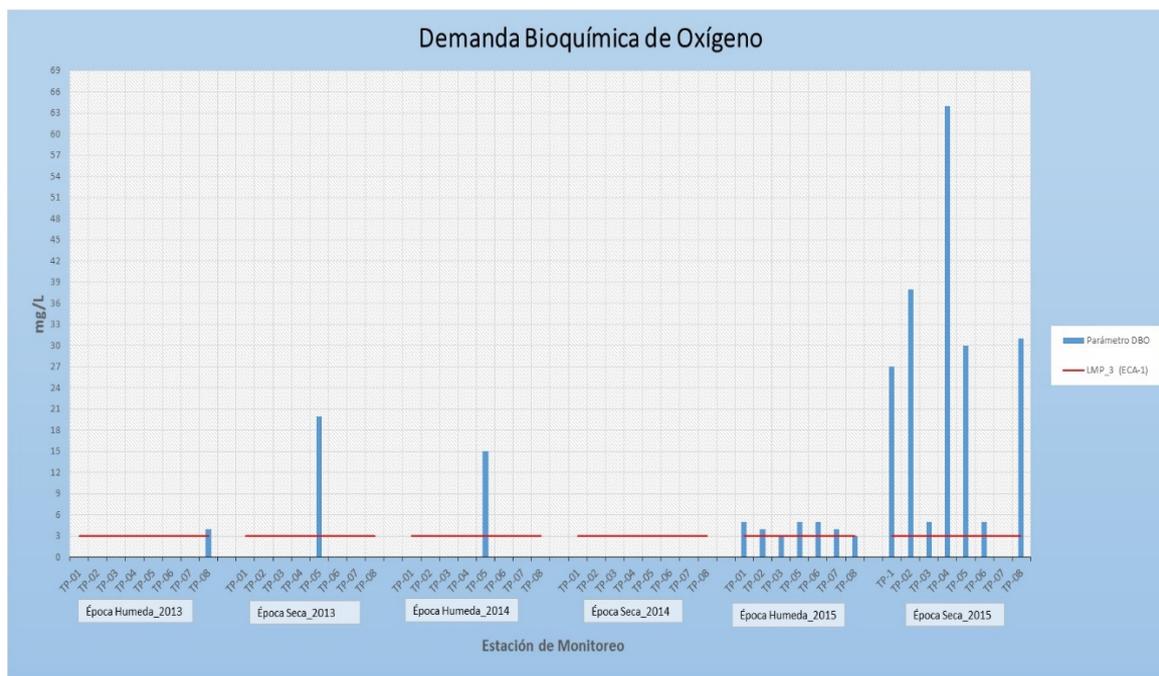
A continuación se presenta la interpretación del análisis de los parámetros que exceden los límites máximos permisibles de las áreas de investigación, los cuadros presentados son elaboraciones propia.

4.5.1 Parámetros físicos y químicos

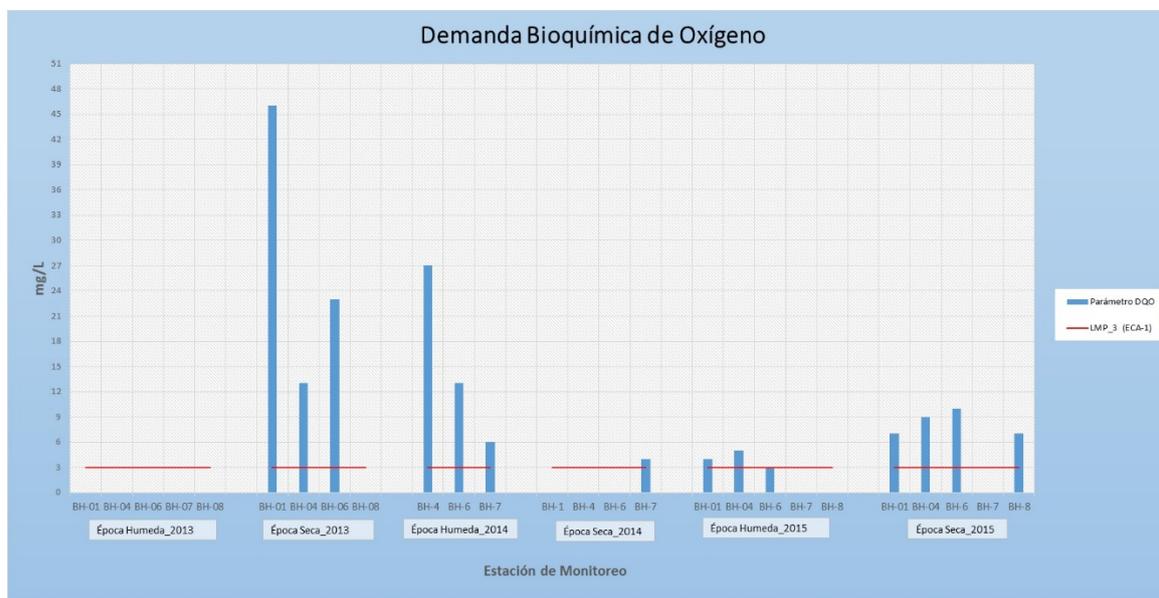
a. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO es el parámetro utilizado para caracterizar la calidad del agua, este parámetro mide la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación biológica de las materias orgánicas que contiene, es un indicador del grado de contaminación orgánica del agua, el aumento de la DBO₅, ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática.

En el área de estudio **Oscocachi**, se presentó un incremento de valores de DBO en la campaña 2015 en las épocas y húmedas y secas donde todos los pozos presentaron valores que sobrepasan los ECA categoría 1, cabe mencionar que en los muestreos anteriores históricos del 2013 y 2014 se tiene al pozo TP-05 que sobrepasa los límites máximos, como resultado resaltante se puede mencionar que el pozo TP-04 presento un valor de 64 mg/L en la época seca del 2015.



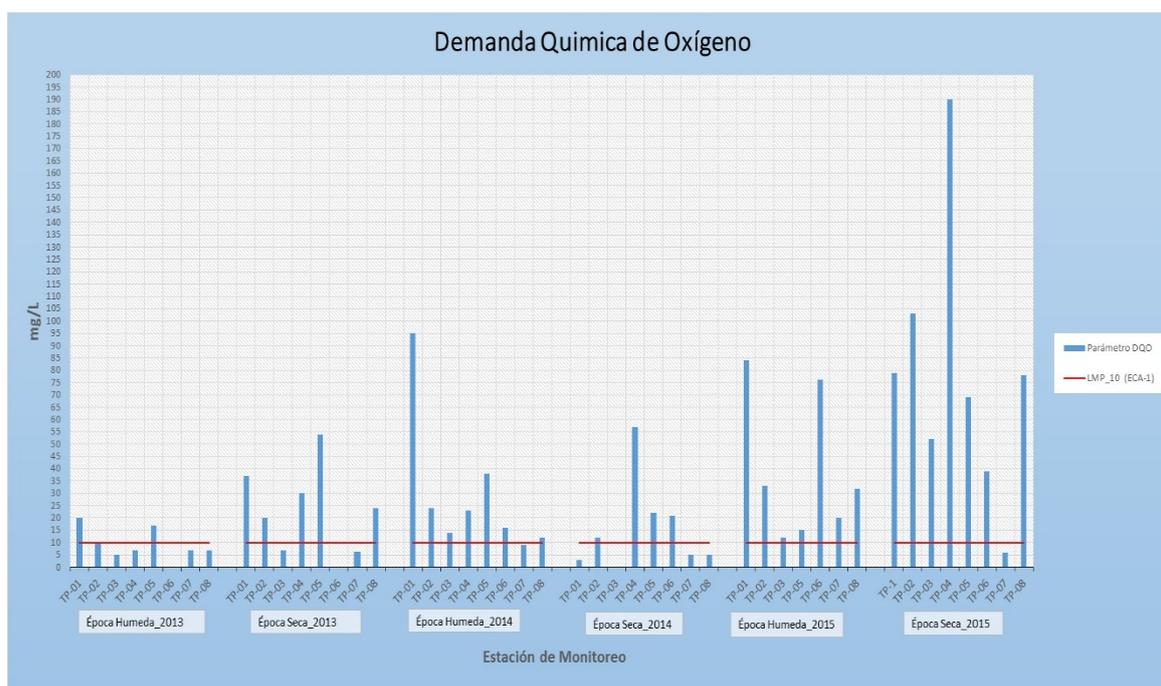
En el área de estudio de **Challouno**, se reportó que los pozos BH-1, BH-4 y BH-6 presentan valores de DQO que sobrepasan los ECA categoría 1, como resultado resaltante se puede mencionar que el pozo BH-1 presento un valor pico de 46 mg/L en la época seca del 2013.



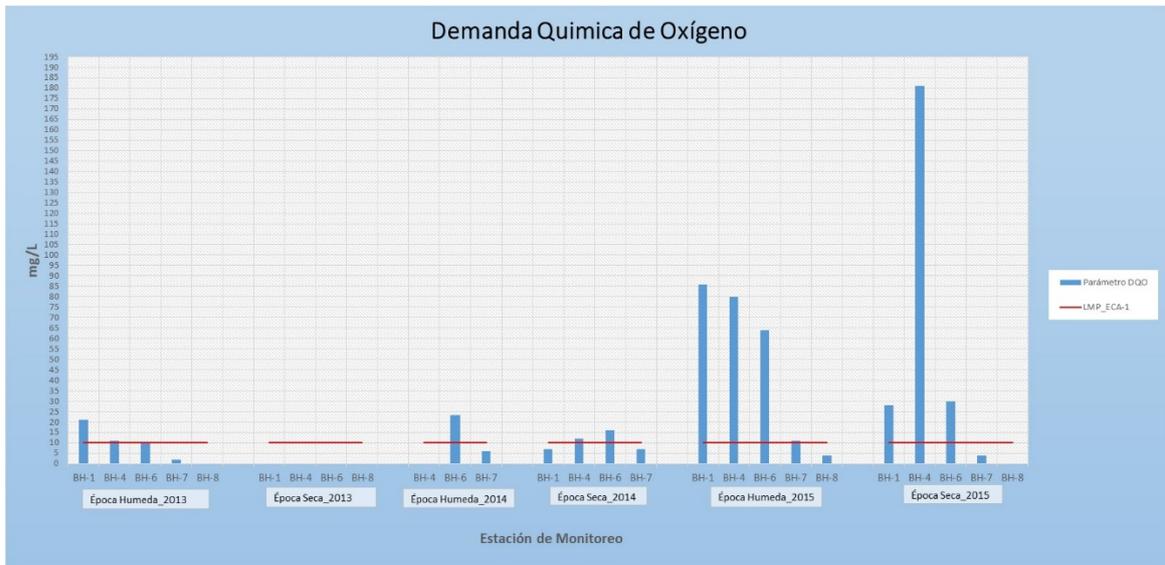
b. Demanda Química de Oxígeno

La DQO, es el parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua, se mide a partir de la cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene.

En el área de estudio **Oscocachi**, se reportó que los pozos TP-01, TP-02, TP-04, TP-05, TP-06 y TP-08 presentan valores de DQO que sobrepasan los ECA categoría 1 en todos los monitoreos de épocas secas y húmedas, como resultado resaltante se puede mencionar que único valor reportado históricamente en el pozo TP-04 presento un valor de 190 mg/L en la época seca del 2015.



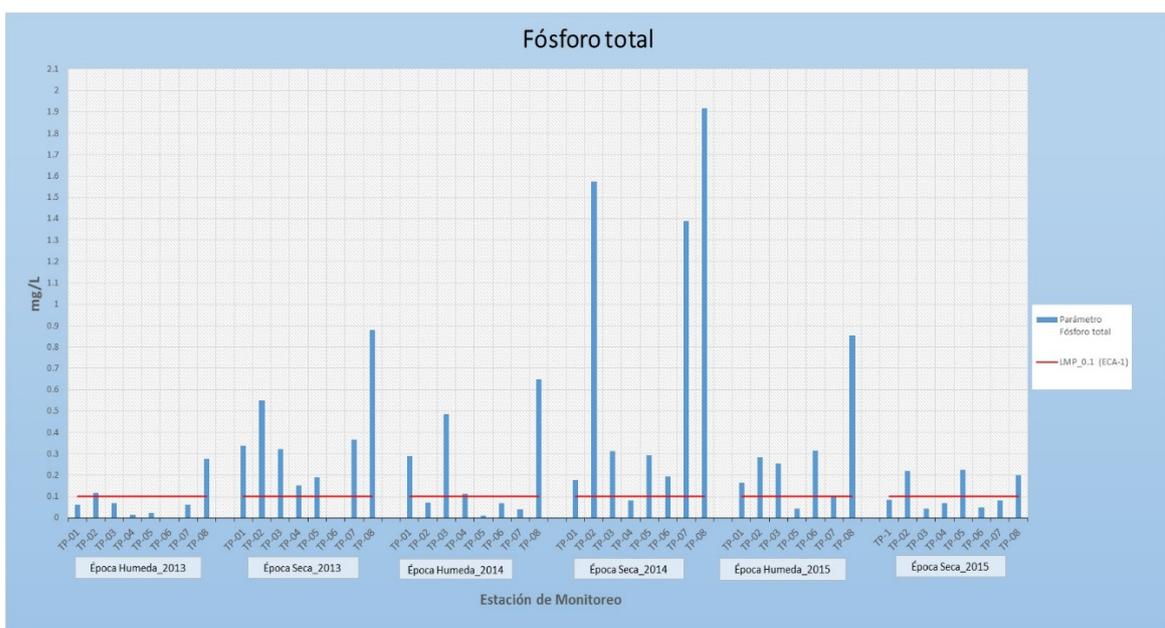
En el área de estudio de **Challuno**, se reportó que los pozos BH-4 y BH-6 presentan valores de DQO que sobrepasan los ECA categoría 1, como resultado resaltante se puede mencionar que el pozo BH-4 presento un valor de 181 mg/L en la época seca del 2013.



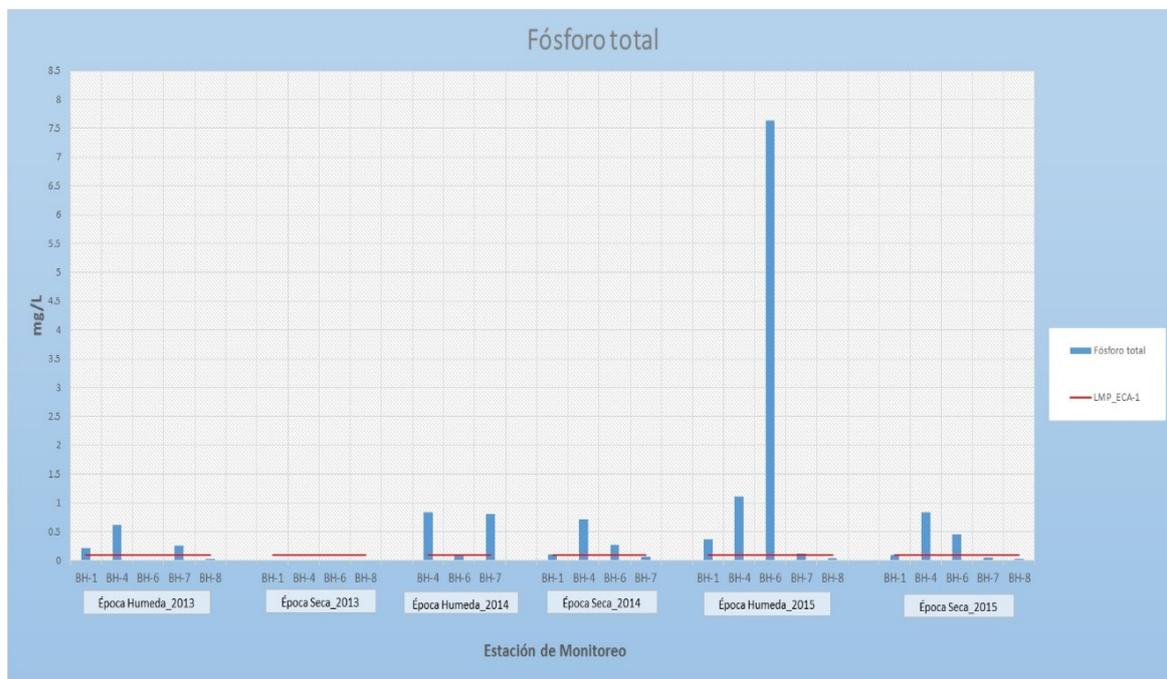
a. Fósforo total

El fósforo total generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas, la presencia en las aguas subterráneas se deben a la meteorización de las rocas ricas en fósforo las mismas que por las precipitaciones del área de estudio llegan a ser infiltradas a las aguas subterráneas.

En el área de estudio **Oscocachi**, se reportó que los pozos TP-02 presenta valores de fósforo total que sobrepasan los ECA categoría 1 en todos los monitoreos realizados, también se puede mencionar que se presenta un incremento en los reportes en las épocas secas de los 2013, 2014 y 2015, como resultado resaltante se puede mencionar que el pozo TP-08 presento un pico en el reporte con 1.9 mg/L en la época seca del 2015.

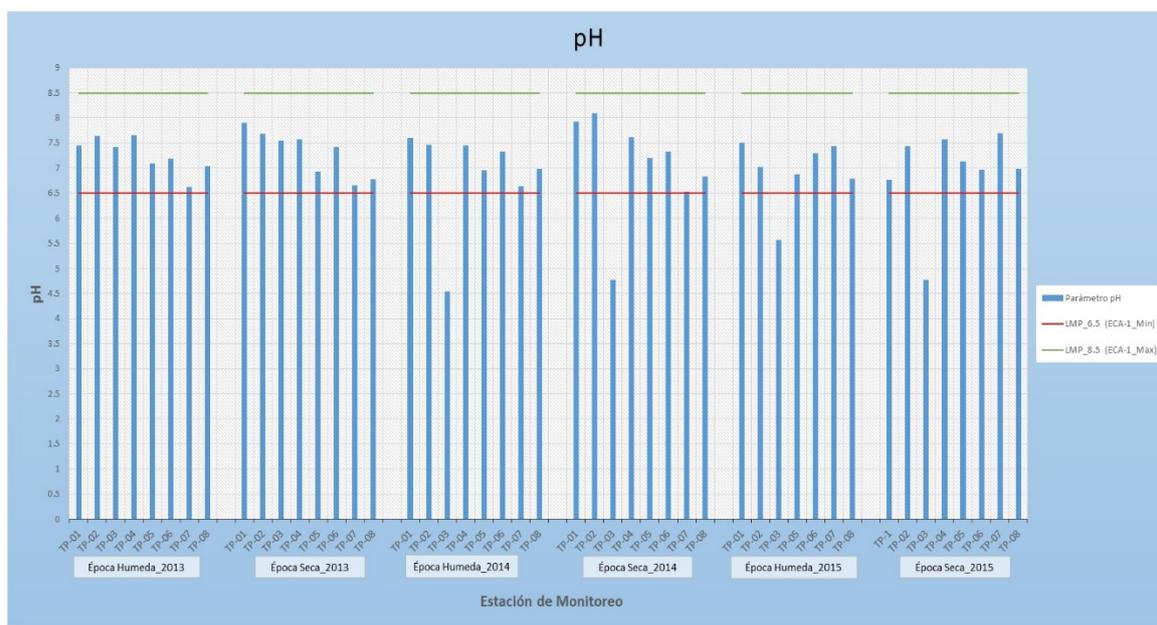


En el área de estudio de **Challouno**, se reportó que los pozos BH-1, BH-4 y BH-6 presenta valores de fosforo total que sobrepasan los ECA categoría 1 en todos los monitoreos realizados, como resultado resaltante se puede mencionar que el pozo BH-6 presento el valor pico en los monitoreos con 7.6 mg/L en la época húmeda del 2015.

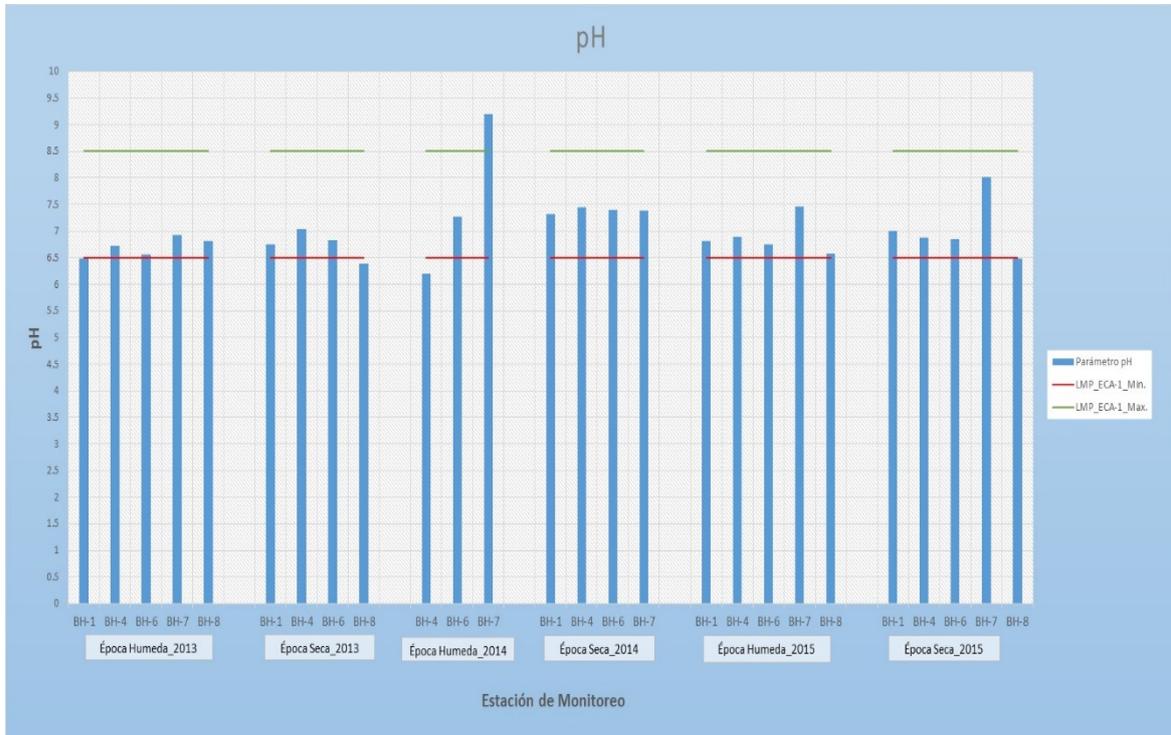


b. pH

En el área de estudio **Oscocachi**, de los valores de pH registrados, se puede observar que se tienen valores que sobrepasan los ECA categoría 1, se puede mencionar que el pozo TP-03 presenta valores con acides en los monitoreos del 2014 y 2015 en las épocas húmedas y secas, notándose una tendencia en el tiempo a la acides.



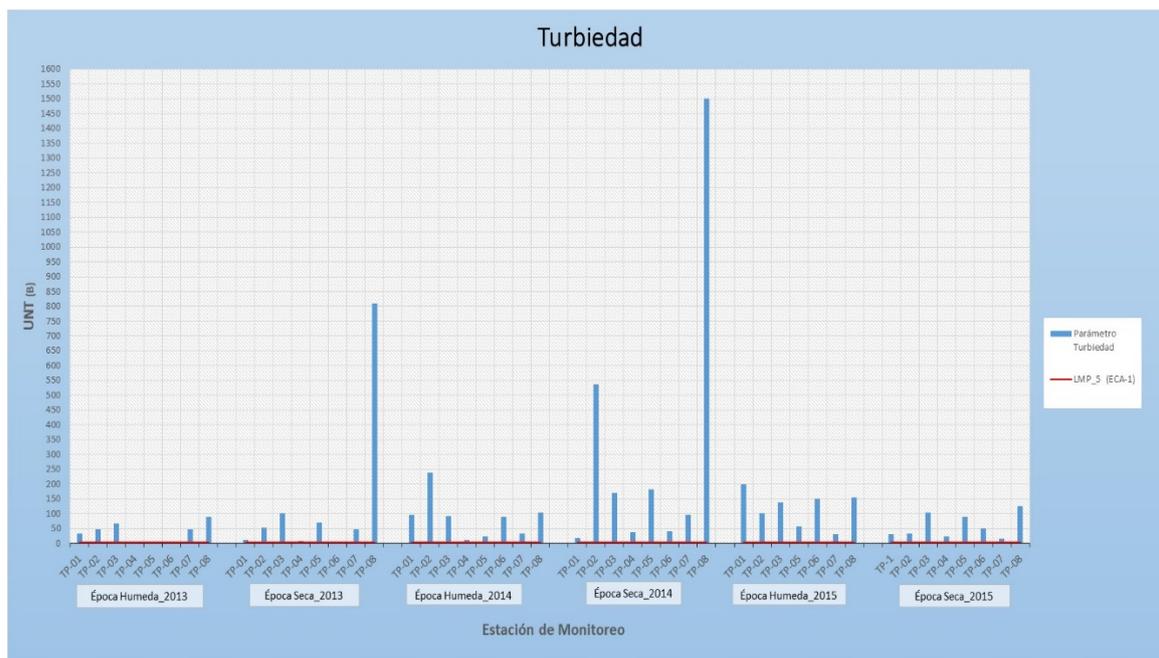
En el área de estudio **Challouno**, de los valores de pH registrados, se puede observar que se tienen valores que sobrepasan los ECA categoría 1, los pozos que presentan valores con acides son los pozos BH-08 del 2013 y el BH-4 del 2014, y el pozo con valor alcalino es el BH-7 en la época húmeda del 2014.



c. Turbiedad

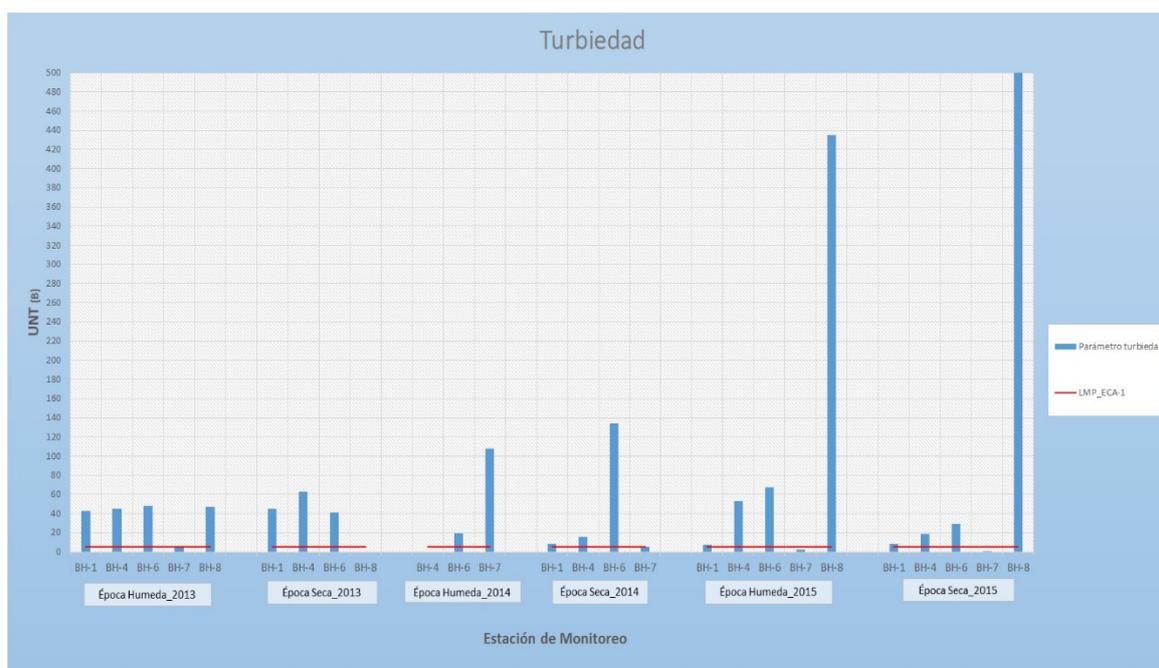
En el área de estudio **Oscocachi**, la turbiedad es el parámetro que sobrepasa los ECA categoría 1 en todos los monitoreo, este resultado se debe a que el acuífero de estudio en la parte superior se encuentra en depósitos coluviales, y en la parte inferior en contacto con la roca pizarra (formación ananea), estos sedimentos están conformados por partículas finas de sedimento de roca, que son arrastradas por las aguas subterráneas por medio de las estructuras de fracturas y fallas de la roca pizarra.

Se reportó que todos los pozos presentan valores de turbiedad que sobrepasan los ECA categoría 1, cabe mencionar que en el pozo TP-08 se registró un valor pico en comparación con los demás pozos de la microcuenca, esto se debe a que la ubicación de este pozo se encuentra en la parte baja del centro poblado de Ollachea y cerca de la carretera interoceánica.



En el área de estudio **Challouno**, la turbiedad es el parámetro que sobrepasan los ECA categoría 1 en todos los monitoreo, este resultado se debe a que el acuífero de estudio se encuentra en depósitos coluviales y aluviales, que están conformados por partículas finas de arcillas y sedimento que son arrastradas por las aguas subterráneas.

Se reportó que el pozo BH-1, BH-4, y BH-6 presenta valores de turbiedad que excede los ECA categoría 1 en todos los monitoreos, el BH-8 presenta un valor pico de 38200 UNT en el época seca del 2015.

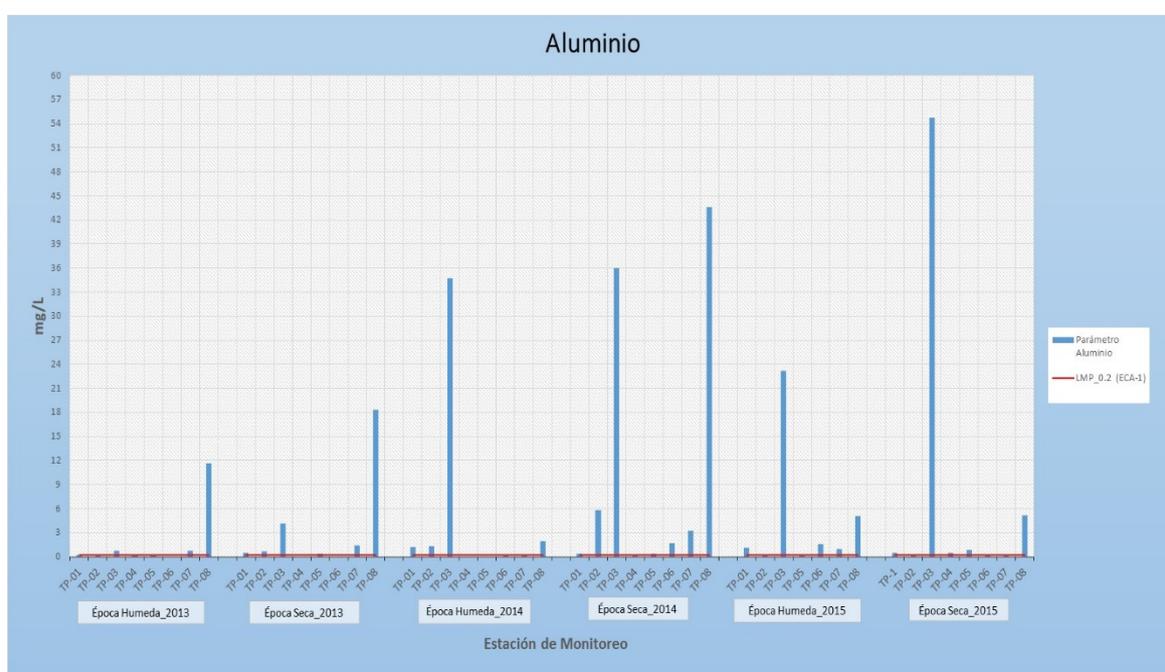


4.5.2 Parámetros inorgánicos

a. Aluminio

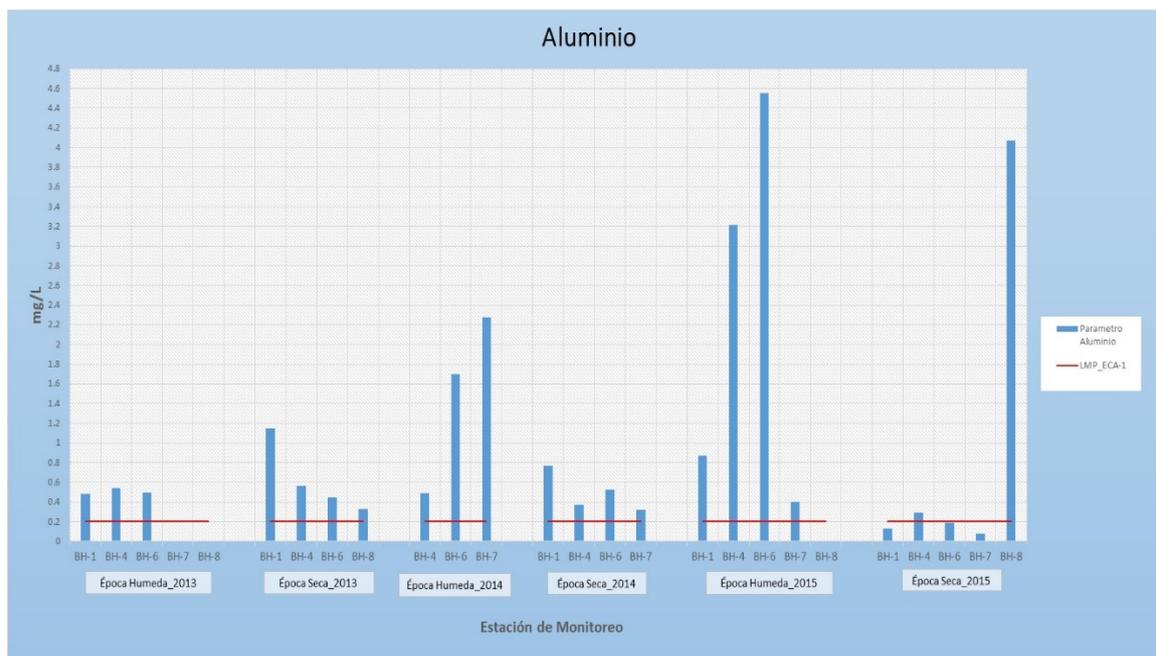
En el área de estudio **Oscocachi**, el aluminio es el elemento químico metálico que se encuentra presente en las micas que contienen silicatos de aluminio característico de la roca pizarra, también se presentan en las venillas de cuarzo mineralizado, como la moscovita que está asociado con micas y betas de mineral, el transporte de aluminio en las aguas subterráneas se realiza mediante las estructuras de fracturas y fallas propios de las roca pizarra.

Se reportó que los pozos TP-01, TP-03 y TP-08 presentan valores de aluminio que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, también se presenta algunos pozos que sobrepasan los valores permitidos sin ser constante en todo los monitoreos.



En el área de estudio **Challouno**, el aluminio es un mineral que se encuentra en la roca pizarra, presente en el silicato aluminico característico en los paquetes y venillas de cuarzo, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos, el desplazamiento de aluminio en las aguas subterráneas se realiza través de los medio poroso, propios de los depósitos coluviales y aluviales del área de estudio.

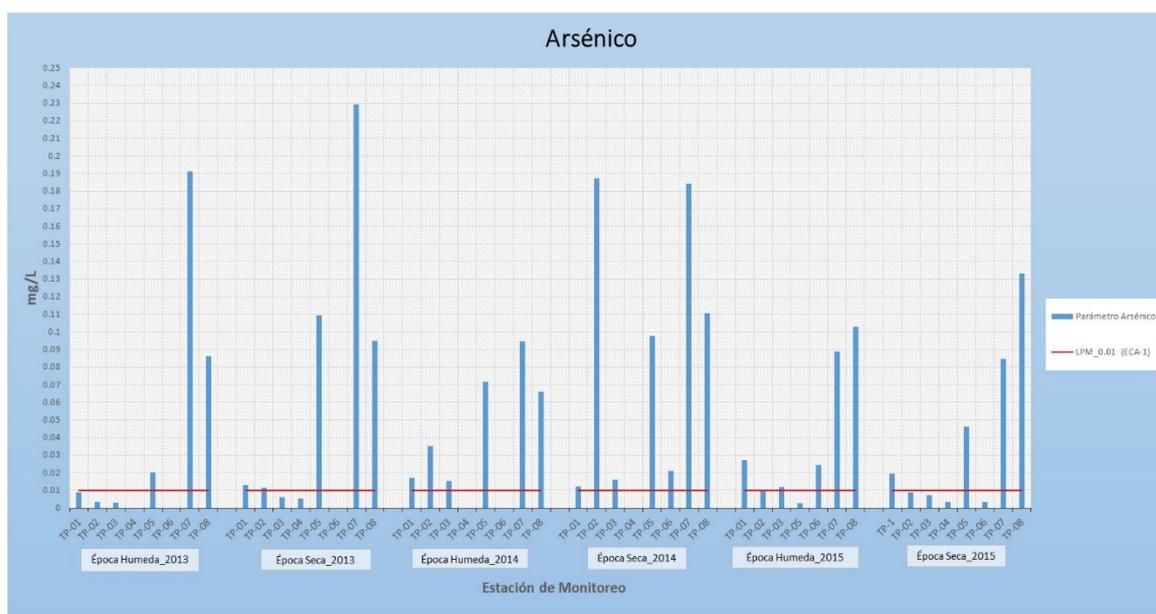
Se reportó que todos los pozos presentan valores de aluminio que sobrepasan los ECA categoría 1, cabe mencionar que el pozo BH-08 presenta un valor pico de 4.55 mg/L en comparación con los demás pozos del área de estudio.



b. Arsénico

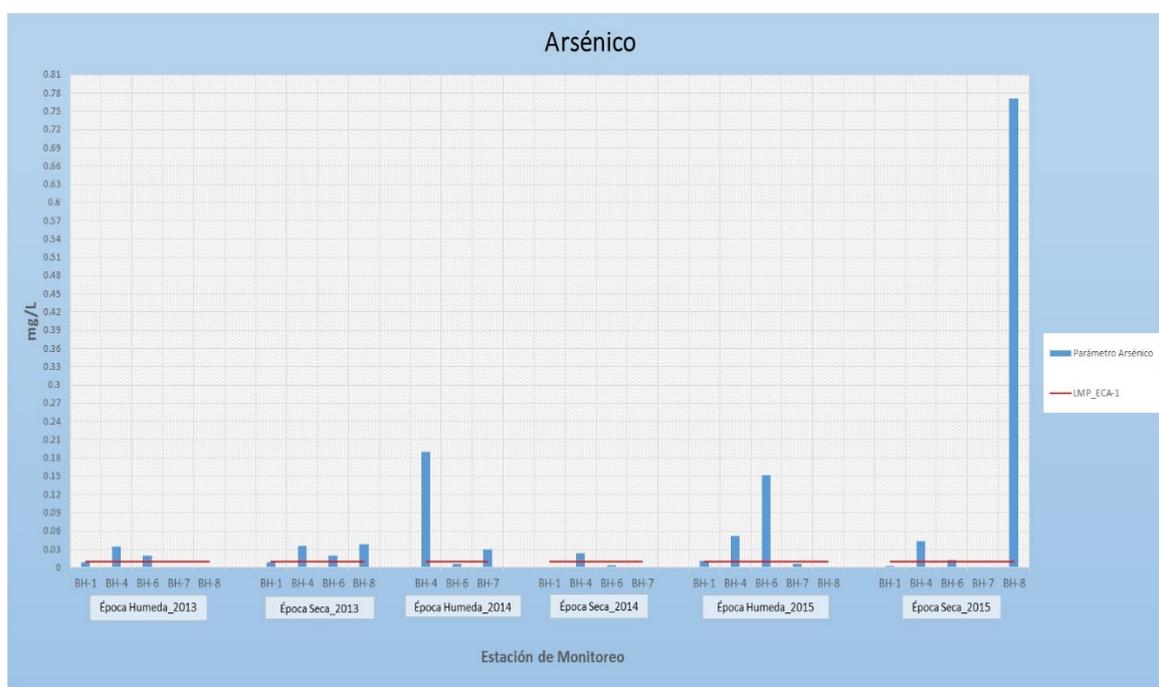
En el área de estudio de **Oscocachi**, el arsénico es el elemento que se encuentra presente en la arsenopirita característico en los paquetes y venillas de cuarzo propios de la roca pizarra, el transporte de arsénico en las aguas subterráneas se realiza mediante las estructuras de fracturas y fallas propias de la roca pizarra.

Se reportó que los pozos TP-01, TP-03 y TP-08 presentan valores de arsénico que sobrepasan los ECA categoría 1, en la épocas húmedas y secas, también se presenta algunos pozos que sobrepasan los valores permitidos sin ser constante en todo los monitoreos.



En el área de estudio de **Challouno**, el arsénico es un mineral que se encuentra en la roca pizarra, presente en el arsenopirita característico en los paquetes y venillas de cuarzo propios de la roca pizarra, la presencia de arsenico en la zona de Challouno se debe a la erosión de los afloramientos rocosos de las partes altas, que fueron precipitados hacia el depósitos coluviales del área de estudio, cuando estos minerales se disuelven, el desplazamiento de hierro en las aguas subterranas se realiza través de los medio poroso, propios de los depósitos coluviales y aluviales del área de estudio.

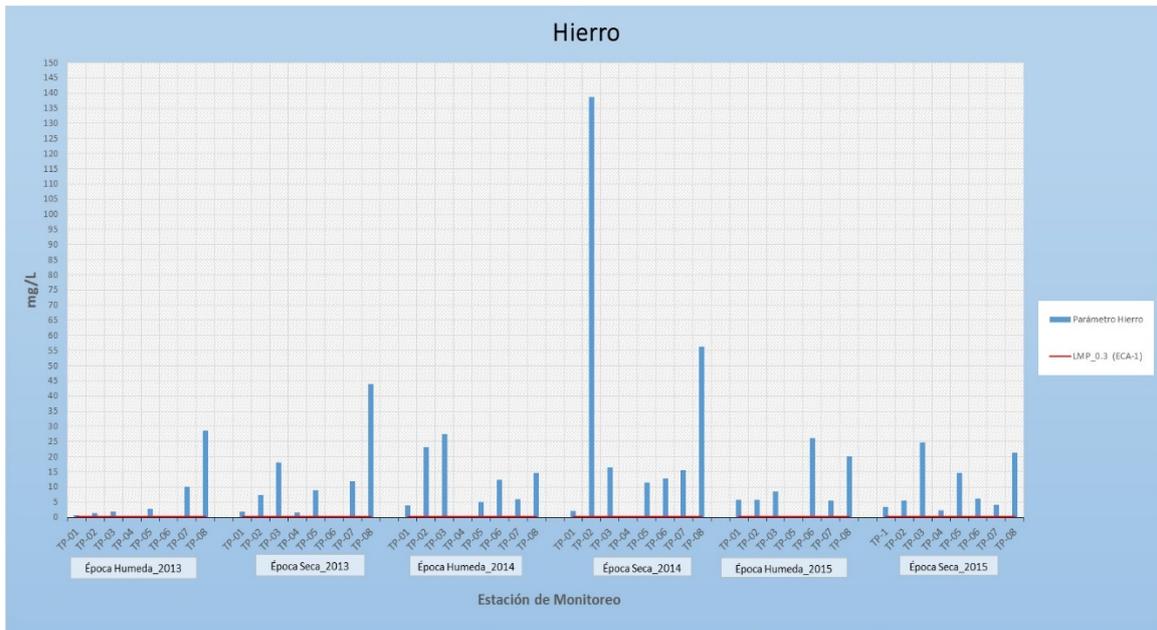
Se reportó que todos los pozos presentan valores de arsénico que sobrepasan los ECA categoría 1, se debe mencionar que el pozo BH-08 presenta un valor pico de 0.77mg/L en comparación con los demás pozos del área de estudio.



c. Hierro

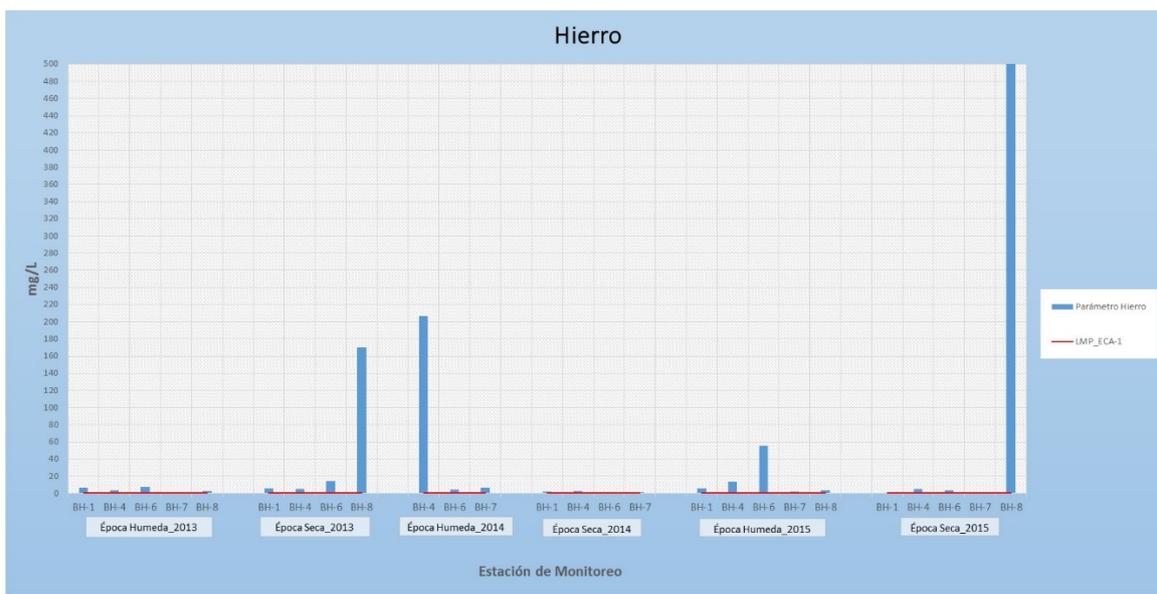
En el área de estudio de **Oscocachi**, el hierro es el elemento que se encuentra presente en la pirita (constituido por sulfuro de fierro), mineral que se encuentra en la roca pizarra del área de estudio, el transporte del hierro en las aguas subterranas se realiza mediante las estructuras de fallas y fracturas del área de estudio.

Se reportó que los pozos TP-01, TP-02, TP-03, TP-05, TP-07 y TP-08 presentan valores de hierro que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, también se puede mencionar que el pozo BH-8 presento un valor pico de 138.6 mg/L en la época seca del 2014.



En el área de estudio de **Challouno**, el hierro elemento que se encuentra en la piritita (constituido por sulfuro de hierro), mineral que se encuentra en la roca pizarra, la presencia de hierro en la zona de Challouno se debe a la erosión de los afloramientos rocosos de las partes altas hacia el depósitos coluviales del área de estudio, cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, el desplazamiento de hierro en las aguas subterráneas se realiza través de los medio poroso, propios de los depósitos coluviales y aluviales del área de estudio.

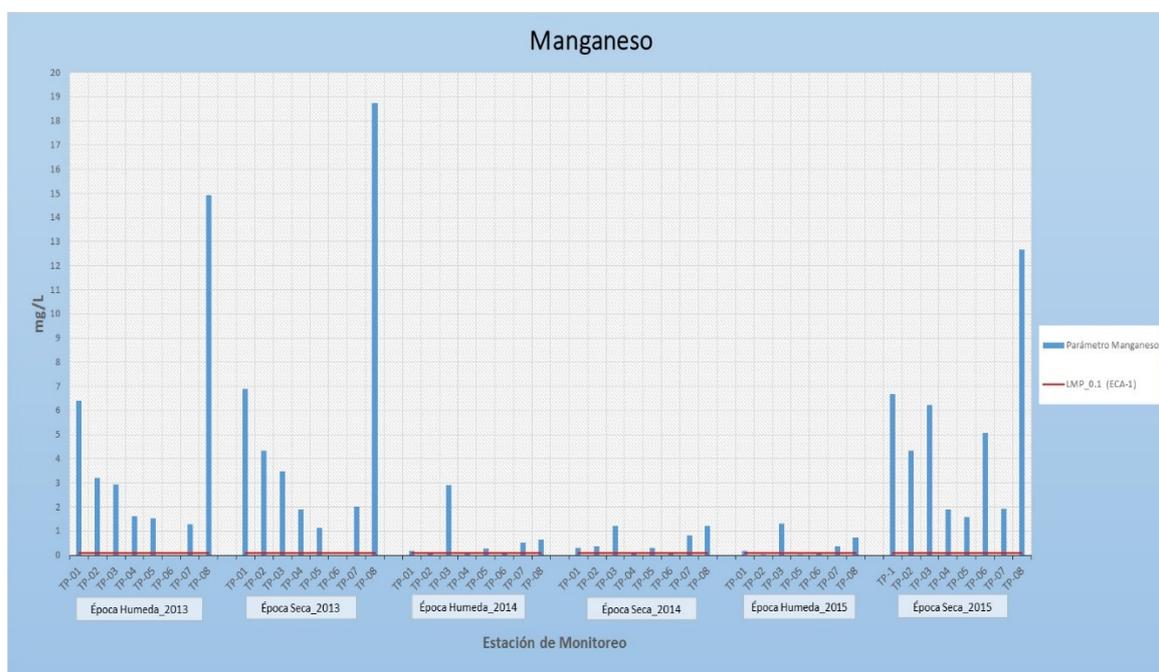
Se reportó que los pozos BH-1, BH-4, BH-6 y BH-8, presentan valores de hierro que sobrepasan los ECA categoría 1, también se puede mencionar que el pozo BH-8 presento un valor de 2564 mg/L en la época seca del 2015.



d. Manganeso

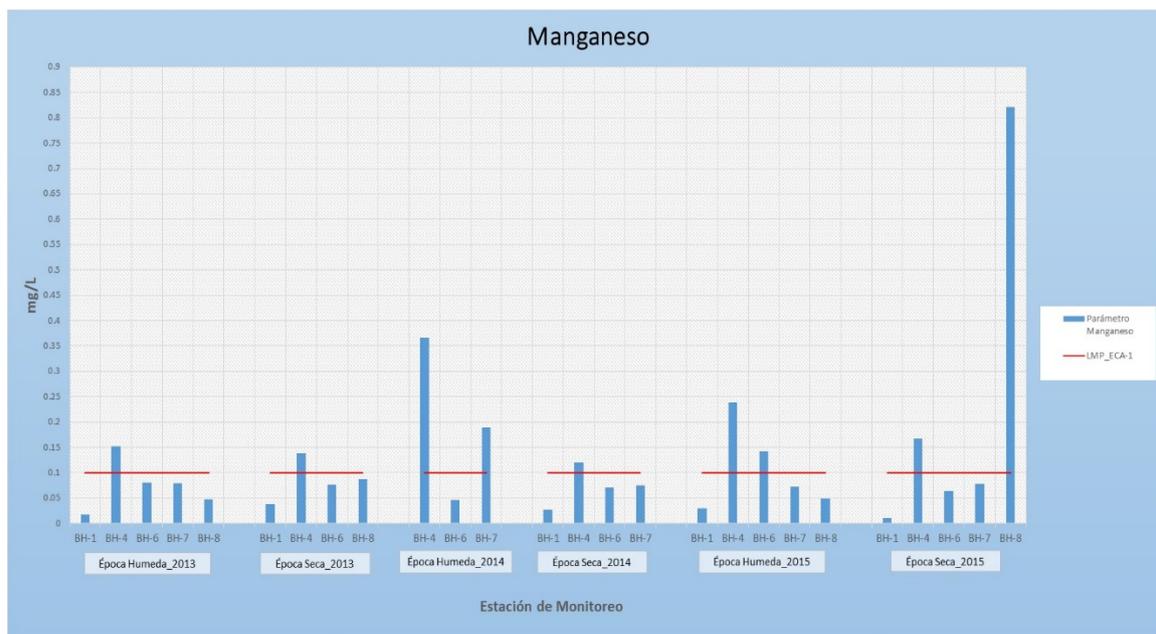
En el área de estudio de **Oscocachi**, el manganeso es el elemento que se encuentra presente en la roca pizarra (formación ananea) del área de estudio, el transporte del manganeso se realiza por el contacto en las aguas subterráneas con la roca pizarra, el transporte de las aguas subterráneas se realiza mediante las estructuras de fracturas y fallas del área de estudio.

Se reportó que los pozos TP-03, TP-05, TP-07, y TP-08 presentan valores de manganeso que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, también se puede mencionar que los resultados de las campañas de monitoreo época seca, época húmeda del 2014 y época húmeda del 2015 presentaron una disminución en los valores de manganeso, incrementando los valores en la campaña de época seca del 2015 en todos los puntos de monitoreo.



En el área de estudio de **Challouno**, el manganeso es el elemento que se encuentra en la roca pizarra que contiene manganeso en su composición, la presencia de manganeso en la zona de Challouno se debe a la erosión de los afloramientos rocosos de las partes altas hacia el depósitos coluviales del área de estudio, cuando estos minerales se disuelven, pueden ser desplazados a través de los medios porosos por las aguas subterráneas que están conformado por depósitos coluviales y aluviales del área de estudio.

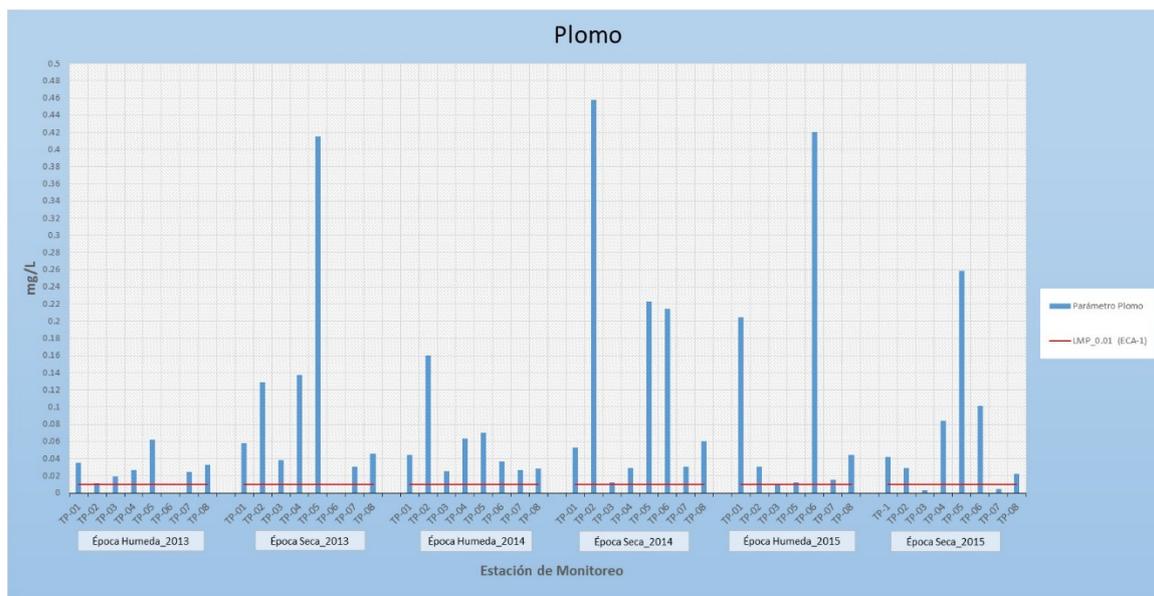
Se reportó que el pozo BH-4 presenta valores de manganeso que sobrepasa los ECA categoría 1 en todos los monitoreos de épocas secas y húmedas, también se debe mencionar que un valor pico reportado de 0.82 mg/L en el pozo BH-8 en la época seca del 2015.



e. Plomo

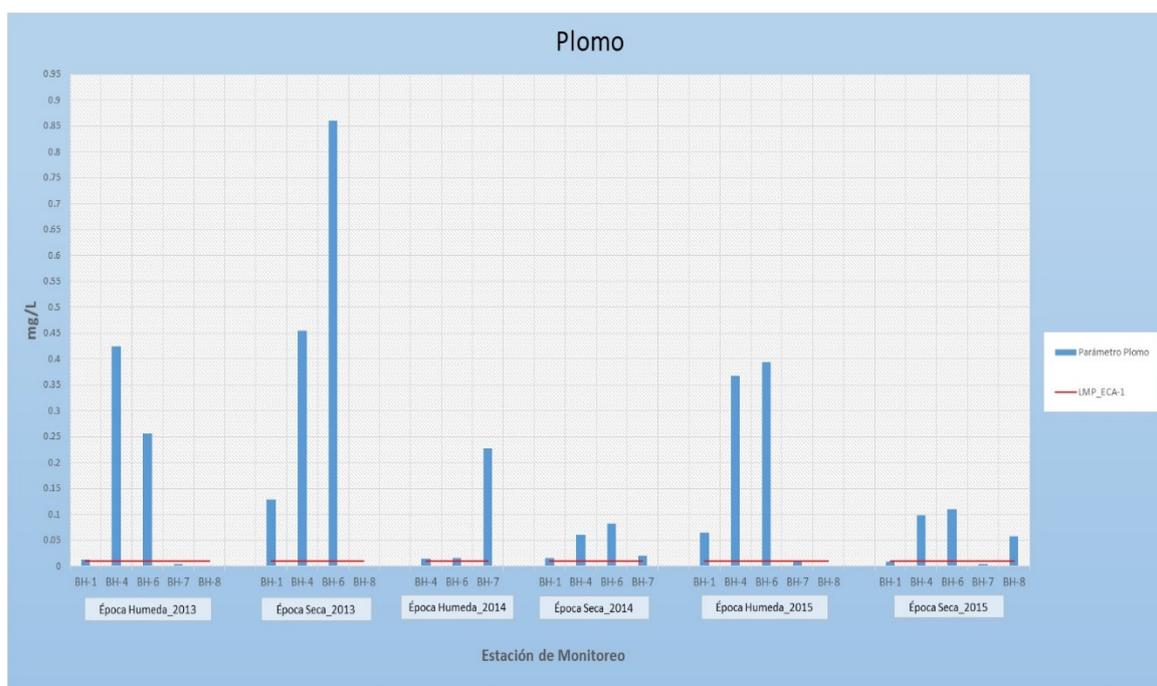
En el área de estudio **Oscocachi**, el plomo es el elemento que se encuentra presente en los paquetes o venillas de cuarzo, este se encuentra como sulfuro de plomo o galena, el transporte por la aguas subterráneas se realiza como sulfato de plomo que es más liviano y puede ser fácilmente transportado, por medio de las estructuras de fracturas y fallas del área de estudio.

Se reportó que todos los pozos de la microcuenca Oscocachi presentan valores de magnesio que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, de debe mencionar que los resultados de las épocas secas presentan valores más altos, por lo que esta contaminación de las aguas subterráneas estaría relacionado con la disminución de caudal subterráneo.



En el área de estudio **Challouno**, el plomo es el elemento que se encuentra en la composición de la roca pizarra, la presencia de plomo en la zona de Challouno se debe a la erosión de los afloramientos rocosos de las partes altas hacia el depósitos coluviales del área de estudio, cuando estos minerales se disuelven, pueden ser desplazados a través de los medios porosos por las aguas subterráneas del área de estudio, que están conformado por depósitos coluviales y aluviales.

Se reportó que el pozo BH-4, se presentan valores de arsénico que sobrepasan los ECA categoría 1 en todos los monitoreos realizados, también se presenta en los pozos BH-6 y BH-8 que reportan algunos valores que sobrepasan los valores permitidos, cabe mencionar que el pozo BH-8 presento un valor pico de 0.77 mg/L en la época seca del 2015, en comparación a los demás pozos.

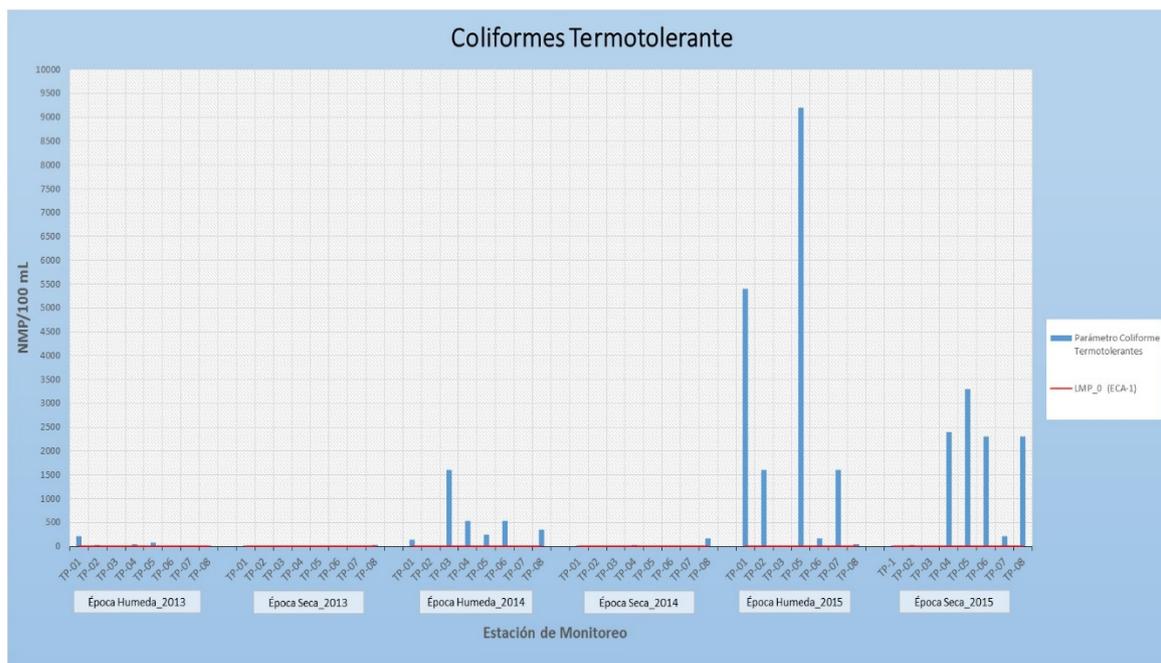


4.5.3 Parámetros microbiológicos

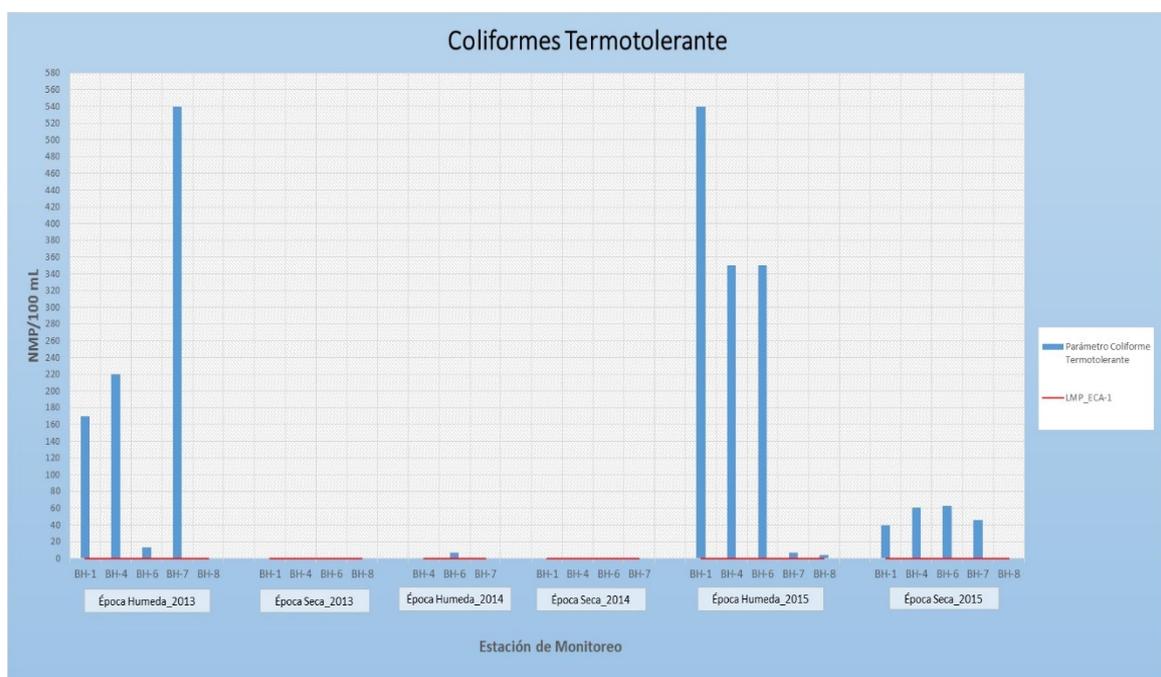
a. Coliformes Termotolerante

Son un grupo de bacterias donde la mayoría no son un peligro para a la salud humana. Sin embargo, esta bacteria no está naturalmente presente en las aguas subterráneas, la presencia de este parámetro se debe a la baja circulación y conductividad de algunos pozos que producen estancamiento en las aguas subterráneas, que podría ser generadoras de coliformes termotolerantes.

En el área de estudio **Oscocachi**, se reportó que se presentan valores de coliformes termotolerantes que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, estos valores tienen un incremento en los dos últimos monitoreos, época húmeda 2015 y época seca 2015, donde podemos concluir que se tiene una tendencia al incremento de valores para este parámetro.



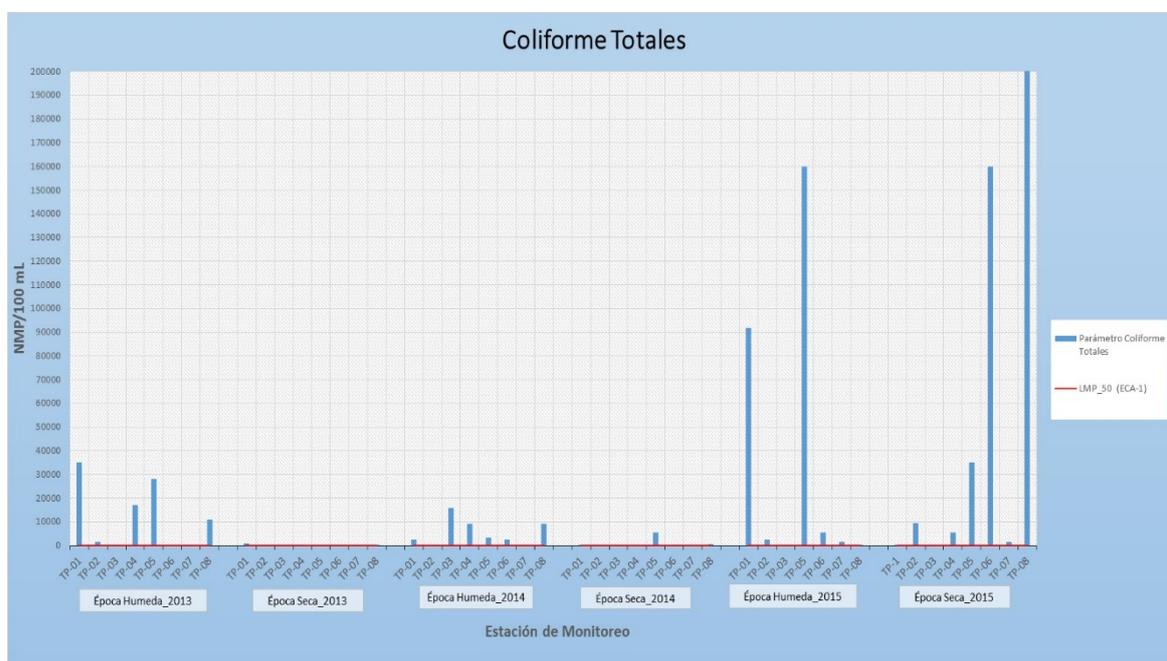
En el área de estudio **Challouno**, se reportó que se tiene presencia del parámetro coliformes termotolerantes que sobrepasan los ECA categoría 1, en la época húmeda del 2013 y 2015 en los pozos BH-1, BH-4, BH-6 y BH-7 y en la época seca del 2015, BH-1, BH-4, BH-6 y BH-7, se reportó un valor pico de 540 NMP/100 mL. En el pozo BH-1 del 2015.



b. Coliformes Totales

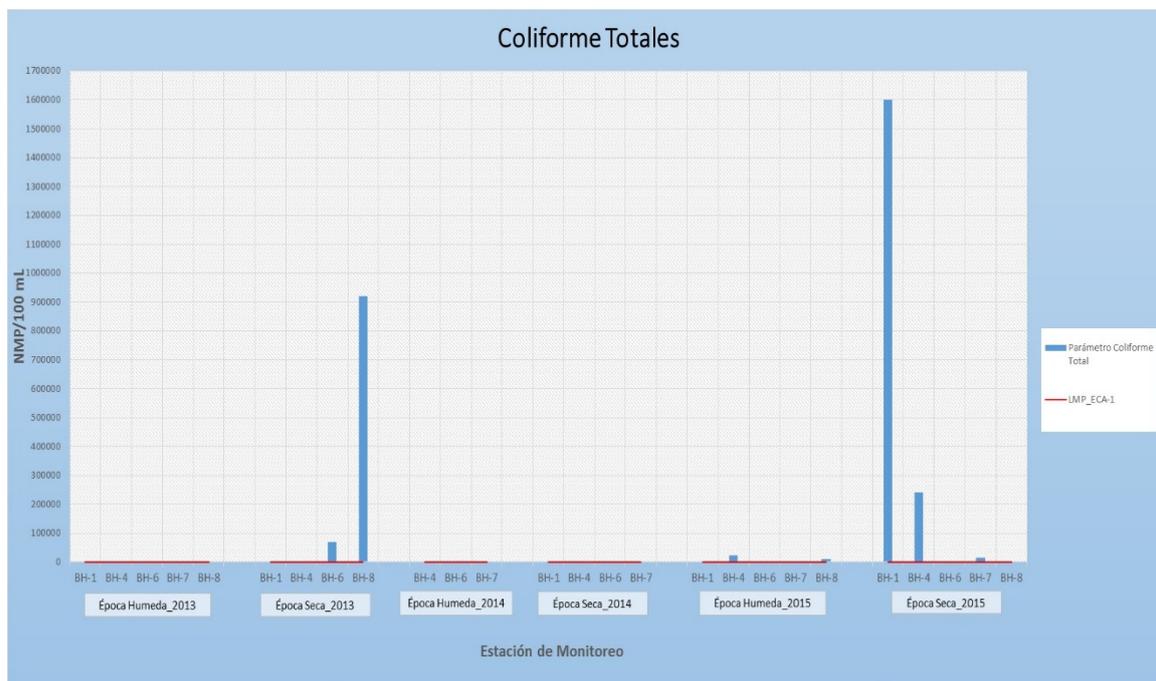
Son un grupo de bacterias donde la mayoría no son un peligro para a la salud humana. Sin embargo, esta bacteria no está naturalmente presente en las aguas subterráneas, la presencia de este parámetro se debe a que en las áreas de investigación se tiene la presencia de algunas letrinas alrededor de los pozos, que podría ser generadoras de coliformes fecales.

En el área de estudio **Oscocachi**, se reportó que el pozos TP-05 presenta valores de coliformes totales que sobrepasan los ECA categoría 1 en las épocas húmedas y secas, también se puede mencionar que se tiene un incremento de los valores en las épocas húmedas, el pozo BH-8 presento un valor pico de 700000 NMP/100 ml. en la época seca del 2015.



En el área de estudio **Challouno**, se reportó que se tiene presencia del parámetro coliformes totales que sobrepasan los ECA categoría 1, en la época seca del 2013 en los pozos BH-6 y

BH-8 y en la época seca del 2015 BH-4 y BH-1, en este último se tiene un valor pico de 1600000 NMP/100 mL.



V.- CONCLUSIONES

A continuación se enumeran las conclusiones más relevantes de la investigación hidrogeológica e hidroquímica en el ámbito del distrito de Ollachea.

- El área de investigación, según la geología local indica que la formación Ananea está constituida principalmente por pizarras, siendo esta la segunda en extensión de área el cual se encuentra en el sector de Oscocachi. Por otro lado el sector Challouno se encuentra en la formación Sandia de mayor extensión, cuya litología está constituida principalmente de pizarras y areniscas cuarzosas, además de depósitos Coluviales y aluviales.
- Como caracterización hidrogeológica del área de estudio podemos mencionar que la recarga de las áreas de investigación proviene de las microcuena Oscocachi, y la microcuena Cuncurchaca. El comportamiento del nivel de agua subterránea en el área de Oscocachi se distingue dos sectores; en el sector de Oscocachi parte alta tiene una variación promedio de 46.04 m., y en el sector de Oscocachi cercanos al río del mismo nombre, la profundidad promedio es de 6.81 m., del mismo modo en el sector Challouno el nivel de agua subterráneas la variación promedio es de 12.44 m. El flujo de agua subterránea, en el área de Challouno, se dirige predominantemente de Este-Oeste en dirección al río Ollachea, y en el área de estudio Oscocachi, la dirección de flujo es Este-Oeste (margen derecho de la microcuena y Oeste-Este margen izquierda de la microcuena) hacia el río Oscocachi.
- El análisis hidrogeoquímico de las aguas subterráneas muestran que los puntos evaluados cercanos al río Oscocachi presentan concentraciones que sobrepasa el valor permitido como, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de Oxígeno, Fosforo Tota, pH, Turbiedad, Aluminio, Arsénico, Hierro, Manganeso, plomo, Coliformes Termotolerantes, coliformes Totales.

VI.- RECOMENDACIONES

- Continuar con el registro de los niveles de agua de los piezómetros en los dos sectores (Oscocachi y Challouno) y plantear ubicación de nuevos piezómetros con mayores profundidades
- Monitorear continuamente el caudal de los ríos Ollachea, Oscocachi y Cuncurchaca, con fines de determinar la esorrentía de las cuenca y microcuencas mencionadas
- Se recomienda continuar con los monitoreos de calidad de agua subterránea en las dos áreas de investigación, intercuenca Challouno y parte baja de la microcuenca Oscocachi.

VII.- BIBLIOGRAFIA

1. Aliaga A. “Hidrología Estadística”, Lima – Perú 1985. 328p.
2. Aliaga A. “Tratamiento de datos Hidrometeorológicos”, Lima – Perú, 1983. 184p.
3. Bayó, A. (1991). Hidrogeología de cuencas sedimentarias, hacia una concepción integral. En: CIHS Hidrogeología, estado actual y prospectiva. CIMNE, Barcelona.
4. Cabrera, M:C: & Custodio, E. (2004). Groundwater flow in a volcanic – sedimentary coastal aquifer telme area, Gran Canaria, Canary
5. Island, Spain Hydrogeology Journal. Vol 12, number 3. IAH-AIH Springe Verlag.
6. Custodio E. y Llamas M.R. (1983). Hidrogeología subterránea. Editorial Omega. Volumen I y II Barcelona.
7. Castany G. (1971). Tratado practico de las aguas subterráneas. Editorial Omega. Barcelona.
8. Chereque W. M. 1991, “Hidrología para Estudiantes de Ingeniería”, Obra auspiciada por CONCYTEC – PUCP-Lima Perú (Segunda Impresión), 398p.
9. FCIHS (Fundación Centro Internacional de hidrología Subterránea, ES) (2009), Editorial Artes gráficas torres. Barcelona.
10. Garrido R:, Gonzales, A. y Carrasco, R. (1997). Hidroquímica de las aguas de balneario el Manzano (Almonaster la Real Huelva) Hydrogeology of hard rocks PI 25-133, IAH-GE Madrid.
11. Heras R. (1972) Manual de hidrología. DGOH y CEH. Instituto de Hidrogeología, Madrid.
12. Krásny (1997). Metodología de estimación regional en el medio de rocas duras. Hydrogeology of hard rocks P3-14, IAH_GE. Madrid
13. Luis M. Molinero (Alce Ingeniería). Enero 2004.
14. Meier M; Sanchez – Vila, X. y Carrera, J(1997). On the relation between transmissivity and specific capacity in fractured rocks, hydrogeology of hard rocks P41-54, IAH-GE, Madrid
15. Mejia Gomez,G. y Sandoval, R. (2004). Uso del agua subterránea en la región acuífera irapuoto – Valle del Santiago, Mexico y su impacto sobre el sistema

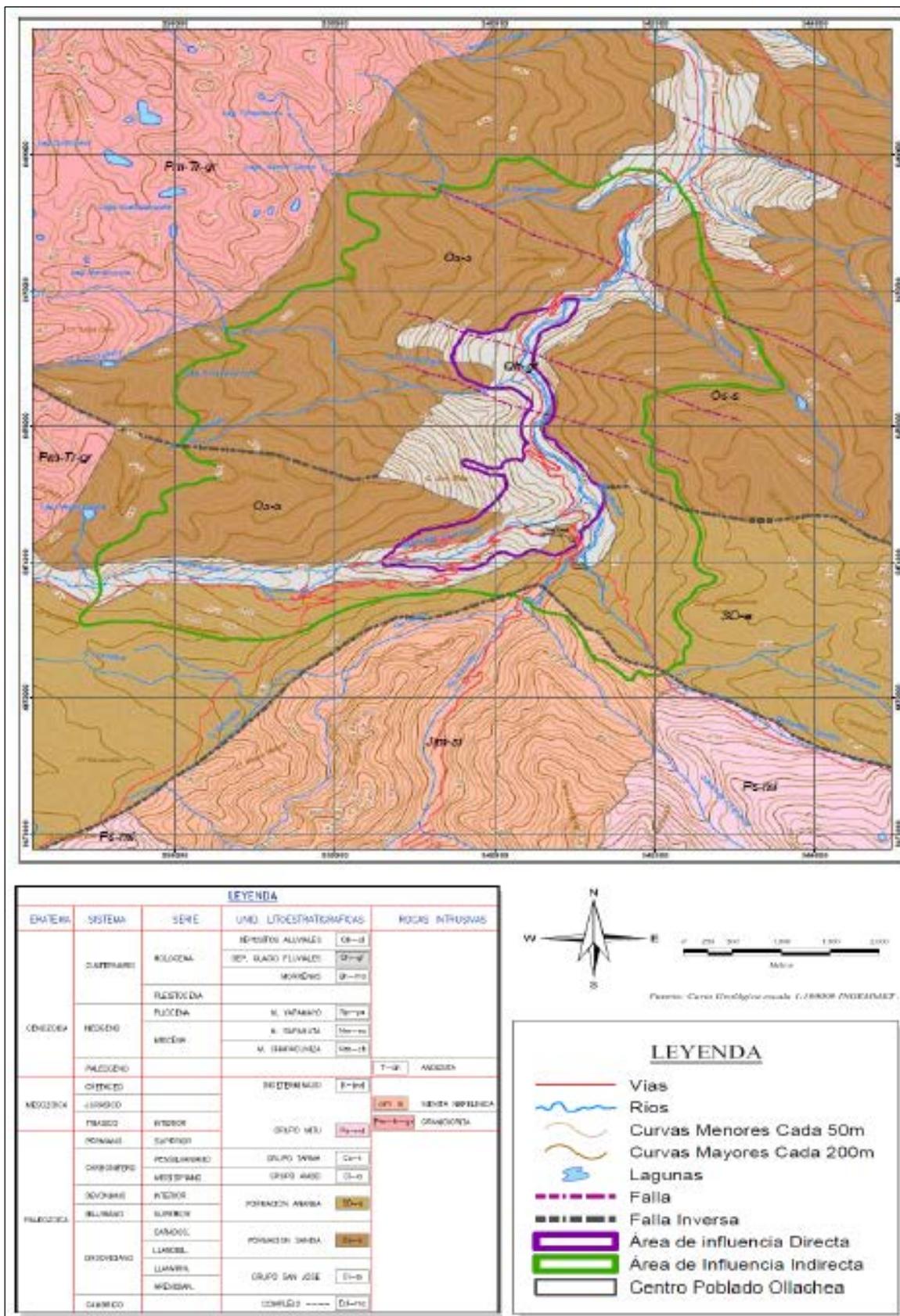
- hidrogeológico. Boletín Geológico y Minero, pp311-318 Número especial 2004, vol.115 IGME Madrid.
16. Molina, M.A.; Casas S.; Martín, G; Suso, J (1997). Estudio hidrogeológico en rocas graníticas metodología e interpretación de resultados, Hydrogeology of hard rocks . P135-148. IAH-GE. Madrid.
 17. UNESCO, ROSTLAC “Guía metodología para la elaboración de balance Hídrico de América del Sur”, 1982. 130p.
 18. VILLÓN MÁXIMO, “Hidrología Estadística”, segunda edición Enero de 2002 Lima-Perú.
 19. Ven Te Chow, Maidment D. R. Mays L.W. Hidrología aplicada. McGraw Hill. New York, NY.

ANEXOS

ANEXOS 1

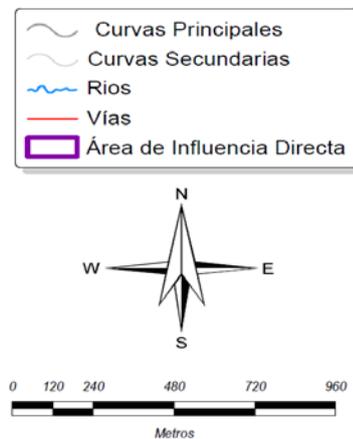
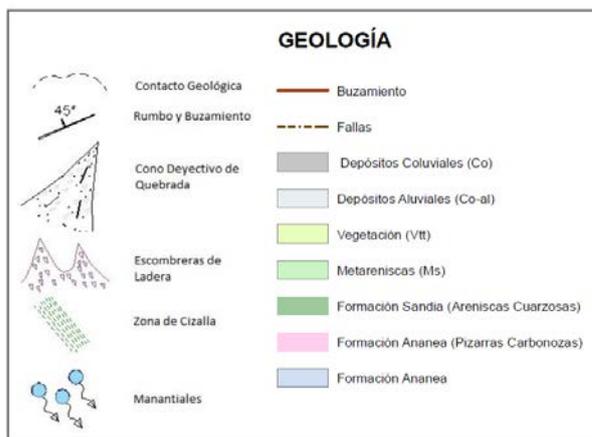
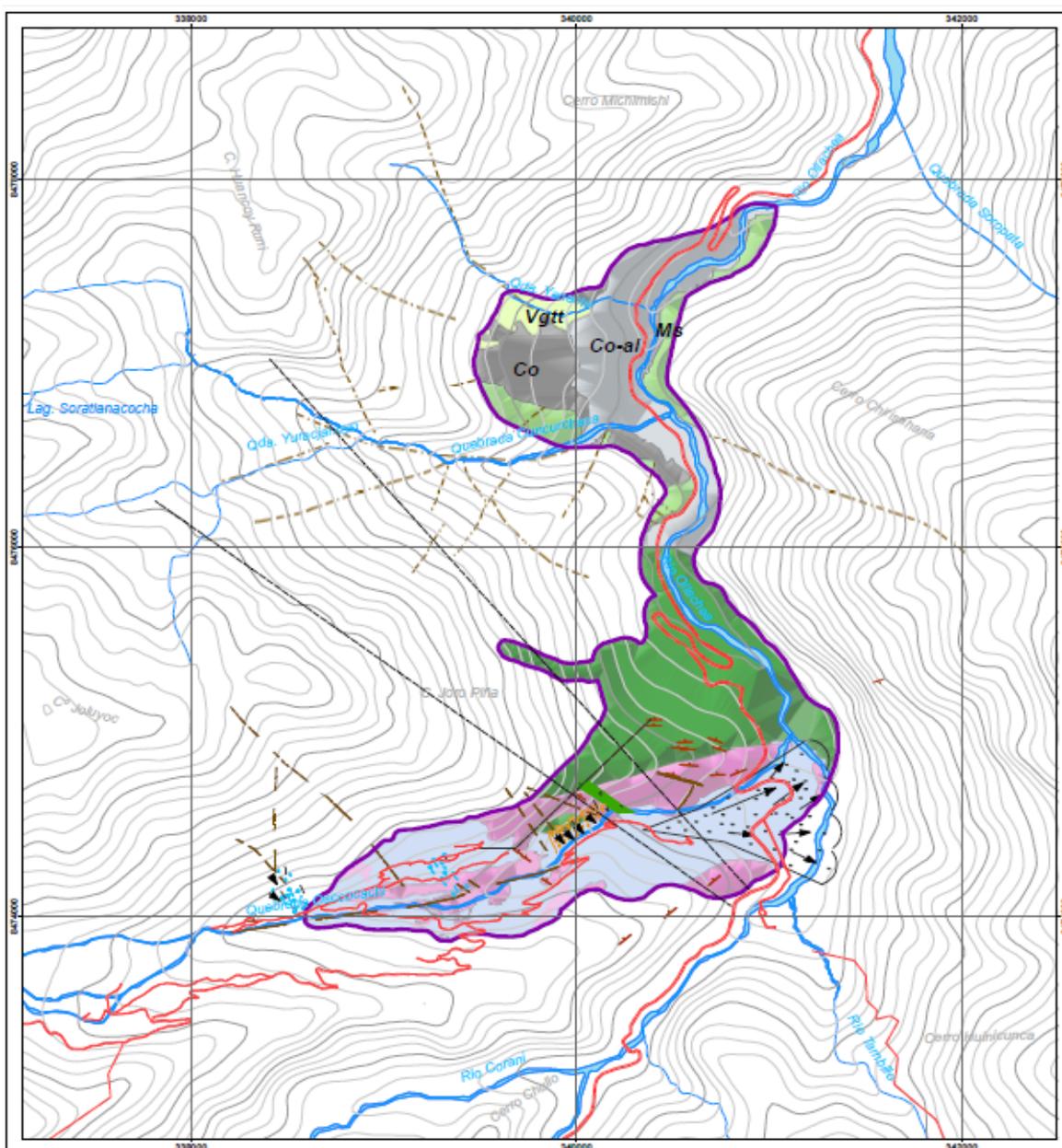
Mapas geológico regional y local

Anexo 1.1: Mapa geológico regional



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 1.2: Mapa geológico local

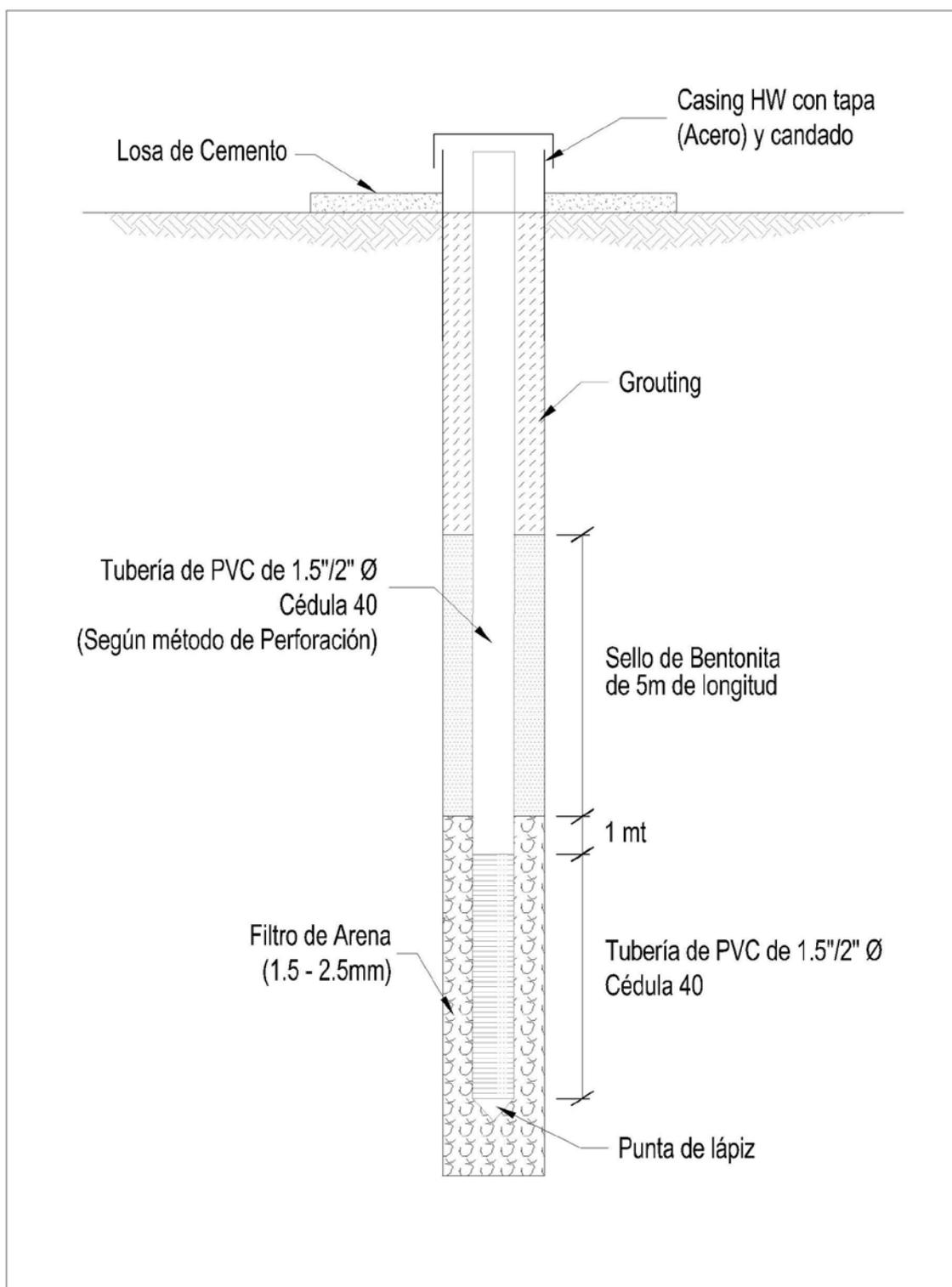


Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS 2

Perfil de pozos instalados en el ámbito de estudio

Anexo 2.1: Perfil de pozos instalados en el ámbito del estudio



Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS 3

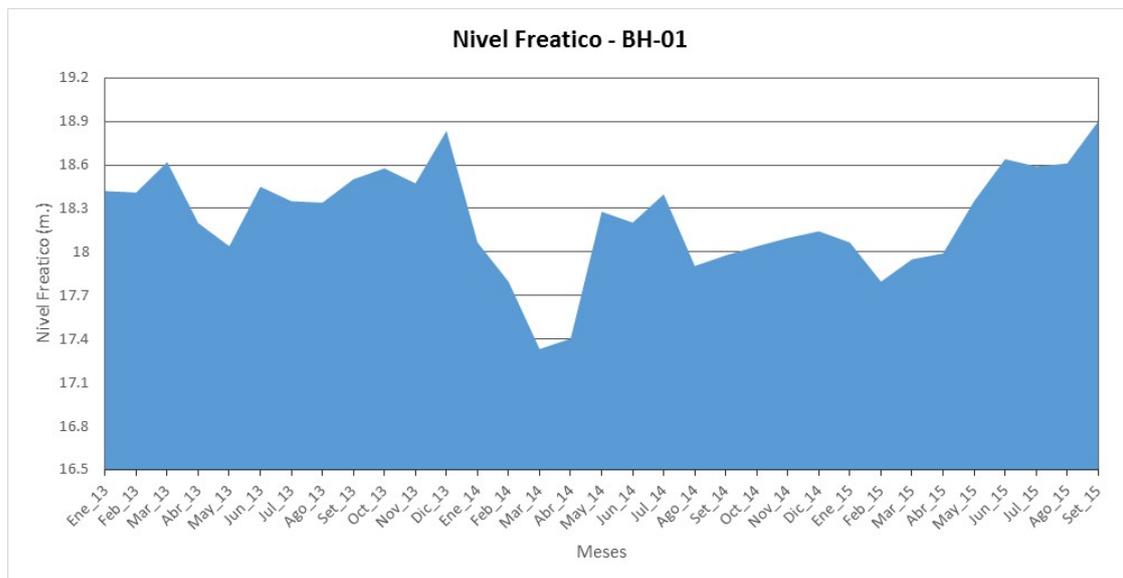
**Análisis de hidrogramas de niveles de aguas subterráneas en la
intercuenca Challouno y parte baja de la microcuenca Oscocochi en los
años 2013 al 2015**

Anexo 3.1: Análisis de hidrogramas de niveles freáticos de intercuenca Challouno en los años 2013 al 2015 en los pozos de observación BH-1, BH-4, BH-6, BH-7 y BH-8.

Nivel Freatico BH-1 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Challouno	Ubicación :	Este	340331	Departamento :	Puno
Código de pozo	BH-1		Norte	8475343	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2701	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	18.42	18.41	18.62	18.2	18.04	18.45	18.35	18.34	18.50	18.58	18.47	18.84
2014	18.07	17.80	17.33	17.40	18.28	18.20	18.40	17.90	17.98	18.04	18.10	18.14
2015	18.07	17.80	17.95	17.99	18.35	18.64	18.59	18.61	18.90			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro BH-1

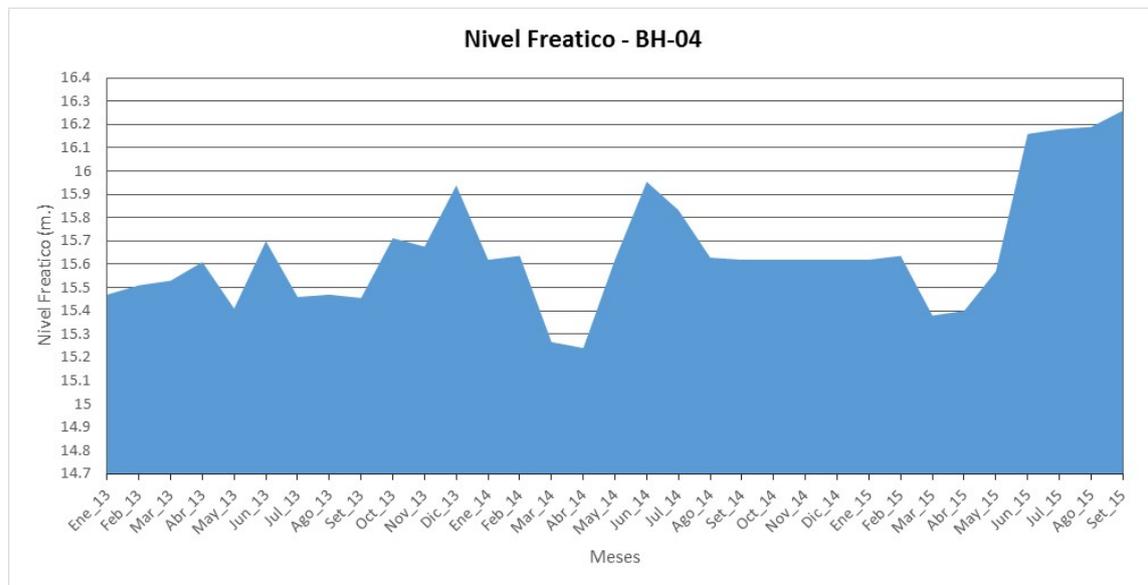
En el presente hidrograma, presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 1 metro.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterranea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad, las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico BH-4 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Challouno	Ubicación :	Este	340505	Departamento :	Puno
Código de pozo	BH-4		Norte	8475390	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2657	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	15.47	15.51	15.53	15.61	15.41	15.7	15.46	15.47	15.46	15.71	15.68	15.94
2014	15.62	15.64	15.27	15.24	15.62	15.95	15.83	15.63	15.62	15.62	15.62	15.62
2015	15.62	15.64	15.38	15.40	15.57	16.16	16.18	16.19	16.26			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro BH-4

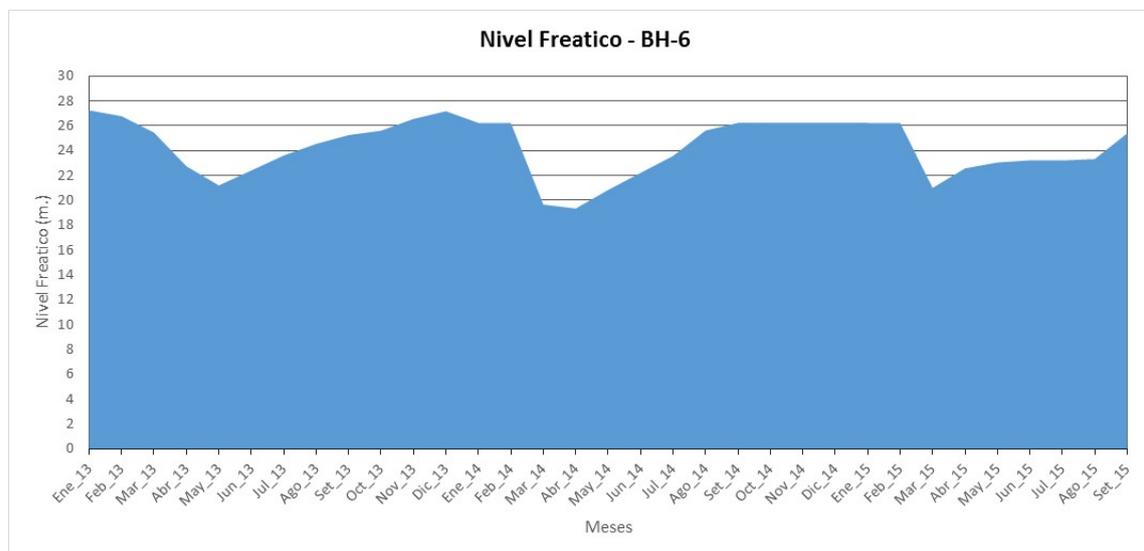
En el presente hidrograma, se muestra variaciones anuales de niveles de agua subterránea, en la época de lluvia y época seca de aproximadamente 90 centímetros.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterránea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, cabe resaltar que en el hidrograma se presenta un pico de nivel de agua sobre el promedio en los meses de junio – setiembre del 2015, donde podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad, las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico BH-6 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Challouno	Ubicación :	Este	340557	Departamento :	Puno
Código de pozo	BH-6		Norte	8475168	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2704	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	27.24	26.77	25.45	22.74	21.2	22.4	23.61	24.54	25.25	25.60	26.55	27.17
2014	26.23	26.22	19.66	19.34	20.84	22.21	23.57	25.61	26.23	26.23	26.23	26.23
2015	26.23	26.22	21.00	22.57	23.05	23.22	23.21	23.32	25.40			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro BH-6

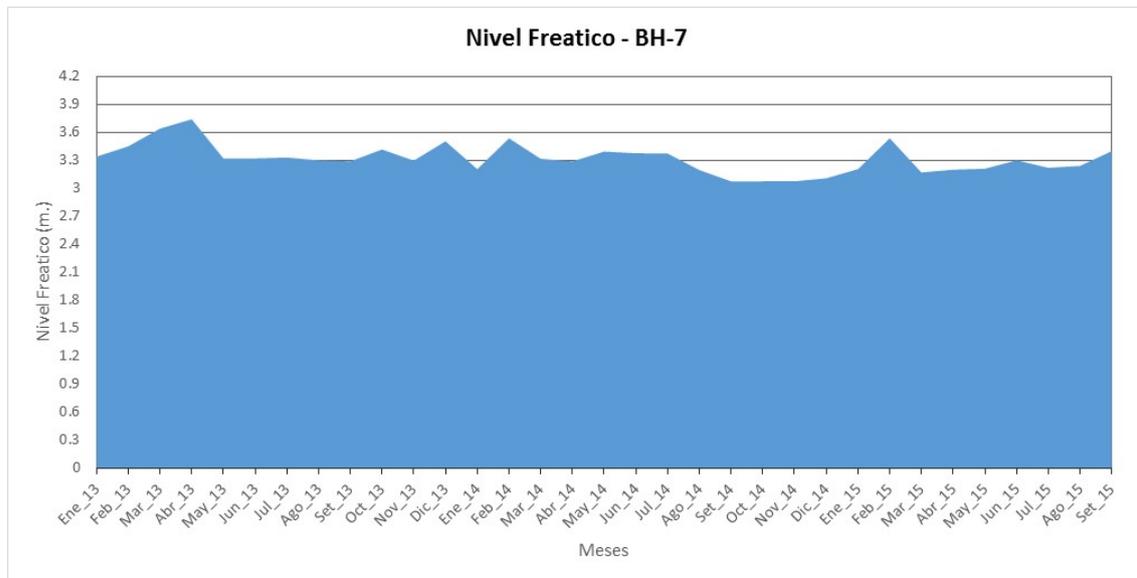
En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 9 metro.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterranea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, se puede observar un comportamiento similar en todo los años, las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico BH-7 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Challouno	Ubicación :	Este	340686	Departamento :	Puno
Código de pozo	BH-7		Norte	8475208	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2653	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	3.34	3.45	3.64	3.74	3.32	3.32	3.33	3.3	3.29	3.42	3.30	3.50
2014	3.21	3.54	3.32	3.29	3.39	3.38	3.37	3.20	3.07	3.08	3.08	3.11
2015	3.21	3.54	3.17	3.20	3.21	3.30	3.22	3.24	3.40			



Fuente: Elaboración propia.

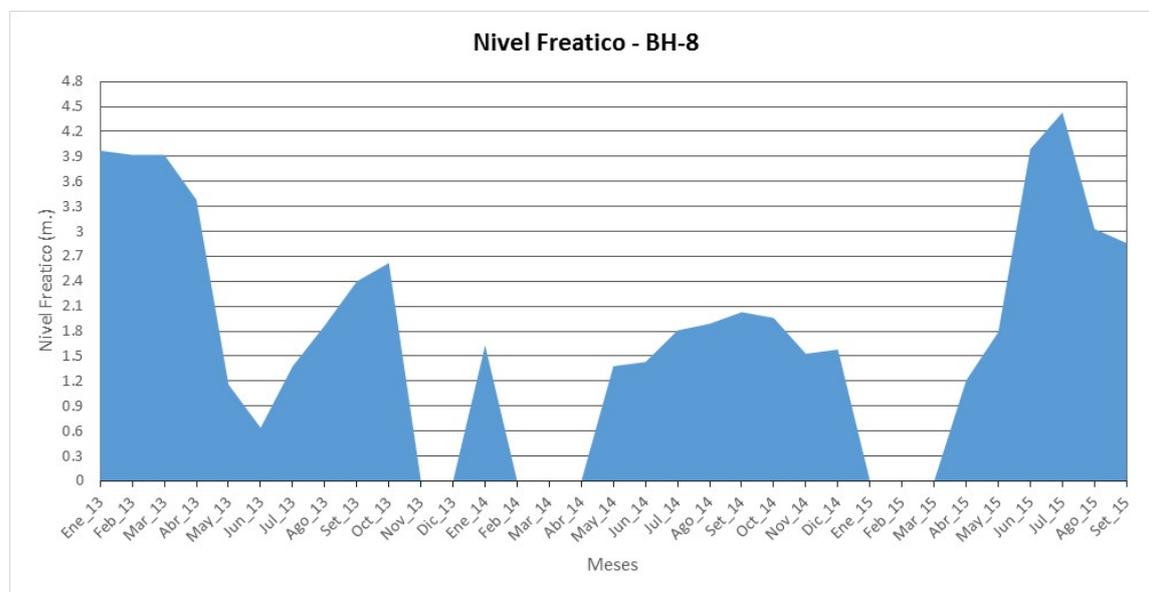
Piezómetro BH-7

En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea constante, muy superficial con mediciones que van de 3.74m. a 3.07 m., en la época de lluvia y época seca, se presenta una diferencia de altura anual de aproximadamente 6.7 centímetros. Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un ascenso de nivel de agua subterranea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un pequeño descenso de nivel de agua subterránea, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy alto, al presentar un techo de estrato semipermeable, las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea de forma inmediata.

Nivel Freatico BH-8 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Challouno	Ubicación :	Este	340700	Departamento :	Puno
Código de pozo	BH-8		Norte	8475072	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2701	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	3.97	3.92	3.92	3.38	1.16	0.64	1.38	1.87	2.40	2.62	0.00	1.63
2014	1.63	0.00	0.00	0.00	1.38	1.43	1.81	1.89	2.03	1.96	1.53	1.58
2015	0.00	0.00	0.00	1.21	1.79	3.99	4.43	3.03	2.86			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro BH-8

En el presente hidrograma, muestra variaciones anuales de niveles de agua subterránea, en la época de lluvia y época seca de aproximadamente 4 metros.

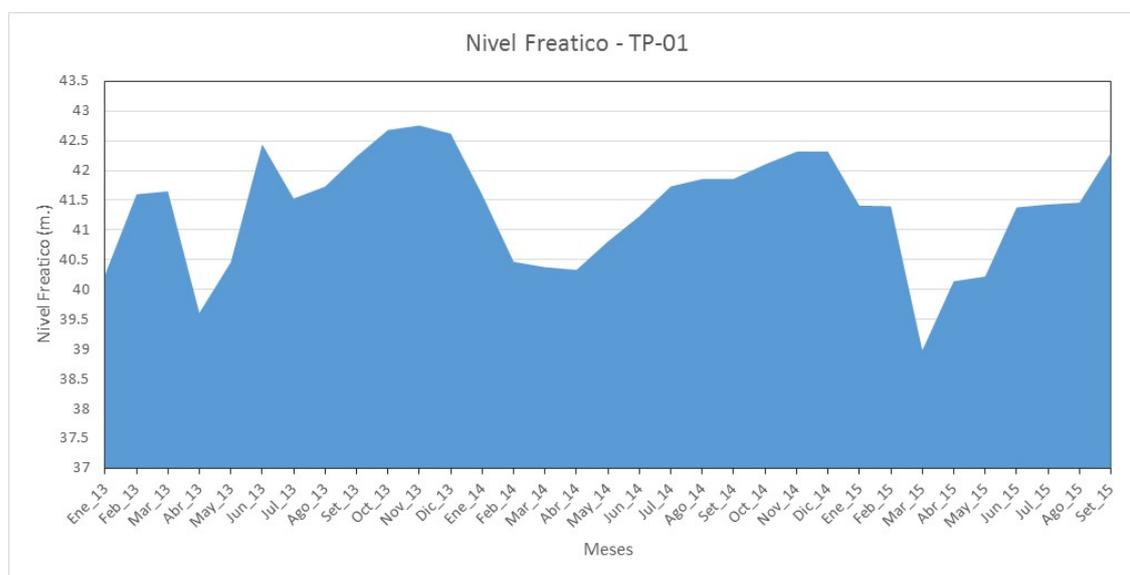
Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, llegando a la superficie en los años 2014 y 2015, y en los meses de mayo – noviembre presentan un descenso de nivel de agua subterránea, podemos mencionar que se presenta un techo de estrato semipermeable, las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea de forma inmediata.

Anexo 3.2: Análisis de niveles de aguas subterráneas de la parte baja de la microcuenca Oscoachi para los años 2013 al 2015 en los pozos de observación TP-01 al TP-08.

Nivel Freatico TP-01 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscoachi	Ubicación :	Este	338643	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 01		Norte	8473725	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	3217	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	40.25	41.6	41.65	39.61	40.46	42.44	41.53	41.73	42.23	42.68	42.76	42.62
2014	41.59	40.47	40.38	40.33	40.81	41.23	41.73	41.86	41.86	42.10	42.32	42.32
2015	41.41	41.40	38.98	40.14	40.22	41.38	41.43	41.46	42.30			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro TP-01

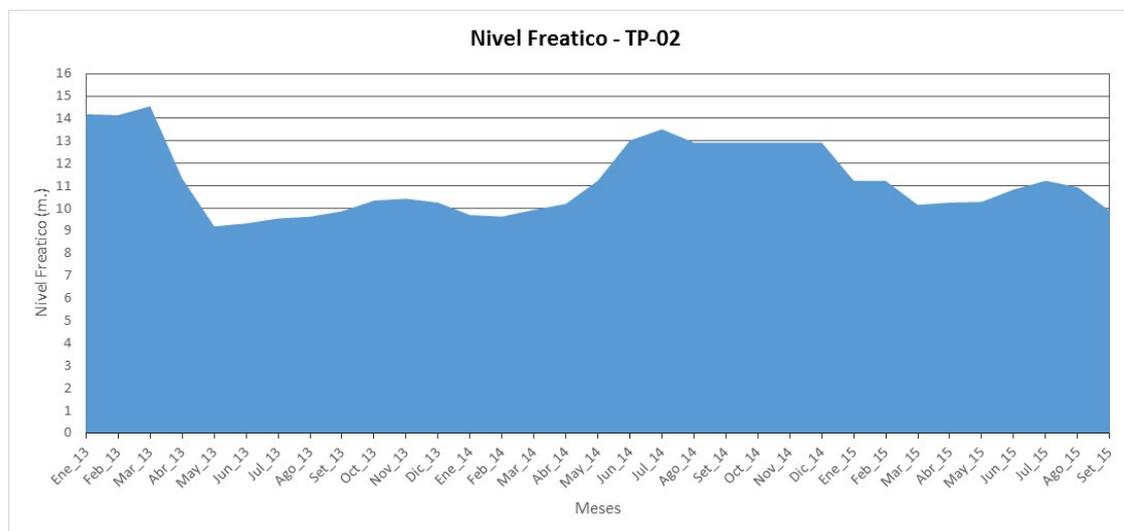
En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 3.5 metros.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterránea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad y encontrarse en contacto con roza (formación ananea), las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico TP-02 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscocachi	Ubicación :	Este 338987	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 02		Norte 8474021	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud 3038	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)				

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	14.19	14.15	14.55	11.33	9.2	9.33	9.55	9.63	9.87	10.35	10.43	10.26
2014	9.70	9.64	9.94	10.20	11.24	13.02	13.52	12.93	12.93	12.93	12.93	12.92
2015	11.23	11.22	10.16	10.26	10.29	10.84	11.23	10.94	9.89			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro TP-02

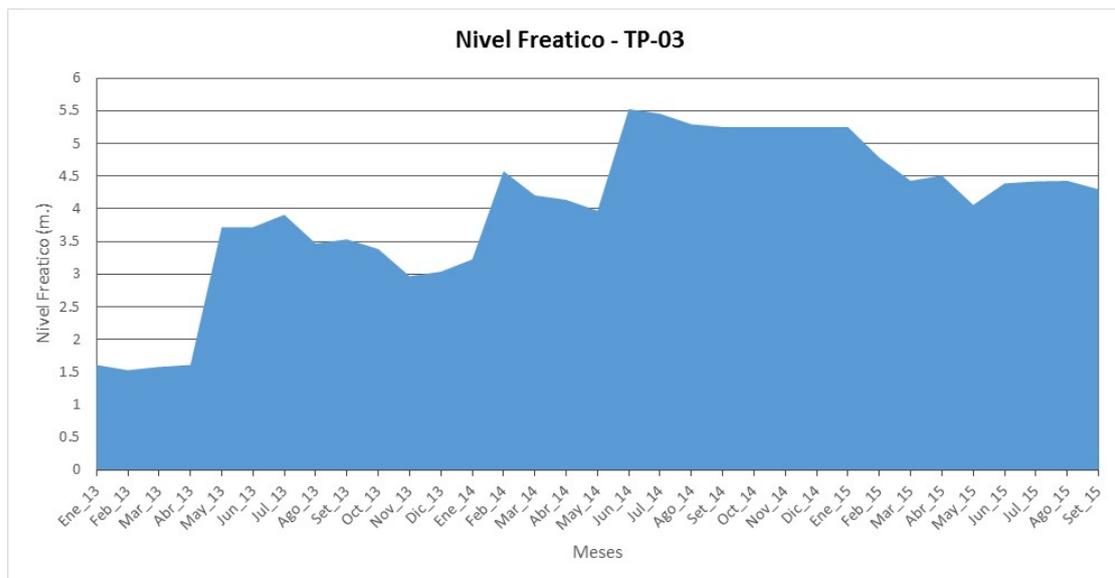
En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 5 metros.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterránea, presentándose un pico en los meses de precipitación del 2013, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad y encontrarse en contacto con roza (formación ananea), las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico TP-03 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscococachi	Ubicación :	Este	338919	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 03		Norte	8474069	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	3042	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	1.61	1.53	1.58	1.61	3.72	3.72	3.91	3.47	3.53	3.38	2.97	3.04
2014	3.23	4.58	4.21	4.14	3.97	5.53	5.46	5.30	5.25	5.25	5.25	5.25
2015	5.25	4.78	4.43	4.51	4.06	4.39	4.42	4.43	4.30			



Fuente: Elaboración propia.

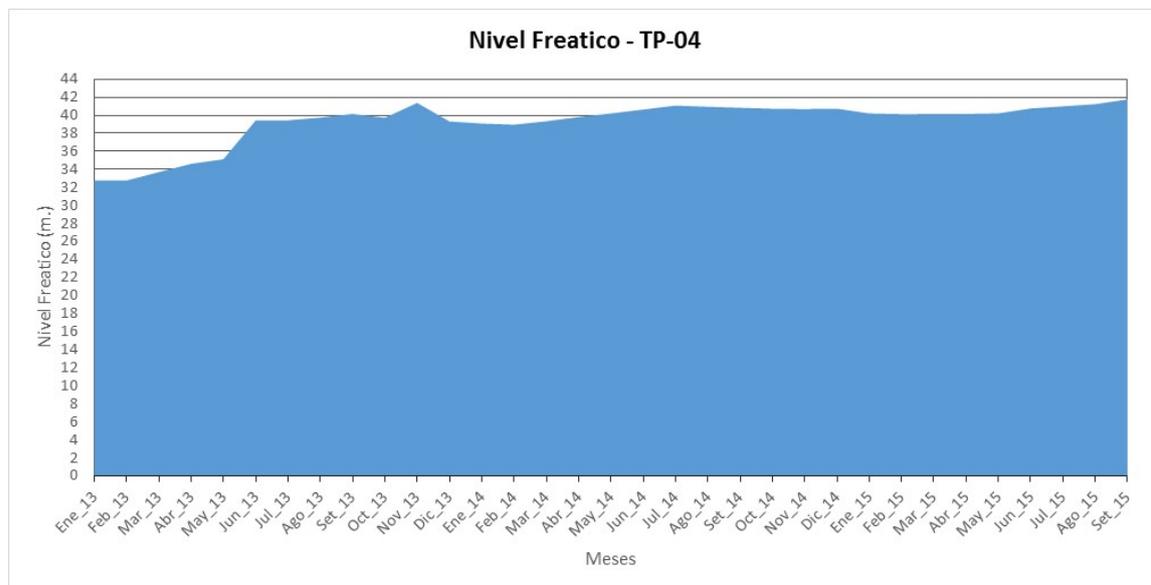
Piezómetro TP-03

En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 4 metros, presenta un descenso progresivo en la medición de los niveles de agua subterránea, su recarga no tiene relación directa con los periodos de lluvia, por lo que esta debe ser de estratos saturados. Es muy probable que este siendo interferido por actividades mineras informales, facilitando el rapido drenaje y recarga.

Nivel Freatico TP-04 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscocochi	Ubicación :	Este 339097	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 04		Norte 8474218	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud 3067	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)				

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	32.78	32.76	33.69	34.61	35.12	39.43	39.43	39.74	40.15	39.73	41.38	39.32
2014	39.08	38.95	39.34	39.80	40.21	40.63	41.07	40.94	40.83	40.72	40.69	40.73
2015	40.20	40.12	40.14	40.15	40.21	40.75	40.99	41.23	41.76			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro TP-04

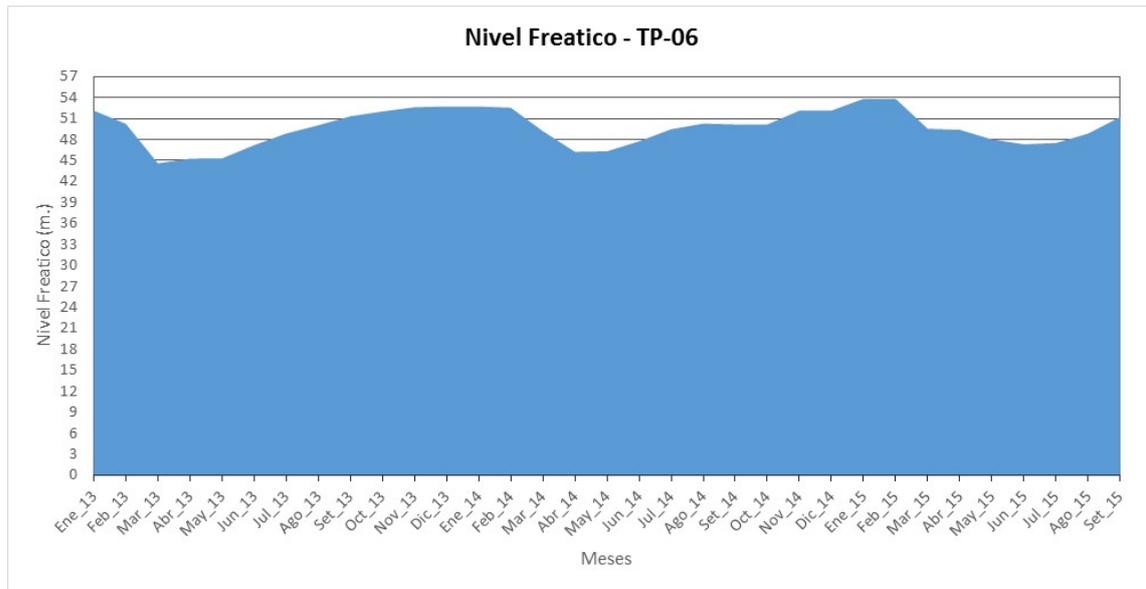
En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea constante, en la época de lluvia y época seca, aproximadamente 9 metros.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, no tiene relacion directa con los meses de lluvia, así mismo los niveles se halla en ascenso y es probable que sus reservas estén siendo interferidas, valor considerable sabiendo que el movimiento del agua subterranea es lenta, cabe mencionar que se presenta un salto en el mes de junio del 2013 de 4 metros de diferencia, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad y encontrarse en contacto con roza (formación ananea).

Nivel Freatico TP-06 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación Quebrada Oscocochi **Ubicación :** Este 339523 **Departamento :** Puno
Código de pozo TP - 06 **Norte** 8473931 **Provincia :** Carabaya
Parametro de medición Nivel Freatico (m.) **Altitud** 3056 **Distrito :** Ollachea
Equipo de medición Sonda SOLINST 102 (m.)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	52.13	50.24	44.59	45.27	45.31	47.19	48.86	50.04	51.32	52.01	52.61	52.72
2014	52.71	52.54	49.20	46.25	46.31	47.74	49.47	50.27	50.15	50.15	52.13	52.13
2015	53.82	53.81	49.54	49.39	48.01	47.31	47.50	48.85	51.22			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro TP-06

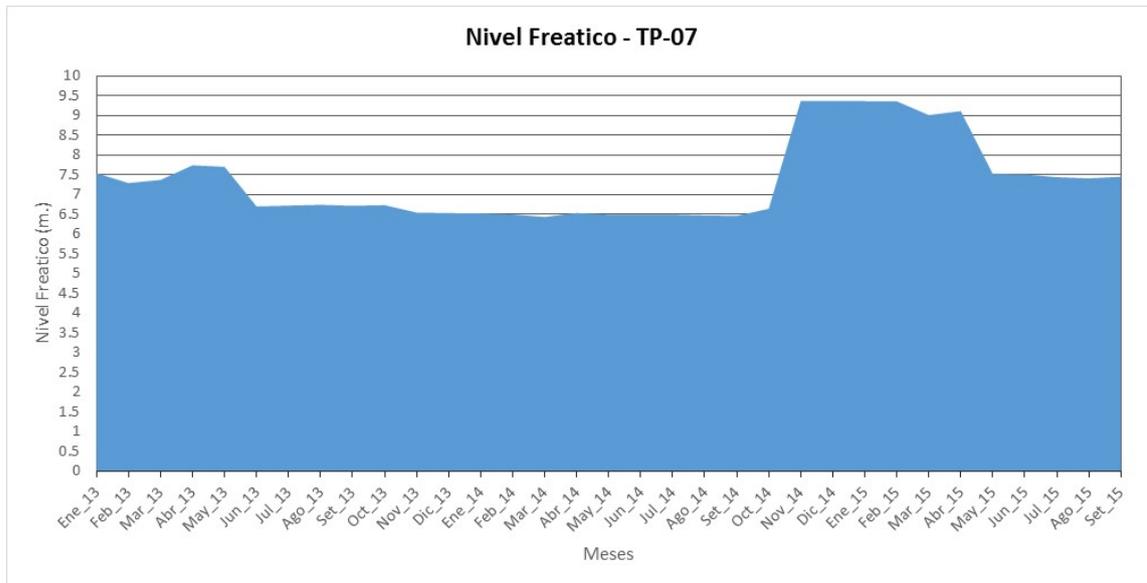
En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 10 metros, el comportamiento de las aguas son cíclicas.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, en los meses de época de lluvia que son de diciembre – abril, presentan un descenso de nivel de agua subterránea, y en los meses de mayo – noviembre presentan un ascenso de nivel de agua subterránea, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad y encontrarse en contacto con roza (formación ananea), las recargas de lluvia que son superficiales, se reflejan en ascenso del nivel de agua subterránea después de 4 a 5 meses aproximadamente.

Nivel Freatico TP-07 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscocochi	Ubicación :	Este	340829	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 07		Norte	8474709	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2680	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	7.54	7.29	7.37	7.74	7.7	6.7	6.72	6.74	6.72	6.73	6.54	6.53
2014	6.52	6.49	6.43	6.53	6.49	6.49	6.47	6.47	6.46	6.64	9.37	9.37
2015	9.36	9.36	9.01	9.11	7.52	7.51	7.44	7.41	7.45			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetros TP-07

En el presente hidrograma, se puede observar que los niveles no tienen relación directa con la intensidad de recarga, consecuentemente la recarga es lateral, se observa una niveles oscilantes y con pequeñas variaciones por lo que podemos mencionar que esta se encuentra estabilizado.

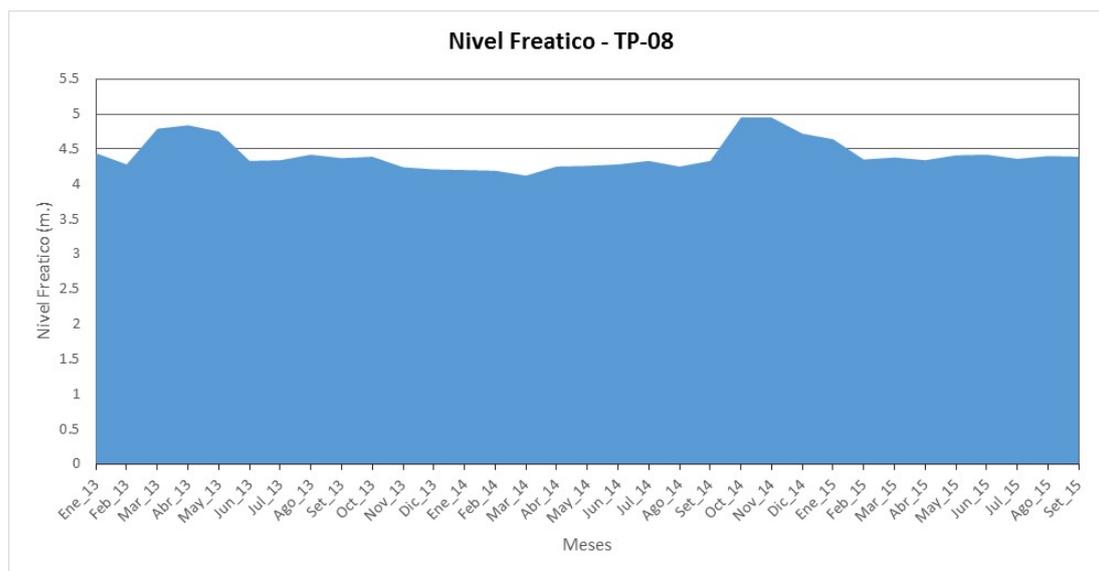
El hidrograma presenta una variación anual de nivel de agua subterránea entre la época de lluvia y época seca de aproximadamente 2.5 metros, el comportamiento de nivel de agua, presenta un salto en octubre - abril del 2014, esta salto estaría relacionado con las actividades antrópicas por la ejecución de movimiento de tierras en la carretera inter oceánica.

Podemos concluir que consecuentemente la recarga es lateral, se observa una niveles oscilantes y con pequeñas variaciones por lo que podemos mencionar que esta se encuentra estabilizado.

Nivel Freatico TP-08 periodo 2013 - 2015

Área de ubicación	Quebrada Oscocachi	Ubicación :	Este	340839	Departamento :	Puno
Código de pozo	TP - 08		Norte	8474687	Provincia :	Carabaya
Parametro de medición	Nivel Freatico (m.)		Altitud	2682	Distrito :	Ollachea
Equipo de medición	Sonda SOLINST 102 (m.)					

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	4.44	4.28	4.79	4.84	4.75	4.33	4.34	4.42	4.37	4.39	4.24	4.21
2014	4.20	4.19	4.12	4.25	4.26	4.28	4.33	4.25	4.33	4.95	4.95	4.72
2015	4.64	4.35	4.38	4.34	4.41	4.42	4.36	4.40	4.39			



Fuente: Elaboración propia.

Piezómetro TP-08

En el presente hidrograma, se presenta una variación anual de nivel de agua subterránea constante, en la época de lluvia y época seca, aproximadamente 1 metros con un nivel oscilante de pequeñas variaciones por lo que podemos mencionar que esta se encuentra estabilizada.

Como se puede observar en el hidrograma, de los 3 años de medición, no tiene relación directa con los meses de lluvia, así mismo los niveles se halla en ascenso y es probable que sus reservas esten siendo interferidas, valor considerable sabiendo que el movimiento del agua subterranea es lenta, cabe mencionar que se presentan saltos de aproximadamente de 1 metro en los meses de marzo – mayo del 2013 y octubre – diciembre del 2014, podemos concluir que el drenaje del área de influencia del piezómetro es muy bajo al presentarse un techo con baja permeabilidad, consecuentemente la recarga es lateral.

ANEXOS 4

Resultados de laboratorio de análisis de muestras de agua subterránea de los años 2013 al 2015 en el ámbito de la intercuenca Challouno y la parte baja de la microcuenca Oscocachi5

Anexo 4.1: Resultados de laboratorio de las aguas subterráneas en la parte baja de la microcuenca Oscocachi en las épocas húmedas y secas de los años 2013 al 2015

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - ÉPOCA HÚMEDA 2013												
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			CODIGO DE LABORATORIO									
PARAMETRO	UNIDAD	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable A1 Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Límite Detección	29637/2013.1	29638/2013.1	29639/2013.1	29640/2013.1	29641/2013.1	29643/2013.1	29644/2013.1	29654/2013.1	
				ESTACIÓN DE MUESTREO								
				TP-01	TP-02	TP-03	TP-04	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08	
FECHA DE TOMA DE MUESTRA												
			21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO												
FÍSICOS Y QUÍMICOS												
Acidos y grasas (MÉH)	mg/L	1	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	5
Cloruro Libre	mg/L	0.005	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND
Cloruro Wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0.020									
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	1	6	1	1	2	13	---	---	1	7
Conductividad	us/cm ²⁵	1500	---	268	175	172	183	180	187	---	118	336
D.O. a	mg/L	3	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	4
D.O. O	mg/L	10	2	20	10	5	7	17	---	---	7	7
Dureza	mg/L	500	1.0	123.8	62.7	54.7	65.9	61.7	---	---	29.2	110.8
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	ND	0.006	0.007	0.005	0.011	---	---	ND	0.008
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Fluoruros	mg/L	1	0.002									
Fósforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.063	0.116	0.069	0.015	0.025	---	---	0.061	0.276
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.057	ND	ND	0.011	0.024	---	---	0.012	0.026
Nitritos	mg/L N	1	0.001	0.008	0.002	ND	ND	0.017	---	---	ND	ND
Nitrogeno Amoniacal	mg/L N	1.5	0.004	0.826	0.261	0.112	0.559	0.773	---	---	0.062	0.15
Olor	---	Acceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Oxígeno disuelto	mg/L	>=6	---	2.23	2.56	3.07	2.75	2.25	2.15	---	2.45	2.76
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	7.45	7.64	7.42	7.66	7.1	7.19	---	6.63	7.04
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	179	76	111	82	91	---	---	73	195
Sólidos	mg/L	250	0.015	68.46	16.74	53.19	32.26	14.81	---	---	37.51	102
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.019	0.013	0.018	0.041	0.01	---	---	0.023	0.032
Turbiedad	UNT ²⁰	5	---	34.6	47.2	67.6	7.1	5.01	---	---	48.9	88.6
INORGÁNICOS												
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.219	0.179	0.721	0.165	0.081	---	---	0.773	11.62
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Arsénico	mg/L	0.01	0.0003	0.0089	0.0033	0.003	0.0202	ND	---	---	0.1911	0.0861
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0248	0.0576	0.0815	0.0552	0.1113	---	---	0.02	0.0912
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Boro	mg/L	0.5	0.0007	ND	ND	ND	ND	0.0138	---	---	ND	0.0231
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0075	0.0053	0.0129	0.0103	0.011	---	---	0.0136	0.0252
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	0.0015	0.0181
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0.001	0.619	1.350	1.821	0.393	2.704	---	---	10.18	28.64
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	6.416	3.2	2.919	1.609	1.521	---	---	1.267	14.92
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Níquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0039	0.002	0.0031	ND	0.0019	---	---	0.0431	0.0172
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0351	0.0111	0.0188	0.0259	0.0618	---	---	0.0242	0.0331
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.3	0.0001	0.0004	ND	0.0011	0.0006	ND	---	---	0.0009	0.0211
Zinc	mg/L	3	0.003	0.047	0.033	0.056	0.117	0.213	---	---	0.088	0.094
ORGÁNICOS												
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES												
Hidrocarburos Totales de petróleo - HTPP	mg/L	0.05	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs												
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hexafluorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.006	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloruro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	---	---
BTEX												
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Etilbenceno-100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Xilenos -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hidrocarburos Aromáticos												
Benz(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Benzo(a)fluoranteno	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plaguicidas												
Organofosforados												
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Metamidofofos (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraquat (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paratión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Organoclorados (COP)												
Aldrin -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Dieldrin -40-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Endosulfán	mg/L	0.000056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hepcloruro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hepcloruro epóxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carbamatos												
Aldicarb (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)												
(PCBs)	mg/L	0.000001	<0.0009	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Otros												
Asbesto	Millones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MICROBIOLÓGICO												
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	220	33	ND	49	79	---	---	ND	4.5
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	35000	1400	2	17000	28000	---	---	33	11000
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA SECA 2013												
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite Detección	CODIGO DE LABORATORIO								
PARAMETRO	UNIDAD	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable		86977/2013.1	86979/2013.1	86983/2013.1	86986/2013.1	86988/2013.1	86989/2013.1	86990/2013.1	86993/2013.1	
		A1		ESTACIÓN DE MUESTREO								
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección		TP-01	TP-02	TP-03	TP-04	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08	
			FECHA DE TOMA DE MUESTRA									
			27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013		
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO												
FÍSICOS Y QUÍMICOS												
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	3	---	ND	ND
Cianuro Libre	mg/L	0.005	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND
Cianuro Wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	---	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0.020									
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	1	ND	ND	ND	ND	ND	63	---	ND	ND
Conductividad	us/cm ²⁵	1500	---	257	149.5	150.9	151.3	153.1	172.6	---	121.2	316
D.B.O. ₅	mg/L	3	2	ND	ND	ND	ND	20	---	---	ND	ND
D.Q.O.	mg/L	10	2	37	20	7	30	54	---	---	6	24
Dureza	mg/L	500	1.0	133.6	67.6	63.6	62	69.2	---	---	33.4	130.8
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	0.034	0.008	0.009	0.077	0.826	---	---	0.021	0.014
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	ND	ND	ND	ND	0.004	---	---	ND	ND
Fluoruros	mg/L	1	0.002									
Fosforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.339	0.548	0.322	0.152	0.189	---	---	0.365	0.88
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.042	0.01	ND	ND	0.114	---	---	0.147	0.052
Nitritos	mg/L N	1	0.001	0.027	ND	ND	ND	0.012	---	---	ND	0.005
Nitrogeno Amomiacal	mg/L N	1.5	0.004	0.102	0.364	0.166	1.226	0.936	---	---	0.084	0.191
Olor	---	Acceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Oxígeno disuelto	mg/L	>=6	---	3.29	2.57	3.1	2.96	3.07	4.83	---	4.22	3.75
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	7.9	7.68	7.54	7.58	6.93	7.42	---	6.85	6.78
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	181	110	159	96	135	---	---	97	441
Sulfatos	mg/L	250	0.015	76.55	19.39	48.88	34.51	8.68	---	---	44.09	107.6
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.028	0.038	0.013	0.035	0.12	---	---	ND	0.023
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	---	10.5	53.9	102	9.12	69.3	---	---	48.3	810
INORGÁNICOS												
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.443	0.638	4.151	ND	0.398	---	---	1.403	18.3
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	0.0026	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	0.0046
Arsénico	mg/L	0.01	0.0003	0.013	0.0713	0.0951	0.0063	0.1094	---	---	0.2293	0.0951
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0226	0.0817	0.1121	0.051	0.1153	---	---	0.0196	0.136
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	ND	ND	0.0022	ND	ND	---	---	ND	ND
Boro	mg/L	0.5	0.0007	0.0084	0.0127	ND	0.0107	0.0163	---	---	0.008	0.0284
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.03	0.0932	0.0241	0.1401	0.081	---	---	0.0364	0.0753
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	0.0032	0.0048	ND	ND	0.0023	---	---	0.0015	0.0297
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0.001	1.815	7.402	18	1.591	8.894	---	---	11.9	44
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	6.888	4.329	3.494	1.885	1.138	---	---	2.027	18.74
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	ND	0.0004	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Níquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0072	0.0071	0.0025	0.0048	0.007	---	---	0.0275	0.0295
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0578	0.1291	0.0384	0.1377	0.4148	---	---	0.0307	0.0458
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Uranio	mg/L	0.02	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	---	---	ND	0.0378
Zinc	mg/L	3	0.003	0.063	0.077	0.029	0.123	0.211	---	---	0.175	0.201
ORGÁNICOS												
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES												
Hidrocarburos Totales de petróleo . HTTP	mg/L	0.05	0.04	ND	ND	ND	ND	2.43	---	---	ND	2.2
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs												
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,1,2-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hexafluorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	---	---
BETX												
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Eilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Xilenos -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hidrocarburos Aromáticos												
Benz(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Perilclorofenil	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plaguicidas												
Organofosforados												
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Metamidol (resringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraquat (resringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paratión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Organoclorados (COP)*												
Aldrin -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Endosulfán	mg/L	0.000056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carbamatos												
Aldicarb (resringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)												
Otros	mg/L	0.000001	<0.00009	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Asbesto	Miliones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MICROBIOLÓGICO												
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	140	< 1.8	1600	540	240	540	2	350	
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	2400	< 1.8	16000	9200	3500	2400	170	9200	
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA HUMEDA 2014											
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite Dirección	CODIGO DE LABORATORIO							
PARAMETRO	UNIDAD	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable		46342/2014.1 - 0	46344/2014.1 - 0	46345/2014.1 - 0	46346/2014.1 - 0	46347/2014.1 - 0	46348/2014.1 - 0	46349/2014.1 - 0	46218/2014.1 - 0
		A1		TP-01	TP-02	TP-03	TP-04	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
FECHA DE TOMA DE MUESTRA											
			13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	13/02/2014	
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO											
FÍSICOS Y QUÍMICOS											
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.9
Cloruro Libre	mg/L	0.005	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruro Wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0.020	---	---	---	---	---	---	---	---
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	1	10	ND	ND	ND	7	5	ND	4
Conductividad	us/cm ²⁵	1500	---	260	153.2	355	154.7	142.4	179.8	73.2	320
D.B.O. ₅	mg/L	3	2	ND	ND	ND	ND	15	ND	ND	ND
D.O.O	mg/L	10	2	95	24	14	23	38	16	9	12
Dureza	mg/L	500	1.0	127.8	71	62.1	64.7	69.9	68.1	19.1	102.3
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	0.901	ND	ND	0.049	ND	0.007	ND	ND
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fuerzas	mg/L	1	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Fosforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.289	0.072	0.484	0.114	0.012	0.067	0.041	0.648
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0.003	ND	0	ND	0.022	0.006	0.048	ND	0.051
Nitritos	mg/L N	1	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrogeno Amoniacal	mg/L N	1.5	0.004	0.113	0.264	0.071	1.015	0.808	0.016	0.08	0.157
Olor	---	Aceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	2.87	3.01	2.8	3	3.4	2.34	2.81	2.28
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	7.6	7.47	4.54	7.45	6.96	7.33	6.64	6.98
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	190	116	263	122	103	142	63	249
Sulfatos	mg/L	250	0.015	77.69	18.93	244	33.89	4.309	45.84	24.58	107
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.052	0.114	0.019	0.062	0.137	0.005	0.013	0.193
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	---	96.3	238	93.1	12.2	23.7	89.7	32.4	104
INORGÁNICOS											
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	1.192	1.270	34.71	ND	ND	0.199	0.228	1.930
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsoénico	mg/L	0.01	0.0003	0.0172	0.0395	0.0151	ND	0.0718	ND	0.0946	0.0659
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0243	0.1239	0.0762	0.0634	0.0222	0.0895	0.0141	0.0295
Berilio	mg/L	0.004	0.0004	ND	0.00106	0.01307	ND	ND	ND	ND	0.00157
Boro	mg/L	0.5	0.0007	ND	0.0385	ND	0.0072	0.0081	ND	ND	0.0226
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0197	0.0192	0.0202	0.0162	0.0273	0.0394	0.012	0.023
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	ND	0.0073	0.0088	ND	ND	ND	ND	0.0083
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0.001	3.897	23.2	27.58	0.574	5.135	12.28	6.038	14.73
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.1868	0.0895	2.896	0.0967	0.2792	0.047	0.5171	0.6272
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	ND	0.0047	1.504	ND	ND	ND	0.0197	ND
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0442	0.1605	0.0254	0.0631	0.0704	0.0365	0.0266	0.0285
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Urano	mg/L	0.02	0.00001	ND	ND	0.0052	ND	ND	ND	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	0.0021	0.0026	0.002	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008	0.0047
Zinc	mg/L	3	0.003	0.055	0.068	0.7	0.043	0.059	0.103	0.043	0.177
ORGÁNICOS											
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES											
Hidrocarburos Totales de petróleo - HTP	mg/L	0.05	0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs											
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	---
1,1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	---
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloruro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	---
BTEX											
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	---
Xilenos -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Hidrocarburos Aromáticos											
Benz(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	---
Benzo(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0009	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plaguicidas											
Organofosforados											
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paratión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---
Organoclorados (COP)*											
Atrín -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	---
Ciclodano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	---
Dieldrín -60-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	---
Endosulfán	mg/L	0.000056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	---
Endrín -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	---
Hepacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	---
Hepacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carbamatos											
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Policloruros Bifenilos Totales											
(PCBs)	mg/L	0.000001	<0.0009	---	---	---	---	---	---	---	---
Otros											
Asbesto	Millones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MICROBIOLÓGICO											
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	140	< 1.8	1600	540	240	540	2	350
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	2400	< 1.8	16000	9200	3500	2400	170	9200
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA SECA 2014											
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite Detección	CODIGO DE LABORATORIO							
PARAMETRO	UNIDAD	A1		250961/2014.1	250963/2014.1	250964/2014.1	247942/2014.1	250958/2014.1	250962/2014.1	250973/2014.1	250974/2014.1
				ESTACION DE MUESTREO							
Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable				TP-01	TP-02	TP-03	TP-04	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección			FECHA DE TOMA DE MUESTRA								
			14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014	
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO											
FÍSICOS Y QUÍMICOS											
Acidos y grasas (MEH)	mg/L	1	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Cloruro Libre	mg/L	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cloruro Wad	mg/L	0.08	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cloruros	mg/L	250	0.020	1.698	2.555	1.004	0.985	4.205	0.52	2.019	
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	1	3	3	6	4	5	5	4	
Conductividad	us/cm ²⁵	1500	---	259	154.2	269	163.9	177.5	176.2	129.5	
D.B.O ₅	mg/L	3	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
D.Q.O.	mg/L	10	2	3	12	<2	57	22	21	5	
Dureza	mg/L	500	1.0	140.6	123	75.1	72.7	56.5	76.4	32.9	
Detrgentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	0.013	0.026	<0.002	0.061	0.051	0.026	0.003	
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Fluoruros	mg/L	1	0.002	0.586	0.425	---	0.227	0.139	0.341	0.141	
Fosforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.177	1.575	0.313	0.081	0.292	0.194	1.389	
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.041	0.335	0.004	<0.003	0.602	0.012	0.009	
Nitritos	mg/L N	1	0.001	0.014	<0.001	<0.001	<0.001	0.144	<0.001	<0.001	
Nitrogeno Amoniacal	mg/L N	1.5	0.004	0.043	0.294	0.012	0.504	<0.005	0.077	0.185	
Olor	---	Aceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	
Oxígeno disuelto	mg/L	>=6	---	4.61	3.48	5.3	3.27	3.56	3.13	3.44	
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	7.93	8.09	4.77	7.61	7.2	7.33	6.53	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	156	93	156	32.13	105	104	67	
Sulfatos	mg/L	250	0.015	94.29	19.82	118.8	32.13	25.53	45.44	40.36	
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.005	0.07	0.004	0.002	0.441	0.007	0.161	
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	---	18.1	536	171.1	38.7	182	41.1	98	
INORGÁNICOS											
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.326	5.751	35.972	0.174	0.391	1.63	3.207	
Artenio	mg/L	0.006	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Artenio	mg/L	0.01	0.0003	0.0122	0.1874	0.0161	<0.0003	0.0077	0.021	0.1107	
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0248	0.6958	0.0908	0.0581	0.0569	0.1165	0.0409	
Bario	mg/L	0.004	0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	
Boro	mg/L	0.5	0.0007	<0.0007	0.0094	<0.0007	0.0098	0.0058	<0.0007	<0.0007	
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00211	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00452	
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0315	0.0381	0.01	0.0113	0.0547	0.0481	0.0403	
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	0.0025	0.0112	0.0053	<0.0001	0.0019	0.0101	0.004	
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
Hierro	mg/L	0.3	0.001	2.147	138.626	16.575	0.412	11.38	12.72	15.546	
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.3147	0.3681	1.2166	0.1067	0.3204	0.0786	0.8178	
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	
Níquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0055	0.017	0.3002	<0.0002	0.005	0.0129	0.0642	
Plata	mg/L	0.01	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0526	0.4576	0.012	0.0291	0.2231	0.2142	0.0302	
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	
Uranio	mg/L	0.02	0.0001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	<0.0001	0.0195	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Znc	mg/L	3	0.003	0.095	0.239	0.283	0.026	0.146	0.078	0.725	
ORGÁNICOS											
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES											
Hidrocarburos Totales de petróleo HTTP	mg/L	0.05	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.49	<0.04	<0.04	<0.04	
Tetrahalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs											
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	
1,1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	
1,2-Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	
Hexafluorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	
Tetracloruro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	
BETX											
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	
Xlenos -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	
Hidrocarburos Aromáticos											
Benzo(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	
Benzo(a)pireno	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	
Triclorobencenos (T Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	
Pesticidas											
Organofosforados											
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	
Metamidofofos (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	
Paraquat (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	
Paratión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	
Organoclorados (COP)											
Aldrin -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	
Clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	
Endosulfán	mg/L	0.000056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	
Hépaclopro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	
Hépaclopro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	
Carbamatos											
Aldicarb (restingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	
Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)											
PCBs	mg/L	0.000001	<0.0009	---	---	---	---	---	---	---	
Otros											
Asbesto	Miliones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	
MICROBIOLÓGICO											
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	2	4.5	< 1.8	27	2	< 1.8	< 1.8	
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	23	79	< 1.8	110	5400	46	4	
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA HÚMEDA 2015											
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				CODIGO DE LABORATORIO							
PARAMETRO	UNIDAD	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable	Límite Detección	65930/2015.1	65931/2015.1	65932/2015.1	65934/2015.1	65935/2015.1	65936/2015.1	65937/2015.1	
		A1		TP-01	TP-02	TP-03	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08	
Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección				ESTACION DE MUESTREO							
				FECHA DE TOMA DE MUESTRA							
				14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015	14/02/2015
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO											
FÍSICOS Y QUÍMICOS											
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cianuro Libre	mg/L	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro Wad	mg/L	0.08	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cloruros	mg/L	250	0.020	---	---	---	---	---	---	---	---
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	f	2	<1	1	15	4	3	2	2
Conductividad	us/cm ^(A)	1500	---	277.0	130.7	299.0	39.0	178.0	486.0	337.0	---
D.B.O. ₅	mg/L	3	2	5	4	3	5	5	4	3	---
D.O.O.	mg/L	10	2	84	33	12	15	76	20	32	---
Dureza	mg/L	500	1.0	135.7	40.9	88.2	13.0	76.7	29.5	121.8	---
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	<0.002	<0.002	<0.002	0.037	<0.002	<0.002	<0.002	---
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	---
Fluoruros	mg/L	1	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Fosforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.164	0.282	0.254	0.042	0.315	0.105	0.853	---
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.023	0.116	0.060	<0.003	0.048	0.032	0.027	---
Nitritos	mg/L N	1	0.001	0.083	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	---
Nitrogeno Amoniacal	mg/L N	1.5	0.004	0.184	0.168	0.126	0.126	0.130	0.467	0.323	---
Olor	---	Aceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Oxígeno disuelto	mg/L	>=6	---	2.85	3.05	2.98	3.71	2.71	2.30	1.49	---
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	7.50	7.02	5.57	6.87	7.30	7.44	6.79	---
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	180	85	353	27	107	280	125	---
Sulfatos	mg/L	250	0.015	76.81	17.94	276.9	11.74	44.83	33.34	107.8	---
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.016	0.041	0.019	0.003	0.031	0.248	<0.001	---
Turbiedad	UNT ^(B)	5	---	199.0	102.0	139.0	58.20	150.0	29.80	155.0	---
INORGÁNICOS											
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	1.140	0.276	23.18	0.143	1.549	0.912	5.028	---
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	---
Arsénico	mg/L	0.01	0.0003	0.0269	0.0098	0.0119	0.0027	0.0243	0.0888	0.1030	---
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0313	0.0467	0.1027	0.0164	0.1235	0.1656	0.0445	---
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	0.00594	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	---
Boro	mg/L	0.5	0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	---
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	---
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0350	0.0034	0.0031	0.0049	0.0522	0.0126	0.0168	---
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	0.0048	0.0010	0.0018	< 0.0001	0.0104	< 0.0001	< 0.0001	---
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	---
Hierro	mg/L	0.3	0.001	5.794	5.748	8.622	5.646	26.08	5.574	20.25	---
Manganeso	mg/L	0.1	0.002	0.1963	0.0322	1.325	0.0357	0.0900	0.3733	0.7285	---
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.00037	< 0.00005	< 0.00005	---
Níquel	mg/L	0.02	0.002	0.0215	0.0020	0.3444	< 0.0002	0.0131	0.0240	0.0108	---
Plata	mg/L	0.01	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	---
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.2048	0.0309	0.0102	0.0121	0.4205	0.0155	0.0441	---
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.00214	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	---
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00337	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	---
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0020	< 0.0001	0.0073	---
Zinc	mg/L	3	0.003	0.045	0.018	0.227	0.013	0.089	0.426	0.074	---
ORGÁNICOS											
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES											
Hidrocarburos Totales de petróleo - HTTP	mg/L	0.05	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs											
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	---
1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	---
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.0006	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloruro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	---
BETX											
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	---
Xileno -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Hidrocarburos Aromáticos											
Benz(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	---
Benzo(a)fluoranteno	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plaguicidas											
Organofosforados											
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Metamildatos (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraatión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---
Organoclorados (COP)											
Aldrin -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	---
Clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	---
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	---
Endosulfán	mg/L	0.000056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	---
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carbamatos											
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Policloruros Bifenilos Totales (PCBTs)											
Otros	mg/L	0.000001	<0.0009	---	---	---	---	---	---	---	---
Otros											
Asbesto	Millones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MICROBIOLÓGICO											
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	5400	1600	< 1.8	9200	170	1600	49	---
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	92000	2400	2.0	160000	5400	1600	220	---
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - ÉPOCA SECA 2015											
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite Detección	CODIGO DE LABORATORIO							
PARAMETRO	UNIDAD	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable		311821/2015.1	311809/2015.1	311810/2015.1	311822/2015.1	311826/2015.1	311828/2015.1	311818/2015.1	311820/2015.1
		A1		TP-01	TP-02	TP-03	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08	
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección		FECHA DE TOMA DE MUESTRA							
			17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	17/08/2015	
PARAMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO											
FÍSICOS Y QUÍMICOS											
Acelos y grasas (MEH)	mg/L	1	0.5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cloruro Libre	mg/L	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cloruro Wad	mg/L	0.08	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cloruros	mg/L	250	0.020	0.074	2.212	0.907	1.060	1.170	0.489	16.93	2.768
Color	Color Verdadero Escala Pt/Co	15	1	2	<1	4	7	8	1	2	
Conductividad	us/cm ²⁵	1500	---	275.0	171.6	336.0	157.3	186.8	143.5	451.0	336.0
D.O. s	mg/L	3	2	27	38	5	64	30	5	<2	31
D.O. d	mg/L	10	2	79	103	52	190	69	39	6	78
Dureza	mg/L	500	1.0	124.5	67.0	77.2	60.0	72.6	48.1	43.9	100.3
Desinfectantes (SAAM)	mg/L	0.5	0.01	0.425	0.428	0.152	0.961	0.067	0.124	0.026	0.201
Fenoles	mg/L	0.003	0.001	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Fluoruros	mg/L	1	0.022	0.579	0.432	1.436	0.249	0.130	0.252	1.301	1.303
Fósforo total	mg/L P	0.1	0.007	0.083	0.219	0.042	0.067	0.225	0.050	0.082	0.201
Materiales Flotantes	---	Ausencia de material Flotante	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.760	<0.003	0.021	0.056	0.123	0.123	0.018	0.028
Nitritos	mg/L N	1	0.001	0.009	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	<0.001
Nitrogeno Amomiacal	mg/L N	1.5	0.004	0.041	0.228	0.010	0.655	0.402	0.028	0.075	0.131
Okor	---	Aceptable	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	2.95	3.16	3.20	3.14	2.24	2.62	3.02	3.08
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	---	6.77	7.44	4.77	7.57	7.13	6.97	7.70	6.98
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	2	204	114	244	104	109	102	299	230
Sulfatos	mg/L	250	0.015	99.83	17.91	191.9	34.20	12.43	37.80	50.81	110.7
Sulfuros	mg/L	0.5	0.001	0.010	0.060	0.034	0.152	0.342	0.018	0.050	0.028
Turbiedad	UNT ²⁰	5	---	30.60	34.60	104.0	24.70	88.60	49.50	15.20	125.0
INORGÁNICOS											
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.461	0.301	54.72	0.445	0.859	0.282	0.234	5.124
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Arsénico	mg/L	0.01	0.0003	0.0196	0.0086	0.0073	0.0034	0.0462	0.0035	0.0845	0.1333
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0281	0.0835	0.0559	0.0621	0.1060	0.0643	0.1256	0.0404
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004
Boro	mg/L	0.5	0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	0.1424	0.0173
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	0.00317	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0090	0.0049	0.0069	0.0167	0.0318	0.0126	0.0052	0.0273
Cromo Total	mg/L	0.05	0.0001	0.0016	0.0016	0.0020	0.0021	0.0436	0.0019	< 0.0001	0.0084
Cromo VI	mg/L	0.05	0.002	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Hierro	mg/L	0.3	0.001	3.358	5.525	24.78	2.193	14.72	6.073	4.049	21.21
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	6.679	4.322	6.229	1.899	1.584	5.060	1.934	12.66
Mercurio	mg/L	0.001	0.0001	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005
Níquel	mg/L	0.02	0.0002	< 0.0002	0.0020	0.6600	0.0026	0.0049	0.0031	0.0056	0.0100
Plata	mg/L	0.01	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0418	0.0289	0.0030	0.0838	0.2583	0.1016	0.0044	0.0223
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	< 0.0001	0.0016	0.0010	0.0005	0.0010	< 0.0001	< 0.0001	0.0071
Zinc	mg/L	3	0.003	0.106	0.023	0.681	0.097	0.192	0.070	0.075	0.243
ORGÁNICOS											
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES											
Hidrocarburos Totales de petróleo .	mg/L	0.05	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-
HTTP	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs											
1,1,1-Tricloroetano -71-55-6	mg/L	2	<0.012	---	---	---	---	---	---	---	---
1,1-Dicloroetano -75-35-4	mg/L	0.03	<0.019	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Dicloroetano -107-66-2	mg/L	0.03	<0.011	---	---	---	---	---	---	---	---
1,2-Diclorobenceno -95-50-1	mg/L	1	<0.014	---	---	---	---	---	---	---	---
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tetracloro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	<0.008	---	---	---	---	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	<0.032	---	---	---	---	---	---	---	---
BETX											
Benceno -71-43-2	mg/L	0.01	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	0.003	---	---	---	---	---	---	---	---
Xilenos -1330-20-7	mg/L	0.5	0.002	---	---	---	---	---	---	---	---
Hidrocarburos Aromáticos											
Benz(a)pireno -50-12-8	mg/L	0.0007	<0.0002	---	---	---	---	---	---	---	---
Benzo(a)fluoranteno -203-28-2	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plaguicidas											
Organofosforados											
Malatión	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Metamidofós (respingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paraquat (respingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Paratión	mg/L	Ausencia	<0.0001	---	---	---	---	---	---	---	---
Organoclorados (COP)*											
Aldrin -309-00-2	mg/L	Ausencia	<0.00028	---	---	---	---	---	---	---	---
Clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	<0.00025	---	---	---	---	---	---	---	---
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	<0.00043	---	---	---	---	---	---	---	---
Endosulfán	mg/L	0.00056	<0.00041	---	---	---	---	---	---	---	---
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	<0.00049	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	<0.00019	---	---	---	---	---	---	---	---
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0.0003	<0.00035	---	---	---	---	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carbamatos											
Aldicarb (respingido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Policloruros Bifenílicos Totales											
(PCBs)	mg/L	0.000001	<0.0009	---	---	---	---	---	---	---	---
Otros											
Asbesto	Miliones de Fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MICROBIOLÓGICO											
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	1.8	11	27	< 1.8	2400	3300	2300	220	2300
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	1.8	110	9400	< 1.8	5400	35000	160000	1400	700000
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	0	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4.1: Resultados de laboratorio de las aguas subterráneas para la parte intercuenca Challouno en las épocas húmedas y secas de los años 2013 al 2015

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA HUMEDA 2013									
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				Límite de Detección	CODIGO DE LABORATORIO				
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable			311809/2013.1 - 0	311810/2013.1 - 0	311818/2013.1 - 0	311820/2013.1 - 0	311821/2013.1 - 0
		A1			ESTACION DE MUESTREO				
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección			BH-01	BH-4	BH-6	BH-7	BH-8
					FECHA DE TOMA DE MUESTRA				
				21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	21/02/2013	
FISICOS Y QUIMICOS									
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	ND	ND	ND	ND	ND	
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
Cloruros	mg/L	250	0.020						
Color	color vendadero-escala Pt/Co	15	1	6	2	ND	ND	ND	
Conductividad	uS/cm	1500	---						
DBO	mg/L	3	---	ND	ND	ND	ND	ND	
DOO	mg/L	10	---	21	11	10	2	ND	
Dureza	mg/L	500	1	42.1	49.3	38.7	67.1	20.6	
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---	ND	ND	ND	ND	ND	
Fenoles	mg/L	0.003	---	ND	ND	ND	ND	ND	
Fluoruros	mg/L	1	0.002						
Fosforo total	mg/L P	0.1	---	0.214	0.619	0.296	0.261	0.026	
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---	---	---	---	---	---	
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.207	0.034	1.234	ND	0.005	
Nitritos	mg/L N	1	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---	0.005	0.018	0.022	0.06	0.005	
Olor		Acceptable	---	---	---	---	---	---	
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---						
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	---	6.48	6.72	6.56	6.92	6.81	
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	2	108	112	93	94	41	
Sulfatos	mg/L	250	0.015	38.39	30.25	23.82	19.65	10.69	
Sulfuros	mg/L	0.5	---	0.013	0.014	0.012	0.001	ND	
Turbiedad	UNT	5	0.08	42.6	44.6	47.9	5.7	46.9	
INORGANICOS									
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.479	0.54	0.494	ND	ND	
Antimonio	mg/L	0.006	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
Arsenico	mg/L	0.01	0.0003	0.0087	0.0341	0.0191	ND	ND	
Bario	mg/L	0.7	0.001	0.0117	0.0107	0.0112	0.0399	ND	
Berilio	mg/L	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	
Boro	mg/L	0.5	0.0007	0.0098	0.013	ND	0.0179	ND	
Cadmio	mg/L	0.003	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0616	0.0899	0.0764	ND	ND	
Cromo total	mg/L	0.05	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND	ND	ND	
Hierro	mg/L	0.3	0.001	6.537	4.014	7.751	0.942	3.228	
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.017	0.1519	0.0813	0.0799	0.0475	
Mercurio	mg/L	0.001	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0031	0.004	0.0047	ND	ND	
Plata	mg/L	0.01	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0132	0.4243	0.2558	0.0034	ND	
Selenio	mg/L	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	
Uranio	mg/L	0.02	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	
Vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.0012	ND	ND	ND	ND	
Zinc	mg/L	3	0.003	0.137	0.117	0.088	ND	ND	
ORGANICOS									
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES									
Hydrocarburos totales de petroleo, HTTP	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND	ND	ND	
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---	---	---	
Compuestos organicos volatiles (VOCS)									
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---	---	---	---	---	---	
1,1-Dicloroetano-75-35-4	mg/L	0.03	---	---	---	---	---	---	
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---	---	---	---	---	---	
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---	---	---	---	---	---	
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---	---	---	---	---	---	
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---	---	---	---	---	---	
Tetracluro de Carbono -66-23-6	mg/L	0.002	---	---	---	---	---	---	
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---	---	---	---	---	---	
BETX									
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---	---	---	---	---	---	
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---	---	---	---	---	---	
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---	---	---	---	---	---	
Xlenos -108-88-3	mg/L	0.5	---	---	---	---	---	---	
Hydrocarburos Aromaticos									
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---	---	---	---	---	---	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---	---	---	---	---	---	
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---	---	---	
Plaguicidas									
Organofosforados									
Malation	mg/L	0.0001	---	---	---	---	---	---	
Metamidofos (restringuido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Paraquat (restringuido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Paration	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Organoclorados (COP)									
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
DDT	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Endosulfan	mg/L	0.000056	---	---	---	---	---	---	
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---	---	---	---	---	---	
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Carbamatos									
Aldicarb (restringuido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---	---	---	
Policloruros Bifenilos Totales									
PCBs	mg/L	0.000001	---	---	---	---	---	---	
Otros									
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---	---	---	---	---	---	
MICROBIOLOGICO									
Coliformes Termotolerantes (44.4°C)	NMP/100mL	0	1.1	170	220	13	540	ND	
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	ND	540	920	23	540	
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---	---	---	---	---	---	

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - ÉPOCA SECA 2013								
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				Límite de Detección	CODIGO DE LABORATORIO			
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable			31205/2013.1 - 0	31208/2013.1 - 1	31209/2013.1 - 2	31207/2013.1 - 3
		A1			ESTACIÓN DE MUESTREO			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección			BH-1	BH-4	BH-6	BH-8
				FECHA DE TOMA DE MUESTRA				
				27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	
FISICOS Y QUIMICOS								
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	ND	ND	ND	ND	
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001					
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND	
Cloruros	mg/L	250	0.020	0.78	1.186	1.767	1.786	
Color	color verdadero escala Pt/Co	15	1	5	3	4	ND	
Conductividad	uS/cm	1500	---					
DBO	mg/L	3	---	46	13	23	ND	
DQO	mg/L	10	---					
Dureza	mg/L	500	1	44.8	45.6	42	30	
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---					
Fenoles	mg/L	0.003	---	ND	ND	ND	ND	
Fluoruros	mg/L	1	0.002	0.2	0.622	0.419	0.102	
Fosforo total	mg/L P	0.1	---					
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---	---	---	---	---	
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.307	0.043	1.155	ND	
Nitritos	mg/L N	1	0.001	ND	ND	ND	ND	
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---					
Olor		Aceptable	---	---	---	---	---	
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---					
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	---	6.75	7.03	6.83	6.39	
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	2	123	139	113	46	
Sulfatos	mg/L	250	0.015	40.12	30.29	25.92	11.98	
sulfuros	mg/L	0.5	---	0.002	0.014	0.027	0.33	
Turbiedad	UNT	5	0.08	45.2	62.6	41.4	12700	
INORGANICOS								
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	1.149	0.561	0.448	0.328	
Antimonio	mg/L	0.006	0.001	ND	ND	ND	ND	
Arsenico	mg/L	0.01	0.003	0.0085	0.0359	0.0191	0.0386	
Bario	mg/L	0.7	0.001	0.0182	0.0113	0.0386	0.0567	
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	ND	ND	ND	0.00377	
Boro	mg/L	0.5	0.0007	0.0138	0.0183	0.0116	ND	
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND	
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.1109	0.0603	0.0942	0.0209	
Cromo total	mg/L	0.05	0.0001	0.0055	ND	ND	ND	
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND	ND	
Hierro	mg/L	0.3	0.001	6.28	5.357	14.63	170.2	
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.0377	0.1378	0.0769	0.0874	
Mercurio	mg/L	0.001	0.00005	ND	ND	ND	ND	
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0098	ND	0.0072	0.0203	
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND	
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.128	0.4543	0.8605	ND	
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND	
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	ND	ND	ND	ND	
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	0.0041	0.0035	0.0032	0.0025	
Zinc	mg/L	3	0.003	0.297	ND	0.119	ND	
ORGANICOS								
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES								
Hidrocarburos totales de petroleo, HTPP	mg/L	0.05	---					
Trihalometanos	mg/L	0.1	---					
Compuestos organicos volatiles (VOCS)								
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---					
1,1-Dicloroetano-75-35-4	mg/L	0.03	---					
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---					
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---					
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---					
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---					
Tetracluro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---					
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---					
BETX								
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---					
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---					
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---					
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5	---					
Hidrocarburos Aromaticos								
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---					
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---					
Ticlorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---					
Plaguicidas								
Organofosforados								
Malation	mg/L	0.0001	---					
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---					
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---					
Paratión	mg/L	Ausencia	---					
Organoclorados (COP)								
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---					
clordano	mg/L	Ausencia	---					
DDT	mg/L	Ausencia	---					
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---					
Endosulfan	mg/L	0.000056	---					
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---					
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---					
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---					
Lindano	mg/L	Ausencia	---					
Carbamatos								
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---					
Policloruros Bifenilos Totales								
PCBs	mg/L	0.000001	---					
Otros								
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---					
MICROBIOLOGICO								
Coliformes Termotolerantes (44,4°C)	NMP/100mL	0	1.1					
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	1700	1700	70000	920000	
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---					

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - ÉPOCA SECA 2013							
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite de Detección	CODIGO DE LABORATORIO			
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable		31205/2013.1 - 0	31208/2013.1 - 1	31209/2013.1 - 2	31207/2013.1 - 3
		A1		ESTACIÓN DE MUESTREO			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		BH-1	BH-4	BH-6	BH-8
			FECHA DE TOMA DE MUESTRA				
			27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	27/08/2013	
FISICOS Y QUIMICOS							
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	ND	ND	ND	ND
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001				
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0.020	0.78	1.186	1.767	1.786
Color	color verdadero escala Pt/Co	15	1	5	3	4	ND
Conductividad	uS/cm	1500	---				
DBO	mg/L	3	---	46	13	23	ND
DQO	mg/L	10	---				
Dureza	mg/L	500	1	44.8	45.6	42	30
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---				
Fenoles	mg/L	0.003	---	ND	ND	ND	ND
Fluoruros	mg/L	1	0.002	0.2	0.622	0.419	0.102
Fosforo total	mg/L P	0.1	---				
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---				
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.307	0.043	1.155	ND
Nitritos	mg/L N	1	0.001	ND	ND	ND	ND
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---				
Olor		Aceptable	---				
Oxigeno disuelto	mg/L	≥6	---				
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	---	6.75	7.03	6.83	6.39
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	2	123	139	113	46
Sulfatos	mg/L	250	0.015	40.12	30.29	25.92	11.98
sulfuros	mg/L	0.5	---	0.002	0.014	0.027	0.33
Turbiedad	UNT	5	0.08	45.2	62.6	41.4	12700
INORGANICOS							
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	1.149	0.561	0.448	0.328
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	ND	ND	ND	ND
Arsenico	mg/L	0.01	0.0003	0.0085	0.0359	0.0191	0.0386
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0182	0.0113	0.0386	0.0567
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	ND	ND	ND	0.00377
Boro	mg/L	0.5	0.0007	0.0138	0.0183	0.0116	ND
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.1109	0.0603	0.0942	0.0209
Cromo total	mg/L	0.05	0.0001	0.0055	ND	ND	ND
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0.001	6.28	5.357	14.63	170.2
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.0377	0.1378	0.0769	0.0874
Mercurio	mg/L	0.001	0.00005	ND	ND	ND	ND
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0098	ND	0.0072	0.0203
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.128	0.4543	0.8605	ND
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	ND	ND	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	0.0041	0.0035	0.0032	0.0025
Zinc	mg/L	3	0.003	0.297	ND	0.119	ND
ORGANICOS							
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES							
Hydrocarburos totales de petroleo, HTTP	mg/L	0.05	---				
Trihalometanos	mg/L	0.1	---				
Compuestos organicos volatiles (VOCS)							
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---				
1,1-Dicloroetano-75-35-4	mg/L	0.03	---				46
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---				
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---				
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---				
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---				
Tetracloro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---				
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---				
BETX							
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---				
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---				
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---				
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5	---				
Hydrocarburos Aromaticos							
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---				
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---				
Triclorobenzenos (totales)	mg/L	0.02	---				
Plaguicidas							
Organofosforados							
Malation	mg/L	0.0001	---				
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---				
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---				
Paratión	mg/L	Ausencia	---				
Organoclorados (COP)							
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---				
clordano	mg/L	Ausencia	---				
DDT	mg/L	Ausencia	---				
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---				
Endosulfan	mg/L	0.000056	---				
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---				
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---				
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.0003	---				
Lindano	mg/L	Ausencia	---				
Carbamatos							
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---				
Policloruros Bifenilos Totales							
PCBs	mg/L	0.000001	---				
Otros							
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---				
MICROBIOLOGICO							
Coliformes Termotolerantes (44.4°C)	NMP/100mL	0	1.1				
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	1700	1700	70000	920000
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---				

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA HUMEDA 2014						
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				CODIGO DE LABORATORIO		
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable	Límite de Detección	35383/2014.1 - 0	35384/2014.1 - 0	35386/2014.1 - 0
		A1		ESTACION DE MUESTREO		
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		BH-4	BH-6	BH-7
				FECHA DE TOMA DE MUESTRA		
				41682	41682	41682
FISICOS Y QUIMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1,1	ND	ND	ND
Cianuro libre	mg/L	0.005	0,001	ND	ND	ND
Cianuro wad	mg/L	0.08	0,001	---	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0,020	---	---	---
Color	color verdadero escala Pt/Co	15	1	2	2	7
Conductividad	uS/cm	1500	---	91	137	204
DBO	mg/L	3	---	27	13	6
DQO	mg/L	10	---	---	23	6
Dureza	mg/L	500	1	32.2	37.4	77.6
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---	---	0.022	0.005
Fenoles	mg/L	0.003	---	---	ND	ND
Fluoruros	mg/L	1	0,002	---	---	---
Fosforo total	mg/L P	0.1	---	0.834	0.114	0.814
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---	---	---	---
Nitratos	mg/L N	10	0,003	---	0.082	0.034
Nitritos	mg/L N	1	0,001	---	ND	ND
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---	0.038	ND	0.037
Olor		Aceptable	---	---	---	---
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	4.15	4.02	2.82
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	---	6.2	7.27	9.2
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	2	64	79	144
Sulfatos	mg/L	250	0,015	---	35.29	33.68
sulfuros	mg/L	0.5	---	ND	0.006	0.014
Turbiedad	UNT	5	0,08	---	19.8	108
INORGANICOS						
Aluminio	mg/L	0.2	0,001	0.492	1.694	2.274
Antimonio	mg/L	0.006	0,0001	ND	ND	ND
Arsenico	mg/L	0.01	0,0003	0.1905	0.0063	0.0298
Bario	mg/L	0.7	0,0001	0.0554	0.0178	0.0311
Berilio	mg/L	0.004	0,00004	ND	ND	ND
Boro	mg/L	0.5	0,0007	0.0039	ND	0.0142
Cadmio	mg/L	0.003	0,00003	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0,0003	0.0384	0.0627	0.0414
Cromo total	mg/L	0.05	0,0001	0.0042	0.0074	0.0072
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0,001	206.8	4.187	6.524
Manganeso	mg/L	0.1	0,0002	0.367	0.0468	0.189
Mercurio	mg/L	0.001	0,00005	ND	ND	ND
Niquel	mg/L	0.02	0,0002	0.0036	ND	ND
Plata	mg/L	0.01	0,00001	ND	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0,0001	0.0145	0.0163	0.2266
Selenio	mg/L	0.01	0,00005	ND	ND	ND
Uranio	mg/L	0.02	0,00001	ND	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.1	0,0001	ND	0.0035	0.0053
Zinc	mg/L	3	0,003	0.207	0.774	0.383
ORGANICOS						
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES						
Hydrocarburos totales de petroleo, HTTP	mg/L	0.05	---	---	ND	ND
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	---	---	---
Compuestos organicos volatiles (VOCs)						
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---	---	---	---
1,1-Dicloroetano-75.35-4	mg/L	0.03	---	---	---	---
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---	---	---	---
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---	---	---	---
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---	---	---	---
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---	---	---	---
Tetracluro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---	---	---	---
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---	---	---	---
BETX						
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---	---	---	---
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---	---	---	---
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---	---	---	---
Xlenos -108-88-3	mg/L	0.5	---	---	---	---
Hydrocarburos Aromaticos						
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---	---	---	---
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---	---	---	---
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---	---	---	---
Plaguicidas						
Organofosforados						
Malation	mg/L	0,0001	---	---	---	---
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Paratión	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Organoclorados (COP)						
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
clordano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
DDT	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Endosulfan	mg/L	0.000056	---	---	---	---
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---	---	---	---
Lindano	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Carbamatos						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	---	---	---
Policloruros Bifenilos Totales						
PCBs	mg/L	0.000001	---	---	---	---
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---	---	---	---
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,4°C)	NMP/100mL	0	1,1	ND	6.8	2
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1,1	140	33	6.8
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA SECA 2014							
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM			Límite de Detección	CODIGO DE LABORATORIO			
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable		46218/2014.1 - 0	46342/2014.1 - 0	46344/2014.1 - 0	46345/2014.1 - 0
		A1		ESTACION DE MUESTREO			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		BH-1	BH-4	BH-6	BH-7
				ESTACION DE MUESTREO			
			03/08/2014	03/08/2014	03/08/2014	03/08/2014	
FISICOS Y QUIMICOS							
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	ND	ND	ND	ND
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001	ND	ND	ND	ND
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	ND	ND	ND	ND
Cloruros	mg/L	250	0.020				
Color	color verdadero escala Pt/Co	15	1	ND	5	1	2
Conductividad	uS/cm	1500	---	140	162	142.3	182.5
DBO	mg/L	3	---	ND	ND	ND	4
DQO	mg/L	10	---	7	12	16	7
Dureza	mg/L	500	1	39.7	45.1	36.6	63.2
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---	ND	ND	ND	ND
Fenoles	mg/L	0.003	---	ND	ND	ND	ND
Fluoruros	mg/L	1	0.002				
Fosforo total	mg/L P	0.1	---	0.111	0.719	0.276	0.066
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---				
Nitratos	mg/L N	10	0.003	ND	ND	0.339	ND
Nitritos	mg/L N	1	0.001	ND	ND	ND	ND
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---	0.017	0.054	0.07	0.06
Olor		Aceptable	---				
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	3.35	2.35	1.44	2.09
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	---	7.32	7.44	7.4	7.38
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	2	92	123	107	108
Sulfatos	mg/L	250	0.015	35.45	30.91	29.88	19.24
sulfuros	mg/L	0.5	---	0.013	0.028	0.023	0.019
Turbiedad	UNT	5	0.08	8.06	15.7	134	5.13
INORGANICOS							
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.77	0.372	0.526	0.32
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	ND	ND	ND	ND
Arsenico	mg/L	0.01	0.0003	ND	0.023	0.0039	ND
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0107	0.0132	0.0079	0.0419
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	ND	ND	ND	ND
Boro	mg/L	0.5	0.0007	0.0085	0.012	0.0062	0.013
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.1841	0.1209	0.0446	0.023
Cromo total	mg/L	0.05	0.0001	0.006	0.003	0.0025	0.0021
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	ND	ND	ND	ND
Hierro	mg/L	0.3	0.001	1.748	3.137	1.541	1.234
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.0265	0.1208	0.0714	0.0758
Mercurio	mg/L	0.001	0.00005	ND	ND	ND	ND
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0037	0.003	0.0029	ND
Plata	mg/L	0.01	0.00001	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0154	0.0602	0.0822	0.0202
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	ND	ND	ND	ND
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	ND	ND	ND	ND
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	0.002	ND	ND	ND
Zinc	mg/L	3	0.003	0.224	0.111	0.078	0.059
ORGANICOS							
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES							
Hidrocarburos totales de petroleo, HTPP	mg/L	0.05	---	1.66	ND	ND	ND
Tihalometanos	mg/L	0.1	---	-	-	-	-
Compuestos organicos volatiles (VOCS)							
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---	-	-	-	-
1,1-Dicloroetano-75-35-4	mg/L	0.03	---	-	-	-	-
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---	-	-	-	-
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---	-	-	-	-
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---	-	-	-	-
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---	-	-	-	-
Tetracluro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---	-	-	-	-
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---	-	-	-	-
BETX							
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---	-	-	-	-
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---	-	-	-	-
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---	-	-	-	-
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5	---	-	-	-	-
Hidrocarburos Aromaticos							
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---	-	-	-	-
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---	-	-	-	-
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---	-	-	-	-
Plaguicidas							
Organofosforados							
Malation	mg/L	0.0001	---	-	-	-	-
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Paratión	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Organoclorados (COP)							
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
clordano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
DDT	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Endosulfan	mg/L	0.000056	---	-	-	-	-
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---	-	-	-	-
Lindano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Carbamatos							
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-
Policloruros Bifenilos Totales							
PCBs	mg/L	0.000001	---	-	-	-	-
Otros							
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---	-	-	-	-
MICROBIOLOGICO							
Coliformes Termotolerantes (44,4°C)	NMP/100mL	0	1.1	ND	ND	2	ND
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	26	6.8	11	4.5
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA HUMEDA 2015										
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				CÓDIGO DE LABORATORIO						
Parametro	Unidad	Agua Superficiales destinadas a la producción de agua potable	Límite de Detección	168999/2015.1 - 0	169001/2015.1 - 0	169003/2015.1 - 0	169004/2015.1 - 0	169006/2015.1 - 0		
		A1		ESTACION DE MUESTREO						
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección		BH-1	BH-4	BH-6	BH-7	BH-8		
				ESTACION DE MUESTREO						
				17/02/2015	17/02/2015	17/02/2015	17/02/2015	17/02/2015	17/02/2015	
FISICOS Y QUIMICOS										
Acetatos y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cloruros	mg/L	250	0.020							
Color	color verdadero escala PtCo	15	1	4	6	4	4	4	<1	
Conductividad	uS/cm	1500	---	138.1	157.6	129.9	188.3	63.6	63.6	
DBO	mg/L	3	---	4	5	3	<2	<2	<2	
DOO	mg/L	10	---	86	80	64	11	4	4	
Dureza	mg/L	500	1	48.4	44.4	43.9	66.6	16	16	
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---	0.009	<0.002	0.008	<0.002	<0.002	<0.002	
Fenoles	mg/L	0.003	---	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	
Fluoruros	mg/L	1	0.002							
Fosforo total	mg/L P	0.1	---	0.373	1.106	7.636	0.127	0.043	0.043	
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---							
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.08	0.006	0.02	<0.003	0.019	0.019	
Nitritos	mg/L N	1	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---	0.03	0.24	0.038	0.059	<0.005	<0.005	
Olor		Aceptable	---							
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	3.35	2.42	2.49	2.03	7.12	7.12	
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	---	6.82	6.9	6.75	7.46	6.57	6.57	
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	2	105	94	82	107	38	38	
Sulfatos	mg/L	250	0.015	37.03	29.95	27.71	19.11	10.51	10.51	
sulfuros	mg/L	0.5	---	0.038	0.089	0.056	0.003	<0.001	<0.001	
Turbiedad	UNT	5	0.08	7.38	53.1	67.2	2.67	435	435	
INORGANICOS										
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.868	3.216	4.551	0.404	< 0.001	< 0.001	
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	
Arsenico	mg/L	0.01	0.0003	0.011	0.0511	0.1519	0.0058	< 0.0003	< 0.0003	
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0197	0.06	0.0582	0.0408	0.0051	0.0051	
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	
Boro	mg/L	0.5	0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	0.0232	< 0.0007	< 0.0007	
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0789	0.145	0.0908	0.006	< 0.0003	< 0.0003	
Cromo total	mg/L	0.05	0.0001	0.0038	0.0083	0.0149	0.0062	< 0.0001	< 0.0001	
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	
Hierro	mg/L	0.3	0.001	6.23	13.59	55.66	2.323	3.884	3.884	
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.0303	0.2382	0.1431	0.0719	0.0487	0.0487	
Mercurio	mg/L	0.001	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.004	0.0739	0.0088	0.0023	< 0.0002	< 0.0002	
Plata	mg/L	0.01	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00319	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	
Plomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0643	0.3673	0.3935	0.0097	< 0.0001	< 0.0001	
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00119	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	0.0012	0.0038	0.0073	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	
Zinc	mg/L	3	0.003	0.193	0.272	0.068	0.019	< 0.003	< 0.003	
ORGANICOS										
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES										
Hydrocarburos totales de petroleo, HTTP	mg/L	0.05	---	0.38	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	-	-	-	-	-	-	
Compuestos organicos volatiles (VOCs)										
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---	-	-	-	-	-	-	
1,1-Dicloroetano-75-35-4	mg/L	0.03	---	-	-	-	-	-	-	
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---	-	-	-	-	-	-	
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---	-	-	-	-	-	-	
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---	-	-	-	-	-	-	
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---	-	-	-	-	-	-	
Tetracluro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---	-	-	-	-	-	-	
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---	-	-	-	-	-	-	
BETX										
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---	-	-	-	-	-	-	
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---	-	-	-	-	-	-	
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---	-	-	-	-	-	-	
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5	---	-	-	-	-	-	-	
Hydrocarburos Aromaticos										
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---	-	-	-	-	-	-	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---	-	-	-	-	-	-	
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---	-	-	-	-	-	-	
Plaguicidas										
Organofosforados										
Malation	mg/L	0.0001	---	-	-	-	-	-	-	
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Paratión	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Organoclorados (COP)										
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Clordano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
DDT	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Endosulfan	mg/L	0.000056	---	-	-	-	-	-	-	
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---	-	-	-	-	-	-	
Lindano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Carbamatos										
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	-	
Policloruros Bifenilos Totales										
PCBs	mg/L	0.000001	---	-	-	-	-	-	-	
Otros										
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---	-	-	-	-	-	-	
MICROBIOLOGICO										
Coliformes Termotolerantes (44,4°C)	NMP/100mL	0	1.1	540	350	350	6.8	4	4	
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	1600	24000	170	130	9200	9200	
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL - EPOCA SECA 2015									
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS 002-2008-MINAM				CÓDIGO DE LABORATORIO					
Parametro	Unidad	Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable	Límite de Detección	168676/2015.1 - 0	168682/2015.1 - 0	168685/2015.1 - 0	168688/2015.1 - 0	168689/2015.1 - 0	
		A1		ESTACIÓN DE MUESTREO					
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		BH-1	BH-4	BH-6	BH-7	BH-8	
				ESTACIÓN DE MUESTREO					
				26/08/2015	26/08/2015	26/08/2015	26/08/2015	26/08/2015	
FISICOS Y QUIMICOS									
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.0	1.1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cianuro wad	mg/L	0.08	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Cloruros	mg/L	250	0.020	0.693	1.128	0.807	2.207	0.263	
Color	color verdadero escala PtCo	15	1	10	4	3	7	<1	
Conductividad	uS/cm	1500	---	125.7	154.4	115.8	187.9	56.4	
DBO	mg/L	3	---	7	9	10	<2	7	
DOO	mg/L	10	---	28	181	30	4	<2	
Dureza	mg/L	500	1	37.3	41.7	42.1	62	16.7	
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	---	0.018	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
Fenoles	mg/L	0.003	---	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	
Fluoruros	mg/L	1	0.002	0.251	0.766	0.445	0.409	0.124	
Fosforo total	mg/L P	0.1	---	0.089	0.834	0.446	0.048	0.021	
Materiales flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	---	---	---	---	---	---	
Nitratos	mg/L N	10	0.003	0.607	<0.010	12.35	<0.010	0.971	
Nitritos	mg/L N	1	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
Nitrogeno amoniacal	mg/L N	1.5	---	0.014	0.122	0.025	0.07	0.101	
Olor		Acceptable	---	---	---	---	---	---	
Oxigeno disuelto	mg/L	>=6	---	---	---	---	---	---	
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	---	7	6.87	6.84	8.02	6.48	
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	2	78	92	83	106	40	
Sulfatos	mg/L	250	0.015	31.67	30.18	17.19	18.77	9	
sulfuros	mg/L	0.5	---	0.022	0.028	0.017	0.002	<0.001	
Turbiedad	UNT	5	0.08	8.18	19.1	29.6	1.1	38200	
INORGANICOS									
Aluminio	mg/L	0.2	0.001	0.127	0.288	0.187	0.082	4.069	
Antimonio	mg/L	0.006	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0018	
Arsenico	mg/L	0.01	0.0003	0.0016	0.0429	0.0118	< 0.0003	0.7706	
Bario	mg/L	0.7	0.0001	0.0086	0.006	0.0059	0.0393	2	
Berilio	mg/L	0.004	0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	0.02079	
Boro	mg/L	0.5	0.0007	< 0.0007	< 0.0007	< 0.0007	0.0261	< 0.0007	
Cadmio	mg/L	0.003	0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	
Cobre	mg/L	2	0.0003	0.0137	0.0269	0.0194	0.0007	0.0944	
Cromo total	mg/L	0.05	0.0002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.032	
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	---	---	---	---	---	---	
Hierro	mg/L	0.3	0.001	0.903	4.883	3.635	0.857	2564	
Manganeso	mg/L	0.1	0.0002	0.0106	0.1674	0.0644	0.0762	0.8206	
Mercurio	mg/L	0.001	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	
Niquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0014	0.0039	0.0034	0.0012	0.0088	
Plata	mg/L	0.01	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	
Picomo	mg/L	0.01	0.0001	0.0086	0.098	0.1097	0.0034	0.0577	
Selenio	mg/L	0.01	0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.00098	
Uranio	mg/L	0.02	0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00374	
Vanadio	mg/L	0.1	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.005	
Zinc	mg/L	3	0.003	0.028	0.102	0.033	0.01	0.12	
ORGANICOS									
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES									
Hydrocarburos totales de petroleo, HTTP	mg/L	0.05	---	<0.04	0.5	<0.04	<0.04	<0.04	
Trihalometanos	mg/L	0.1	---	-	-	-	-	-	
Compuestos organicos volatiles (VOCs)									
1,1,1 Triclorometano- 71-55-6	mg/L	2	---	-	-	-	-	-	
1,1-Dicloroetano-75.35-4	mg/L	0.03	---	-	-	-	-	-	
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/L	0.03	---	-	-	-	-	-	
1,2 Diclorobenceno-95-50-1	mg/L	1	---	-	-	-	-	-	
Hexaclorobutadieno -87-68-3	mg/L	0.0006	---	-	-	-	-	-	
Tetracloroetano -127-18-4	mg/L	0.04	---	-	-	-	-	-	
Tetracloro de Carbono -56-23-5	mg/L	0.002	---	-	-	-	-	-	
Tricloroetano -79-01-6	mg/L	0.07	---	-	-	-	-	-	
BETX									
Benceno 71-43-2	mg/L	0.01	---	-	-	-	-	-	
Etilbenceno -100-41-4	mg/L	0.3	---	-	-	-	-	-	
Tolueno -108-88-3	mg/L	0.7	---	-	-	-	-	-	
Xilenos -108-88-3	mg/L	0.5	---	-	-	-	-	-	
Hydrocarburos Aromaticos									
Benzo(a) pireno -50-32-8	mg/L	0.0007	---	-	-	-	-	-	
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	---	-	-	-	-	-	
Triclorobencenos (totales)	mg/L	0.02	---	-	-	-	-	-	
Plaguicidas									
Organofosforados									
Malation	mg/L	0.0001	---	-	-	-	-	-	
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Paratión	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Organoclorados (COP)									
Aldrin- 309-00-2	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
clordano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
DDT	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Dieldrin -60-57-1	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Endosulfan	mg/L	0.000056	---	-	-	-	-	-	
Endrin -72-20-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Heptacloro -76-44-8	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	0.00003	---	-	-	-	-	-	
Lindano	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Carbamatos									
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	---	-	-	-	-	-	
Policloruros Bifenilos Totales									
PCBs	mg/L	0.000001	---	-	-	-	-	-	
Otros									
Asbesto	Millones de fibras/L	7	---	-	-	-	-	-	
MICROBIOLOGICO									
Coliformes Termotolerantes (44,4°C)	NMP/100mL	0	1.1	40	61	63	46	< 1.8	
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100mL	50	1.1	1600000	240000	2800	14000	33	
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	---	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS 5

Mediciones de caudales de los rio Osccocachi, Cuncurchca y Ollachea

5.1 Caudales históricos del río Oscocachi

Estación	Río Oscocachi					Ubicación	Este	340826	Departame : Puno				
Parametro	Caudal mensual (m3/s)						Norte	8474680	Provincia : Carabaya				
							Altitud	2782	Distrito : Ollachea				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2010			2.03	0.84	0.54	0.64	0.94	0.36	0.38	0.40	0.38	1.57	
2011	2.09	4.10	2.45	1.62	0.88	0.71	0.69	0.46	0.33	0.32	0.38	1.32	
2012	2.98	3.15	2.43	1.02	0.65	0.34	0.42	0.40	0.56	0.62	0.59	1.05	
2013	2.95	3.57	1.87	0.79	0.42	0.61	0.37	0.23	0.42	0.47	0.90	0.96	
2014	3.56	1.73	2.35	1.26	0.99	0.58	0.40	0.35	0.51	0.41	0.86	1.43	
2015	2.89	2.77	1.89	1.52	0.82	0.65	0.38	0.41					
Promedio	2.89	3.06	2.17	1.18	0.72	0.59	0.53	0.37	0.44	0.44	0.62	1.27	
Maxima	3.56	4.10	2.45	1.62	0.99	0.71	0.94	0.46	0.56	0.62	0.90	1.57	
Minima	2.09	1.73	1.87	0.79	0.42	0.34	0.37	0.23	0.33	0.32	0.38	0.96	

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Caudales históricos del río Cuncurchaca

Estación	Quebrada Cuncurchaca					Ubicación	Este	340354	Departamen : Puno				
Parametro	Caudal mensual (m3/s)						Norte	8476668	Provincia : Carabaya				
							Altitud	2570	Distrito : Ollachea				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2010			1.34	0.49	0.23	0.23	0.11	0.03	0.07	0.11	0.30	0.37	
2011	0.43	2.52	1.48	1.69	0.94	0.65	0.65	0.56	0.16	0.14	0.31	1.54	
2012	3.06	2.02	1.38	1.30	0.56	0.40	0.33	0.29	0.28	0.36	1.36	2.73	
2013	3.08	3.43	3.01	1.43	0.56	0.33	0.19	0.09	0.14	0.21	0.71	1.01	
2014	2.37	1.92	1.34	0.71	0.68	0.41	0.24	0.32	0.20	0.31	0.93	2.56	
2015	2.78	2.02	1.06										
Promedio	2.34	2.38	1.60	1.12	0.59	0.40	0.30	0.26	0.17	0.23	0.72	1.64	
Maxima	3.08	3.43	3.01	1.69	0.94	0.65	0.65	0.56	0.28	0.36	1.36	2.73	
Minima	0.43	1.92	1.06	0.49	0.23	0.23	0.11	0.03	0.07	0.11	0.30	0.37	

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Caudales históricos del río Cuncurchaca

Estación : Ollachea	Ubicación Este	340839	Departamer: Puno									
Parametro : Caudal Medio Mensual (m3/s)	Norte	8473907	Provincia : Carabaya									
	Altitud	2682	Distrito : Ollachea									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1982	118.40	40.60	63.60	37.69	14.80	8.91	7.51	6.68	6.79	10.82	27.31	33.42
1983	43.01	55.52	37.51	24.90	13.58	8.98	6.29	7.69	8.70	10.71	17.71	16.49
1984	84.51	71.40	58.10	34.71	12.40	7.51	5.89	5.79	7.91	10.60	27.49	35.50
1985	119.90	41.80	33.60	33.60	16.50	7.70	7.50	7.80	9.10	11.60	25.00	32.00
1986						8.24	7.60	7.16	7.06	9.36	15.07	26.55
1987	95.85	64.77	33.52	23.48	12.66	7.71	6.48	5.90	8.13	15.17	32.80	40.90
1988	59.01	52.79	81.73	56.34	18.06	9.38	6.61	5.93	7.71	11.45	14.32	25.77
1989	50.26	62.40	78.76	46.58	18.48							
1990						8.93	6.30	5.53	6.55	10.55	32.21	44.74
1991						9.94	6.48	5.91	6.11	9.10	15.98	37.44
1992	91.52	80.03	56.93	24.40				6.51	6.63	9.42	16.89	
1993	51.13	54.62	52.30	45.26	17.95	8.61	6.47	7.56	8.96	10.16	24.41	48.69
1994	57.41	74.58	57.27	44.57	17.42	8.76	6.58	5.37	6.53	8.1	15.24	36.09
1995	46.91	35.33	87.07	23.17	7.90	6.34	4.79	7.16	7.06	9.36	15.07	26.55
1996	52.15	50.74	43.26	31.32	14.58	8.22	7.15	6.96	8.49	8.87	19.87	35.19
1997	62.50	71.45	84.65	30.96	12.86	7.99	6.50	5.97	7	7.49	18.18	23.96
1998	29.13	56.25	55.57	31.86	14.40	9.68	7.38	8.26	11.01	13.52	19.15	20.78
1999	39.59	87.00	71.08	37.94	20.76	9.15	6.65					
2000	53.60	75.80	53.30	22.60	11.00	7.00	7.20	6.60	6.70	11.20	11.80	22.10
2001	76.50	74.30	82.10	30.60	14.80	9.10	8.10	8.55	9.00	12.00	18.50	27.60
2002	47.80	78.80	80.60	33.70	13.70	8.50	8.60	9.30	11.00	13.30	24.50	40.90
2003	67.80	66.60	61.40	67.30	17.00	9.40	8.80	11.00	9.70	8.80	10.90	18.60
2004	89.50	75.40	31.70	24.20	14.90	11.50	9.60	9.41	8.43	9.45	16.13	32.76
2005	34.90	81.40	61.10	27.00	11.70	9.80	9.40	9.10	7.90	9.60	15.40	20.30
2006	68.00	53.80	37.50	38.50	12.20	9.00	9.10	10.00	9.10	11.40	24.50	65.30
2007	59.90	47.80	50.60	32.40	13.70	8.40	8.80	9.80	10.40	10.90	13.30	25.10
2008	71.00	54.00	59.70	20.80	11.70	9.10	8.10		9.70	10.60	12.80	18.90
2009	48.30	50.20	20.00	26.20	13.20	13.10	10.70	10.00	11.40	11.90	22.30	52.30
2010	92.92	70.86	50.59	33.15	12.30	8.70	8.76	8.44	9.63	9.87	11.00	31.61
2011	43.15	92.56	103.37	52.76	19.92	9.84	9.35	9.45	10.05	12.11	12.82	33.86
2012	49.26	85.24	68.49	37.04	15.71	10.99	8.40	7.18	7.05	7.53	11.87	40.87
2013	69.15	92.56	70.54	29.82	12.50	9.15	8.80	8.79	10.02	10.40	15.84	44.78
2014	70.02	85.83	69.84	32.87	12.99	8.74						
Promedio	64.77	66.15	59.86	34.52	14.47	8.98	7.66	7.72	8.46	10.51	18.61	33.07
Maxima	119.90	92.56	103.37	67.30	20.76	13.10	10.70	11.00	11.40	15.17	32.80	65.30
Minima	29.13	35.33	20.00	20.80	7.90	6.34	4.79	5.37	6.11	7.49	10.90	16.49

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS 6

Panel fotográfico del trabajo de investigación 2013 al 2015



Monitoreo de evaporación



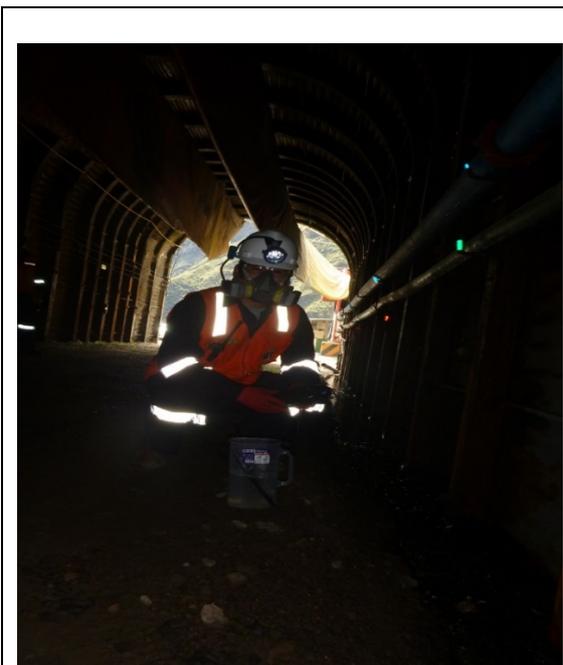
Medición de caudal río Oscocachi



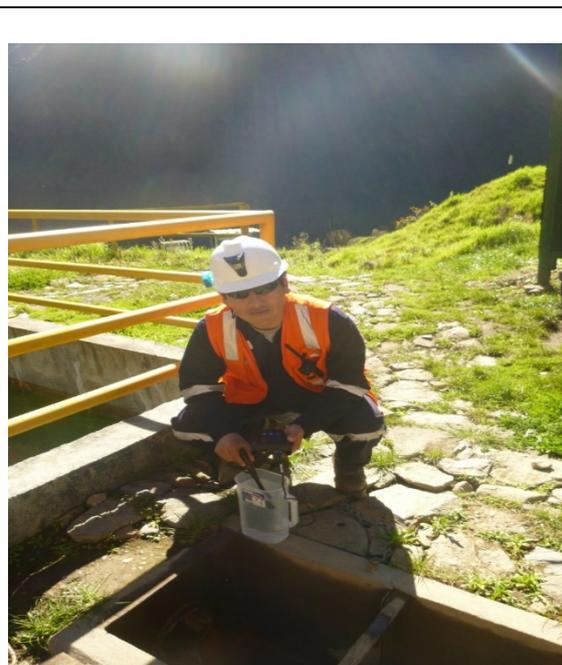
Descarga de datos "estación meteorológica"



Estación meteorológica Cuncurchaca



Medición de pH de agua subterránea túnel



Medición de pH - agua subterránea Challouno



Pozo de observación Oscocachi



Pozo de observación TP-04



Medición manual de nivel de agua con sonda



Monitoreo de calidad de agua subterránea



Nivel de agua en época de lluvia, pozo BH-8 Challouno.



Levellogger, equipo de medición automático, instalado en todos los pozos de la investigación.



Instalación de tubería de piezómetro, TP-04



Instalación de graba en piezómetro TP-04



Perforación de pozos área Challouno



Perforación de pozos área de Oscocachi



Prueba lefranc y lugeron área de Oscocochi TP-05

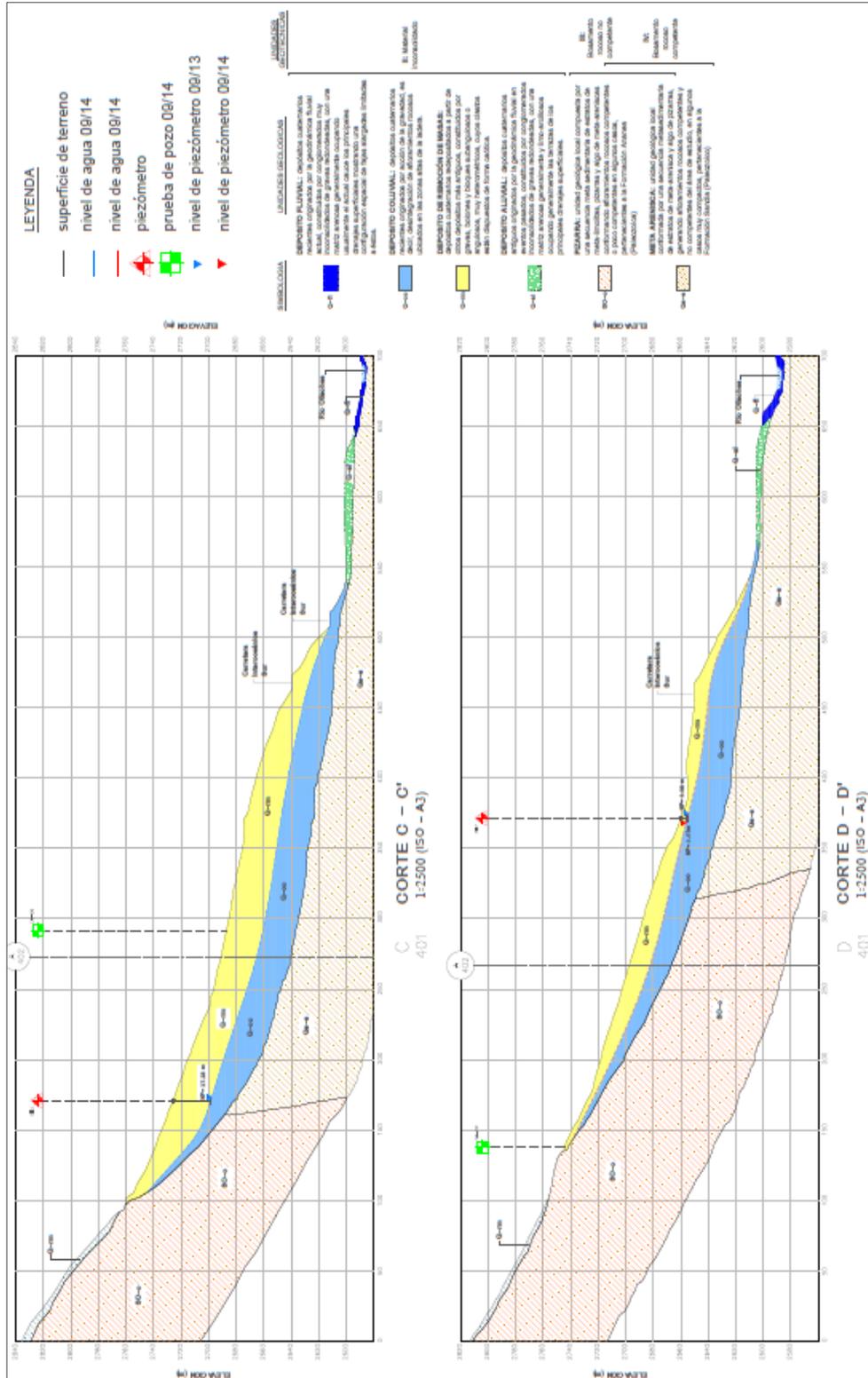


Prueba de Slug test y medición de nivel de aguas subterránea

ANEXOS 7

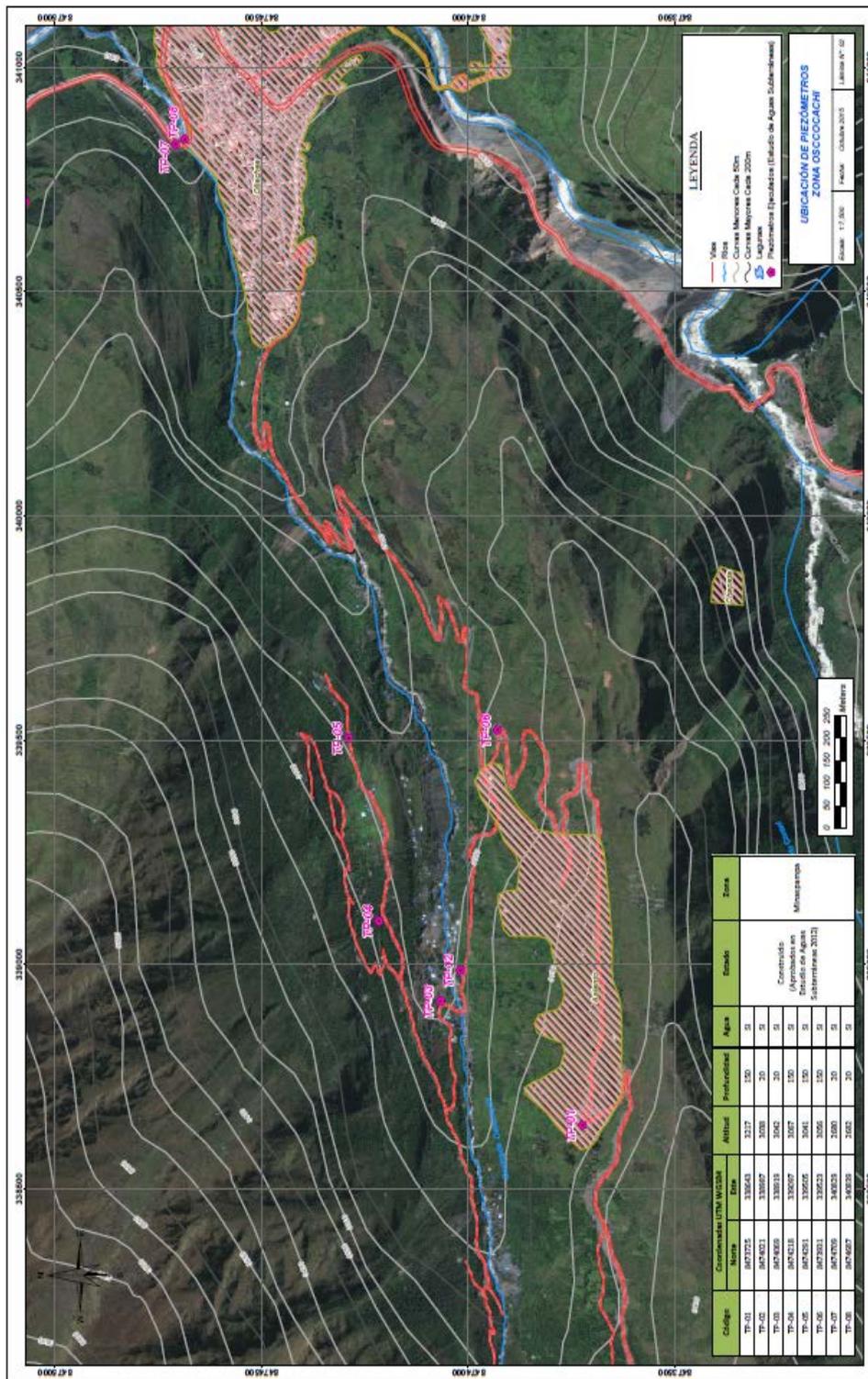
Mapas de las áreas de la investigación

7.3: Cortes hidrogeológicos C-C'/D-D' del área de investigación intercuena Challouno



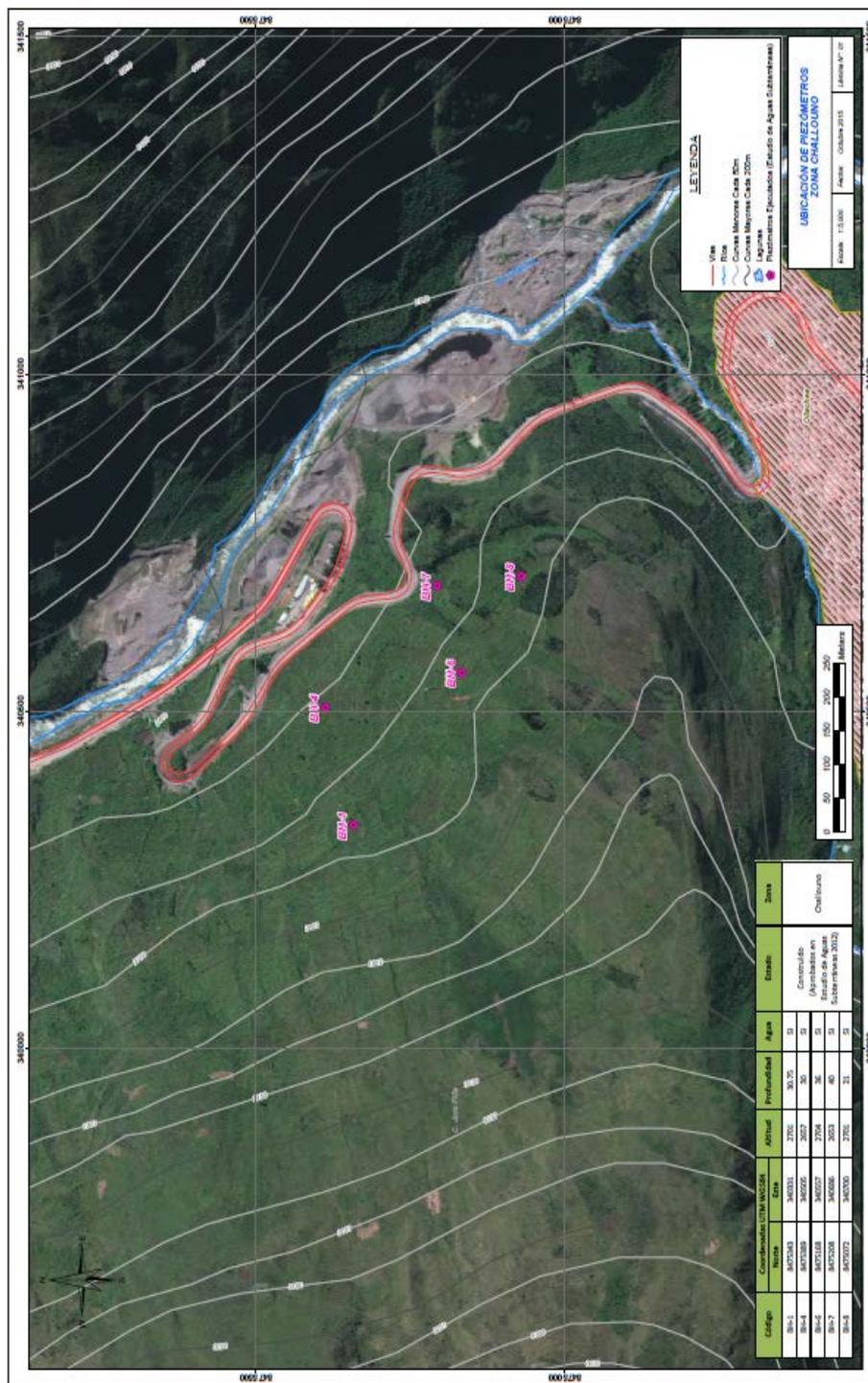
Fuente: Elaboración propia.

7.4: Mapa de ubicación de pozos de monitoreo de la microcuenca Oscocochi



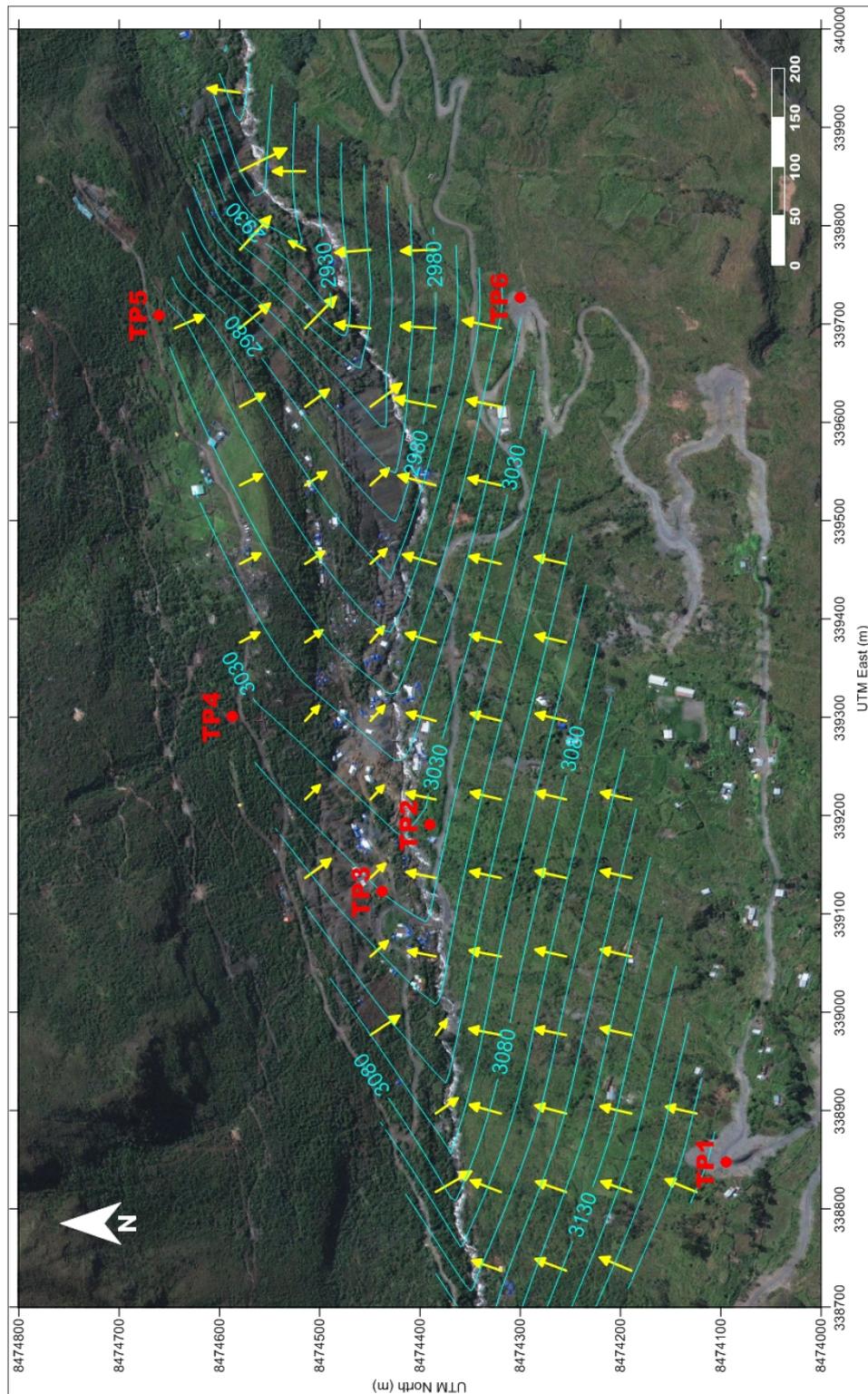
Fuente: Elaboración propia.

7.5: Mapa de ubicación de pozos de monitoreo de la intercuenca Challouno



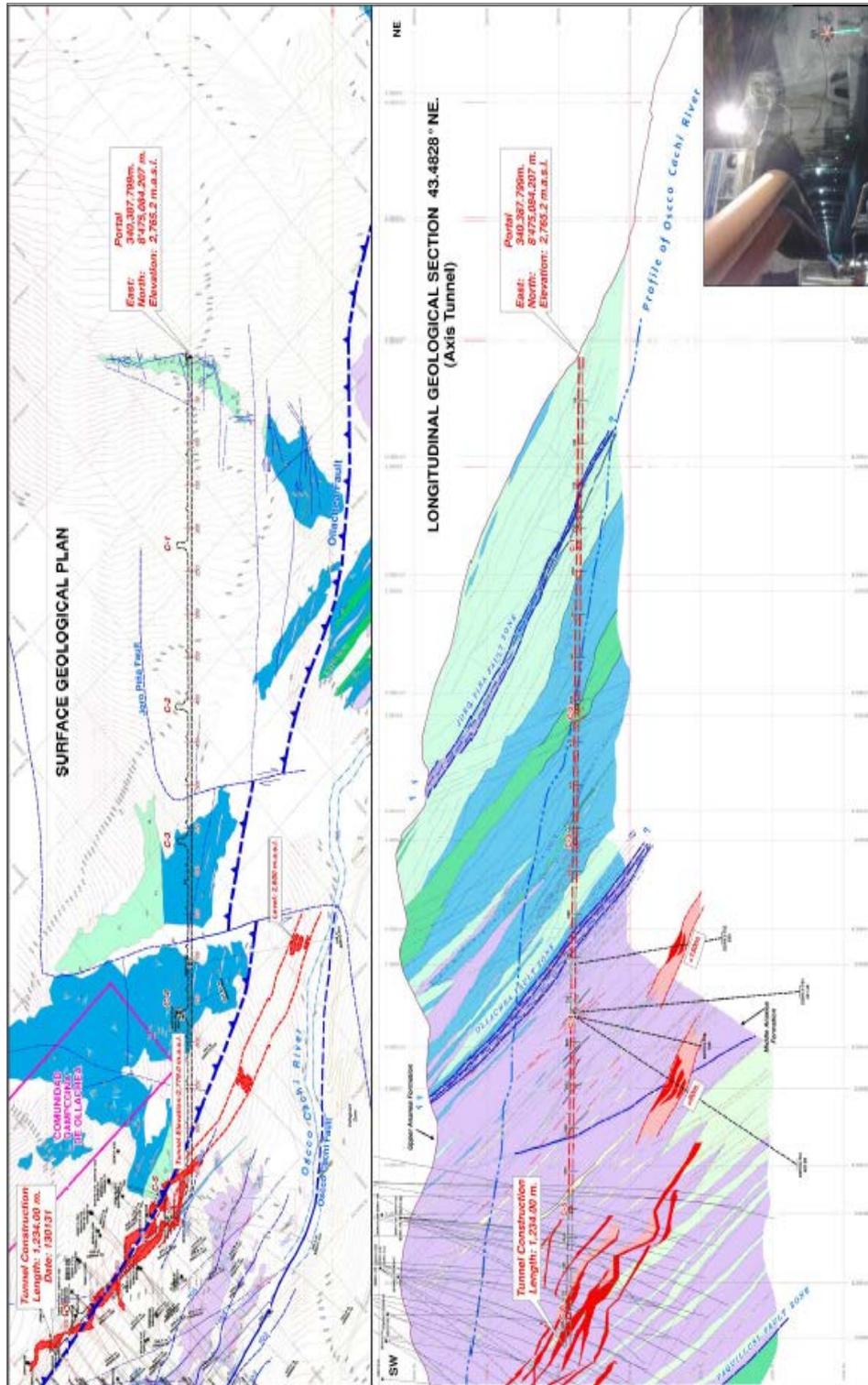
Fuente: Elaboración propia.

7.6: Dirección de flujo de agua subterránea de la parte baja microcuenca Oscocachi



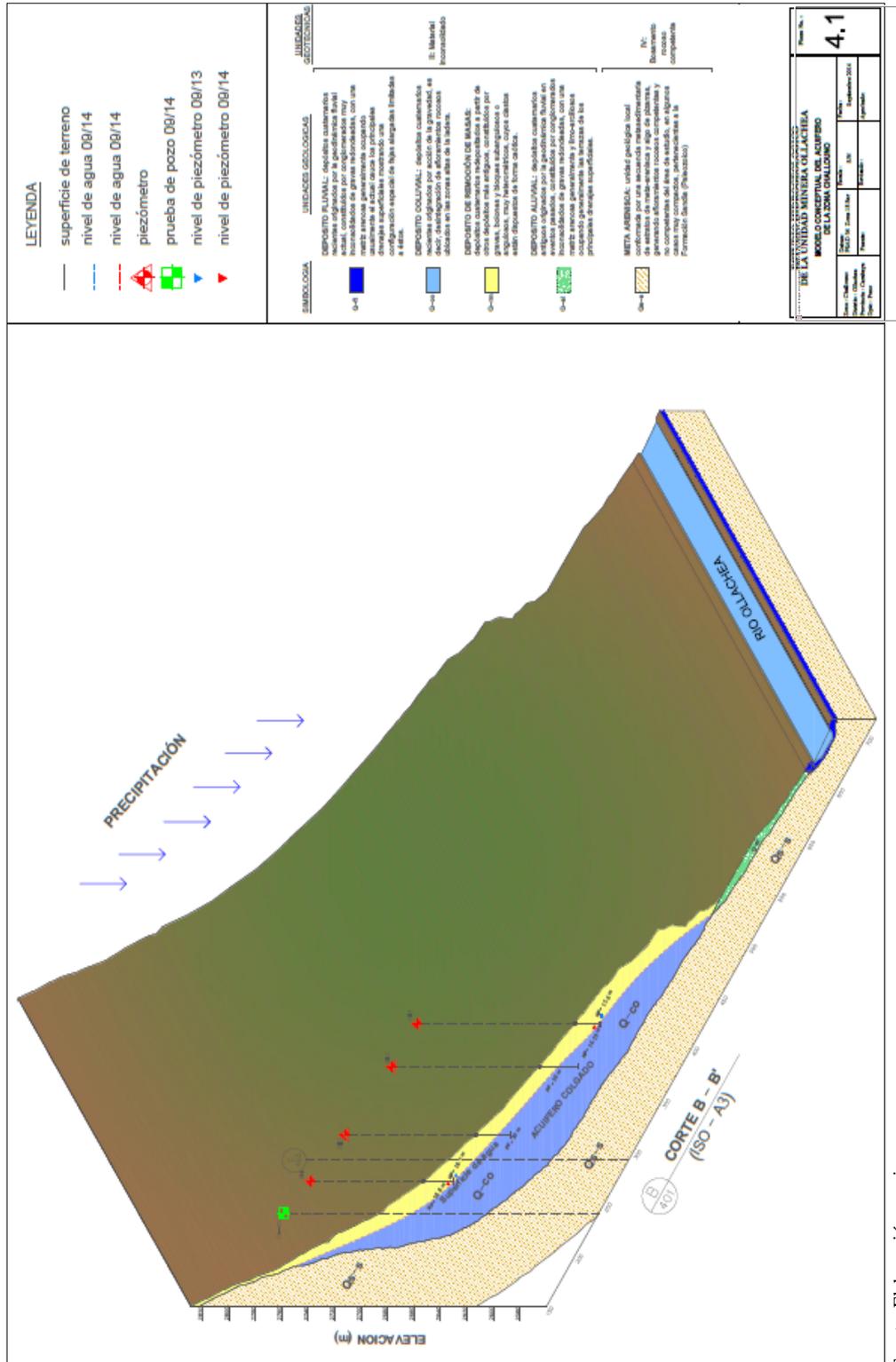
Fuente: Elaboración propia.

7.7: Mapa geológico y corte de la margen izquierda de la parte baja microcuenca Oscocochi



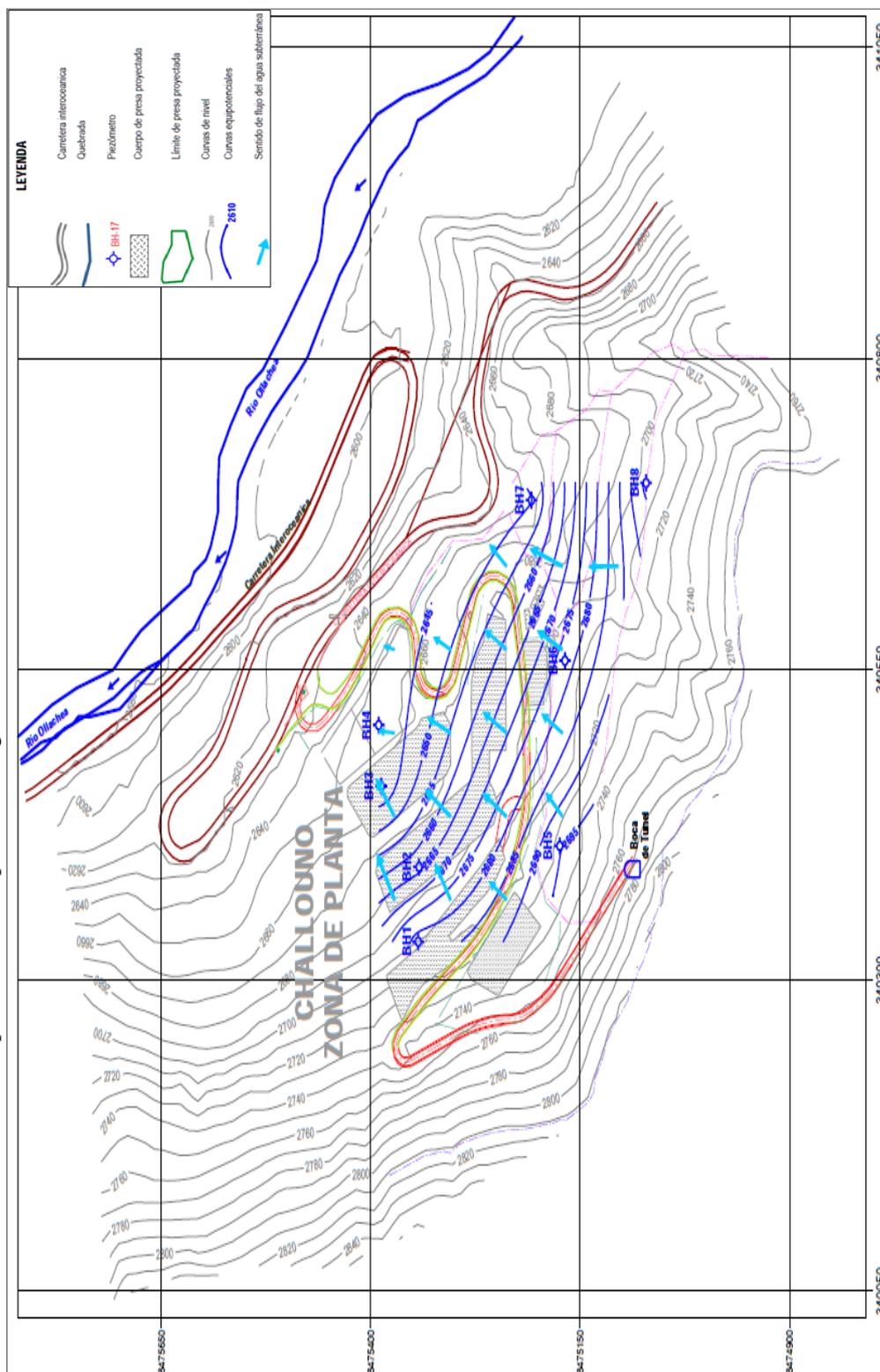
Fuente: Elaboración por el área de geología de minera Kuri Kullu

7.8: Modelo conceptual del acuífero del área de estudio intercuenca Challoumo



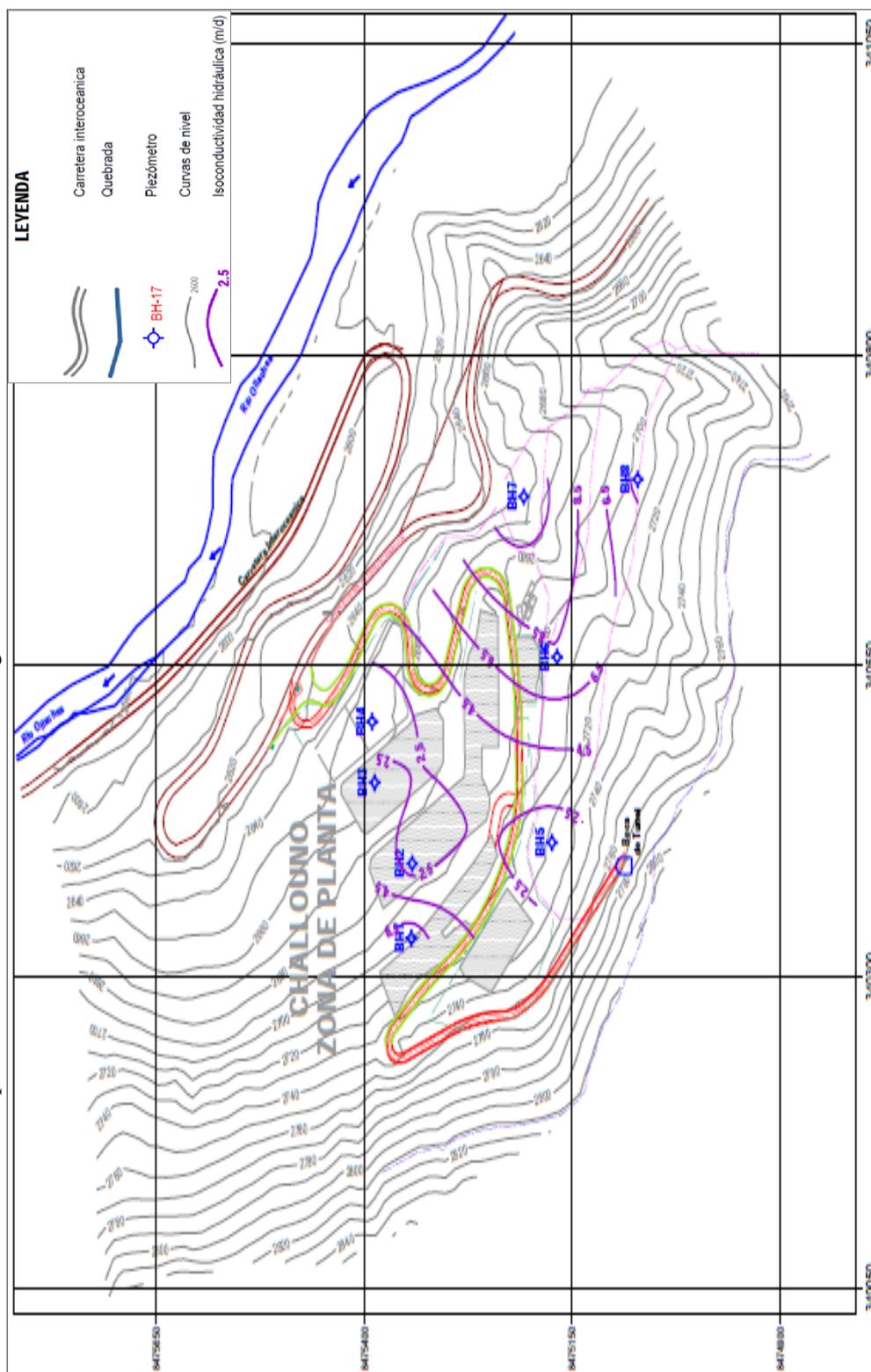
Fuente: Elaboración propia.

7.9: Mapa de hidroisohipsas de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



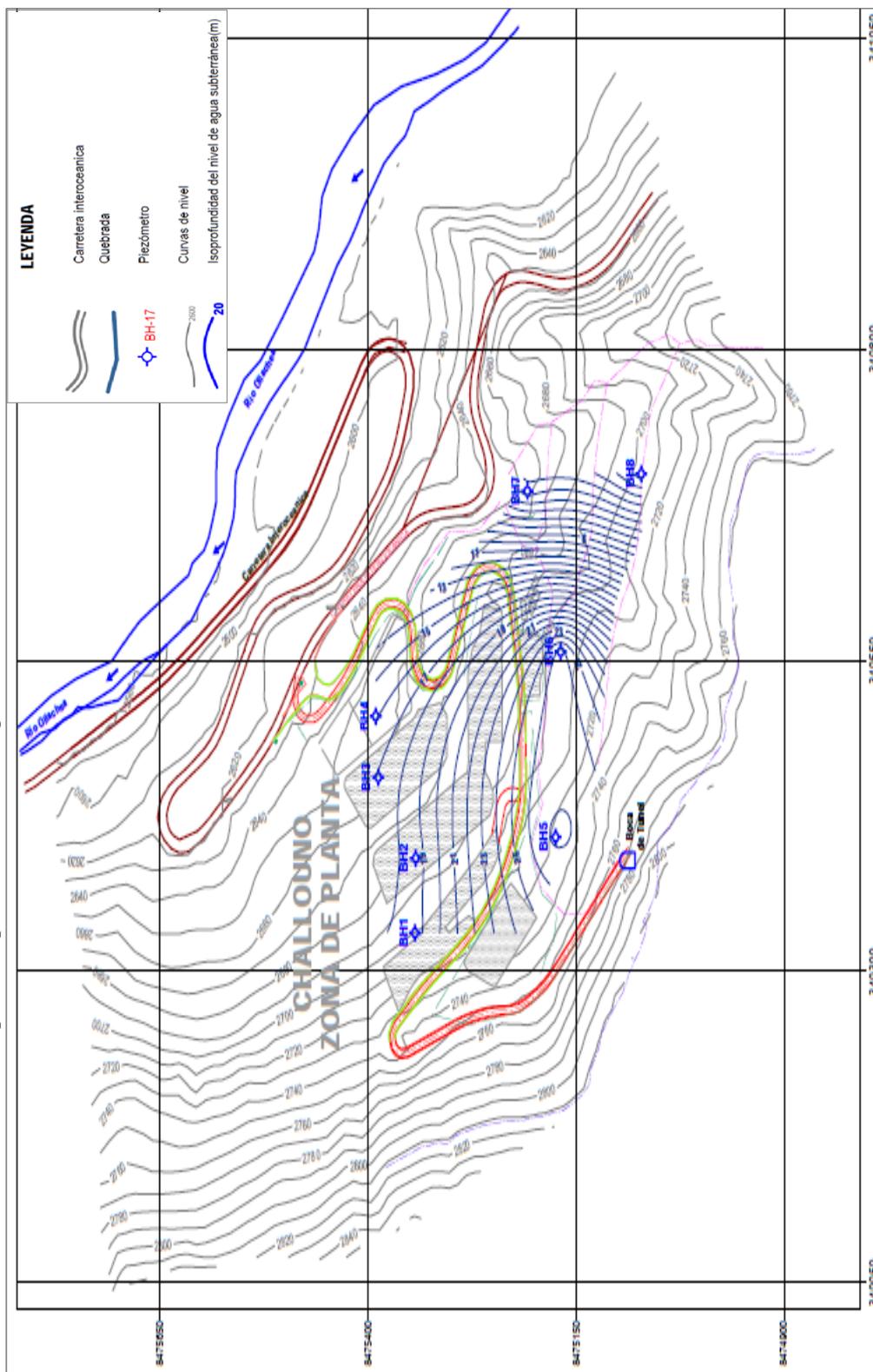
Fuente: Elaboración propia.

7.10: Mapa de isoconductividad hidráulica de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia.

7.11: Mapa de isoprofundidad de las aguas subterráneas de la intercuenca Challouno



Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS 8

Resultado de pruebas hidráulicas de Lefranc y Lugeon y resultados de modelamiento

8.1 Pruebas de campo lugeon

Prueba con obturador - Inyección Packer test

PROYECTO : Ollachea PFS	SONDAJE Nº DDH11-TP01	ENSAYO Nº 1	COORD. NORTE: 8.474.094
UBICACIÓN: Asiento	PROF. DE ENSAYO DE : 60.00	A 70.00 m.	COORD. ESTE: 338.847
SUPERVISOR: Angel Solís	FECHA : 23/03/11	Hr.INIC. 9:15 FIN : 10:20	INCLINACIÓN: -90°
	LITOLÓG. DEL TRAMO : Pizarras		COTA (m.s.n.m.): 3.230

hm	ALTURA DEL MANOMETRO	0.61	m
a	ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERRENO	0.49	m
ha	PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO	35.70	m
Δh	SOBRECARGA HIDRAULICA	36.31	m
d	PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR	60.00	m
L	PROFUNDIDAD DE PERFORACION	70.00	m
α	INCLINACION C/HORIZONTAL	90	°
Δh'	Δh CORREGIDA = Sen α x Δh	36.31	m
l	LONGITUD TRAMO DE ENSAYO	10.00	m
Ø	DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO	0.096	m
P _M	PRESION MANOMETRICA		
P _{EF}	PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENSAYO		
Δp	PERDIDAS DE CARGA		
q	VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENSAYO		
qt	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADIO		
G	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA ESTADIO		
Q	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR Mt. DE TRAMO DE ENSAYO		
UL	UNIDAD LUGEON (Q x 10 / P _{EF})		

TIEMPO EN MINUTO	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²
0	219.6	0.70	273.3	1.41	324.0	2.81	373.7	1.41	387.7	0.70
1	222.0	2.40	276.5	3.20	332.4	8.40	375.2	1.50	388.7	1.00
2	224.8	2.80	280.7	4.20	340.1	7.70	376.6	1.40	390.8	2.10
3	228.2	3.40	282.6	1.90	348.0	7.90	377.9	1.30	391.0	0.20
4	232.6	4.40	285.5	2.90	355.6	7.60	379.2	1.30	391.7	0.70
5	237.2	4.60	289.7	4.20	361.3	5.70	380.5	1.30	392.6	0.90
6	241.1	3.90	291.5	1.80	363.8	2.50	381.8	1.30	393.6	1.00
7	245.5	4.40	294.3	2.80	366.1	2.30	383.1	1.30	394.6	1.00
8	249.9	4.40	297.2	2.90	368.3	2.20	384.4	1.30	395.6	1.00
9	254.3	4.40	300.1	2.90	370.5	2.20	385.6	1.20	396.5	0.90
10	258.7	4.40	303.0	2.90	372.7	2.20	386.9	1.30	397.4	0.90

qt (l)	39.10	29.70	48.70	13.20	9.70
G (l/min)	3.91	2.97	4.87	1.32	0.97
Q (l/min/m)	0.39	0.30	0.49	0.13	0.10
Δp (kg/cm ²)	0.00	0.30	0.49	0.13	0.10
P _{EF} (kg/cm ²)	4.33	5.04	6.44	5.04	4.33
UL	1	1	1	0	0

Gráfico Unidades Lugeon

UNIDAD LUGEON SELECCIONADA : 1 UL

K (PERMEABILIDAD) : 1.30E-05 cm/s

Representación gráfica

Conclusiones y Resultados

Flujo de relleno

Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

Prueba con obturador - Inyección Packer test

PROYECTO : Ollachea PFS	SONDAJE N° DDH11-TP01	ENSAYO N° 2	COORD. NORTE: 8,474,094
UBICACIÓN : Asiento	PROF. DE ENSAYO DE : 81.00	A 91.00 m.	COORD. ESTE: 338,847
SUPERVISOR: Angel Solís	FECHA : 28/02/11	Hr.INIC. 9:00 FIN : 10:00	INCLINACIÓN: -90°
	LITOLÓG. DEL TRAMO : Pizarras		COTA (m.s.n.m.): 3,230

hm	ALTURA DEL MANOMETRO	0.67	m
a	ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERRENO	0.55	m
ha	PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO	28.50	m
Δh	SOBRECARGA HIDRAULICA	29.17	m
d	PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR	81.00	m
L	PROFUNDIDAD DE PERFORACION	91.00	m
α	INCLINACION C/HORIZONTAL	90	°
Δh*	Δh CORREGIDA = Sen α x Δh	29.17	m
l	LONGITUD TRAMO DE ENSAYO	10.00	m
Ø	DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO	0.096	m
P _M	PRESION MANOMETRICA		
P _{EF}	PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENSAYO		
Δp	PERDIDAS DE CARGA		
q	VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENSAYO		
qt	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADIO		
G	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA ESTADIO		
Q	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR ML. DE TRAMO DE ENSAYO		
UL	UNIDAD LUGEON (Q x 10 / P _{EF})		

TIEMPO EN MINUTO	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²
0	12.0	0.84	24.0	1.69	48.0	3.37	24.0	1.69	12.0	0.84
1	545.4		612.5		810.0		1265.4		1603.9	
2	551.8	6.40	624.0	11.50	846.1	36.10	1312.5	47.10	1663.8	59.90
3	555.3	3.50	634.5	10.50	877.4	31.30	1347.5	35.00	1692.0	28.20
4	560.2	4.90	645.2	10.70	901.1	23.70	1370.5	23.00	1721.8	29.80
5	564.9	4.70	656.9	11.70	945.1	44.00	1413.7	43.20	1749.2	27.40
6	569.4	4.50	667.1	10.20	986.5	41.40	1447.1	33.40	1777.0	27.80
7	573.9	4.50	678.0	10.90	1028.5	42.00	1481.8	34.70	1805.6	28.60
8	578.4	4.50	688.7	10.70	1070.5	42.00	1514.1	32.30	1833.1	27.50
9	582.9	4.50	699.7	11.00	1113.8	43.30	1548.1	34.00	1860.8	27.70
10	587.3	4.40	710.7	11.00	1155.8	42.00	1582.1	34.00	1888.8	28.00
10	591.8	4.50	721.7	11.00	1197.8	42.00	1616.1	34.00	1916.8	28.00
qt (l)	46.40		109.20		387.80		350.70		312.90	
G (l/min)	4.64		10.92		38.78		35.07		31.29	
Q (l/min/m)	0.46		1.09		3.88		3.51		3.13	
Δp (kg/cm ²)	0.00									
P _{EF} (kg/cm ²)	3.76		4.60		6.29		4.61		3.76	
U L	1		2		6		8		8	

UNIDAD LUGEON SELECCIONADA :	8 U L
K (PERMEABILIDAD) :	1.04E-04 cm/s

P_{EF} = P_M - Δp + Δh / 10

Conclusiones y Resultados

Flujo de erosión

Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

Prueba con obturador - Inyección
Packer test
ENTRADA DE DATOS

PROYECTO :	Ollachea PFS	SONDAJE N°:	DHH11-TP2	FECHA:	13/03/11
UBICACIÓN:	Mocccopata	ENSAYO N°:	1	HORA INICIO:	7:55
SUPERVISOR:	Angel solís	LITOLÓGIA DEL TRAMO:	PIZARRAS	HORA TERMINO:	8:35

Datos del ensayo

PROFUNDIDAD - DESDE: 20.00 m.

PROFUNDIDAD - HASTA: 15.00 m.

hm ALT. DEL MANOMETRO SOBRE SUP: 0.42 m.

a ALT. SOBRE NIVEL DEL TERRENO: 0.30 m.

ha PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO: 12.60 m.

α INCLINACION C/HORIZONTAL: -90°

\emptyset DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO: 0.096 m.

	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	Psi	4.0	Psi	8.0	Psi	16.0	Psi	8.0	Psi	4.0
	Kg/cm ²	0.70	Kg/cm ²	1.40	Kg/cm ²	2.80	Kg/cm ²	1.40	Kg/cm ²	0.70

TIEMPO EN MINUTO	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	LECTURA CAUDAL.	q (l)	LECTURA CAUDAL.	q (l)	LECTURA CAUDAL.	q (l)	LECTURA CAUDAL.	q (l)	LECTURA CAUDAL.	q (l)
0	662.4		662.4		662.4		662.4		662.4	
1	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00
2	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00
3	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00
4	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00
5	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00	662.4	0.00
6										
7										
8										
9										
10										
qt (l)										

FACTORES DE CONVERSIÓN

1 psi = 0.0703 Kgr/cm²

1 Bar = 14.5 psi

1 Kgr/cm² = 14.22 psi

10.2 m. de agua = 1 Bar

1 Mpascal = 145 psi

1 Litro = 1000 cm³

1 Gal = 3.785 litros

Conclusiones y Resultados

Se suspende el ensayo al no haber consumo.

Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

Prueba con obturador - Inyección Packer test

PROYECTO: Ollachea PFS	SONDAJE N°: DDH11-TP04	ENSAYO N°: 1	COORD. NORTE: 8,474.587
UBICACIÓN: Minaspampa este	PROF. DE ENSAYO DE: 20.00 m	A: 25.00 m	COORD. ESTE: 339.301
SUPERVISOR: Angel Solís	FECHA: 16/02/11	Hr.INIC.: 13:30	FIN: 15:30
	LITOLÓG. DEL TRAMO: Pizarras		INCLINACIÓN: -90°
			COTA (m.s.n.m.): 3,081

hm	ALTURA DEL MANOMETRO	0.65	m
a	ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERRENO	0.59	m
ha	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO	5.10	m
Δh	SOBRECARGA HIDRAULICA	5.75	m
d	PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR	20.00	m
L	PROFUNDIDAD DE PERFORACION	25.00	m
α	INCLINACION C/HORIZONTAL	90	°
Δh*	Δh CORREGIDA = Sen α x Δh	5.75	m
l	LONGITUD TRAMO DE ENSAYO	5.00	m
Ø	DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO	0.096	cm
P _M	PRESION MANOMETRICA		
P _{EF}	PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENSAYO		
Δp	PERDIDAS DE CARGA		
q	VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENSAYO		
qt	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADIO		
G	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA ESTADIO		
Q	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR ML. DE TRAMO DE ENSAYO		
UL	UNIDAD LUGEON (Q x 10 / P _{EF})		

TIEMPO EN MINUTO	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²
0	7.0	0.49	14.0	0.98	22.0	1.54	14.0	0.98	7.0	0.49
1	1095.0	4.00	1150.0	8.00	1295.0	17.00	1572.0	15.00	1705.0	3.00
2	1099.0	3.00	1158.0	9.00	1312.0	18.00	1587.0	9.00	1708.0	2.00
3	1102.0	3.00	1167.0	9.00	1330.0	18.00	1596.0	9.00	1710.0	2.00
4	1106.0	4.00	1177.0	10.00	1347.0	17.00	1606.0	10.00	1714.0	4.00
5	1111.0	5.00	1185.0	8.00	1365.0	18.00	1613.0	7.00	1717.0	3.00
6	1115.0	4.00	1194.0	9.00	1381.0	16.00	1621.0	8.00	1720.0	3.00
7	1118.0	3.00	1202.0	8.00	1400.0	19.00	1630.0	9.00	1724.0	4.00
8	1121.0	3.00	1211.0	9.00	1416.0	16.00	1639.0	9.00	1728.0	4.00
9	1124.0	3.00	1219.0	8.00	1432.0	16.00	1647.0	8.00	1731.0	3.00
10	1127.0	3.00	1227.0	8.00	1448.0	16.00	1656.0	9.00	1735.0	4.00
10	1130.0	3.00	1235.0	8.00	1464.0	16.00	1665.0	9.00	1739.0	4.00
qt (l)	35.00		85.00		169.00		93.00		34.00	
G (l/min)	3.50		8.50		16.90		9.30		3.40	
Q (l/min/m)	0.70		1.70		3.38		1.86		0.68	
Δp (kg/cm ²)	0.00									
P _{EF} (kg/cm ²)	1.07		1.56		2.12		1.56		1.07	
UL	7		11		16		12		6	

UNIDAD LUGEON SELECCIONADA :	6	UL
K (PERMEABILIDAD) :	7.80E-05	cm/s

$P_{EF} = P_M - \Delta p + \Delta h / 10$

Conclusiones y Resultados

Flujo de dilatación

Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

Prueba con obturador - Inyección Packer test

PROYECTO : Ollachea PFS

UBICACIÓN: Asiento

SUPERVISOR: Wilson Vasquez

SONDAJE Nº DDH11-TP06

ENSAYO Nº 2

PROF. DE ENSAYO DE : 41.00 A 52.90 m.

FECHA : 04/04/11 **Hr.INIC.** 8:40 **FIN :** 9:45

LITOLÓG. DEL TRAMO : Pizarras

COORD. NORTE: 8,474,299

COORD. ESTE: 3,397,727

INCLINACIÓN: -90°

COTA (m.s.n.m.): 3,076

hm	ALTURA DEL MANOMETRO	0.62	m
a	ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERRENO	0.59	m
ha	PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO	25.80	m
Δh	SOBRECARGA HIDRAULICA	26.42	m
d	PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR	41.00	m
L	PROFUNDIDAD DE PERFORACION	52.90	m
α	INCLINACION C/HORIZONTAL	90	°
Δh'	Δh CORREGIDA = Sen α x Δh	26.42	m
l	LONGITUD TRAMO DE ENSAYO	11.90	m
Ø	DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO	0.096	cm
P _M	PRESION MANOMETRICA		
P _{EF}	PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENSAYO		
Δp	PERDIDAS DE CARGA		
q	VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENSAYO		
qt	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADIO		
G	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA ESTADIO		
Q	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR ML. DE TRAMO DE ENSAYO		
UL	UNIDAD LUGEON (Q x 10 / P _{EF})		

TIEMPO EN MINUTO	P _M Baja		P _M Media		P _M Alta		P _M Media		P _M Baja	
	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²
0	667.9	0.00	710.0	0.70	751.0	1.41	818.0	0.70	861.0	0.00
1	678.2	10.30	713.8	3.80	757.4	6.40	822.1	4.10	861.4	0.40
2	678.5	0.30	718.8	5.00	763.3	5.90	826.1	4.00	861.9	0.50
3	679.0	0.50	723.8	5.00	769.2	5.90	830.0	3.90	862.3	0.40
4	679.5	0.50	728.8	5.00	775.0	5.80	833.6	3.60	862.3	0.00
5	680.0	0.50	733.8	5.00	780.7	5.70	837.5	3.90	862.7	0.40
6	680.5	0.50	738.8	5.00	786.4	5.70	841.4	3.90	863.2	0.50
7	681.0	0.50	743.8	5.00	791.9	5.50	845.2	3.80	863.5	0.30
8	681.5	0.50	748.8	5.00	797.1	5.20	849.0	3.80	863.9	0.40
9	682.0	0.50	753.8	5.00	802.2	5.10	852.7	3.70	864.3	0.40
10	682.5	0.50	758.8	5.00	807.2	5.00	856.3	3.60	864.7	0.40
qt (l)	14.60		48.80		56.20		38.30		3.70	
G (l/min)	1.46		4.88		5.62		3.83		0.37	
Q (l/min/m)	0.12		0.41		0.47		0.32		0.03	
Δp (kg/cm ²)	0.00									
P _{EF} (kg/cm ²)	2.64		3.34		4.05		3.34		2.64	
UL	0		1		1		1		0	

Gráfico Unidades Lugeon

UNIDAD LUGEON SELECCIONADA : 1 UL

K (PERMEABILIDAD) : 1.30E-05 cm/s

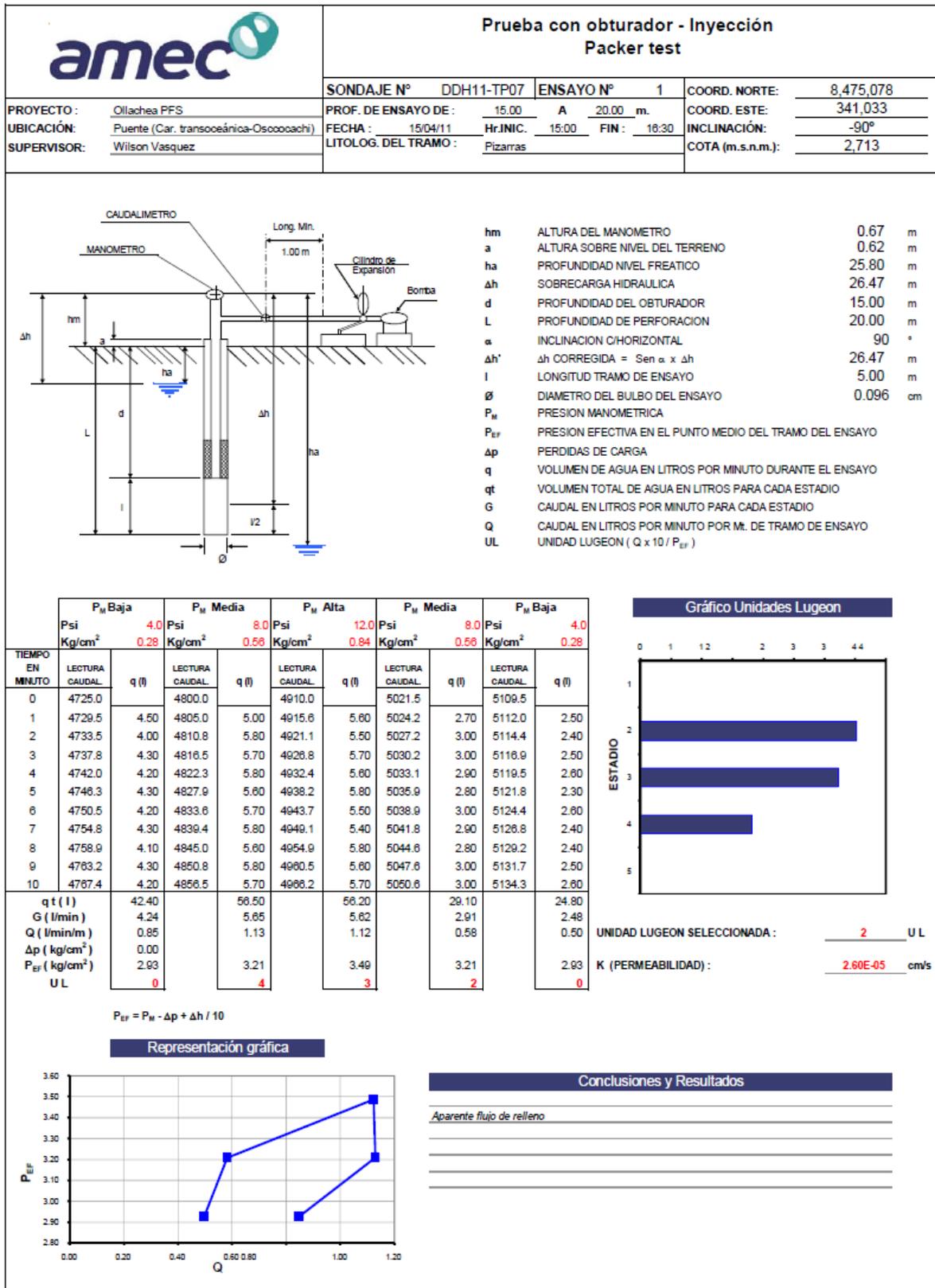
P_{EF} = P_M - Δp + Δh / 10

Representación gráfica

Conclusiones y Resultados

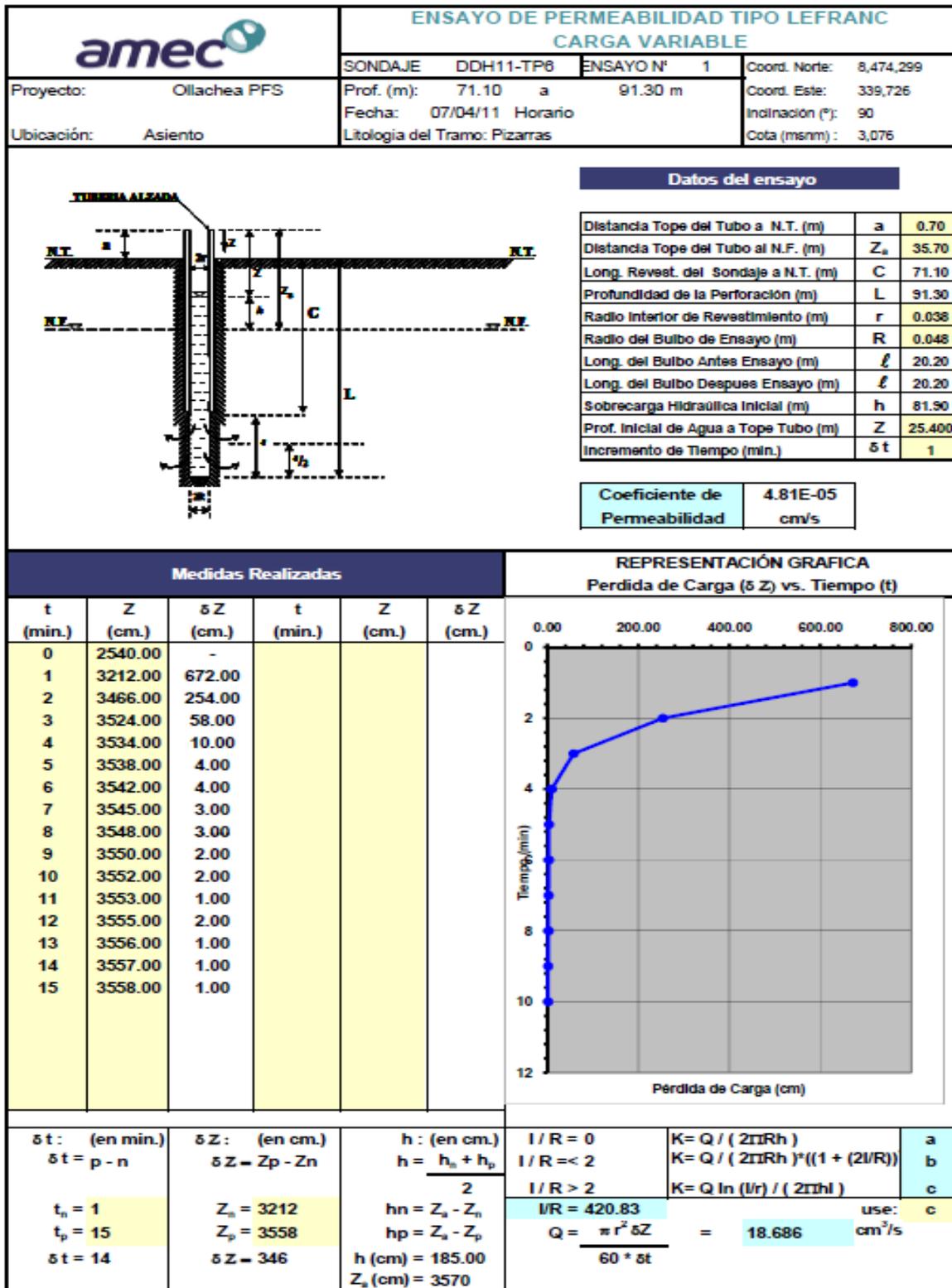
Ensayo incompleto, aparente flujo laminar

Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

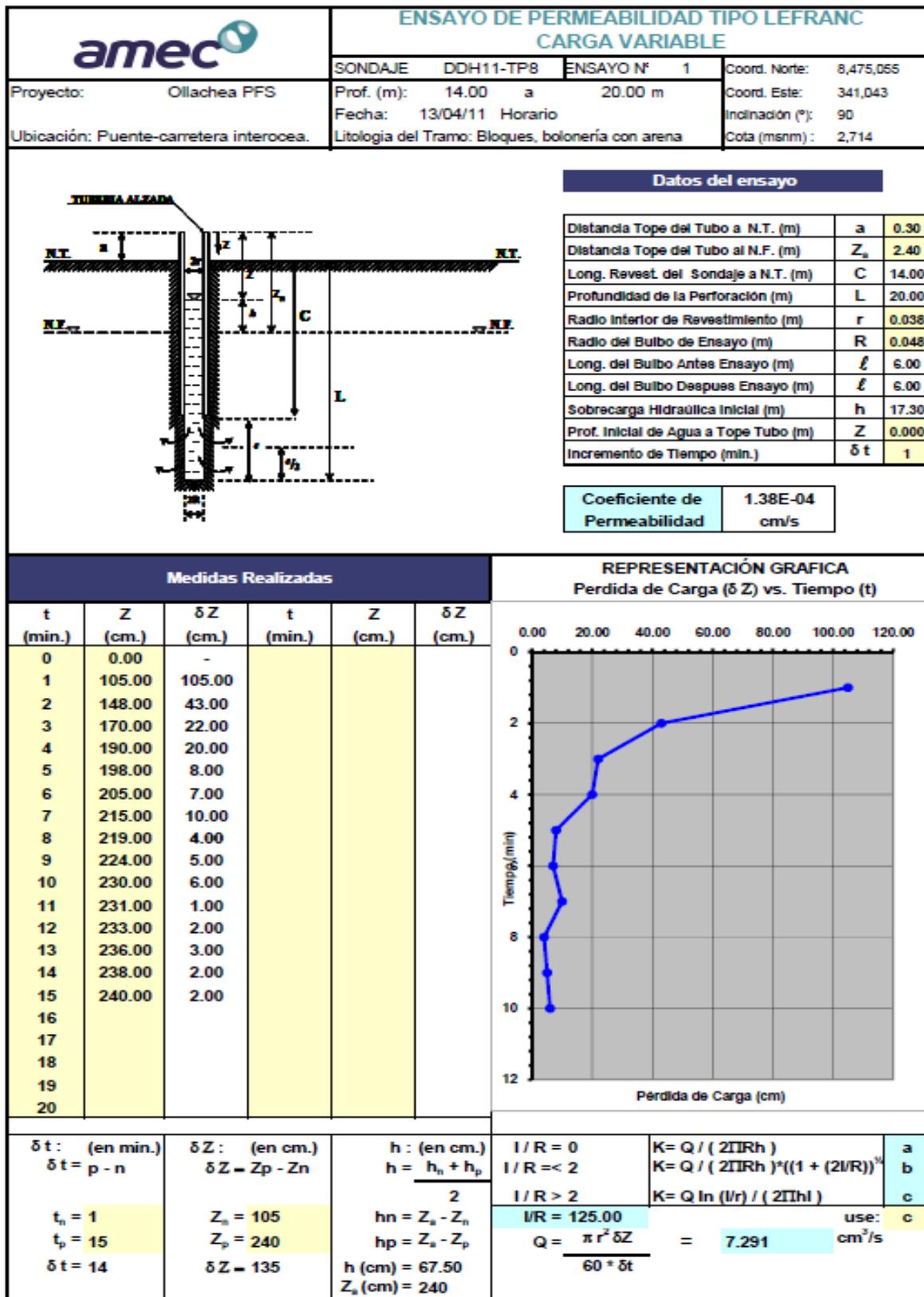


Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

8.2 Pruebas de campo lefranc

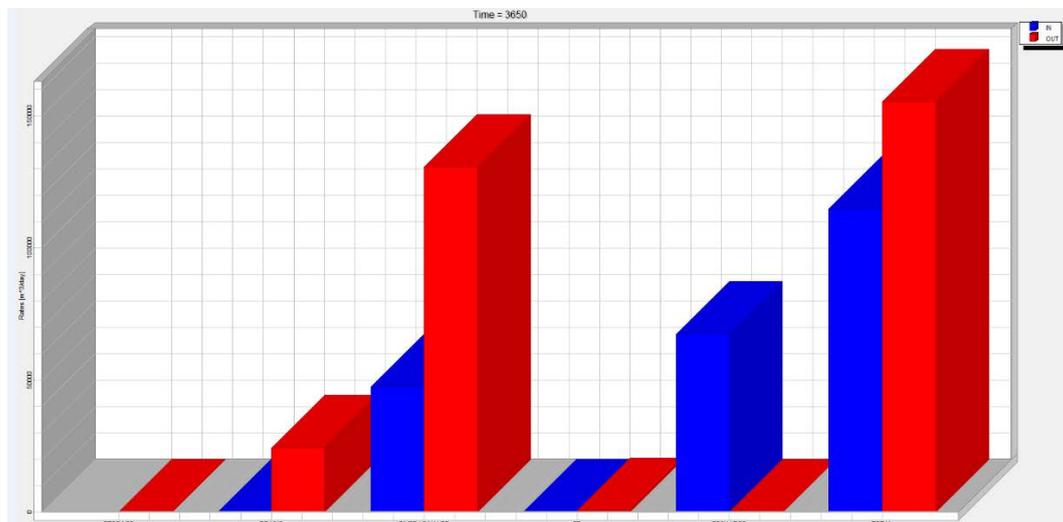


Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

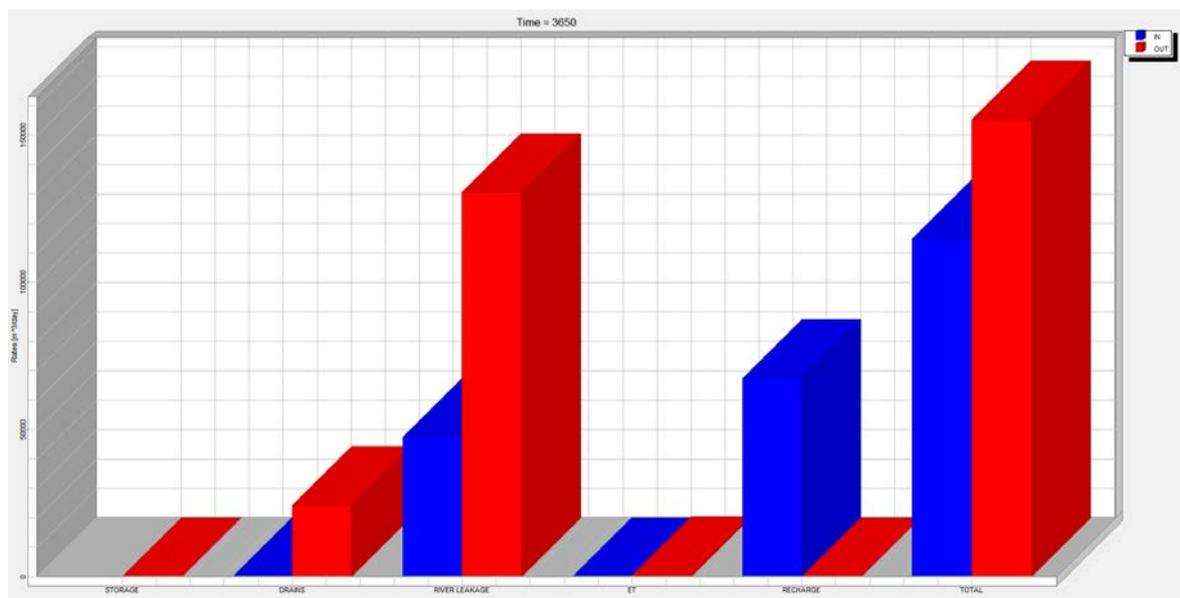


Fuente: Área de geología de minera Kuri Kullu

8.3 Resultado de modelamiento hidreologico para 365 y 2650 dias

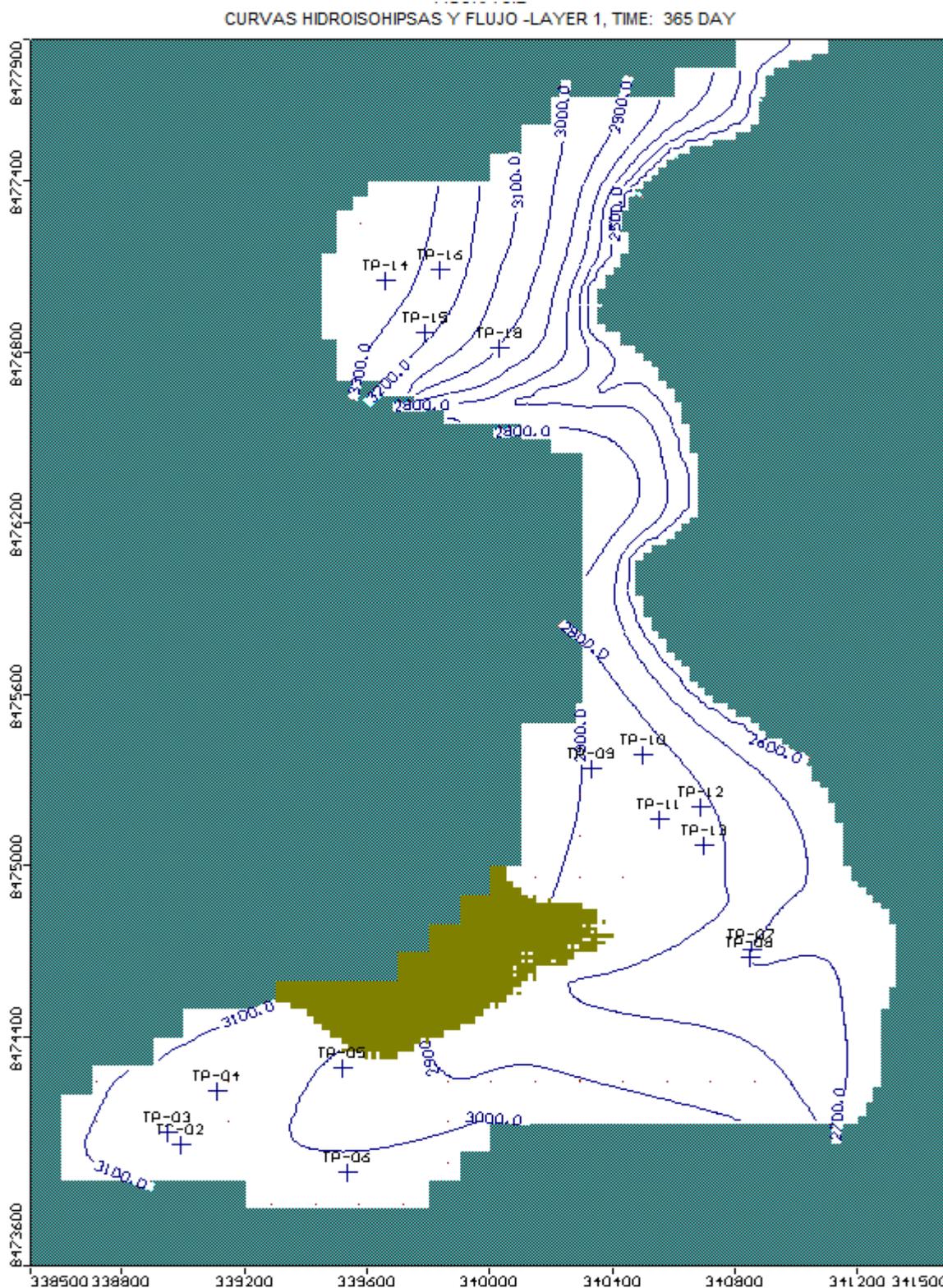


Fuente: Elaboración propia.



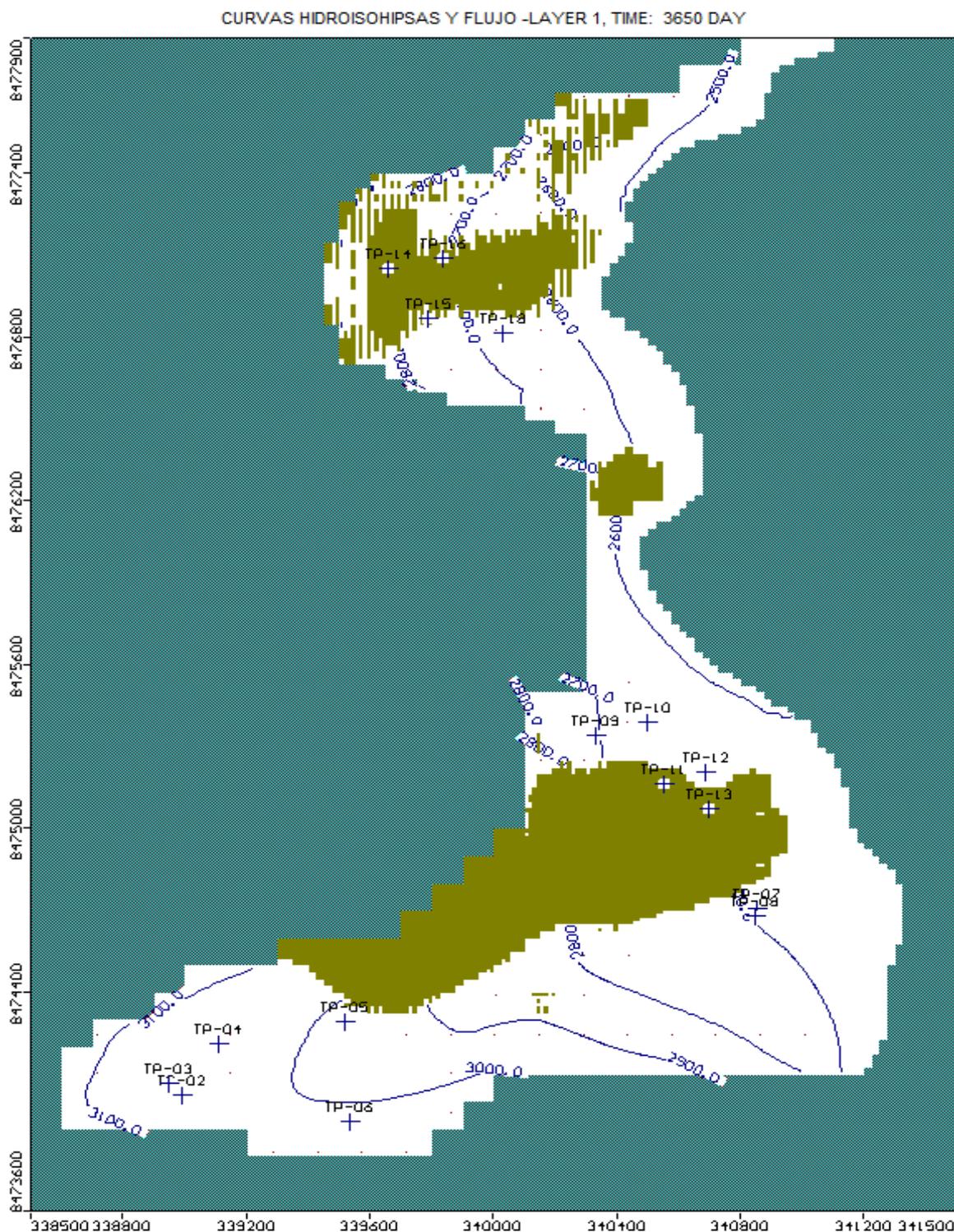
Fuente: Elaboración propia.

8.4 Modelamiento numérico de flujo de agua subterránea, curvas hidroisopias de 365 días



Fuente: Elaboración propia.

8.5 Modelamiento numérico de flujo de agua subterránea, curvas hidroisoipsas de 3560 días



Fuente: Elaboración propia.